DİYARBAKIR İLİ ATIK SU HİDROELEKTRİK GÜÇ POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

MÜCAHİT YALÇIN

OCAK 2023

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİYARBAKIR İLİ ATIK SU HİDROELEKTRİK GÜÇ POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

MÜCAHİT YALÇIN

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

OCAK 2023

DİYARBAKIR

DİYARBAKIR İLİ ATIK SU HİDROELEKTRİK GÜÇ POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Mücahit YALÇIN tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan Dalkılıç
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü** _____

Prof. Dr. Tamer BAĞATUR
Danışman, **İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi** _____

Sınav Jürisi:

Prof. Dr. Fevzi ÖNEN **(*)**
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi _____

Prof. Dr. Tamer BAĞATUR **(**)**
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Murat BATAN
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Batman Üniversitesi _____

ONAY

Savunma Tarihi: 16 / 01 / 2023

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.
(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılayıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Adı, Soyadı: Mücahit YALÇIN

İmza: …….

TEŞEKKÜRLER

Yüksek lisans eğitimim süresince pek kıymetli bilgi, tecrübe ve desteklerini aldığım araştırmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve beni bilim konusunda teşvik eden saygıdeğer hocam Prof. Dr. Tamer BAĞATUR'a teşekkürlerimi sunarım.

Yazmış olduğum yüksek lisans tezim için gerekli verileri ve bilgileri benimle paylaşan DİSKİ Genel Müdürlüğü'nde görev yapan çevre mühendisi Muhammed Ali EKİNCİ ve tüm personele teşekkür ederim. Öğrenciliğim sırasında maddi manevi hiçbir desteğini benden esirgemeyen başta annem ve babam olmak üzere tüm aile fertlerime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜRLER v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER LİSTESİ viii
TABLOLAR LİSTESİ ix
SİMGELER ve KISALTMALAR x
ÖZET xi
ABSTRACT xii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 2
3. HİDROELEKTRİK ENERJİ 4
3.1 Türkiye'nin Hidroelektrik Durumu 5
3.2 Türkiye'nin Hidroelektrik Geçmişi 6
3.3 Türkiye'deki Hidroelektrik Kullanımı 10
4. HİDROELEKTRİK SANTRALLER 11
4.1 Baraj Tipi (Depolamalı) Hidroelektrik Santraller 11
4.2 Nehir Tipi (Depolamasız) Hidroelektrik Santraller 12
4.3 Gel-Git (Med-Cezir) Tipi Hidroelektrik Santraller 13
4.4 Depresiyon Tipi Hidroelektrik Santraller 14
4.5 Kanal Tipi Hidroelektrik Santraller 14
4.6 İçme Suyu İsale Hattı Üzerine Hidroelektrik Santraller 15
4.7 Hidroelektrik Santral Yapısı 15
4.8 Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması 16
4.8.1 Kurulu güç potansiyeline göre sınıflandırma 16
4.8.2 Düşü değerine göre sınıflandırma 16
4.8.3 Kullanılan malzemenin türüne göre sınıflandırma 17
4.9 Türbin seçimi 17
4.9.1 Düşüye göre türbin tipleri 18
4.9.2 Çıkış güçlerine göre 18
4.9.3 Türbin milinin durumuna göre 18
4.9.4 Suyun akış doğrultusuna göre 18
4.9.5 Suyun etki şekline göre 19
4.10 Aksiyon Tipi Türbinler 19

4.10.1 Pelton türbinler 19
4.10.2 Turgo türbin 20
4.10.3 Banki türbini 20
4.11 Reaksiyon türbini 21
4.11.1 Kaplan türbini 21
4.11.2 Francis türbini 22
4.12 Türbinlerin Düşü ve Debiye Göre Sınıflandırılması 23
5. ATIK SU ARITMA SİSTEMLERİ 25
5.1 Mekanik Arıtma Yöntemi 25
5.2 Biyolojik Arıtma Yöntemi 26
5.3 Kimyasal Arıtma Yöntemi 26
5.4 Atıksu Tesislerinde Debi Hesabı 27
5.4.1 Evsel debinin hesaplanması 27
5.4.2 Sanayi debilerinin hesaplanması 29
5.4.3 Sızma debilerinin hesaplanması 30
5.5 Atık Su Debilerinin Ölçümünün Yapılması 30
5.5.1 Debi ölçüm yerleri 31
5.5.2 Debi ölçüm yöntemleri 31
5.6 Atık Su Arıtma Tesislerinin Hidroelektrik Potansiyelinin Değerlendirilmesi 32
5.6.1 Proje debisinin belirlenmesi 32
5.6.2 Proje Düşü Değerinin Belirlenmesi 32
5.7 Türbin Tipinin Seçimi 33
5.8 Hidroelektrik Enerjinin Üretimi 34
6. MATERYAL VE METOT 35
6.1 Materyal 35
7. BULGULAR VE TARTIŞMA 37
7.1 Kurulması Planlanan Tesisin Finansman, Yatırım ve Amortisman Analizleri 44
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 46
KAYNAKLAR 48
ÖZGEÇMİŞ 51

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli 6
Şekil 3.2 Türkiye'de inşa edilen ilk hidroelektrik santral 7
Şekil.3.3 Türkiye'deki en büyük hidroelektrik santraller ve kurulu güç değerlerinin karşılaştırılması 8
Şekil.3.4 Yıllara göre Türkiye'de bulunan hidroelektrik santral kurulu gücünün toplamdaki payı (TEİAŞ, 2021) 10
Şekil 4.1 Baraj tipi (depolamalı) hidroelektrik santral . 12
Şekil 4.2 Nehir tipi hidroelektrik santral. 13
Şekil 4.3 Med-cezir tipi hidroelektrik santral . 14
Şekil 4.4 Depresiyon tipi hidroelektrik santral 14
Şekil 4.5 Kanal tipi hidroelektrik santrali 15
Şekil 4.6 Hidroelektrik santralden enerji üretimi 16
Şekil 4.7 Pelton türbini çarkı. 19
Şekil 4.8 Turgo türbini örneği . 20
Şekil 4.9 Banki türbini ve aksamları . 21
Şekil 4.10 Montaja hazır kaplan türbini 22
Şekil 4.11 Dikey eksenli Francis türbini. 23
Şekil 4.12 Yatay eksenli Francis türbini. 23
Şekil 4.13 Türbin seçiminde kullanılan grafik 24
Şekil 5.1 Atık su arıtma tesisi temel çalışma prensibi 25
Şekil 5.2 Eğil Atık Su arıtma Tesisi (Mekanik arıtma tesisi) (DİSKİ). 25
Şekil 5.3 Diyarbakır'da bulunan biyolojik atık su arıtma tesisi (DİSKİ). 26
Şekil 5.4 Kimyasal atık su arıtma tesisi örneği 27
Şekil 5.5 Arşimet burgu türbini . 34
Şekil 5.6 Diyarbakır İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis binasına ait bazı fotoğraflar 36
Şekil 5.7 Diyarbakır İleri Atık su Arıtma Tesisine ait fotoğraflar 36
Şekil 7.1 2019 yılı Diyarbakır İlleri Atık Su Tesisi Debi Değerleri Grafiği (DİSKİ, 2019) 38
Şekil 7.2 2020 yılı Diyarbakır İleri Atık Su Arıtma Tesisi Debi Değerleri Grafiği (DİSKİ, 2020) 39
Şekil 7.3 2021 Yılı Diyarbakır İleri Atık Su Arıtma Tesisi debi değerleri grafiği (DİSKİ, 2021) 40
Şekil 7.4 Diyarbakır İleri Biyolojik Atık su Arıtma Tesisi'nin ortalama debi değerleri ve üretilebilecek enerji grafiği (DİSKİ, 2021) 42
Şekil 7.5 Diyarbakır İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi 2021 yılı elektrik tüketim miktarları ve kullanım bedelleri (DİSKİ, 2021) 43
Şekil 7.6 Diyarbakır İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisinden elde edilebilecek elektriğin satış gelirleri grafiği (DİSKİ, 2021) 44

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 Türkiye'deki en büyük hidroelektrik santraller ve kurulu güçleri 8
Tablo 3.2 Yıllara göre Türkiye'de bulunan hidroelektrik santral kurulu gücünün toplamdaki payı (TEİAŞ, 2021) 9
Tablo 4.1 Hidroelektrik santrallerin kurulu güç potansiyeline göre sınıflandırılması 16
Tablo 4.2 Hidroelektrik santrallerin düşüye göre sınıflandırılması 16
Tablo 4.3 Düşüye göre türbinlerin sınıflandırılması 18
Tablo 4.4 Çıkış güçlerine türbinlerin sınıflandırılması 18
Tablo 4.5 Türbin milinin durumuna göre türbinlerin sınıflandırılması 18
Tablo 4.6 Suyun akış doğrultusuna göre türbinlerin sınıflandırılması 18
Tablo 4.7 Suyun etki şekline göre türbin sınıflandırması 19
Tablo 5.1 Nüfusa bağlı olarak n_1 değerleri 28
Tablo 5.2 Nüfusa bağlı su kullanımı ve atıksu oluşumu 29
Tablo 7.1 2019 yılı Diyarbakır İleri Atık Su Arıtma Tesisi debi değerleri (DİSKİ, 2019) 37
Tablo 7.2 2020 yılı Diyarbakır İleri Atık su Arıtma Tesisi debi değerleri (DİSKİ, 2020) 38
Tablo 7.3 2021 yılı Diyarbakır İleri Atık Su Arıtma Tesisi debi değerleri (DİSKİ, 2021) 39
Tablo 7.4 Diyarbakır İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi'nin 3 yıllık ortalama debi değerleri ve üretilebilecek enerji (DİSKİ, 2021) 41
Tablo 7.5 Diyarbakır İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi 2021 yılı elektrik tüketim miktarları ve kullanım bedelleri (DİSKİ, 2021) 42
Tablo 7.6 Diyarbakır Atık Su Arıtma Tesisinden elde edilebilecek elektriğin satış gelirleri (DİSKİ, 2021) 44

SİMGELER ve KISALTMALAR

Kısaltma	Açıklama
MW	Megawatt
H	Düşü
Q	Debi
M^3	Metreküp
S	Saniye
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattsaat
$	Dolar
TL	Türk Lirası
M	Metre
Kg	Kilogram
d/dk	Devir/dakika
%	Yüzde
A.Ş.	Anonim Şirket
DSİ	Devlet Su İşleri
DİSKİ	Diyarbakır Su ve Kanalizasyon İdaresi
HES	Hidroelektrik Santrali
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
MKEK	Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.

ÖZET

DİYARBAKIR İLİ ATIK SU HİDROELEKTRİK GÜÇ POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Mücahit Yalçın
Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Bölümü
Danışman: Prof. Dr. Tamer BAĞATUR
Ocak 2023, 64 sayfa

İnsan nüfusunun sürekli artması ve su kaynakların sınırlı olması, suyun kullanıldıktan sonra tekrar kullanıma uygun hale getirilmesini mecburi hale getirmiştir. Endüstriyel gelişmeler ve insan nüfusundaki hızlı artışlar suların kirlenmesini de hızlandırmıştır. Buna benzer birçok faktör göz önüne alındığında, yeryüzündeki suyu son derece tasarruflu kullanmamız elzemdir. Doğada insan ve diğer faktörlerin kullanıp kirlettiği suyun temizlenip tekrar döngüye katılmasını sağlamak gerekmektedir. Zira su gerekli işlemler yapılıp temizlendikten sonra doğaya bırakıldığında dolaylı olarak birçok canlı ve cansız varlığın temiz kalmasına da sebep olacaktır. Bütün bu sebeplerden dolayı atık su arıtma tesislerinin kurulması hayati önem arz etmektedir. Atık su arıtma tesisleri atık suların temizlenip tekrar kullanılabilir duruma getirilmesi amacıyla kurulmaktadır. Son yıllarda dünyada ve özellikle Türkiye'de önem verilen çevreci politikalar sebebiyle atık su arıtma tesislerinin kurulumuna hayli önem verilmiştir. Ayrıca ülkemizde söz konusu tesislerin kurulumu için devlet teşviki ve desteklemesi yapıldığından dolayı hız kazanmıştır. Hâlihazırda ülkemizin birçok şehrinde söz konusu tesisler mevcut veya kurulum aşamasındadır. Özellikle büyük şehirlerde bulunan tesislerde; yüksek nüfus, sanayileşme ve diğer faktörlerden dolayı atık su arıtma tesislerinde yüksek debiye sahip su giriş çıkışları gözlenmektedir. Suyun hidroelektrik enerjisine dönüşmesi için en önemli faktörlerden biri debi olduğundan dolayı bu yüksek debiye sahip söz konusu suları elektrik üretiminde kullanmak gayet makul ve mantıklı bir hareket olacaktır. Zira işletmesi genellikle belediyelerde olan bu tesislerden üretilecek elektrik hem tesisin enerji ihtiyacını, hem bakım masraflarını karşılayacak, fazla üretilen enerji de münferit kuruluşlara satılıp elde edilen gelirle farklı hizmetler yapılabilecektir. Su çıkış noktaları, dere yatakları olduğu için uygun düşü değerleri elde edilip uygun bir hidroelektrik santral inşa edildiğinde bu tesislerden hidroelektrik enerji elde edilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada, daha önceki araştırma ve bilimsel verilerden faydalanılarak Diyarbakır ili için atık su arıtma tesislerinin hidroelektrik güç potansiyeli incelenmiştir. Yaklaşık olarak 5 m'lik bir düşü ve ortalama atık su debi miktarı 1-2 m^3/s için aylık 50.000 kWh değerinde elektrik enerjisi elde edilebileceği tahmin edilmektedir.

Anahtar kelimeler: Atık su arıtma, Debi, Hidroelektrik güç potansiyeli, Hidroelektrik santral, Diyarbakır

ABSTRACT

INVESTIGATION OF WASTEWATER HYDROELECTRIC POWER POTENTIAL IN DIYARBAKIR CITY

Mucahit Yalçın.
Master of Science in Department of Cıvıl Engıneerıng
Supervisor: Prof. Dr.Tamer BAĞATUR
January 2023, 64 pages

The continued increase in human population and limited water resources have forced water to be re-used after use. Industrial developments and rapid increases in the human population have also accelerated water contamination. Considering the many factors like this, it is essential that we use water on earth to be extremely efficient. In nature, it is necessary to use human and other factors to ensure that the water polluted is cleaned and re-enaced. Because once the water is done and cleaned up, it will indirectly leave a lot of living and dead creatures to be kept clean. For all these reasons, the installation of wastewater treatment plants is vital. Waste water treatment plants are installed to clean and reuse wastewater. In recent years, the installation of wastewater treatment plants has been very important, especially in Turkey and in the world. In addition, the state has gained speed because of its incentive and support for the installation of such facilities in our country. Currently, in many cities of our country, such facilities exist or are in the process of installation. Especially in large cities, water inlet outlets with high flow are observed in wastewater treatment plants due to high population, industrialization and other factors. Since the flow is one of the most important factors for water to become hydroelectric energy, it would be reasonable and reasonable to use these high flow water in the production of electricity. The electricity produced from these facilities, which are usually in municipalities, will provide both the plant's energy needs and maintenance costs, and the excess energy will be sold to individual organizations and different services will be offered. Water outlet points are thought to be hydroelectric energy from these plants when appropriate shower values are obtained and a suitable hydroelectric power plant is built. In this study, the potential for hydroelectric power of wastewater treatment plants for Diyarbakır province has been analyzed by utilizing previous research and scientific data. It is estimated that a head of approximately 5 m and an average amount of wastewater flow can be obtained at 50,000 kWh/month for 1-2 m^3/s.

Keywords: Waste water treatment, Flow rate, Hydroelectric power plant, Hydroelectric power potential, Diyarbakir

1. GİRİŞ

Su yeryüzündeki tüm canlılar için temel yaşam kaynağıdır. Fakat bu son derece önemli olan kaynağı kontrol etmek son derece zordur. Popülâsyon, şehirleşme ve endüstrileşmenin artmasıyla birlikte sular daha hızlı ve yüksek oranda kirlenmeye başlamıştır. Bu ve benzeri sebeplerden ötürüdür ki birçok gelişmiş ülke gibi Türkiye de son derece önemli olan çevreci ve geri dönüşümcü politikalar geliştirmiştir. Bu politikalar da atık su arıtma tesislerinin kurulmasına verilen önemi arttırmış ve ülkemizde hemen hemen bütün şehir merkezlerinde söz konusu tesisler kurulmuştur.
Gelişmekte olan her ülke gibi Türkiye de yüksek miktarda elektriğe ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyaç, nüfus ve sanayileşmenin artmasına paralel olarak artmaktadır. Bu enerji talebinin bir kısmını kendi üretmekle beraber çok ciddi bir kısmını ise ithal etmektedir. Bu ithalat sebebiyle ülkemizden çok fazla döviz çıkışı olmakta ve bu da ülke ekonomisini kayda değer şekilde olumsuz etkilemektedir. Bu sebepten dolayı ülkemizdeki otoriteler bu olumsuzlukların giderilmesi ve iç tüketimin karşılanması için projeler üretmekte ve teşvikler vermektedir.

Ülkemizin yüksek bir yapıya sahip olması ve kısa mesafede yükseltinin çok fazla değişmesi, hidroelektrik enerji potansiyelini olumlu etkilemiştir. Bu da devleti ve yatırımcıları hidroelektrik santrallere yöneltmiştir. Hidroelektrik santraller çevreyi kirletmemesi ve çok fazla olumlu fonksiyona sahip olması hasebiyle de diğer elektrik üretim tesislerinden daha fazla tercih edilmektedir.

Türkiye' de birçok atık su artıma tesisi bulunmakta veya yapım aşamasındadır. Bu tesislerin suları uygun konumdaki bir nehre veya denize dökülmektedir. Bu dökülmenin meydana geldiği yerde uygun debi ve düşü tespit edildiği takdirde bir hidroelektrik santral kurulması ve elektrik üretilmesinin mümkün olduğu düşünülmektedir. Söz konusu tesisler kurulduğu takdirde ülkemizin enerji açığının önemli derecede azalacağı düşünülmektedir.

Diyarbakır ili için yapmış olduğumuz bu çalışmada, öncelikle DİSKİ ve diğer kurumlardan elde edilen verilerden ve daha önceki akademik çalışmalardan kentin atık su arıtma tesislerinin güç potansiyeli araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Atık su arıtma tesisleri iki yüzyıla yakın bir zamandan beridir süregelen bir olgu olduğundan dolayı üzerine yapılmış çok fazla akademik çalışma mevuttur. Fakat bu tesislerden elektrik elde etme fikri yakın zamanda ortaya çıkmıştır. Bunun başlıca sebepleri toplumların sosyal ve endüstriyel olarak çok fazla ilerleme kat etmeleridir. Nitekim bu gelişmeler elektriğe olan talebi arttırmıştır. Bu nedenle de hidrolik alanında çalışan bilim insanları mümkün olan her türlü sudan elektrik elde etmek için münferit çalışmalar yapmışlardır (Archana ve ark., 2015). Uygun düşü ve debiye sahip olan atık su arıtma tesislerinden kayda değer miktarda elektrik üretilebildiği ortaya konulmuştur. Örneğin; Van, Elâzığ ve Tunceli illerimizde bulunan atık su arıtma tesisleri için mikro HES uygulaması ile üretilebilecek elektrik enerjisi değerleri teorik olarak hesaplanmış ve tesislerin mevcut tüketimleri ile oranlanmıştır. Bu oranlama neticesinde 0,075 m^3/s debideki Edremit (Van) atık su arıtma tesisi için tesis çıkışı ve alıcı ortam arasındaki 47,5 metrelik düşü değerine göre yapılan hesapta 20129 kWh/ay elektrik enerjisi üretilebileceği öngörülmüştür. Bu da tesisin aylık ihtiyacının yaklaşık % 20'sine tekabül etmektedir. Benzer şekilde Sivrice (Elâzığ) için % 9,5'i Tunceli için ise aylık % 6,6'sı karşılanabileceği ortaya konmuştur (Erkan 2018). Ayrıca üretilebilecek enerjinin debi ve düşüyle orantılı olduğu tespit edilmiştir. Mesela, trafo veriminin % 80 kabulü ile 1 m^3 suyun 1 m yükseklikten düşmesi neticesinde üretilebilecek enerji miktarının 7848 W olduğu ön görülmüştür (Erkan, 2018).

1996 yılında Amerika'da Williams tarafından yapılan su yönetiminde mikro hidroelektrik su santralleri kullanımına yönelik çalışmada, su iletim hatlarında enerjinin geri dönüşümün mümkün olduğu ifade edilmiştir. (Williams, 1996). Başka bir çalışmada ise su iletim hatlarında basınç azaltılması için kullanılan pompaların türbin olarak kullanılması neticesinde enerji elde edilebileceği gösterilmiştir (Williams ve ark., 1998).

Şehirleşmeye ve sanayileşmeye bağlı olarak artan su kirliliği neticesinde dünyada atık su arıtma tesisleri kurulmuştur. Bu tesislerin ilki 1842 yılında Hamburg' da kurulmuştur. Daha sonrasında Chicago'da ilk kanalizasyon inşa edilmiştir (Muslu, 1994).

Türkiye'de ise ilk defa 09.08.1983 tarihli 2872 sayılı Çevre Kanunu'nda bahsi geçmiştir. Daha sonra çeşitli yönetmeliklerle su kirliliğine ilişkin standartlar belirlenmiştir.

Hindistan'daki bilim insanlarının yaptığı bir araştırmaya göre atık su arıtma tesisleri üzerine kurulacak hidroelektrik santrallerin piko boyutunda olmasının sağlayacağı çeşitli faydaların olacağı düşünülmektedir. Bu faydalar genel olarak; kırsal bölgelerdeki elektrifikasyonu arttırması, çiftçilere sulama açısından destek olması, kurulumun ucuz ve basit olması olarak sıralanabilmektedir (Rekha ve ark., 2019).

Diyarbakır İli Atık Su Hidroelektrik Güç Potansiyelinin İncelenmesi çalışmasında, daha önceden yapılmış araştırmalar, bilimsel makaleler ve yayınlar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen teknik bilgi, beceri ve bilimsel yayınlar doğrultusunda, Diyarbakır ili için atık su hidroelektrik potansiyelini incelemek için çeşitli araştırma ve saha çalışmaları yürütülmüştür.

3. HİDROELEKTRİK ENERJİ

Sudan elektrik üretimi anlamına gelen hidroelektrik, dünya üzerindeki yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yüksek paya sahiptir (BAYAZIT, 2021). Hidroelektrik enerji kısaca suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüşmesi şeklinde tanımlanabilmektedir.

Bir hidroelektrik tesis planlanırken bilinmesi gereken en önemli unsurlar düşü (H) ve debi (Q)'dir. Düşü değerini tespit etmek şu anki imkânlarla kolay olmakla beraber debiyi tespit etmede bazı problemlerle karşılaşılabilmektir. Fakat uzun süreli debi kayıtları, tesisi projelendirme açısından belli fikirlere sahip olunmasını sağlayacaktır. Bir hidroelektrik tesisten elde edilebilecek hidrolik güç ve enerji aşağıdaki formüllerden hesaplanmaktadır (Bhatti ve ark., 2004).

$$P = \rho\ g\ Q\ H_n\ \eta \qquad (3.1a)$$

$$E = P\ T \qquad (3.1b)$$

Denklem 3.1' de verilen formülasyonda;

P: suyun yoğunluğu (1000 kg/m³); g: yer çekimi ivmesi (9,81 m/s²); η: toplam verim; Q: proje debisi (m³/s) ; H_n: net düşü (m) olmak üzere elde edilen değer W cinsinden hidrolik gücü vermektedir. Yine burada, E: Üretilecek enerji (kWh); T: Tesisin çalışma süresidir (saat).

$$H_n = H - \Delta H \qquad (3.2)$$

Denklem 3.2' de verilen formülasyonda;

H_n: net düşü (m); H: brüt düşü (m); ΔH: düşü kayıpları (m) olmak üzere elde edilen değer metre cinsinden net düşü değerini vermektedir.

$$\eta = \eta t.\eta g.\eta tr \qquad (3.3)$$

Denklem 3.3' te verilen formülasyonda;

Ht: türbin verimi; ηg: jeneratör verimi; ηtr: transformatör verimi olmak üzere elde edilen tüm değerin çarpımı toplam verimi katsayısını vermektedir. Toplam verim katsayısı genel olarak 0,85 alınmaktadır.

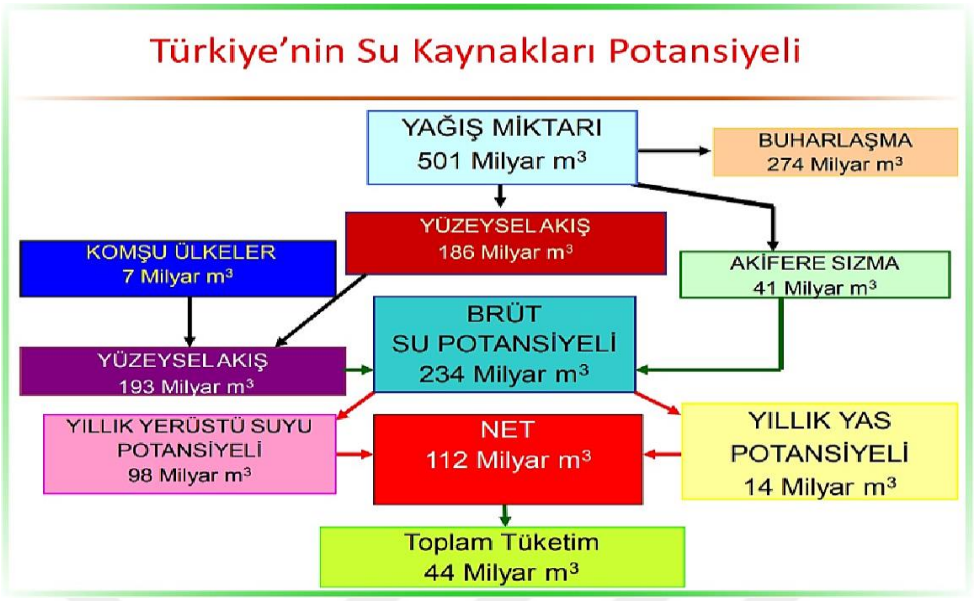
Denklem (3.1a) yorumlandığında bir hidroelektrik santralden en yüksek enerjiyi elde edebilmek için en yüksek debi seçilmelidir. Aynı şekilde yüksek net düşünün elde edilebilmesi için tesisin yüksek bir yere konumlandırılması gerekmektedir. Ayrıca türbin, jeneratör ve trafo gibi elektronik ekipmanların en iyi şekilde seçilmesi, alınacak verimimin maksimum seviyelerde olmasını sağlayacaktır.

Hidroelektrik santrallerde debi zamana ve mevsimlere göre değişiklik göstermesinden dolayı üretilebilecek enerji miktarını tespit etmede bazı sıkıntılar yaşanılması kaçınılmazdır. Fakat atık su arıtma tesislerinde, akımın düzenli olmasından dolayı daha istikrarlı enerji üretilmesi mümkündür.

3.1 Türkiye'nin Hidroelektrik Durumu

Türkiye'ye düşen yıllık ortalama yağış miktarı 643 mm'dir. Türkiye'ye düşen bu yağış yaklaşık 501 milyar m^3 suya karşılık gelmektedir. Çeşitli formlarda düşen bu yağışların oluşturduğu suyun 274 milyar m^3'ü buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m^3'ü yer altı sularına karışmakta 158 milyar m^3'ü ise akarsular vasıtasıyla denize veya kapalı havzalara dökülmektedir.

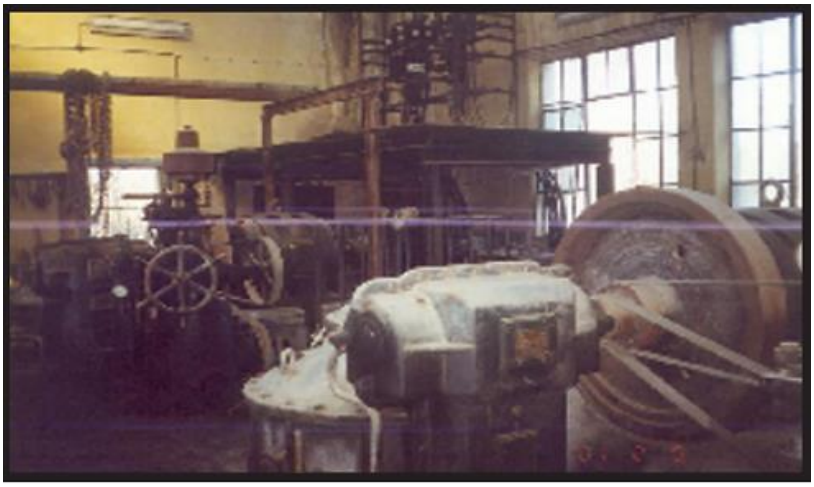
Yer altı sularına karışan suların 28 milyar m^3'ü çeşitli pınarlardan çıkarak yeryüzüne tekrar çıkmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden dökülen yaklaşık 7 milyar m^3 su ile birlikte Türkiye'nin brüt su potansiyeli 193 milyar m^3'e ulaşmaktadır. Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli Şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1 Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli (Özcan, 2014)

3.2 Türkiye'nin Hidroelektrik Geçmişi

Tarihi kaynaklara göre Türkiye topraklarında yapılan ilk barajın yapı M.Ö. 1300 yıllarında Hititler tarafından Sivas'ın Altınyayla ilçesinde yapılmıştır. Ayrıca Urartu Medeniyeti tarafından Van'da M.Ö. 1000 yılında yapılan ve hala kullanılmakta olan bir hidrolik yapının var olduğu bilinmektedir. Mardin'de 6. yüzyılda inşa edilmiş olan Dara Barajı'nın dünyanın ilk ince kemerli barajı olması nedeniyle oldukça önem arz etmektedir. Osmanlı Devleti zamanında İstanbul ve farklı illerde birçok su tutma yapıları ve iletim hatları inşa edilmiş olan ve bir kısmı hala kullanılan bazı yapılar mevcuttur. Hidrolik çalışmalar insanlığın ilk zamanlarından şimdiye kadar süregelmiştir. Fakat hidroelektrik çalışmalardan bahsedebilmemiz için elektriğin icadından sonraki dönemi incelememiz gerekmektedir. Ülkemizde yapılan 2 kW güce sahip ve su değirmeniyle çevrilen ilk hidroelektrik santralin 1902 yılında Şekil 3.2'de gösterildiği gibi Mersin'in Tarsus ilçesinde yapıldığı bilinmektedir (Serbest, 2003).



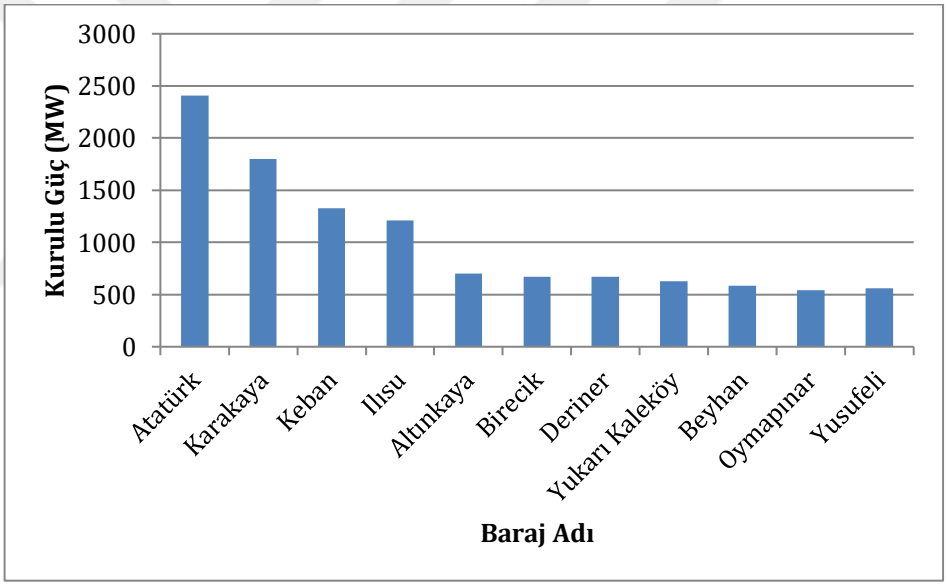
Şekil 3.2 Türkiye'de inşa edilen ilk hidroelektrik santral (Serbest, 2015)

İlerleyen süreçte Ankara'nın içme ve kullanma suyu temin etmek amacıyla yapımına 1933 yılında başlanıp 1936 yılında tamamlanan Çubuk 1 Barajı, Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk barajı olma özelliğini kazanmıştır. Daha sonraki süreçte 11 Haziran 1933'te İller Bankası'nın kurulması ve bu tür projelere finansman sağlaması hidroelektrik santrallerin yapımına hız kazandırmıştır. Daha sonraki süreçte 14 Haziran 1935 tarihinde Etibank ve 24 Haziran 1935 tarihinde ise Elektrik İdaresi Etüt İşleri Genel Müdürlüğü devlet tarafından kurulmuştur. Bu kurumlar devletçilik politikasına binaen birçok baraj inşa etmişlerdir (Serbest, 2003).

Nitekim 1956'da tamamlanan ve Türkiye'nin ilk büyük çaplı barajı olma özelliğindeki 160 MW Kurulu güce sahip Sarıyar Barajı hidroelektrik santrali Etibank tarafından inşa edilmiştir. Daha sonraki süreçlerde de DSİ, İller Bankası, Sümerbank gibi devlet kurumları eliyle birçok baraj inşa edilmiştir. Bunların en büyükleri; bulunduğu ile yıllara, işleten kuruluşa ve kurulu güce göre Tablo 3.1'de ve Şekil 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Türkiye'deki en büyük hidroelektrik santraller ve kurulu güçleri

HES adı	İl	Yapım yılı	İşleten kuruluş	Kurulu güç (MW)
1. Atatürk	Şanlıurfa	1993	EÜAŞ	2405
2.Karakaya	Diyarbakır	1987	EÜAŞ	1800
3.Keban	Elazığ	1974	EÜAŞ	1330
4.Ilısu	Mardin	2020	EÜAŞ	1209
5.Altınkaya	Samsun	1988	EÜAŞ	703
6.Birecik	Şanlıurfa	2000	EÜAŞ	672
7.Deriner	Artvin	2012	EÜAŞ	670
8.Yukarı Kaleköy	Bingöl	2018	Cengiz Enerji	627
9.Beyhan	Elazığ	2015	EÜAŞ	582
10.Oymapınar	Antalya	1984	Cengiz Enerji	540
11.Yusufeli	Artvin	2021	EÜAŞ	558



Şekil.3.3 Türkiye'deki en büyük hidroelektrik santraller ve kurulu güç değerlerinin karşılaştırılması

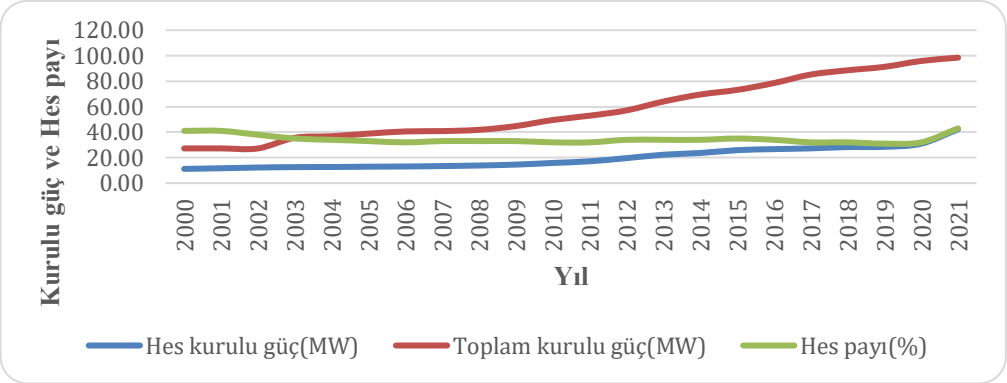
2021 Ekim ayı sonunda ülkemizin toplam kurulu gücü 99050 MW'dir (TEİAŞ 2021). Türkiye'de değişik büyüklüklerde 685 adet hidroelektrik santral mevcut olup toplam kurulu gücü 31436 MW' tır. Bu da toplam kurulu gücü yaklaşık % 30'unun hidroelektrikten karşılandığını göstermektedir.

Ülkemizin çeşitli bölgelerine yapılan birçok HES devlet veya özel sektör eliyle inşa edilmiştir. Son dönemlerde dünyada ve Avrupa'nın birçok kesiminde kullanılan yap-işlet-devret modelinin ülkemizde de yaygınlaşması neticesinde HES yapımında ciddi

artışlar meydana gelmiştir. Türkiye hidroelektrik potansiyel bakımından zengin bir ülke olduğu için bu potansiyelin kullanılması amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Özellikle 2005 tarihli 5643 sayılı kanunla özel sektöre elektrik üretip satabilmenin yolunun açılması sonucunda birçok HES kurulumu özel sektör eliyle gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin 2023 yılı itibariyle irili ufaklı toplam 1700 HES projesi olacağı öngörülmektedir. Hidroelektrik hidroelektrik santraller kurulu gücünün toplam kurulu güç içerisindeki payı son zamanlarda işletmeye açılan dev barajların birlikte artmıştır. 2003-2021 yılı arasındaki oran değişimleri Tablo 3.2'de verilmiş ve Şekil3.4'de görselleştirilmiştir.

Tablo 3.2 Yıllara göre Türkiye'de bulunan hidroelektrik santral kurulu gücünün toplamdaki payı (TEİAŞ, 2021)

Yıl	Hes kurulu güç (MW)	Toplam kurulu güç (MW)	Hes payı (%)
2003	12,58	35,59	35
2004	12,65	36,82	34
2005	12,91	38,84	33
2006	13,06	40,56	32
2007	13,39	40,84	33
2008	13,83	41,82	33
2009	14,55	44,76	33
2010	15,83	49,52	32
2011	17,14	52,91	32
2012	19,61	57,06	34
2013	22,29	64,01	34
2014	23,64	69,52	34
2015	25,87	73,15	35
2016	26,68	78,5	34
2017	27,27	85,2	32
2018	28,29	88,55	32
2019	28,50	91,27	31
2020	30,98	95,89	32
2021	42,27	98,48	43



Şekil.3.4 Yıllara göre Türkiye'de bulunan hidroelektrik santral kurulu gücünün toplamdaki payı (TEİAŞ, 2021)

3.3 Türkiye'deki Hidroelektrik Kullanımı

Türkiye sanıldığı gibi su bakımından zengin bir ülke olmayıp kişi başına düşen yıllık su miktarı 529 m3 olan su sıkıntısı çeken bir ülkedir. Bu yüzden sahip olduğumuz hidroelektrik potansiyeli en verimli şekilde değerlendirmemiz gerekmektedir.. Bu havzalardan Afyon Suları Havzası, Van Gölü Havzası, Orta Anadolu Havzası ve Burdur Gölü Havzası kapalı havzadır. Diğer 22 tane akarsu yurdumuzun çeşitli bölgelerindeki veya yurtdışındaki muhtelif denizlere ve körfezlere dökülmektedir. Açık havza özelliğine sahip olan akarsularımızdan Fırat Nehri maksimum ortalama yıllık yağış ve maksimum ortalama su potansiyeli bakımından en iyi seviyede olduğu bilinmektedir. Ayrıca Dicle ve Fırat nehirleri göz önünde bulundurulduğunda Türkiye'nin yıllık akış potansiyelinin %30'una karşılık geldiği görülecektir.

Ülkemizdeki havzalar veya değişik su yapıları üzerinde gerek devlet tarafından gerekse özel teşebbüsler tarafından birçok hidroelektrik santral yapılmıştır. Sayıları sürekli artan bu santraller, bulundukları yerin muhtelif özelliklerine göre değişik şekillerde inşa edilebilmektedirler. Bunlar depolama (baraj) tipi, akarsu (barajsız) tipi, gel-git tipi kanal tipi ve depresyon tipi ve içme suyu isale hattı üzerine kurulan hidroelektrik santraller olarak karşımıza çıkmaktadır.

4. HİDROELEKTRİK SANTRALLER

4.1 Baraj Tipi (Depolamalı) Hidroelektrik Santraller

Akarsu üzerine bir set yapılarak oluşan setin arkasında bir rezervuar veya yapay göl oluşmasıyla su birikme olayının gerçekleşmesi esasına göre inşa edilen hidroelektrik santrallere baraj tipi (depolamalı) hidroelektrik santral denmektedir. Bu tür santrallerde memba kısmındaki suyun potansiyel enerjisinin aşağı hareketi neticesinde kinetik enerjiye dönüşmesi ve bu kinetik enerjinin jeneratör tarafından elektrik enerjine çevrilmesi esasına göre çalışmaktadır.

Düşü ve debi ayarlama imkânına sahip olduğundan dolayı çok ciddi bir olumsuzluk olmadığı takdirde elektrik üretiminde değişimler meydana gelmediği için istikrarlı bir çalışma şekline sahiptir. Bu sebepten ötürü özellikle sürekli enerji ihtiyacına sahip gelişmiş toplumlar tarafından çokça tercih edilmektedir.

Üretilmesi söz konusu olan hidroelektrik santralden sadece elektrik üretilmesi diğer fonksiyonlarının değerlendirilmemesi ekonomik ve sosyal açıdan hiç uygun bir davranış değildir. Baraj tipi(depolamalı) hidroelektrik santraller; içme suyu, tarımsal sulama, balıkçılık, seyahat, mesire alanları gibi birçok özellik barındırması mümkündür. Bu münasebetle dünyadaki ve ülkemizdeki en yaygın hidroelektrik santral tipi baraj tipi (depolamalı) hidroelektrik santrallerdir. Ülkemizdeki elektrik üretim tesislerinden en büyük kapasiteli olan Atatürk, Karakaya, Keban ve Altınkaya hidroelektrik santralleri baraj tipi (depolamalı) hidroelektrik santrallerdir. Şekil 4.1'te depolamalı hidroelektrik santral örneği gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Baraj tipi (depolamalı) hidroelektrik santral (Ünver ve diğ., 2015).

4.2 Nehir Tipi (Depolamasız) Hidroelektrik Santraller

Suya herhangi bir depolama yapılmaksızın bir kanal veya tünel vasıtasıyla hız kazandırılarak sahip olunan kinetik enerjisinin türbin yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesi esasına dayanan elektrik üretim tesislerine nehir tipi (depolamasız) hidroelektrik santraller denilmektedir.

Küçük güçlü santraller olmaları sebebiyle genellikle doğa koşullarının müsait olmadığı mahrumiyet bölgelerinde tercih edilmektedir. Türkiye gibi engebeli ve su kaynaklarının dağınık olduğu ülkelerde bu tip santrallere verilen önem günbegün artmaktadır.

Akarsu tipi HES'ler diğer enerji üretim çeşitlerine göre avantaj sağlamaktadır. İnşaat süresi kısa ve kuruluş maliyeti düşük olan akarsu tipi hidroelektrik santraller enterkonnekte sistemin yükünü hafifletmekte ve uzun iletim hatlarında meydana gelecek enerji kayıplarını da önlemektedir (Dalcalı ve ark, 2012). Ayrıca doğaya verdiği zararların baraj tipi hidroelektrik santrallere nispeten çok düşük olması nehir tipi hidroelektrik santraller için ayrı bir tercih sebebidir. Şekil 4.2'de depolamasız hidroelektrik santral örneği gösterilmektedir.



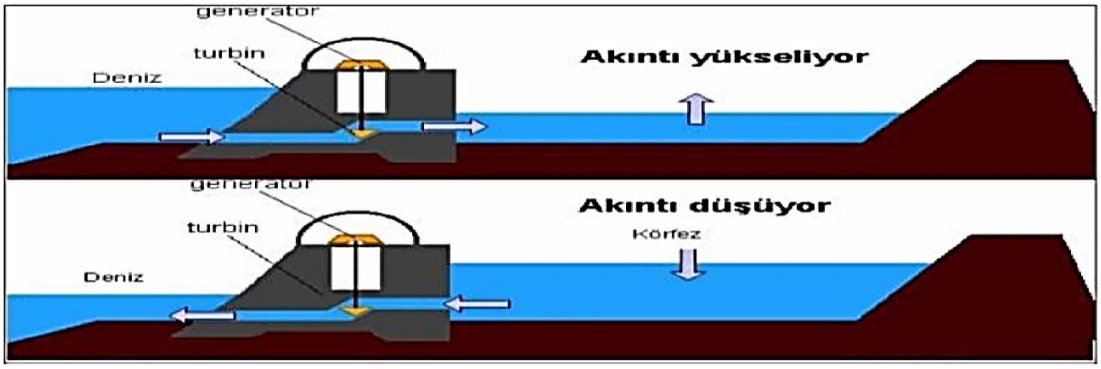
Şekil 4.2 Nehir tipi hidroelektrik santral (Yılmaz ve diğ., 2012).

4.3 Gel-Git (Med-Cezir) Tipi Hidroelektrik Santraller

Dünya ile ayın arasındaki çekim esnasında suyun denge sağlaması amacıyla suların yükselip tekrar alçalması olayına med-cezir denilmektedir. Okyanuslarda meydana suyun yükselmesi olayından faydalanmak esasıyla elektrik üreten santrallere gel-git (med-cezir) tipi santraller denilmektedir. Yükselen su kapaklar yardımıyla bir koya alınırken türbin çalışmaya başlamaktadır.

Suyun yükselmesi işlemi bittikten sonra kapaklar kapanmakta ve su bir kanal vasıtasıyla türbine verilmektedir. Su çekilirken türbin çalışmakta ve bu şekilde elektrik üretilmektedir.

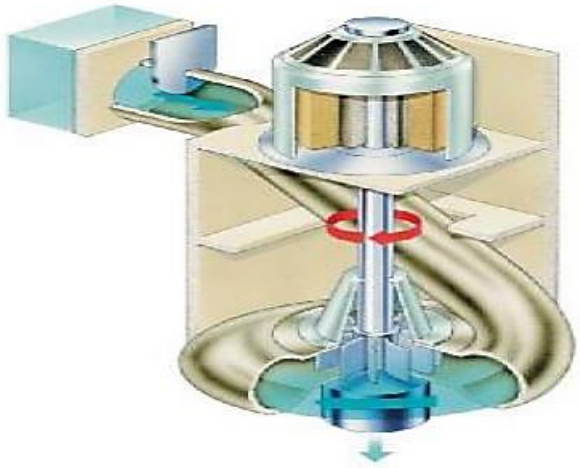
Med-cezir olayından faydalanmak çok özel koşullar gerektirmektedir. Bu yüzden dünyada söz konusu enerjiden faydalanan ülke sayısı çok azdır. Med-cezir olayının sürekli olmaması istikrarlı bir enerji üretimi mümkün değildir. Fakat gelişen teknoloji ve artan enerji ihtiyacından dolayı bu enerjiden faydalanan ülke sayısı günbegün artmaktadır. Şekil 4.3'de med-cezir tipi hidroelektrik santral örneği gösterilmektedir.



Şekil 4.3 Med-cezir tipi hidroelektrik santral (Haşıl, 2018).

4.4 Depresiyon Tipi Hidroelektrik Santraller

Denizden seviyesinden daha alçak yerlerde veya sıcaklığın çok düşük olduğu bölgelerde suyun buharlaşmasından kaynaklanan enerjiyle elektrik enerjisi üretilmesi amacıyla kurulan tesislere depresiyon tipi hidroelektrik santraller denilmektedir. Hâlihazırda depresiyon tipi hidroelektrik santral bulunmamakla birlikte proje aşamasında birkaç tesis kurulumu mevcuttur. Şekil 4.4'de depresiyon tipi hidroelektrik santral örneği gösterilmektedir.

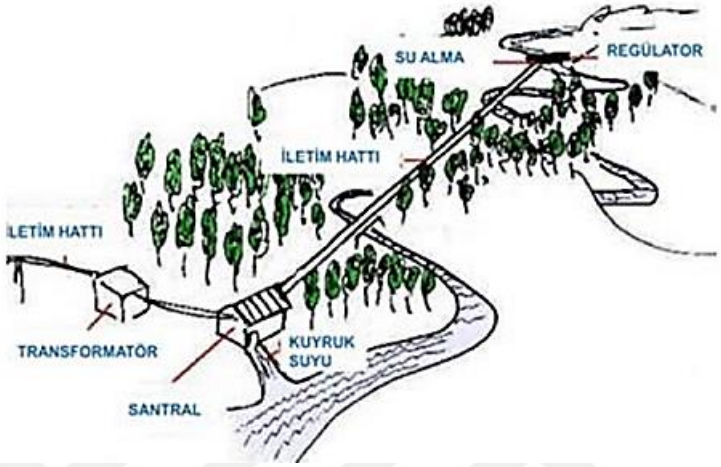


Şekil 4.4 Depresiyon tipi hidroelektrik santral (Haşıl, 2018)

4.5 Kanal Tipi Hidroelektrik Santraller

Kanal tipi hidroelektrik santrallerde, su çevirme yapısı önünde bulunan su küçük bir göl alanı oluşturmaktadır. Bu göl alanındaki suyun içerisindeki sediment çöktürülmektedir. Çökme işlemi tamamlandıktan sonra su, bir kanal ya da tünel yardımıyla yükleme havuzuna iletilmektedir. Yükleme havuzundaki su cebri boru

vasıtasıyla basınçlı bir şekilde santral tesisine iletilmektedir. Son olarak türbinlenen su doğal akışına bırakılmaktadır. Yüksek düşüye sahip santrallerde cebri boru maliyeti arttığından dolayı santral ve yükleme havuzu arasındaki mesafe kısa seçilmektedir. Şekil 4.5'de kanal tipi hidroelektrik santral örneği gösterilmektedir.



Şekil 4.5 Kanal tipi hidroelektrik santrali (Altınkaya ve diğ., 2016)

4.6 İçme Suyu İsale Hattı Üzerine Hidroelektrik Santraller

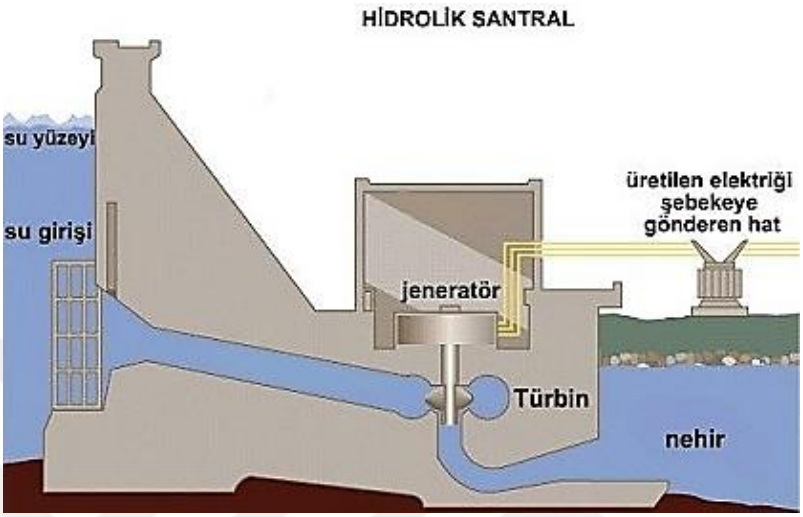
İşletmesi belediyelerde olan mevcut içme suyu isale hattından enerji elde edilmek için kurulan hidroelektrik santraller içme suyu isale hattı üzerine kurulan hidroelektrik santral denilmektedir. Bu tip santraller bölgenin su ihtiyacına göre projelendirilir. İçme suyunun halka temiz bir şekilde iletilmesi amacıyla türbinlerin suyun kalitesini bozmaması için azami dikkat edilmesi gerekmektedir.

Yerel yönetimler tarafından işletilen içme suyu isale hattı üzerine kurulan hidroelektrik santrallerden elde edilen enerji sağladığı maddi kaynak dolayısıyla günbegün artmaktadır. Bursa Kocaeli, Rize ve Kahramanmaraş illerimizde bu tip hidroelektrik santraller mevcuttur. Diğer birçok ilimizde belediyeler tarafından bu tip çalışmalar proje aşamasındadır. Bu projeler uygulamaya geçtiğinde, ülkemizin enerji ithalatı azalacak ve diğer belediyelere örnek olacaktır.

4.7 Hidroelektrik Santral Yapısı

Suyun potansiyel enerjisinin mekanik enerjiye, akabinde de elektrik enerjisine dönüşümüne denilmektedir. Hidroelektrik santraller içme, tarımsal sulama ve daha

birçok farklı amaçlar için su kaynaklarının önü kapatılarak kurulur. Bu tesisler; türbin, cebri boru, jeneratör, transformatör, su akışını ve elektrik akımını denetleyen birçok ekipmandan oluşmaktadır. Bir hidroelektrik santralin enerji üretim şeması Şekil 4.6' da verilmiştir.



Şekil 4.6 Hidroelektrik santralden enerji üretimi (Önöz, 2011)

4.8 Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması

4.8.1 Kurulu güç potansiyeline göre sınıflandırma

Tablo 4.1 Hidroelektrik santrallerin kurulu güç potansiyeline göre sınıflandırılması

Mikro HES	01-100 kW
Mini HES	100-1000 kW
Küçük HES	1001-10000 kW
Büyük HES	10000 kW' tan büyük

4.8.2 Düşü değerine göre sınıflandırma

Tablo 4.2 Hidroelektrik santrallerin düşüye göre sınıflandırılması

Santral türü	**Düşü(m)**
Alçak düşülü	2-20 m
Orta düşülü	20-150 m
Yüksek düşülü	150 m'den büyük

4.8.3 Kullanılan malzemenin türüne göre sınıflandırma

Genel olarak ikiye ayrılır. Bunlar; beton barajlar ve dolgulu barajlardır. Beton barajlar; ağırlık, payandalı ağırlık ve kemer barajları olarak gruplandırılmaktadır. Dolgulu barajlar ise toprak dolgulu, kaya dolgulu ve toprak+kaya dolgulu şeklinde sınıflandırılabilir.

Ağırlık barajları suyun itme kuvvetine karşı koyma esasıyla inşa edilen barajlardır. Bu tip barajlar temel kayasının çok sağlam olduğu veya enjeksiyon gibi işlemlerle sağlamlaştırıldığı zeminlere kurulmak zorundadır.

Payandalı ağırlık barajları, suyun itme gücünün temelin yanı sıra payandalarla desteklendiği baraj tipleridir. Daha az kazı çalışması yapılması ve daha az malzeme kullanılması nedeniyle ekonomik olup genelde kanyon vadilerde tercih edilmektedir. Toprak dolgulu barajlar; çakıl, kum, silt gibi ayrık malzemelerin daha homojen ve geçirimsiz hale getirilmek suretiyle inşa edilen barajlardır. Tarihi 3000 yol öncesine dayanmakta olup hâlihazırda yeryüzündeki barajların % 70’ ini toprak dolgulu baraj oluşturmaktadır. Kemer barajlar, yükün tabanla birlikte kenar ayaklara iletilmesi esasına göre inşa edilmektedir. Bu şekilde kesitin tümünün çalışmasına olanak verilmektedir. Daire şeklinde olup genelde dar vadilerde inşa edilmektedir.

Kaya dolgulu barajlar, genelde baraja yakın konumlarda malzeme bulunmaması nedeniyle inşa edilen barajlardır. Bu tip barajlarda geçirimsizliği arttırmak için sıklaştırılmış kil, beton ve asfalt gibi malzemeler kullanılabilmektedir.

Ülkemizde 1983 yılında inşası başlayıp 1992 yılında tamamlanan Atatürk Barajı da kaya dolgulu baraj tipine örnek verilebilmektedir. Toprak-kaya dolgulu barajlar genelde kaya ve toprağın belli oranlarda karıştırılarak inşa edilen baraj çeşididir. Geniş ve yayvan vadilerde yapılan barajlarda tercih edilmektedir.

4.9 Türbin Seçimi

Türbin, bir akışkanın potansiyel enerjisini kinetik enerjiye çevirmek için kullanılan mekanizmaya verilen isim olup bir mil ve üzerindeki kanatçıklardan oluşmaktadır. Kullanılan akışkana göre türbinin ve kanatçıkların yapısı değişmektedir.

Hidroelektrik tesislerde kullanılan türbinlere su türbinleri denilmektedir. Su türbinleri birçok kritere göre sınıflandırılabilirler. Genel olarak; düşüye, türbin çıkış gücüne, türbin milinin durumuna, suyun akış doğrultusuna ve suyun etki şekline göre sınıflandırmalar yapılmaktadır. Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5, Tablo 4.6 ve Tablo 4.7'de sınıflandırmalar gösterilmektedir.

4.9.1 Düşüye göre türbin tipleri

Tablo 4.3 Düşüye göre türbinlerin sınıflandırılması

Yüksek basınçlı su türbini	H>300 m
Orta basınçlı su türbini	400>H>20
Alçak basınçlı su türbini	50>H

4.9.2 Çıkış güçlerine göre

Tablo 4.4 Çıkış güçlerine türbinlerin sınıflandırılması

İsim	**Çıkış gücü**
Yüksek güce sahip türbin	100 MW'tan büyük
Orta güce sahip türbin	20-100 MW
Küçük güce sahip türbin	1-20 MW arası
Mini güce sahip türbin	100 KW- 1MW arasından küçük
Mikro güce sahip türbin	5 KW – 100 KW arası

4.9.3 Türbin milinin durumuna göre

Tablo 4.5 Türbin milinin durumuna göre türbinlerin sınıflandırılması

Yatay eksenli türbinler
Dikey eksenli türbinler
Eğik eksenli türbinler

4.9.4 Suyun akış doğrultusuna göre

Tablo 4.6 Suyun akış doğrultusuna göre türbinlerin sınıflandırılması

Eksenel akışlı türbinler
Radyal akışlı türbinler
Diyagonal akışlı türbinler
Teğetsel akışlı türbinler
Saptırılmış akışlı türbinler

4.9.5 Suyun etki şekline göre

Tablo 4.7 Suyun etki şekline göre türbin sınıflandırması

Aksiyon tipi türbinler	Pelton, turgo, banki
Reaksiyon tipi türbinler	Kaplan, uskur, francis, boru

4.10 Aksiyon Tipi Türbinler

4.10.1 Pelton türbinler

Lester Allon tarafından 1870 yılında geliştirilmiştir. Genel hatlarıyla çark, püskürtücü, saptırıcı ve gövde gibi bölümlerden oluşmaktadır. Bu tür türbinlerde cebri boru içerisindeki suyun potansiyel enerjisi bir enjektör yardımıyla püskürtülüp çarkın dönmesi sağlanarak suyun enerjisi kinetik enerjiye çevrilmektedir. Enjektörden çıkan su jeti çark kanatlarına teğetsel bir birimde çarpmakta ve dönmesini sağlamaktadır. Bu olay atmosfere açık bir halde gerçekleşmektedir.

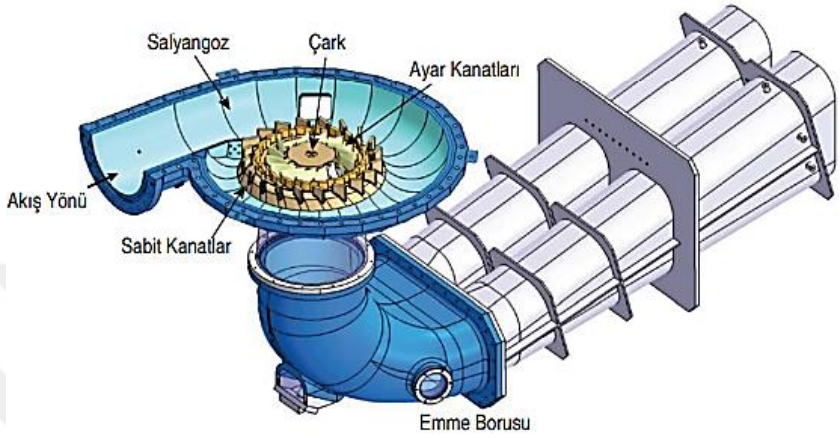
Genel olarak büyük hidrolik yapılarda ve su düşüsünün 150 metre ve üzeri olan yerlerde kullanılmakla beraber mikro hidrolik yapılarda ve hatta daha düşük düşülü yapılarda dapelton türbinler kullanılabilmektedir. Küçük ölçekli olanlarda bir veya iki enjektör bulunurken büyük olanlarda dört veya altı enjektör bulunabilmektedir. Şekil 4.7'de pelton türbin örneği gösterilmektedir.



Şekil 4.7 Pelton türbini çarkı (Koç, 2019).

4.10.2 Turgo türbin

Çalışma düzeneği olarak pelton türbinleriyle çok yüksek oranda benzerlik göstermektedir. Sadece kepçe yapısı ve su tutabilme kapasitesi olarak bazı farklılıklar arz etmektedir. Şekil 4.8'de turgo türbin tipi gösterilmektedir.

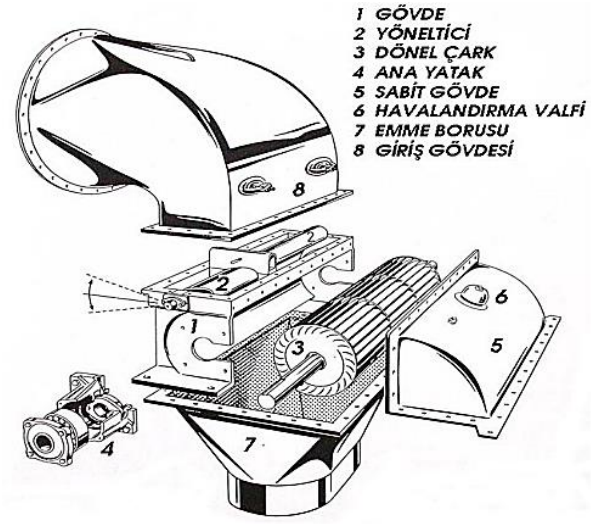


Şekil 4.8 Turgo türbini örneği (Saçma ve diğ., 2018).

4.10.3 Banki türbini

Macar asıllı Banki ile İngiliz asıllı Michell tarafından icat edilen Banki türbini genellikle küçük ve orta güçlü su kuvvetlerinde kullanılmaktadır. Şekil 4.9'da Banki türbini gösterilmektedir. Dünyanın birçok yerinde tercih edilmekle beraber üretimi en çok Avrupa'da gerçekleştirilmektedir.

Banki türbinin yapısı gayet basit olup 20 lt/s ila 9 m3/s debiler için 1 m ila 200 m düşülerde1000 kW güce kadar çıkabilmektedir. Verimleri genel olarak %80 civarı olmakla beraber dönme sayıları ise 50 ve 200 d/dak arasında değişmektedir. Su türbini ise, gövde, tambur tipi dönel çark ve yönelticiden oluşur. En önemli özelliği suyun dönel çarktan iki kez çıkmasıdır. Üretimi kolay, maliyeti uygun, yatay ve dikey olarak kullanılabilmesi, parçalarının ucuz ve teknik bakım onarımlarının basit olması hasebiyle çokça tercih edilen bir türbindir.



Şekil 4.9 Banki türbini ve aksamları (Kaya, 2011).

4.11 Reaksiyon Türbini

Suyun basıncından yararlanma esasına göre çalışırlar. Suyun geçiş bölgeleri tamamen dolu olacak şekilde doldurulup türbinin dönmesi ve çarkın hareket etmesi sağlanır. Yapımları aksiyon tipi türbinlere göre daha zordur. Bu nedenle mikro hidrolik sistemlerde kullanımı yaygın değildir.

Aynı şartlar altında birim zamandaki devir sayısı aksiyon tipi türbinlerden daha fazladır. Bu tip türbinlerin ani kavitasyon tehlikesi de bulunmaktadır. Değişken debi ve düşü değerlerinde düşük verim verirler.

4.11.1 Kaplan türbini

1913 yılında Prof. Victor Kaplan tarafından tescillenip ismini de kendisini icat edenin soyadından almıştır. Bu türbinler hem düşük hem de yüksek düşülerde etkili olarak çalışabilmektedir. Hızları yüksek olduğundan dolayı jeneratöre arada herhangi bir kayış ve dişli olmadan direkt bağlanma özelliği mevcuttur. Şekil 4.10'da montaja hazır kaplan türbini gösterilmektedir.

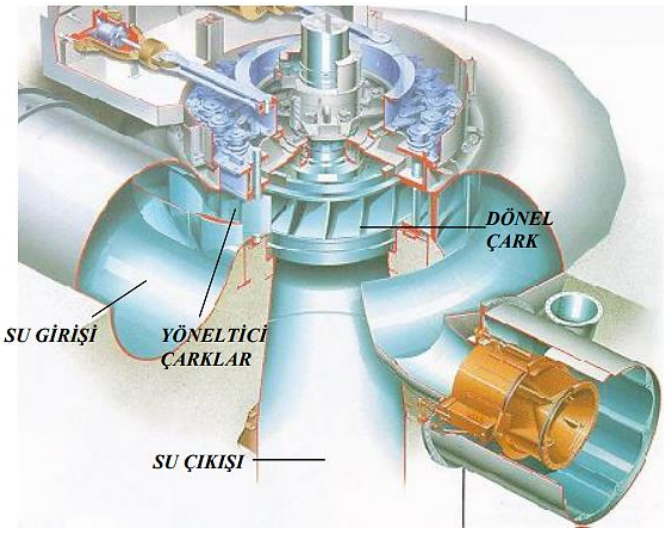


Şekil 4.10 Montaja hazır kaplan türbini

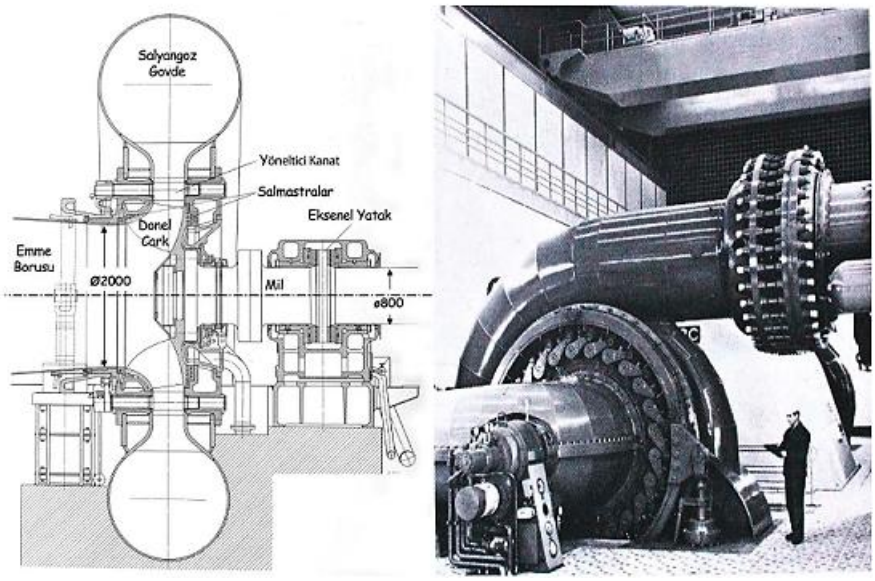
4.11.2 Francis türbini

19. yüzyılda Amerikalı bilim insanları Howd ve Francis tarafından geliştirilmiş ve ismini de geliştirenlerden biri olan Francis'ten almıştır. Dönel çarka dıştan yöneltici çarka su girişi dıştan olacak şekilde sağlanmaktadır. Su, çarkın kanatları boyunca aşağı inerek çarkı terk etmektedir.

Francis türbinleri 600 m düşüye ve 500 MW güç kapasitesine kadar çalışabilmektedir. Pelton türbinine göre avantajı ise ufak boyutlarda üretilip yüksek devir sayısı elde edilebilmesidir. Bu yönden gayet ekonomiktir. Nitekim ülkemizde DSİ tarafından işletilen birçok hidroelektrik santralinde bu tip türbinler kullanılmaktadır. Bu tip türbinler yatay veya düşey eksenli şekillerde kullanılabilmektedir. Örneğin; 200 kilovata kadar olan güç ve 5 metreden az düşüye sahip santrallerde genellikle düşey eksenli çeşitleri kullanılmaktadır. Bazen de gerekli koşullar ve faydalar gözetilerek yatay eksenli çeşitler kullanılabilmektedir. Şekil 4.11'de yatay eksenli Francis türbini gösterilmekte, Şekil 4.12'de ise dikey eksenli Francis türbini gösterilmektedir.



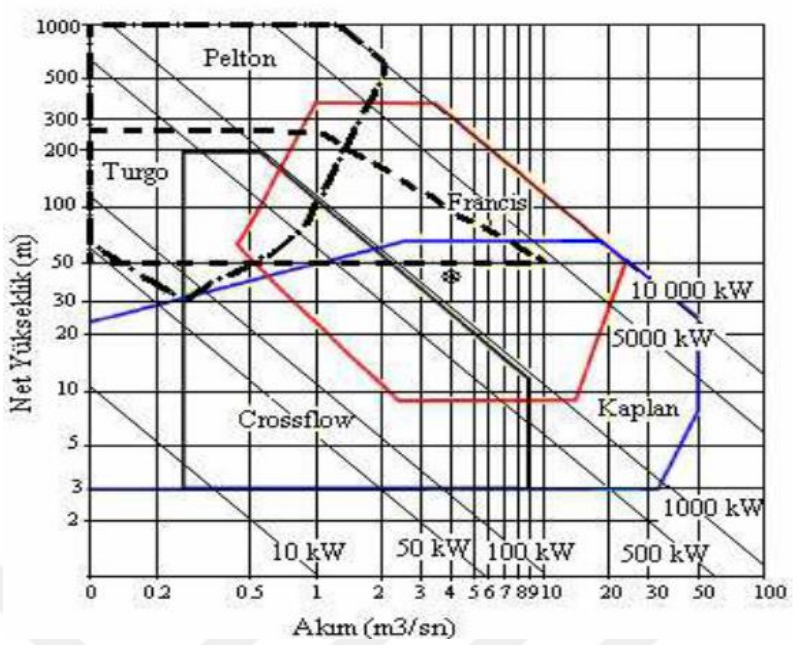
Şekil 4.11 Dikey eksenli Francis türbini(Tekno tasarım, 2021).



Şekil 4.12 Yatay eksenli Francis türbini (Tekno tasarım, 2021).

4.12 Türbinlerin Düşü ve Debiye Göre Sınıflandırılması

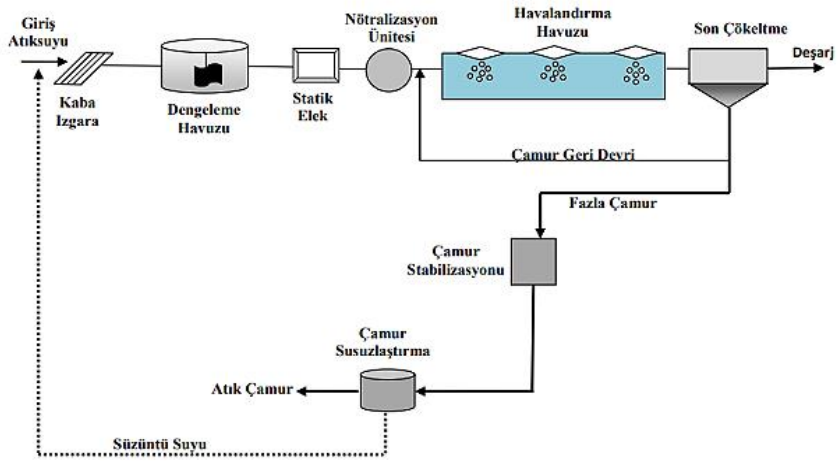
Bir santrale türbin seçilirken göz önünde bulundurulması gereken en önemli özellikler düşü ve proje debisidir. Hangi debi ve düşü değerleri aralığında hangi türbinin kullanılması gerektiği Şekil 4.13' de ifade edilmiştir.



Şekil 4.13 Türbin seçiminde kullanılan grafik (Bhatti ve ark., 2004)

5. ATIK SU ARITMA SİSTEMLERİ

Temiz suyun insanoğlu tarafından kullanılarak kirlenmesine atık su adı verilir. Bu suların % 99' u saf su ve geri kalan % 1'i ise organik maddelerden oluşmaktadır. Bu suları arıtan tesislere atık su artıma tesisleri denilmektedir. Atık su arıtma metotları. Mekanik, biyolojik ve kimyasal arıtma yöntemleridir (Muslu, 1994). Şekil 5.1'de atık su temel çalışma prensibi gösterilmektedir.



Şekil 5.1 Atık su arıtma tesisi temel çalışma prensibi (Kırım, 2015)

5.1 Mekanik Arıtma Yöntemi

Mekanik artıma tesisinde hiçbir kimyasal madde veya bakteri kullanılmadan fiziksel işlemlerle atık suyun içindeki kaba atıkların, yağ sıyırıcı paletler ve benzeri düzenekler ile arıtılması yöntemine dayanmaktadır. Şekil 5.2'de mekanik arıtma tesisi gösterilmektedir.



Şekil 5.2 Eğil Atık Su arıtma Tesisi (Mekanik arıtma tesisi) (DİSKİ).

5.2 Biyolojik Arıtma Yöntemi

Evsel veya endüstriyel kullanım neticesinde meydana gelen atık suyun içerisindeki kirleticileri arındırmak amacıyla aerobik ve anaerobik bakteriler yardımıyla parçalanması neticesinde gerçekleşen arıtma yöntemine denilmektedir. Şekil 5.3'de Diyarbakır'da bulunan biyolojik atık su arıtma tesisi gösterilmektedir.



Şekil 5.3 Diyarbakır'da bulunan biyolojik atık su arıtma tesisi (DİSKİ).

5.3 Kimyasal Arıtma Yöntemi

Atık suyun hızlı ve yavaş karıştırma ünitelerine çeşitli kimyasal maddeler eklenip, bu maddelerin atık suyun içerisindeki kirletici maddelerle kimyasal reaksiyona girip askıda yumaklar oluşturarak birbirini çökeltmesi sonucu meydana gelen arıtma yöntemidir. Şekil 5.4'de kimyasal atık su arıtma tesisi gösterilmektedir. Genelde endüstriyel kaynaklı atık sular ve içme suyu alanında kullanılmaktadır.



Şekil 5.4 Kimyasal atık su arıtma tesisi örneği

5.4 Atıksu Tesislerinde Debi Hesabı

Bir yerin HES kurulum uygunluğunun belirlenmesinde en önemli iki değişken debi ve düşüdür. Belli zaman aralıklarındaki debi değişimleri tesisin etkin ve sağlıklı bir şekilde işleyip işlemeyeceği hakkında belli fikirler verecektir. Ülkemizde debi hesaplamasında genellikle İller Bankası Yöntemi kullanılmaktadır (Koşkan ve ark., 2005).

$$Q = Qev + Qsanayi + Qsızma \quad (3.4)$$

Denklem 3.4' de;

Q_{ev}: Evsel debi; Q_{sanayi}: Sanayi debisi; $Q_{sızma}$: Sızma debisi hesaplanması gerekmektedir.

5.4.1 Evsel debinin hesaplanması

Evsel debiler hesaplanmasında kişi başına düşen su tüketiminin toplam nüfusla çarpılması metodu kullanılmaktadır. Yıllık ortalama kişi başına düşen günlük su ihtiyacı q_{ort} ile gösterilerek yaz aylarında oluşan su ihtiyacını temsil eden maksimum debi değeri ortalama değerin 1,5 katı olacak şekilde kabul edilmektedir. Bu durumlar değerlendirilerek evsel debi denklem 3.5'teki gibi hesaplanmaktadır (Koşkan ve ark., 2005).

$$Qevmax = a.qmax.N \quad (3.5)$$

Denklem 3.5'de;

Q_{evmax}: Yazlık evsel su tüketimi (m^3/gün); a: kanala aktarılan yüzde; qmax: kişi başına yazlık su ihtiyacı (m^3/N/gün); N: kasabanın gelecekteki nüfusunu göstermektedir.

Denklem 3.5'te elde edilen veriler neticesinde Denklem 3.6'da verilen hesap debisi, Denklem 3.7'de verilen ortalama debi ve Denklem 3.8'de verilen minimum debi değerleri elde edilebilir. (Öztürk İ ve ark 2005).

$$Qh = Qevmax/n1 + Qsanayi/n2 + Qsızma/24 \quad (3.6)$$

$$Q24 = (Qevmax + Qsanayi + Qsızma)/24 \quad (3.7)$$

$$Qmin = Qevort/n3 + Qsanayi/n4 + Qsızma/24 \quad (3.8)$$

Denklem 3.6'da yer alan sabit değer Tablo 5.1'deki nüfusa bağlı değerlerden elde edilmektedir.

Tablo 5.1 Nüfusa bağlı olarak n_1 değerleri

Nüfus	<1000	1000-10 000	10 000-100 000	100 000-1 000 000	>1 000 000
n_1	10	12	14	16	18-20

"n1": Gün içerisindeki salınımları ifade eden bu değer nüfusa bağlı olarak değişmektedir.

"n2": Sanayi tesisinin vardiya sayısına bağlı bir değerdir. Tek vardiya olarak çalışan tesisler için 5-6 aralığında alınabilmektedir.

"n3": 37-40 aralığında bir değerdir. Örneğin 40 için Q40 olarak gösterilir.

"n4": Üç vardiya olarak çalışan tesisler için bu değer 24 alınabilir.

Bir veya iki vardiya şeklinde çalışan tesisler için ise minimum debi hesaplanırken sanayi debisi değerlendirilmez (Öztürk İ ve ark 2005).

Ülkemizde son yıllarda devlet politikası haline getirilmiş olan çevreci yaşam teşviki neticesinde şehirlerde kişi başına düşen su tüketiminin azalacağı

değerlendirilmektedir. Bu çerçevede gelecekte nüfusa bağlı olarak meydana gelecek atıksu miktarı Tablo 5.2' de verilmiştir (Erdoğan ve ark., 2005).

Tablo 5.2 Nüfusa bağlı su kullanımı ve atıksu oluşumu

Gelecekteki nüfus (kişi)	Beklenen su kullanımı (lt/kişi.gün)	Beklenen atıksu miktarı (lt/kişi.gün)
5000	110	80
7500	110	80
1000	120	90
15000	120	90
25000	120	90
35000	130	100
50000	130	100
75000	130	100
10000	130	100
150000	130	125
200000	160	125
250000	160	125
400000	175	140
500000	175	140
750000	175	140
1000000	200	160
1500000	200	160
2000000	200	160

5.4.2 Sanayi debilerinin hesaplanması

Sanayiden dolayı gelen debinin hesaplanmasında çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden biri eşdeğer nüfusun hesaplanarak, evlerden gelen atık suların içerisinde olduğunun değerlendirilmesidir. Üretimin şekli ve miktarına bağlı olarak anketler yapılması suretiyle su tüketimi belirlenip literatürdeki bilgiler ışığında her bir sanayi kuruluşu için ayrı olmak üzere yük hesabı yapılabilir. Diğer bir yöntemde ise debinin zaman içerisindeki değişimi, ölçümler yapılarak elde edilebilir. Bunun yanı sıra sanayi bölgeleri için, kapladıkları alanlarda hektar başına bir debi değeri kabul edilerek hesaplamalar yapılabilir (Ekdal, 2013).

5.4.3 Sızma debilerinin hesaplanması

Atık su arıtma tesisine gelen debinin içerisindeki sızma debisinin hesaplanması önem arz etmektedir. Sızma debisinin hesaplanmasında çeşitli metotlar mevcuttur. Bu değerin tahmin edilmesinde evlerden gelen atık suyun belirli bir oranının yüzdesel olarak alınması kullanılabilmektedir. Diğer bir yöntem ise kanal uzunluğu ve çapına göre yapılan hesaplamadır. Bu hesaplama esnasında kanal güzergâhları üzerindeki bacalardan giren debi miktarı da dikkate alınmalıdır (Ekdal, 2013).

5.5 Atık Su Debilerinin Ölçümünün Yapılması

Bir atık su arıtma tesisinin projelendirilmesi esnasında tesise gelecek debinin doğru bir şekilde hesaplanması azami derecede önem arz etmektedir. Ayrıca tesisin yatırım maliyetlerinin azaltılması ve işletilmesinin ekonomik olması açısından tahmin edilen ve hâlihazırdaki debinin uygunluk göstermesi önemlidir.

Atık su arıtma tesisleri içerisinde işlem yapılan atık su debi değerlerinin düzenli bir şekilde ölçümlerinin yapılması, tesisin tasarım ve işletme kontrollerinin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi açısından ehemmiyet arz etmektedir. Bu tesislerde yapılacak debi ölçümleri neticesinde elde edilecek günlük ve ortalama debi değerlerinin bilinmesi birçok fayda sağlamaktadır. Bu faydalar aşağıdaki maddelerde izah edilmiştir (Dabak, 2016).

- Sisteme eklenecek günlük kimyasal madde miktarlarının belirlenmesi
- Sisteme verilmesi gereken hava miktarının belirlenmesi
- Çamur geri devir oranının tespit edilmesi
- Tesisin büyütülmesi söz konusu olduğu takdirde mevcut debi değerlerine ait kayıtların oluşturulması
- Günlük kurak hava durumlarında görülen önemli debi artışları, sızma veya kanalizasyon sistemine sanayi atık su katılımı ve artan nüfus hakkında bilgi elde edilmesi
- Yağışlı zamanlarda meydana gelen debi değerlerindeki önemli artışlar neticesinde yağmur suyunun etkisinin tahmin edilebilmesi gibi faydalar sağlamaktadır.

5.5.1 Debi ölçüm yerleri

Atık su arıtma tesislerinde debi ölçümü yapılacak birçok nokta ve yöntem bulunmaktadır. Bu noktalardan bazıları aşağıdaki maddelerde verilmiştir (Dabak, 2016).

- Arıtma tesisinin girişi
- Pompa istasyonunun bulunduğu ana terfi hattı
- Çubuk ızgaranın, ön çökeltimin veya kum tutucunun çıkışı
- Kanal üstü ve kontrol bacası
- Alıcı ortama arıtma işlemi tamamlanan suyun deşarjı öncesi gibi noktalardan ölçüm sağlanabilmektedir.

Ölçüm yapılan noktaların birçok faydası bulunmakla beraber tek noktadan ölçüm yapıp direkt kullanmak pek sağlıklı olmayacaktır. Bu nedenle her tesisin spesifik durumuna göre seçilecek birkaç noktadan ölçüm yapıp değerlendirmek çok daha doğru sonuçlar verecektir.

5.5.2 Debi ölçüm yöntemleri

Atık su arıtma tesislerinde debi ölçümü genel olarak basınçlı borularda veya açık kanallarda yapılmaktadır. Basınçlı borularda kullanılan yöntemler; venturimetre, ölçüm ağzı, orifismetre, elektromanyetik metre, türbinmetre ve akustik esaslı debimetre olarak ifade edilebilir. Açık kanallarda kullanılan metotlar ise kanal, savak, derinlik ölçümü ve akustik kaynaklı debimetreler olarak karşımıza çıkmaktadır. Debi ölçümünde dikkat edilmesi gereken bazı hususlar mevcuttur. Bunlar aşağıdaki maddelerde verilmiştir (Dabak, 2016).

- Akım şartlarının sürekli veya kesikli oluşu
- Maksimum işletme basıncı ve basıncın düşmesi
- Akım hızı aralığı
- Bakım teknikleri ve sıklığı
- Atık suyun içeriği
- Ölçme kolay bir şekilde ölçülebilir tek bir değişkene bağlı olması gibi özelliklere dikkat edilmelidir.

5.6 Atık Su Arıtma Tesislerinin Hidroelektrik Potansiyelinin Değerlendirilmesi

Atık su arıtma tesislerinin hidroelektrik potansiyeli genel itibariyle tesise gelen debiye ve düşüye bağlıdır. Tesis girişlerinde hidroelektrik üretimi için uygun düşü elde etmek pek olası bir durum değildir. Bunun temel sebebi tesise gelen suyun cazibeli olarak gelmesi amacına uygun yer seçimi yapılmasıdır. Tesis çıkışında uygun düşüyü elde etmek daha mümkündür. Debi ise tesis giriş ve çıkışında önemli farklar göstermemektedir.

5.6.1 Proje debisinin belirlenmesi

Bir atık su arıtma tesisinden enerji üretme aşamasında bilinmesi gereken en önemli değerlerden biri debidir. Debinin doğru bir şekilde belirlenmesi tesisin sağlıklı ve verimli bir şekilde çalışmasının en önemli koşullarından biridir.

Atık su arıtma tesislerinin akışı günlük, aylık ve mevsimlik olarak farklılıklar göstermektedir. Bunun nedenleri arasında kanal şebekesine karışan yağmur suları, yer altı suları, evsel debiler, sanayi debileri gibi etkenler olabilmektedir. Bu etkenlerden en önemlisi yağmur suyunun kanalda radikal değişimler yapmasıdır. Bundan dolayı debiyi doğru bir şekilde belirlemek ve ileriki zamanlarda doğru öngörülerde bulunabilmek için debi ölçümlerinin belli aralıklarla ve hassas bir şekilde yapılması gerekmektedir.

5.6.2 Proje Düşü Değerinin Belirlenmesi

Atık su arıtma tesislerinde kurulacak hidroelektrik santrallerde normal koşullarda yüksek düşü değeri beklememek gerekmektedir. Fakat arıtma işlemi tamamlanan suyun akarsuya deşarj edildiği bölgeye uygun düşü değerleri bulmak mümkün olabilmektedir. Mümkün olmadığı takdirde akarsu yatağında bir miktar tarama yapılarak su kotunun azaltılmasıyla düşü değeri bir miktar arttırılabilir. Ayrıca deşarj öncesinde bir kanal ya da boru yardımıyla bir miktar taşınarak arazinin uygun düşü sağlayan bölgesine taşınıp bu bölgeden akarsuya bırakılabilmektedir. Böylece uygun düşü elde edilip hidroelektrik güç üretimi için gerekli ortam sunulmuş olacaktır.

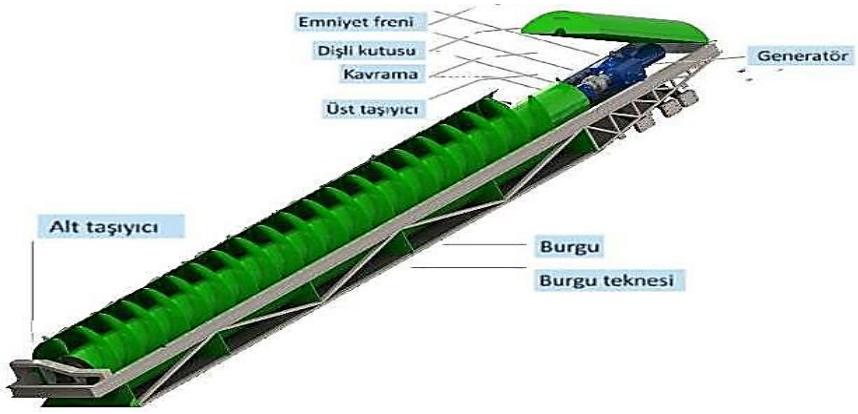
5.7 Türbin Tipinin Seçimi

Atık su arıtma tesislerinde kurulması söz konusu olan hidroelektrik santrallerin düşü ve debi değerleri, akarsular üzerinde kurulanlara kıyasla çok küçük olduğundan genelde kullanılacak türbinler mikro ya da mini düzeyde olmaktadır.

Hidroelektrik santrallerde kullanılacak türbinler için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Şekil 3.22'den anlaşılacağı üzere debi ve düşü değerleri küçük olan hidroelektrik santraller için kullanılması en uygun olan türbin çeşidi Arşimet türbinidir. Arşimet türbinleri basit bir sistem olup günümüzde Avrupa başta olmak üzere dünyanın birçok yerinde küçük ölçekli hidroelektrik santrallerde kullanılmaktadır. Arşimet türbinin kullanılmasının sağlayacağı faydalar aşağıda maddeler halinde verilmiştir (Rorres, 2000).

- Yüksek verim
- Kolay ve hızlı kurulum
- Düşük maliyet
- Hareketli parçalarda daha az aşınma
- Uzun çalışma ömrü
- Basit kullanım
- Düşük bakım maliyetleri
- Çalışma elemanlarına kolay erişim
- Kavitasyon oluşmaması
- Sürekli elektrik üretiminde güvenilirlik.
- Donma ve taşkın sorunu yaşanmaz.
- Yerli sanayi ile üretim imkânı ve yatırım kısa geri dönüş süresi

gibi imkanlar sağlamaktadır.



Şekil 5.5 Arşimet burgu türbini (Üstün ve ark., 2018).

5.8 Hidroelektrik Enerjinin Üretimi

Atık su arıtma tesisinin çıkışına kurulması söz konusu olan hidroelektrik santralden üretilebilecek enerjinin miktarı Denklem 3.1'deki formülden bulunabilmektedir. Ancak Arşimet burgu türbini kullanılması durumunda türbin, jeneratör ve transformatör verimlerinin ayrı ayrı hesaplanması yerine, sistemin toplam verimi kullanılmaktadır. Toplam verim kullanılan malzemelere göre değişiklik gösterebilmektedir.

Atık su arıtma tesislerinden üretilecek enerji sistemin ihtiyacının karşılanmasında kullanılabileceği gibi artan enerjinin dağıtım şirketlerine satılıp bünyesinde üretildiği kurum için bir ek gelir sağlayabilmesi de planlanmaktadır.

6. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışmasında Diyarbakır ili için hidroelektrik güç potansiyeli tespiti için kullanılan materyal ve metotlar sunulmuştur. Söz konusu materyal ve metotlar ışığında hesaplamalar yapılmıştır. Bunlardan bazıları; net düşü (H_n), brüt düşü (H) ve düşü kayıpları (ΔH), jeneratör verimi, transformatör verimi gibi değerlerdir. Ayrıca hangi türbin tipinin daha uygun olacağı ile ilgili metotlar incelenmiştir.

6.1 Materyal

Yapmış olduğumuz çalışmada birçok materyal kullanılmaktadır. Bu materyallerden nivo aleti düşü farkını hesaplamada kullanılmaktadır. Evsel debi, sanayi debileri, sızma debileri gibi hesaplamaların yapılması aşamasında ihtiyaç duyulan bazı materyaller; venturimetre, orifismetre, elektromanyetik metre, türbin metre ve akustik esaslı debimetre olarak sayılabilmektedir. Seçilen türbin çeşitleri de verim açısından son derece önem arz etmektedir.

Diyarbakır il merkezinde bulunan atık su arıtma tesisi incelenmiş, çeşitli bulgular elde edilmiş ve bu bulgular ışığında Diyarbakır ili merkezindeki atık suların hidroelektrik güç potansiyeli ile ilgili bazı akademik tartışmalar yapılmıştır.

Diyarbakır ili Çarıklı Mahallesi eski Mardin yolu üzeri 7. km Tekel fabrikası bitişiğinde faaliyet gösteren Diyarbakır Atık su Arıtma Tesisi 2004 yılında ilk proje kapsamında fiziksel Atık su Arıtma Üniteleri ve Çamur Stabilizasyon Üniteleri olarak Diyarbakır Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü bünyesinde faaliyete başlamıştır. Diyarbakır Atık su Arıtma Projesi kapsamında, 2025 için gerekli kapasiteyi karşılamak amacıyla, mevcut mekanik atık su arıtma tesisi, biyolojik arıtma tesisi ve bazı arıtma birimlerinin büyümesi ile modifiye edilecektir. Anaerobik tanklar, aktif çamur tankları, ikincil çöktürme tankları ve çamur arıtma birimleri, ilk aşama 2025 için tasarlanmıştır. Ayrıca bu birimler, projenin ikinci aşaması 2040 için genişletilebilir durumdadır. Bakım ve tamirat işlemleri için, bir arıtma biriminin devre dışı bırakılması olasılığı vardır (DİSKİ, 2021). Atık suların fiziksel ve biyolojik olarak arıtma işlemleri sonucunda; arıtılmış atık su son çökeltme havuzlarının çıkışından Dicle Nehri'ne deşarj edilmektedir. Bu arıtıma prosesi sonucu organik madde içerikli çamur oluştuğundan çamurun anaerobik çürütülmesi

işlemi ile biyogaza dönüştürülmesi ve biyogazın gaz jeneratörü ile elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir (DİSKİ, 2021). Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'de Diyarbakır İleri Biyolojik Atık su Arıtma Tesis binasına ait bazı fotoğraflar gösterilmiştir.



Şekil 5.6 Diyarbakır İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis binasına ait bazı fotoğraflar



Şekil 5.7 Diyarbakır İleri Atık su Arıtma Tesisine ait fotoğraflar

6.2 Metot

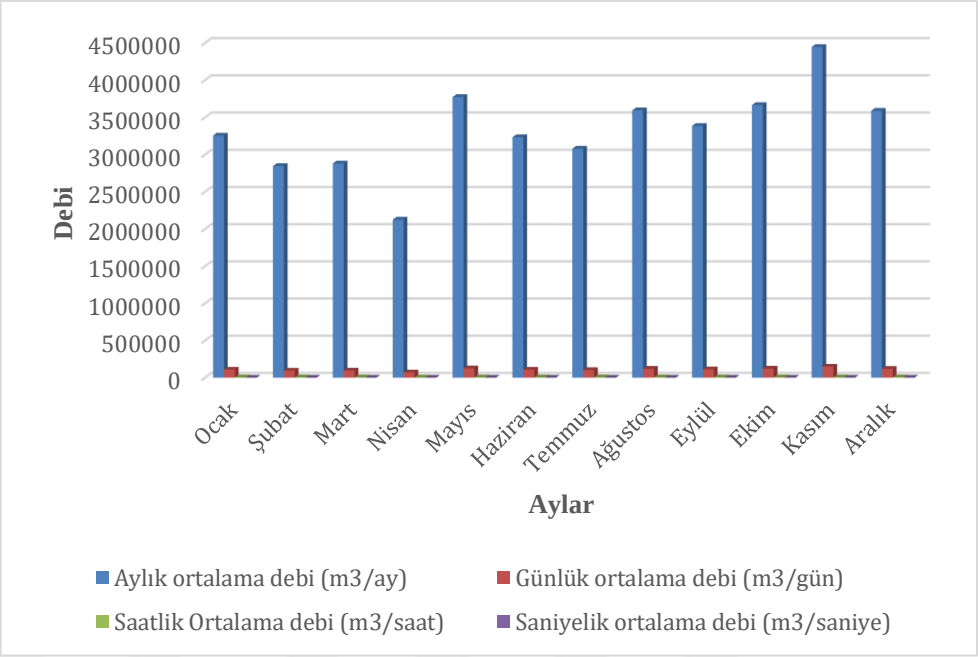
Bu çalışmada metot olarak hidroelektrik güç ve potansiyel enerji denklemleri kullanılmıştır. Diyarbakır atıksu tesisinin ortalama debi değeri (Q) ileriki yıllarda dikkate alınarak 1-2 m^3/s olarak alınmıştır. Tesisin deşarj noktası olan Dicle nehri ile olan etkin kot farkı yapılan ölçümler neticesinde 5 m olarak tayin edilmiştir. Bu verilere göre güç ve potansiyel enerji denklemleri ile üretilebilecek hidroelektrik değerleri hesaplanmıştır.

7. BULGULAR VE TARTIŞMA

Atık su arıtma tesislerinden hidroelektrik enerji üretimi düşünüldüğünde bakılması gereken en önemli değerlerden biri şüphesiz debi miktarıdır. Bu nedenle yapmış olduğumuz çalışmalar neticesinde Diyarbakır ili için üç yıllık debi değerleri aylık olarak incelenmiştir. 2019 yılından elde edilen veriler ile Tablo 7.1'de gösterilmiş ve Tablo 7.1'deki verilerden yararlanılarak Şekil 7.1 görselleştirilmiştir. Aynı şekilde 2020 yılından elde edilen veriler ile Tablo 7.2 gösterilmiş ve Tablo 7.2'deki verilerden yararlanılarak Şekil 7.2 görselleştirilmiştir. Son olarak da 2021 yılına ait verilerle aynı yöntem kullanılarak Tablo 7.3 ve Şekil 7.3 görselleştirilmiştir.

Tablo 7.1 2019 yılı Diyarbakır İleri Atık Su Arıtma Tesisi debi değerleri (DİSKİ, 2019)

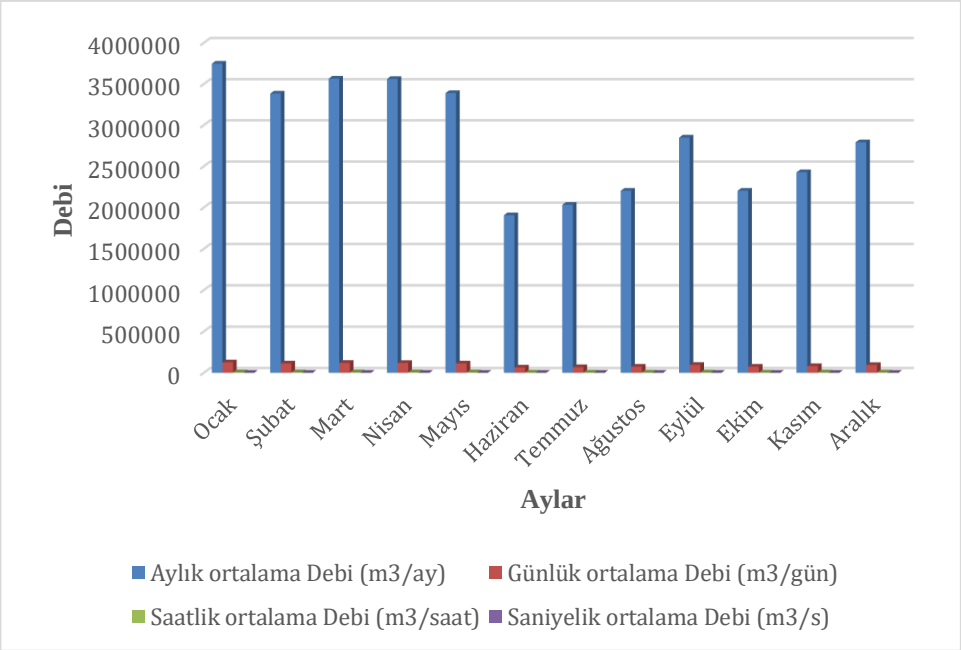
Aylar	Aylık ortalama debi (m^3/ay)	Günlük ortalama debi (m^3/gün)	Saatlik Ortalama debi (m^3/saat)	Saniyelik ortalama debi (m^3/saniye)
Ocak	3255782	108526,067	4521,600	1,256
Şubat	2846542	94884,733	3952,800	1,098
Mart	2881389	96046,3	4003,200	1,112
Nisan	2126586	70886,2	2952,000	0,82
Mayıs	3773128	125770,933	5241,600	1,456
Haziran	3234156	107805,2	4492,800	1,248
Temmuz	3079335	102644,5	4276,800	1,188
Ağustos	3595033	119834,433	4993,200	1,387
Eylül	3385060	112835,333	4701,600	1,306
Ekim	3666289	122209,633	5090,400	1,414
Kasım	4445563	148185,433	4230,000	1,715
Aralık	3588810	119627	4986,000	1,385



Şekil 7.1 2019 yılı Diyarbakır İlleri Atık Su Tesisi Debi Değerleri Grafiği (DİSKİ, 2019)

Tablo 7.2 2020 yılı Diyarbakır İleri Atık su Arıtma Tesisi debi değerleri (DİSKİ, 2020)

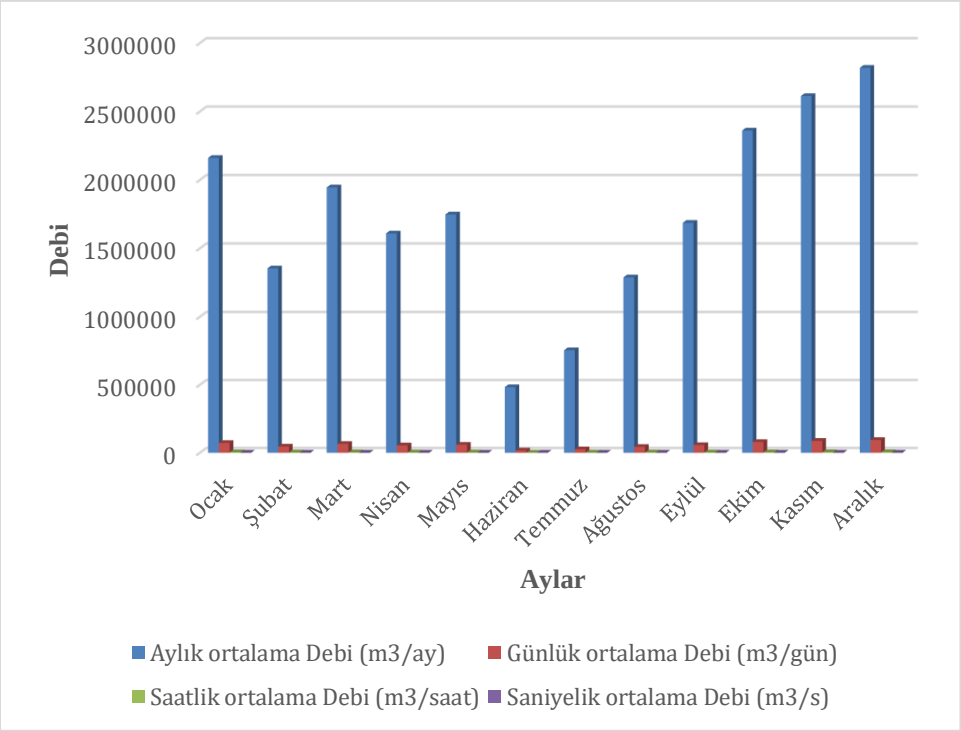
Aylar	Aylık ortalama Debi (m^3/ay)	Günlük ortalama Debi (m^3/gün)	Saatlik ortalama Debi (m3/saat)	Saniyelik ortalama Debi (m^3/s)
Ocak	3745803	124860,1	5202,000	1,445
Şubat	3383063	112768,767	4698,000	1,305
Mart	3564433	118814,433	4950,000	1,375
Nisan	3560528	118684,267	4946,400	1,374
Mayıs	3388567	112952,233	4705,200	1,307
Haziran	1905762	63525,4	2646,000	0,735
Temmuz	2031638	67721,267	2822,400	0,784
Ağustos	2202909	73430,3	3060,000	0,85
Eylül	2848962	94965,4	3956,400	1,099
Ekim	2202909	73430,3	3060,000	0,85
Kasım	2427602	80920,067	3373,200	0,937
Aralık	2791574	93052,467	3877,200	1,077



Şekil 7.2 2020 yılı Diyarbakır İleri Atık Su Arıtma Tesisi Debi Değerleri Grafiği (DİSKİ, 2020)

Tablo 7.3 2021 yılı Diyarbakır İleri Atık Su Arıtma Tesisi debi değerleri (DİSKİ, 2021)

Aylar	Aylık ortalama Debi (m^3/ay)	Günlük ortalama Debi (m^3/gün)	Saatlik ortalama Debi (m^3/saat)	Saniyelik ortalama Debi (m^3/s)
Ocak	2160149	72004,967	2998,800	0,833
Şubat	1352928	45097,6	1879,200	0,522
Mart	1944786	64826,2	2700,000	0,75
Nisan	1608516	53617,2	2235,000	0,621
Mayıs	1747323	58244,1	2426,400	0,674
Haziran	482274	16075,8	669,600	0,186
Temmuz	753990	25133	1047,600	0,291
Ağustos	1287415	42913,833	1789,200	0,497
Eylül	1686160	56205,333	2343,600	0,651
Ekim	2360476	78682,533	3279,600	0,911
Kasım	2612446	87081,533	3628,800	1,008
Aralık	2818327	93944,233	3913,200	1,087



Şekil 7.3 2021 Yılı Diyarbakır İleri Atık Su Arıtma Tesisi debi değerleri grafiği (DİSKİ, 2021)

Diyarbakır İleri Biyolojik Atık su Arıtma Tesisi'nin debi değerleri aylık, günlük ve saniyelik olarak üç yıllık süre zarfında incelenmiştir. DİSKİ Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler ışığında yapılmış olan hesaplamalara göre aylık ortalama debi değerlerinin gün içinde sabit kaldığı ve kesintisiz olarak akış olduğu kabul edilmiştir. Elde edilen değerlerin ortalaması alınarak herhangi bir yılın aynı ayında beklenen debi değerleri elde edilerek Tablo 7.4 'de veriler gösterilmiş, Şekil 7.4'de veriler görselleştirilmiştir.

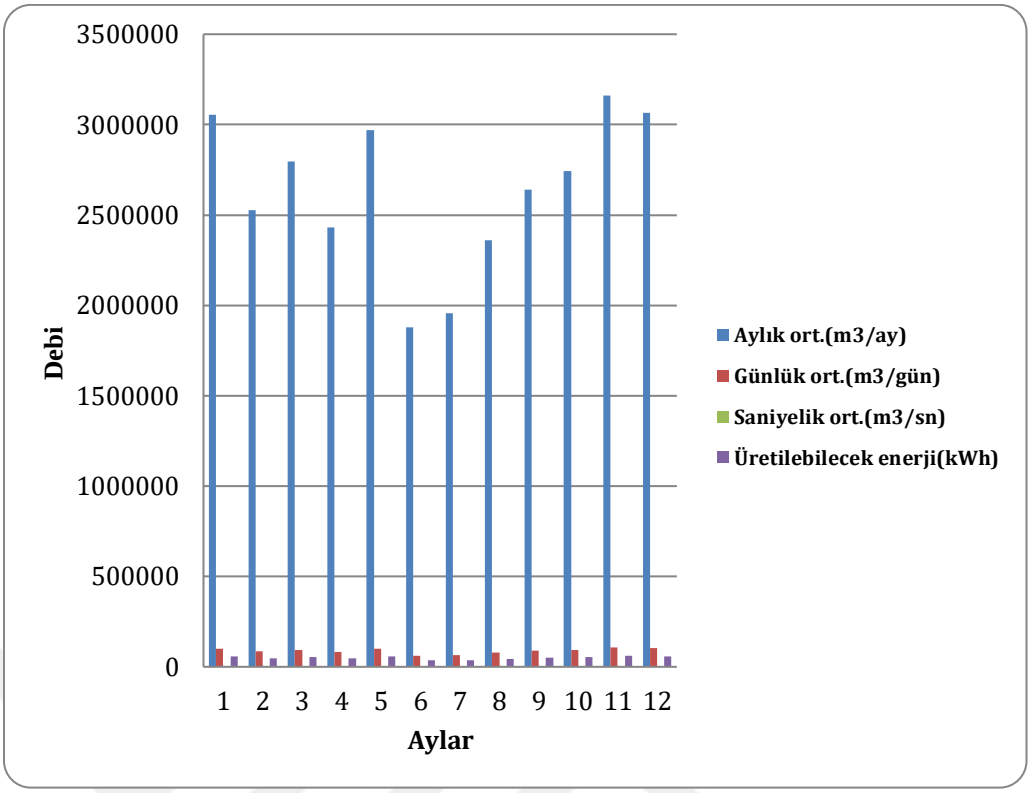
Üç yılın ortalamasına bakıldığında Tablo 7.4 'de görüleceği üzere en yüksek aylık ortalama debi kasım ayındayken en düşük aylık ortalama debi haziran ayındadır.

Debi değerlerindeki değişimler ve sistemdeki elektromekanik teçhizatların özellikleri göz önünde bulundurulduğunda sistemin veriminin bazı değişimler göstereceği öngörülmektedir. Bütün bu durumlar göz önünde bulundurulup gerekli analizler yapıldığında sistem veriminin %70 olacağı değerlendirilmektedir. Yapılan ölçüm sonucu tesisin düşü değerinin yaklaşık 5 m olduğu tespit edilmiştir. Türbin, doğrudan jeneratöre bağlanır veya jeneratör için gerekli olan hıza bağlı olarak dişliler veya kayışlar ve kasnaklar vasıtasıyla bağlanır. Türbin seçimi esas olarak düşü

yüksekliğine ve akış hızına göre belirlenir (Işık, 2018). Tesisin sahip olduğu debi ve düşü değerleri göz önüne alındığında ve dünyadaki benzer çalışmalar incelendiğinde Arşimet burgu türbini kullanılmasının uygun olduğu kanaatine varılmıştır. Elde edilen verilerle birlikte Denklem 3.1'deki formülasyon kullanılarak tesisten elde edilebilecek enerji değerleri de ayrıca Tablo 7.5'te veriler gösterilmiş, Şekil 7.5'te veriler görselleştirilmiştir.

Tablo 7.4 Diyarbakır İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi'nin 3 yıllık ortalama debi değerleri ve üretilebilecek enerji (DİSKİ, 2021)

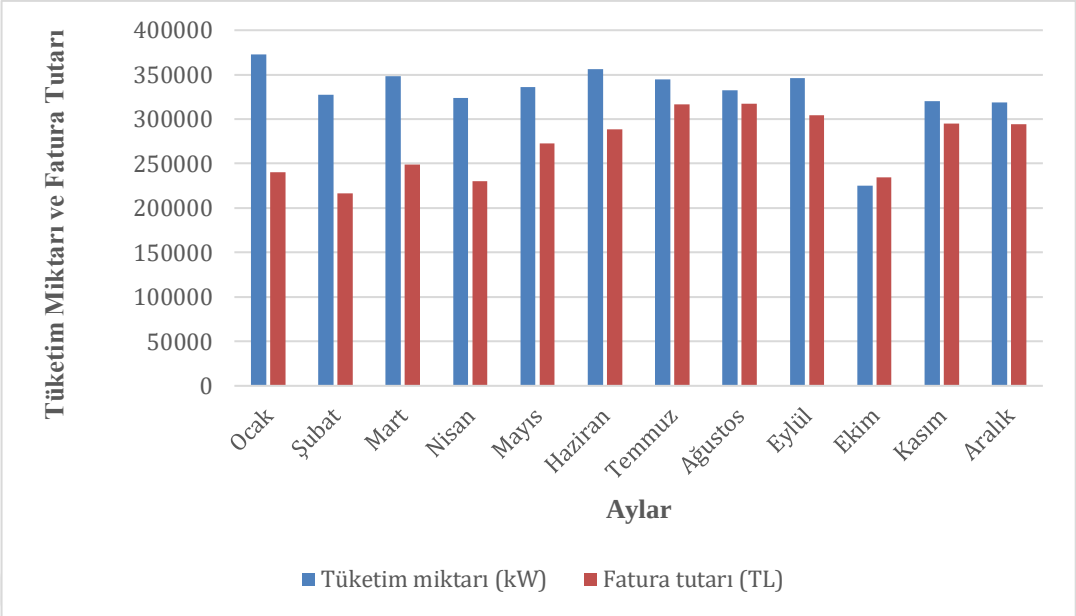
Aylar	Aylık ortalama Debi (m^3/ay)	Günlük ortalama Debi (m^3/gün)	Saniyelik ortalama Debi (m^3/s)	Üretilebilecek Enerji (kWh)
Ocak	3053911	101797,033	1,178	58253,44
Şubat	2527511	84250,367	0,975	48212,10
Mart	2796869	93228,967	1,079	53350,40
Nisan	2431876	81062,533	0,938	46388,24
Mayıs	2969672	98989,067	1,146	56646,56
Haziran	1877064	62568,800	0,724	35805,22
Temmuz	1954987	65166,233	0,754	37291,24
Ağustos	2361785	78726,167	0,911	45050,96
Eylül	2640060	88002,000	1,019	50359,14
Ekim	2743224	91440,800	1,058	52327,22
Kasım	3161870	105395,667	1,220	60312,30
Aralık	3066237	102207,900	1,183	58488,44



Şekil 7.4 Diyarbakır İleri Biyolojik Atık su Arıtma Tesisi'nin ortalama debi değerleri ve üretilebilecek enerji grafiği (DİSKİ, 2021)

Tablo 7.5 Diyarbakır İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi 2021 yılı elektrik tüketim miktarları ve kullanım bedelleri (DİSKİ, 2021)

Aylar	Tüketim miktarı (kW)	Fatura tutarı (TL)
Ocak	372992,4	240092,3
Şubat	327650,4	216608,8
Mart	348242,4	249242,5
Nisan	323591,4	230252,6
Mayıs	336204,0	272326,6
Haziran	356004,0	288460,3
Temmuz	344401,2	316791,8
Ağustos	332719,2	317595,4
Eylül	346024,8	304306,2
Ekim	224947,8	234371,9
Kasım	320166,0	295350,7
Aralık	318859,2	294145,1

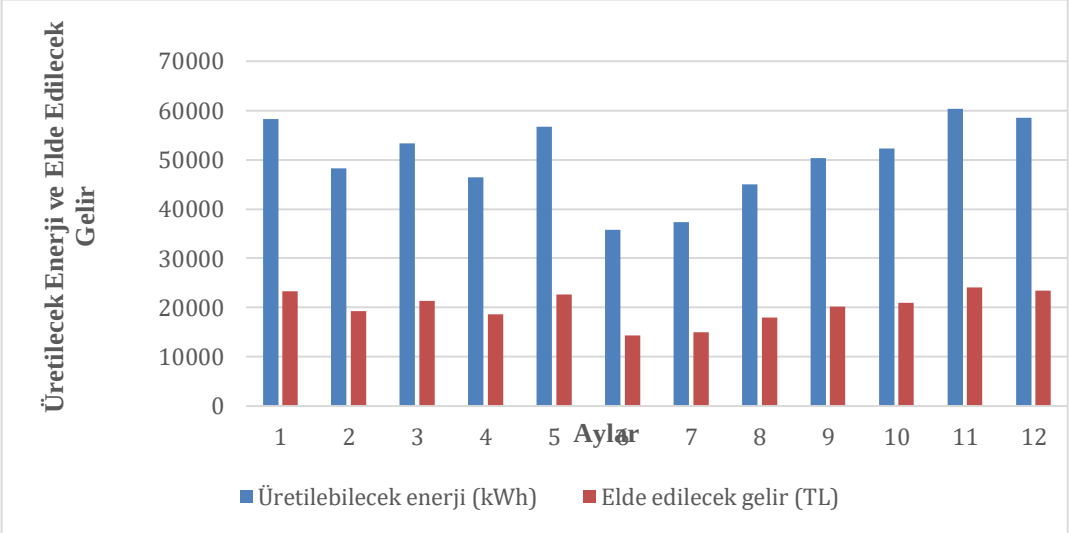


Şekil 7.5 Diyarbakır İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi 2021 yılı elektrik tüketim miktarları ve kullanım bedelleri (DİSKİ, 2021)

DİSKİ Genel Müdürlüğü'nden elde edilen veriler ışığında Diyarbakır İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisinin aylara göre tükettiği elektrik miktarı ve ödenen faturalar incelenmiştir. Ocak ayı birim elektrik fiyatı 0,6437 kWh olarak tespit edilmiş olup aylara göre çeşitli zamlar gelmiştir. Hidroelektrik üretimi için atık su arıtma tesisi bünyesinde kullanılan tesisin ürettiği elektriğin DİSKİ'ye ait elektrik tüketim ücretlerini azaltacağı düşünülmektedir. YEK (Yenilenebilir Enerji Kimlik) belgeli hidroelektrik enerji üretim tesisinden 1 Temmuz 2021 yılı itibariyle dolar kuru 8,68 Dolar/TL iken kWh başına 40 krş elde edebilecektir (EPDK). Diyarbakır İleri Biyolojik Atık su Arıtma Tesisi bünyesinde kurulacak elektriğin satılması durumunda elde edilebilecek gelir Tablo 7.6'daki gibi hesaplanmıştır ve Şekil 7.6'daki gibi elde edilen verilerle görselleştirilmiştir.

Tablo 7.6 Diyarbakır Atık Su Arıtma Tesisinden elde edilebilecek elektriğin satış gelirleri (DİSKİ, 2021)

Aylar	Üretilebilecek enerji (kWh)	Elde edilecek gelir (TL)
Ocak	58253,44	23300
Şubat	48212,10	19284
Mart	53350,40	21340
Nisan	46388,24	18556
Mayıs	56646,56	22658
Haziran	35805,22	14322
Temmuz	37291,24	14916
Ağustos	45050,96	18020
Eylül	50359,14	20142
Ekim	52327,22	20930
Kasım	60312,30	24126
Aralık	58488,44	23394



Şekil 7.6 Diyarbakır İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisinden elde edilebilecek elektriğin satış gelirleri grafiği (DİSKİ, 2021)

7.1 Kurulması Planlanan Tesisin Finansman, Yatırım ve Amortisman Analizleri

Başta Avrupa ülkeleri olmak üzere gelişmiş birçok ülke gibi Türkiye'de de belediyeler eliyle atık su arıtma tesisleri kurulmuş, halihazırda kurulmakta veya proje aşamasında olan birçok tesis bulunmaktadır. Bu tesislerin başlıca sorunlarından biri işletme giderleridir. Bunun temelinde yatan sebep ise enerji maliyetlerinin çok yüksek olmasıdır. Bu olumsuz etkileri azaltmak için atık su tesisi bünyesinde mikro-

HES kurulması, tesise ve bünyesinde bulunduğu kuruluşa birçok olumlu etkide bulunacaktır.

Ekonomik anlamda çok yüksek yatırım sermayesine ihtiyaç duyulmayan Mikro-HES'lerin ortalama birim maliyetleri kurulu gücüne ve türbin tipine göre 1000-1500$ arasında değişmektedir. Santralin amortisman süresi yani gelirin yatırımı karşılama süresi 2 ila 4 yıl arasında değişmektedir. Ayrıca mikro-HES'ler düşük bakım ve işletme giderlerine sahiptir. Periyodik bakımları yapılan bir Mikro HES'in işletme ömrü minimum 20 yılı aşmaktadır (Sarıkaya, 2009).

2010 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından çıkarılan 'Atık su Arıtma Tesislerinin Teşvik Tedbirlerinden Faydalanmasında Uyulacak Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik' kapsamında mevzuatta belirtilen yükümlülükleri yerine getiren tesislerin enerji giderlerinin %50'si Bakanlıkça karşılanacaktır (ÇSB, 2010). Ayrıca 4628 sayılı Enerji Piyasası Kanunu'nun 3. maddesinin 3. bendinde 'Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı, kurulu gücü azami beş yüz kilovatlık üretim tesisi ile mikro kojenerasyon tesisi kuran gerçek ve tüzel kişiler, lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaftır. Bu tüzel kişilerin ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjisinin sisteme verilmesi halinde uygulanacak teknik ve mali usul ve esaslar kurum tarafından çıkartılacak bir yönetmelikle belirlenir' hükmü getirilmiştir. Daha önce kurulu güç iki yüz kilovat ile sınırlı iken yapılan değişiklikle sınır beş yüz kilovata çıkartılmış ve kendi ihtiyaçları için elektrik üretecek gerçek ve tüzel kişiler yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımı konusunda teşvik edilmişlerdir (Sarıkaya, 2009). Yani yenilenebilir kaynaklarla kendi enerjisini üretmek isteyen şahıs ve kurumlarla ilgili yasal engeller büyük ölçüde kaldırılmıştır. Bu sebeple ileriki zamanlarda bu tür tesislerin sayısının büyük oranda artacağı düşünülmektedir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye gelişmekte olan ülkeler arasında enerji talebi bir hayli yüksek olan ve sürekli artan bir ülkedir. Bu talebi karşılamak için enerji ithalatı yapılmaktadır. Bunun da ülke ekonomisine başta döviz çıkışı olmak üzere birçok olumsuz yansımaları olmaktadır. Bu nedenden ötürü ülkemiz sahip olduğu kaynakları en yüksek verimle kullanmalıdır. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin bir şekilde kullanımı son derece önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji, tüketildiğinden daha yüksek oranda yenilenen doğal kaynaklardan elde edilen enerjidir. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de hidroelektrik enerjidir.

Türkiye genç oluşumlu bir bölgede olması bakımından kısa mesafelerde ciddi ölçüde yükselti farklılıklarına sahip bir ülkedir. Bu da hidroelektrik güç potansiyeli bakımından çok avantajlı bir durumdur. Ülkemizin sahip olduğu bu özellikler sebebiyle Osmanlı Devleti'nin son dönemlerinden başlayarak günümüze kadar hidroelektriğin gücünden yararlanmak amacıyla devlet eliyle veya özel sektör tarafından birçok tesis kurulmuştur. Fakat kurulan yapılar ekseriyetle büyük ölçekli olmuştur. Bundan dolayı hem ülkemizin sahip olduğu hidroelektrik güç potansiyelinden tam anlamıyla yararlanılamamakta hem de tesislere uzak yerlere enerji iletimi için sarf edilen yüksek giderler ekonomik anlamda negatif etkiler bırakmaktadır. Bütün bu olumsuz faktörlerin önüne geçmek için yakın zamandan itibaren Mikro-HES'lerin kurulumuna da başlanılmıştır.

Son yıllarda dünya çapındaki çevreci politikalar, yenilenebilir enerjiye olan ilgiyi arttırmıştır. Ülkemizin de ithalat yoluyla çok fazla enerji satın alan bir ülke olması sebebiyle kendi kaynaklarından maksimum seviyede yararlanma konusunda kayda değer ölçüde çevreci projeler geliştirmiştir. Bunlardan biri de atık su arıtma tesislerinden hidroelektrik enerji elde etme konusundaki çalışmalardır.

Atık su arıtma tesislerinde enerji üretimi söz konusu olduğu vakit değerlendirilmesi gereken iki temel unsur söz konusudur. Bunlardan biri düşü diğeri ise debidir. Debi, atık su arıtma tesisinin hizmet ettiği bölgedeki nüfusla orantılı bir şekilde değişmektedir. Nüfus miktarı arttıkça tesise gelen debi de artacaktır. Bu sebepten ötürü küçük yerleşkelerde debi düşük olduğu için daha çok büyükşehirlerde bu tür

tesisler kurulmaktadır. Diğer bir husus olan uygun düşünün elde edilmesi ise tamamen tesisin kurulduğu bölgenin topoğrafik yapısına bağlı olup dışarıdan müdahalelerle çok fazla değişkenlik gösteren bir yapıya sahip değildir.

İşletmesi belediyelere ait olan atık su arıtma tesislerinin çıkışına kurulması düşünülen santral için kullanılması en uygun olan türbinin Arşimet burgu türbini olduğu değerlendirilmektedir. Bu seçimin temel sebeplerinden biri atık su arıtma tesislerinin debi ve düşü değerlerinin Arşimet burgu türbininin çalışma aralığına uyuyor olmasıdır. Ayrıca bu türbinin tesiste meydana gelen debi değerlerinin değişimine ayak uydurabilmesidir.

Diyarbakır ili için yapmış olduğumuz bu çalışmada aylık bazlarda üretilebilecek enerji miktarları ve satışından elde edilebilecek tutar Tablo 4.6'da belirlenmiştir. Tipik bir atık su arıtma tesisinde net enerji talebinin yaklaşık %50 ila %65'i havalandırma ünitesinde tüketilmektedir(Işık, 2020). Bu sebeple söz konusu sistemin tesise sağlıklı bir şekilde uygulanması neticesinde, özellikle havalandırma sisteminde kullanılan yüksek elektrik tüketim masraflarının düşmesini sağlayacağından dolayı pozitif etkide bulunabilecektir.

Bu kapsamda yaklaşık olarak ortalama aylık 50.000 kWh elektrik üretilmekte ve bu da yıllık yaklaşık 23.041 $ gelire tekabül etmektedir. Nüfus artışıyla veya endüstriyel ilerleme gibi başka bir sebepten ötürü atık su debisinin artması bu değerleri daha yüksek seviyelere çıkaracaktır. Bu da DİSKİ'nin işletme giderlerinden düşecek veya Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi'nin başka bölümleri için de yatırımlar yapılabilmesine imkan verecektir.

KAYNAKLAR

Altınkaya, H., Ersayan, A., & Yılmaz, M. (2016). Kanal Tipi Hidroelektrik Santral'in PLC-SCADA Uygulaması ve Prototipinin Yapılması, 3(5), In 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2016), Alanya/Antalya-Turkey.

Archana, T., Pandey, S.K., Dubey, S.C. (2015). Hydro Power Opportunity in the Sewage Waste Water, 10(2), American International Journal of Research in Science, Technology,Engineering & Mathematics, 179-183.

Bhatti, T. S., Bansal, R.C., Kothari, D.P. (2004). Small hydro power systems, Dhanpat Rai & Son. Delhi, India.

Baran, B. (2020). Atıksu Arıtma Tesislerinden Elde Edilen hidroelektrik üretiminin Türkiye Mesken elektrik talebini karşılama oranı, 8(2), Academic Platform Journal of Engineering and Science, 84–90. https://doi.org/10.21541/apjes.503355

Bayazıt, Y. (2021). Hidroelektrik ve Termik Santrallerin Karbon Emisyonu Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması: Eskişehir İli Örneği, 10(2), BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 442-452.

Dalcalı, A., ark. (2012). Mikro ve mini hidroelektrik santralleri için mikrodenetleyici tabanlı bir elektronik governor sisteminin tasarımı, 28(2), Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 130-135.

Ekdal, A. (2013), Kıyı Suları, Yeraltı Suları ve Yüzeysel Suların Kalitesinin Belirlenmesi ve Yönetimi Hizmet İçi Eğitim Programı, Çorum.

Erdoğan, A. O., Zengin, G. E., Orhon, D. (2010). Türkiye'de evsel atıksu oluşum miktarları ve karakterizasyonu, 15(1,3), İTÜDERGİSİ/e, 53-69.

Erkan, D., Yılmaz, T., Yücel, A., Yılmaz, A., Ahmet, T. E. L., & Deniz, U. Ç. A. R. (2018). Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Kazanımı için Mikro Ölçekte Hidroelektrik Santrallerin Uygulanabilirliği, 3(1), Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 1-6.

Haşıl, F. (2018). Türkiye'de çevre sorunları açısından hidroelektrik santrali (hes) uygulamalarının değerlendirilmesi, (Master's thesis, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Işık, M. (2020) Atıksu Artıma Tesislerine MikroHES. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.mneproje.com/public/website/news/atiksu-aritma-hes_20200131070151.pdf

Kaya, A. M. (2011). Değişken debilerde yüksek verimde çalışan bir çapraz akış türbini geliştirilmesi, (Doktora tezi, Kocaeli Üniversitesi/Fen Bilimler Enstitüsü).

Kırım, G. (2015). *Atıksu Arıtma Tesislerinin Model Desteği İle İyileştirilmesi Ve Optimizasyonu* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

https://polen.itu.edu.tr:8443/server/api/core/bitstreams/15cfbc3f-5769-4401-b3c4-5c337441d674/content.

Koç, C. (2020) Sulama Kanalları üzerine inşa Edilen Hidroelektrik santrallerin işletilmesi üzerine (138–144). https://doi.org/10.31590/ejosat.707084.

Koşkan U. ve ark. (2005) Atıksu Arıtımının Esasları, İstanbul.

Muslu, Y. (1994). Kullanılmış Suların Arıtılması, İTÜ Yayınları, İstanbul.

Önöz, B. (2011). Hidroelektrik Enerji Ders Notları, İTÜ Enerji Enstitüsü, İstanbul.

Özcan, E. (2014). Türkiye'de Atıksu Yönetimi https://webdosya.csb.gov.tr/db/tay/webmenu/webmenu13378.pdf.

Öztürk, İ ve ark. (2005). Atıksu Arıtımının Esasları, Çevre ve Orman Bakanlığı

Rekha, A. M and et al. (2019). Hydraulic Design of Pico Hydro Power System from Sewage Water at S.S Layout, Davangere, Karnataka, International Journal of Engineering Science and Computing, 9 (3), 20278-20281.

Rorres, C. (2000). The turn of the screw, optimal design of an archimedes screw. Journal of Hydraulic Engineering.

Sarıkaya, S. (2009) Mikro Hes Sektör Raporu. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/mikro-20hes-20sekt-c3-b6rel-20analiz-20raporu.pdf

Serbest, H. (2003) Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretiminin İlk Yılları. EMO Elektrik Mühendisliği Dergisi, sayı: 419.

Ünver, Ü., Bilgin, H., & Güven, A. (2015). Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Sistemler. Mühendis ve Makina, 56(663), 57-64.

Üstün, E., Akçamur, E.S., Yeğin, E. M. (2018). Arşimet Burgu Türbini İle Çalışan Hidroelektrik Santralin Nümerik Analizleri İle Deneysel Verilerinin Karşılaştırılması. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1(1), 38-46.

Tekno Tasarım. (2021). Hidroelektrik Enerji ve Türbinler. https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/btopal/71085/SuEnerjisi_HES_BT_221020.pptx

Yılmaz, C., Uzun, A., Zeybek, H. İ., Kaya, M. (2012). Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Coğrafi Ortam Üzerine Etkilerine Bir Örnek: Ayancık Hes. *Nature Sciences*, 7(3), 50-67.

Williams, A. A. (1996). A simplified propeller turbine runner design for stand alone micro-hydro Power Generation Units. *International Journal of Ambient Energy*, *17*(3), 151–156. https://doi.org/10.1080/01430750.1996.9675235

Williams, A and et al. (1998). Pumps as turbines and induction motors as generators for energy recovery in Water Supply Systems. *Water and Environment Journal*, 12(3), 175–178. https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.1998.tb00169.x

DİSKİ. (2019). 2019 Faaliyet raporu. https://diski.gov.tr/wp-From content/uploads/2022/06/2019-YILI-FAALIYET-RAPORU-.pdf

DİSKİ. (2020). 2019 Faaliyet raporu. https://diski.gov.tr/wp-From content/uploads/2022/06/2020-YILI-FAALIYET-RAPORU-.pdf

DİSKİ. (2021). 2019 Faaliyet raporu. https://diski.gov.tr/wp-From content/uploads/2022/06/2021-YILI-FAALIYET-RAPORU-.pdf

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad: Mücahit YALÇIN

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi	2023
Lisans	Dicle Üniversitesi	2018
Lise	Batman Ziya Gökalp Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2018	Karayol Asfalt A.Ş.	Şantiye Şefi

Yabancı Dil

İngilizce

ÖZGEÇMİŞ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Mücahit Yalçın		
Öğrenci No	20806683		
Ana Bilim Dalı	İnşaat Mühendisliği		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Prof. Dr. Tamer Bağatur		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)			
Tez Başlığı	DİYARBAKIR İLİ ATIK SU HİDROELEKTRİK GÜÇ POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	64		
Raporlama Tarihi	26.01.2023		
Benzerlik Oranı (%)	%15		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 64 sayfalık kısmına ilişkin, 26/01/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNİTİN isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %15 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç

☐Kaynaklar hariç

☐Alıntılar hariç/dâhil

☒Diğer (Herşey dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir,

gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Mücahit Yalçın

Tarih:01.02.2023

İmza:

Danışman Adı, Soyadı:Prof. Dr. Tamer Bağatur Tarih:01.02.2023	İmza:
Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Zeynel Fuat Toprak Tarih:01.02.2023	İmza: