

# Cevizlik Hidroelektrik Santralinde Soğutma Suyu Sistemi ve İncelenmesi

## Cooling Water System in Cevizlik Hydroelectric Power Plant and Investigation

Osman KURTULUŞ<sup>1,\*</sup>, Mustafa Ergin ŞAHİN<sup>1</sup>, Hasan EROĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Rize, Türkiye  
Geliş Tarihi: 14.11.2022 ; Kabul Edildiği Tarih: 14.12.2022; Yayınlandığı Tarih: 28.12.2022

Türk Hidrolik Dergisi (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : 6, Sayı (Number) : 2, Sayfa (Page) : 47-56 (2022)  
e-ISSN: 2636-8382

SLOI: <http://www.dergipark.org.tr>

\*Sorumlu yazar e-mail: osman\_kurtulus22@erdogan.edu.tr

**Özet:** Hidroelektrik santraller, sürdürülebilir enerji talebine olumlu katkı sağlamaktadır. Birçok ülke enerji ihtiyacının bir kısmını hidroelektrik santrallerinden sağlamaktadır. Bu santrallerde türbin ve jeneratör yapısının yanında yardımcı sistemler de bulunur. Bunlardan biri de soğutma suyu sistemleridir. İşletme devamlılığının sağlanması adına jeneratörlerin yatakları ve jeneratör sargıları soğutmaya ihtiyaç duyar. Bu nedenle hidroelektrik santrallerinde verimli bir soğutma suyu sistemi gereklidir. Bu çalışmada, hidroelektrik santraller için soğutma sisteminin önemi, soğutma sisteminin gerekliliği ve soğutma sisteminde yaşanan aksaklıklar karşısında sistemin davranışı nasıl olmaktadır gibi sorunlar araştırılmıştır. Aynı zamanda Rize ili İyidere Nehri üzerindeki Cevizlik Hidroelektrik Santrali (HES) soğutma suyu sistemine ait incelemeyi içermektedir. Sanko Enerji şirketine ait 93 MW'lık yeraltı enerji santrali, iki dikey Francis tipi türbin ile inşa edilmiştir. Cevizlik HES santrali, İyidere Nehri üzerinde bulunduğu ve İyidere Nehrinin yüksek sediment taşıması nedeniyle tercih edilmiş olup bu çalışmanın benzer tesisler için süreç yönetimi açısından faydalı olacağına inanılmaktadır. Bu HES'in soğutma suyu sisteminin çalışmasını benzetmek için MATLAB/Simulink de sayısal bir model oluşturulmuştur. Üretim devamlılığının sağlanması için soğutma suyu sisteminin gerekliliği ve önemi vurgulanmış olup soğutma suyu olmadığı durumlarda sıcaklık artışlarının santral çalışmasının önüne geçebileceği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hidroelektrik santraller, Hidroelektrik santrallerde kullanılan soğutma suyu sistemleri, Cevizlik HES soğutma suyu incelemesi

**Abstract:** Hydroelectric power plants make a positive contribution to the sustainable energy demand. Many countries meet some of their energy needs from hydroelectric power plants. In these power plants, there are auxiliary systems besides the turbine generator structure. One of them is cooling water systems. In order to ensure the continuity of the operation, the bearings and generator windings of the generators need cooling. Therefore, an efficient cooling water system is required in hydroelectric power plants. In this study, questions such as the importance of the cooling system for hydroelectric power plants, the cooling system's necessity and the system's behavior in the face of the problems in the cooling system were investigated. It also includes an examination of the cooling water system of the Cevizlik Hydroelectric Power Plant (HEPP) on the İyidere River in Rize province. The 93 MW underground power plant belonging to Sanko Energy company was built with two vertical Francis type turbines. Cevizlik HEPP was chosen because it is located on the İyidere River and due to the high sediment transport of the İyidere River, and it is believed that this study will be beneficial in terms of process management for similar facilities. A numerical model was created in MATLAB/Simulink to simulate the operation of the cooling water system of this HEPP. The necessity and importance of the cooling water system to ensure the continuity of production has been emphasized and shown that temperature increases can prevent the operation of the plant in the absence of cooling water.

**Keywords:** Hydroelectric Power Plants (HEPP), Cooling water systems used in hydroelectric power plants, Cevizlik HEPP cooling water investigation

## 1. GİRİŞ (Introduction)

Dünyada yaşanan hızlı nüfus artışıyla birlikte enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır [1]. Bu ihtiyacı karşılamak için, fosil yakıtlar kullanmak yerine çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarından bu ihtiyaçları gerçekleştirmek, ülkelerin çevre koruma politikaları gereği oluşmaktadır[2]. Petrol, kömür ve doğalgaz gibi yenilenemeyen yakıtlar, yerlerini; güneş, rüzgâr, biokütle, bio-yakıtlar, jeotermal, hidrolik ve okyanus kaynakları gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakmaya başlamıştır [3]. Türkiye, özellikle hidrolik, rüzgâr ve güneş olmak üzere önemli miktarda yenilenebilir enerji kaynağına sahiptir [4]. 2021 yılında elektrik üretimimizin, %30,9'u kömürden, %33,2'si doğal gazdan, %16,7'si hidroelektrik, %9,4'ü rüzgardan, %4,2'si güneşten, %3,2'si jeotermal enerjiden ve %2,4'ü diğer kaynaklardan elde edilmiştir. Hidroelektrik enerji, Türkiye'nin kullanılabilir en önemli yenilenebilir enerji kaynağını oluşturmaktadır [5]. Jeomorfolojik yapısı ve klimatolojik/hidrolojik özellikleri göz önüne alındığında, Türkiye hem düşü hem de su tutarı açısından şanslı sayılabilecek ülkeler arasında yer almaktadır [6].

Akarsularda boşa akan sular HES yapıları ile önlenmekte ve akarsu akışı enerjiye dönüştürülerek insanların enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. HES'ler UNESCO ve Avrupa Birliği tarafından çevre dostu olarak kabul görmektedir. Aynı zamanda fosil yakıtlardan üretilecek enerjiye göre doğaya salınan CO<sub>2</sub> miktarını düşürmektedir [7]. Hidroelektrik santralleri inşa edildikleri bölgelerde yeni çalışma olanakları sağlayarak bölgenin kalkınmasına fayda sağlamaktadır [8]. HES yapıları buldukları bölgenin ekonomisine canlılık getirerek dışa bağımlılığı azaltmaktadır. Hidroelektrik santrallerinde atık oluşmadığından dolayı buldukları bölgelerde çevre kirliliği olmamaktadır. Aynı zamanda HES'ler yüksek verim sağlayan, yenilenebilir, temiz yapılardır [9]. HES'ler uzun ömürlü olurlar ve yapılan yatırımların karşılığı kısa zamanda alınır. Yapım maliyetinin düşük olması, çevre kirliliği yapmaması ve en önemlisi yerli bir kaynak olması, HES'leri önemli bir kaynak haline getirmektedir [10]. Hidroelektrik santraller özel yapılar olup, regülatör tipi bir hidroelektrik santralinin birimleri ve elemanları genellikle; regülatör, çökeltme havuzu, iletim kanalı, tünel, yükleme havuzu, cebri boru, ünite, kuyruk suyu kanalı, enerji nakil hattı, ulaşım yolları vb. yapılardan oluşur [11]. HES'lerde doğrudan üretim ile alakalı olmayıp sistemin çalışması ve devamlılığın sağlanmasını oluşturan yardımcı sistemler bulunmaktadır. Bunlardan biri de soğutma sistemidir. Soğutma sistemi, jeneratörün ısınan sargıları [12], jeneratör ve türbin yataklarının ısınan yağlarının soğutulması ve türbin yataklarının soğutulması gibi görevleri bulunmaktadır. Genellikle su soğutmalı tercih edilmesine karşılık hava soğutmalı da olabilirler.

Yapılan araştırmalar neticesinde soğutma suyu sistemlerinin, hidroelektrik santraller açısından ne derece önemli olduğunu gösteren bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu çalışmada, hidroelektrik enerji santrallerinde soğutma suyu sistemi hakkında bilgiler içermekte olup, soğutma suyunun gerekliliği, soğutma suyu sistemlerinin ünitelerin çalışmasına ne gibi etkisi olduğu Cevizlik HES santrali üzerinden yapılan incelemeler ile gösterilmiştir. Aynı zamanda Cevizlik HES santrali soğutma suyu sistemlerinde kullanılan pompa, filtre, vana, bağlantı boruları ve ekipmanların modellenmesi yapılmıştır. Soğutma suyunda yaşanan çeşitli durumlara göre grafikler oluşturulmuştur. İzlenen sonuçlar yorumlanmıştır. Bu çalışmanın bundan sonra yapılacak olan hidroelektrik santrallerinde soğutma suyu incelemelerinde yardımcı olacağı düşünülmektedir.

## 2. HİDROELEKTRİK SANTRALLER (Hydro Electric Power Plants)

Hidroelektrik santraller, elektrik üretmek için suyun potansiyel ve kinetik enerjilerini elektrik enerjisine dönüştüren yapılardır. Suyun önüne yapılan yapılar ile potansiyel kazandırılan su, santral tipine göre kanal vasıtasıyla veya doğrudan cebri borulardan geçirilerek türbinlere gönderilir. Suyun türbin çarkını döndürmesi ve buna bağlı jeneratörün rotorunun dönmesi ile elektrik üretimi gerçekleştirilmiş olur. Üretilen elektrik iletim ağı yapısı ile ulusal sisteme gönderilir.

Üretilen enerji miktarı santralin düşüşüne, su tahliyesine (akış) ve makinelerin verimliliğine bağlıdır [13]. Hidroelektrik enerji, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre en yüksek dönüşüm verimliliğine sahip yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir [14] Bir hidroelektrik santrali için güç potansiyelinin ifadesi,

$$P = Q \times g \times H \times \eta \text{ (kW)} \quad [1]$$

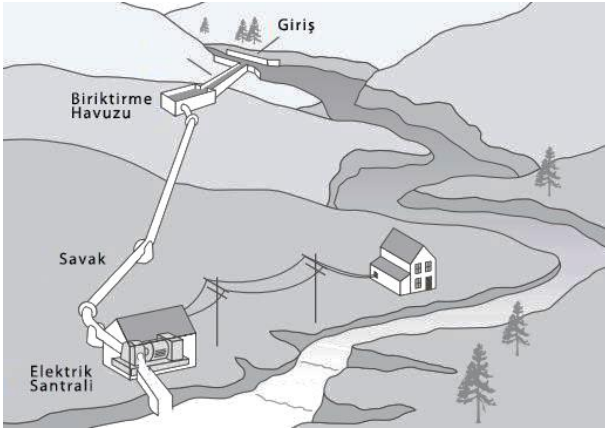
olarak ifade edilebilir. Spesifik hıza göre burada Q; deşarj, g; yerçekimi, H; yük, η; verimlilik ve P; güçtür.

HES'ler depo yapılarına göre, düşülerine göre, kurulu güçlerine göre, ulusal elektrik sisteminin yükünü karşılama durumuna göre, baraj gövdesinin tipine göre, santral binasının yerine göre vb kategorilerde sınıflandırılabilir [15]. Sınıflandırmalar; düşüye göre, ürettikleri enerjinin karakterine göre, kapasitelerine göre, yapılaşlarına göre, suyun özelliklerine göre sınıflandırılır. Düşüye göre: alçak düşülü 15 m. den küçük, orta düşülü 15-50 m., yüksek düşülü 50 m. den büyük santraller. Ürettikleri enerjinin karakterine göre: baz santraller, pik santraller olarak sınıflandırılır.

Kapasitelerine göre: alçak kapasiteli 100-999 kW, orta kapasiteli 1000-9999 kW, yüksek kapasiteli 10000 kW ve üstü santraller olarak sınıflandırılır.

Yapılışlarına göre: yer altı, yarı gömülü veya batık, yer üstü santraller, Suyun özelliklerine göre: nehir, kanal (regülatörlü), baraj, pompaj santralleri olarak sınıflandırılır.

Santral tesisinin düşüşüne, türbine gidecek su debisine göre türbin tipi seçimi yapılır. Elektrik üretimi için kullanılacak jeneratörün seçimi ise kurulması planlanan santralin gücüne ve kullanılacak türbin hızına göre belirlenir [16]. Basit bir hidroelektrik santral şeması Şekil 1’de verilmiştir. Burada nehirden alınan su biriktirme havuzuna alınarak kum ve toprak atıkları çöktürülerek su savak yardımıyla düşü sağlanarak elektrik jeneratörüne iletilmekte burada üretilen enerji de trafo merkezinde yükseltilerek şebekeye verilmektedir.



**Şekil 1.** Nehir tipi hidroelektrik santral modeli [17].

### 3. SOĞUTMA SİSTEMLERİ (Cooling Systems)

Endüstriyel sistemlerde, üretim devamlılığının sağlanması önemli bir konudur. Üretim sürekliliğinin sağlanması esnasında hangi süreç mevcutsa sürekli çevrime girer. Prosesin işletilmesi esnasında sürece bağlı olarak ısınan ekipmanlarda soğutma ihtiyacı ortaya çıkar. Soğutma sistemleri ısı alışverişinin yapıldığı sistemlerdir. Isınan sistem, soğuk hava, soğuk su vb. ısı transfer yöntemleri ile dönüşüme girerek soğutma işlemi gerçekleştirilir [18]. Soğutma sistemleri teknik yapı, enerji tasarrufu, minimum maliyet ve çevresel etkiler açısından farklı şekillerde tasarlanabilir [19].

Bir soğutma sisteminin verimsiz çalışması, birçok olumsuz sonuç doğurabilir. Kullanılan ekipmanın güvenilirliğini düşürür ve bakım periyodunu artırır. Böylelikle ömrünü doğrudan kısaltmış olur. Soğutma sisteminin

performansındaki en ufak azalma verimlilik üzerinde büyük etkiye sahip olur.

### 4. HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE SOĞUTMA SİSTEMİ (Cooling System in Hydroelectric Power Plant)

Hidroelektrik santrallerinin işletme ve bakımı, verimli çalışması ve uzun ömrü için önemli bir husustur. Uygun işletme ve bakım uygulamaları, tesisin sağlığının korunmasında kritik bir faktördür [20].

Hidroelektrik santrallerde döner ekipmanlar nedeni ile ve jeneratördeki sargıların elektrik yüklenmesi nedeni ile ısınmalar meydana gelmektedir. Bu nedenle sistemin devamlılığını sağlanması açısından sürekli soğutma işlemi gerçekleştirilmelidir. Soğutma sisteminin de işletme olarak devamlılığının sağlanabilmesi için içerisinde bulunan suyunun filtreleme işlemlerine tabi tutulması gerekir. Soğutma bazı santrallerde cebri borudan alınan su ile, bazı santrallerde pompalar vasıtası ile draft tube (çıkış borusu) den çekilerek yapılır.

Sistemdeki su nehirlerden beslendiği için ve nehir sularının her zaman temiz olmama ihtimaline karşılık filtreleme yapılarak yabancı maddelerden arındırma işlemi yapılır. Neticede belirli bir temizliğe ulaşan su yataklara ve radyatörlere gönderilir.

Soğutma suyu sistemlerinde ihtiyaca göre, pompa, filtre, eşanjör, vanalar, manometreler ve transmitterler bulunur. Pompalar, soğutma suyu sisteminde, sistemin çalışması ve devamlılığı için gerekli olan basıncı üreterek, sisteme sürekli su girişi sağlar. Sistemin ihtiyacına göre pompalar Şekil 2’deki gibi çeşitli tiplerde ve güçlerde olabilirler.



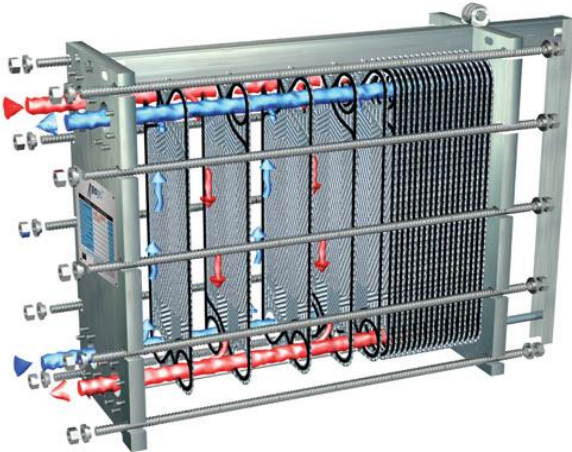
**Şekil 2.** Soğutma suyu sistemlerinde kullanılan örnek bir pompa.

Filtreler, sistem içerisinde istenmeyecek derecede büyük olan parçacıkların ayrıştırılmasına yardımcı olan ekipmanlardır. İçerisinde; su giriş kısmı, su çıkış kısmı, elek yapısı, temizleme mekanizması ve kirlenen elek

yapısının temizlenmesi için drenaj hattı bulunur. Tasarımına göre farklı kalınlık mertebelerinde olabilirler. Üretici tasarımına göre manuel olarak veya otomatik olarak yıkama yapabilen filtreler kullanılır. Filtrelerin otomatik yıkama yapabilmesi için diferansiyel sensör bağlantısı yapılması gerekir. Diferansiyel sensörler filtrelerin girişinden ve çıkışından basınç bilgisi alarak kıyaslama yaparlar. Çıkış basıncı ile giriş basıncı arasında fark var ise yıkama komutu gönderilir. Bunun haricinde de zamana bağlı olarak otomatik yıkama yaptırılabilir. Tanımlanan istenilen süre periyodu ayarlanarak yıkama komutu gönderilip yıkama yapılır.



Şekil 3. Örnek bir filtrenin iç yapısı



Şekil 4. Örnek bir eşanjör iç yapısı.

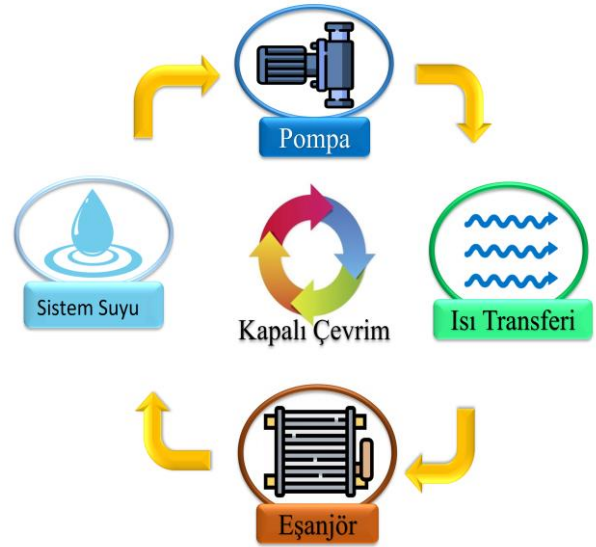
Eşanjörler ısı alışverişinin doğrudan gerçekleştiği farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı transferinin sağlandığı sistem ekipmanlarıdır.

Su ve yağ giriş çıkışları bulunur. Soğutma suyundan filtrelenerek geçen su eşanjörlere ulaşır. Aynı zamanda yataklarda ısınan yağ eşanjöre gelir. Eşanjör üzerinde ayrı ayrı bulunan kanallar ile temas yüzeyi artırılarak ısı alış veriş yapılır. Isısı alınan yağ soğuk bir şekilde sisteme geri döner.

Vanalar, sistemi kontrol etmeye yarayan açma-kapama elemanlarıdır. Manuel ve aktüatörlü şekilde olabilirler. Bakım, revizyon veya işletmesel operasyonlara göre sistemin su akışı tamamen ya da belirli oranda kesilerek istenilen şekilde yönetilebilir. Hidroelektrik santrallerinde büyük çoğunlukla, açık ve kapalı çevrim olmak üzere iki farklı tip soğutma suyu sistemi kullanılır.

#### 4.1. Kapalı Çevrim Soğutma Sistemi

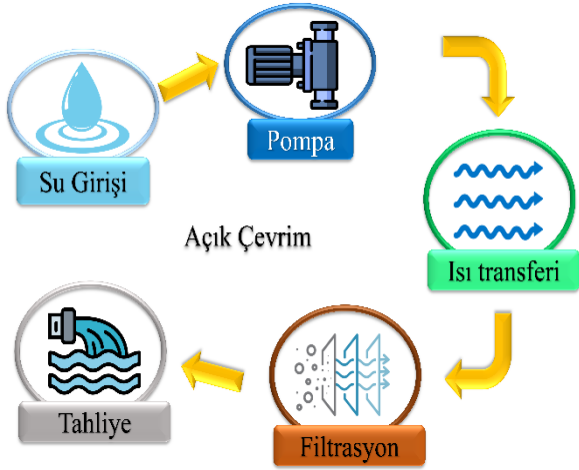
Soğutma sisteminin çıkışı ile girişi arasında doğrudan bir bağlantı kurulmuş ise kapalı çevrim kontrol sistemlerine örnektir. Kapalı çevrim kontrol sisteminin blok şemasına baktığımızda ise sistemde aynı su sürekli dönmektedir. Isınan su genellikle ünitelerin su çıkışına yerleştirilen ısı eşanjörü vasıtası ile soğutulur. Şekil 5'te bir kapalı çevrim soğutma sistemi prensip şeması gösterilmiştir.



Şekil 5. Kapalı çevrim soğutma sistemi şeması

#### 4.2. Açık Çevrim Soğutma Sistemi

Açık çevrim soğutma sisteminde ise, cebri borudan veya türbin çıkışından alınan su, basınç durumuna göre pompalar ile basınçlandırılarak sisteme gönderilir. Isınan su drenaj kanalları ile dışarıya atılır. Burada önemli bir nokta ise filtrasyon işlemidir. Sisteme sürekli yeni su girişi olduğu için sürekli olarak filtrasyon işleminden geçirmek gerekir. Şekil 6'da bir kapalı çevrim soğutma sistemi prensip şeması gösterilmiştir.



Şekil 6. Açık çevrim soğutma sistemi şeması.

## 5. CEVİZLİK HES SOĞUTMA SİSTEMİ (Cevizlik Hepp Cooling System)

Cevizlik HES santrali, Rize ili İkizdere ilçesi sınırları içerisinde bulunan, 93 MW kurulu güce sahip, iki adet ünitesi bulunan nehir tipi bir hidroelektrik santraldir. Kurulu gücü itibari ile bölgenin en büyük elektrik santralidir. 2010 yılında devreye alınan santralının ülke ekonomisine yıllık 336 milyon kWh elektrik üretim kapasitesi bulunmaktadır. Bu rakam itibari ile 132.000 haneyi aydınlatan santral Verified Carbon Standard (VCS) sertifikasına da sahiptir [21].

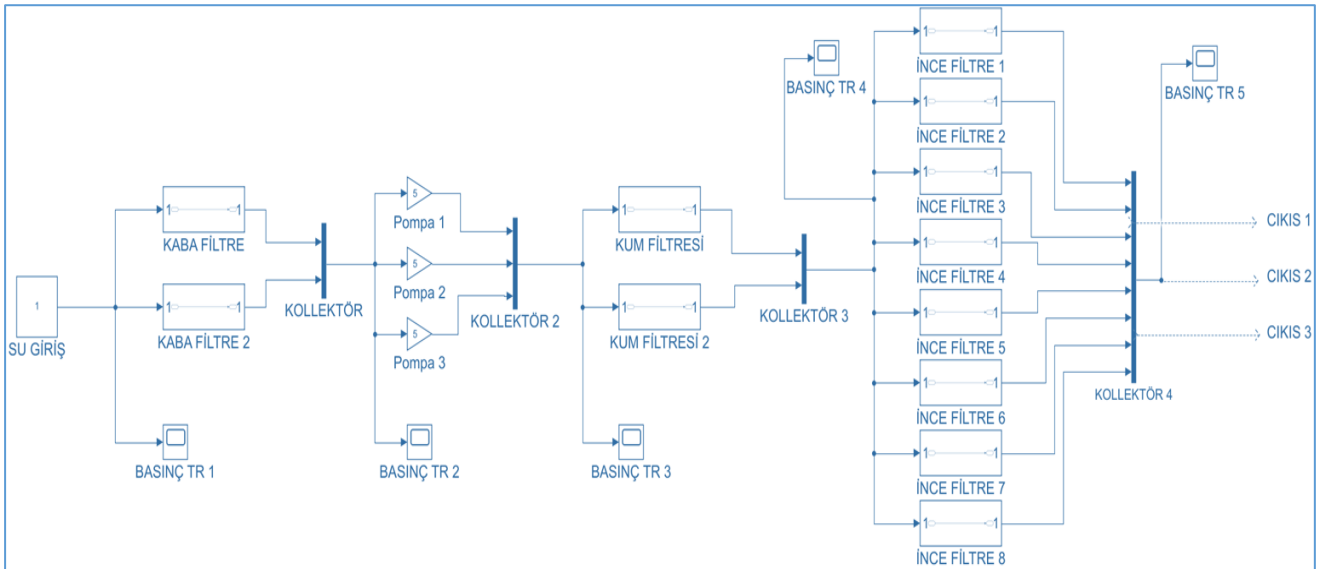
Santralde iki ünite için ortak bir açık çevrim soğutma sistemi bulunur. Soğutma sistemine giren su, pompalar

vastas türbine gelen su kısmından çekilir. Sistem öncelikle odun, yaprak, poşet vb. büyük parçacıkları ayırtmak için 10.000 mikron filtrelerden geçirilerek filtreleme yapar. Sonrasında su içerisinde bulunan kumun ayrışması için iki adet kum filtresinden geçirilir. Daha sonra birbirine paralel sekiz adet küçük partiküller için 500 mikron filtrelerden geçirilerek sisteme gönderilmeye hazır hale getirilir. İlave olarak shaft seal sistemi için gerekli olan ve kirlilik oranı daha az olması gereken su 75 mikron ince filtrelerden geçirilerek sisteme göndermeye hazır hale getirilir.

Temizlenen suyu soğutma işlemi için jeneratöre ve yataklara gönderilir. Her bir jeneratörde 4 adet hava su ısı transferi için radyatör bulunmaktadır. Yataklarda yağ içerisinde konumlandırılmış yağ-su ısı serpantinler mevcuttur.

Soğutma sisteminin verimli çalışabilmesi için, filtrelerin verimin yüksek olması önemlidir. Filtrelerin kirlenmesi veya tıkanması durumunda soğutma verimli yapılamayacağından ünitelerin çalışması etkilenecektir. Sistemin çalışmasını göstermek ve farklı kirlilik durumlarında, basınç-sıcaklık göstergelerinde oluşan durumları çıkarmak için MATLAB/ Simulink modellemesi oluşturulmuştur.

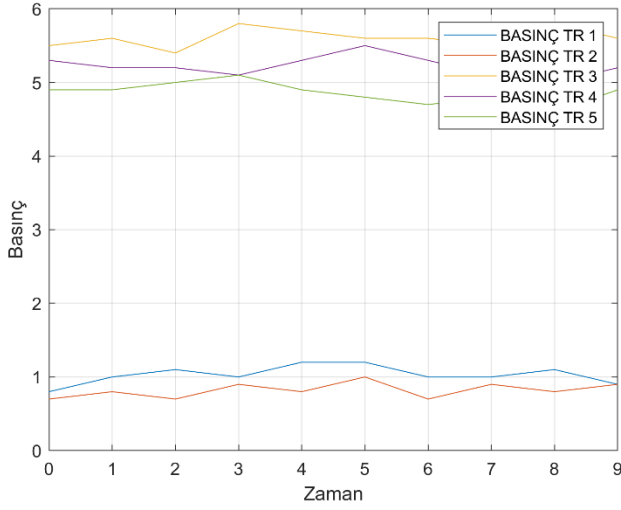
Yapılan bu analizde soğutma suyu sistemi içerisinde bulunan ekipmanların, herhangi bir nedenden dolayı basınç üretmemesi durumunda karşılaşılabilecek olası sonuçlar gösterilmiştir (Şekil 7). Pompaların arızalanması, filtrelerin tıkanması, eşanjörlerin yeterli şekilde görev yapmaması, vanaların açılmaması gibi sorunlar soğutma suyu sisteminin akışına etki edecektir.



Şekil 7. Cevizlik HES soğutma suyu için gerçekleştirilen MATLAB/Simulink modeli.

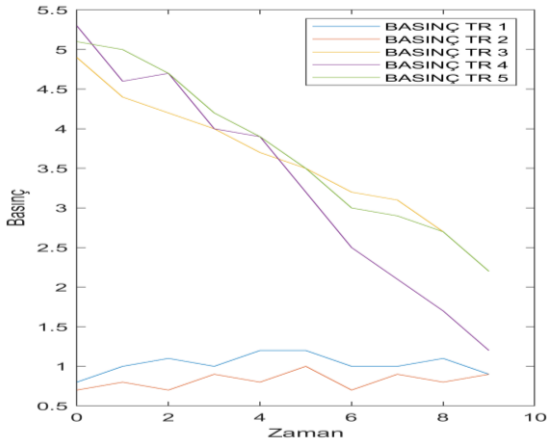
Şekil 7’de sistemin genel prensip şeması verilmiştir. Sisteme alınan su kaba ızgaralardan geçirilerek pompalara gönderilmektedir. Pompalar sistemdeki gerekli basıncı sağlamak ile görevlidirler. Basınç kazanan su kum filtresi ve ince filtrelerden geçirilerek sisteme gönderilmeye hazır hale gelir. Basıncın dengeli dağılılabilmesi için sistemde kolektörler mevcuttur. Kolektörler giriş ve çıkışları birbirine bağlayan ortak boru hatlarıdır.

Normal işletme esnasında basınç göstergelerinde elde edilen değerler Şekil 8’deki grafikteki gibidir.



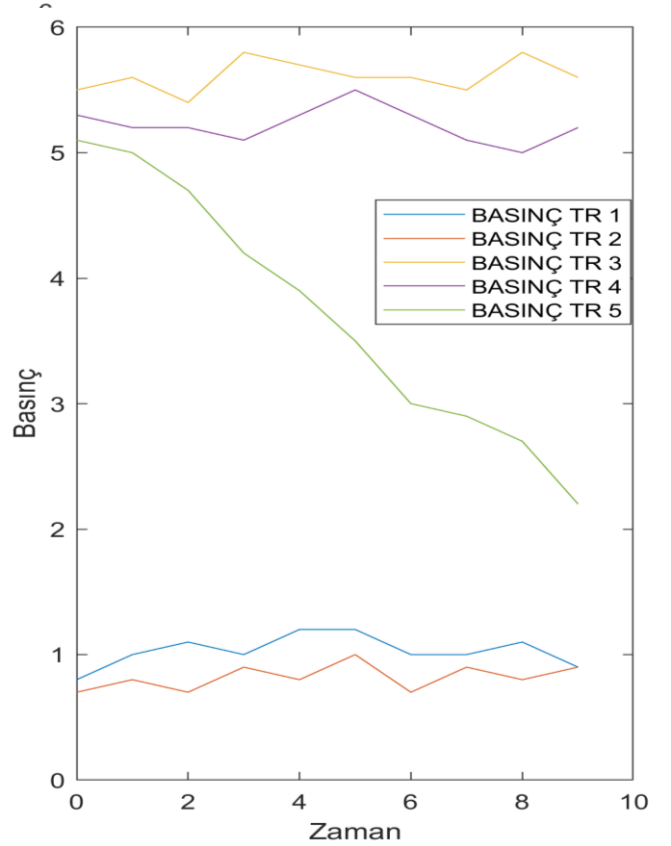
Şekil 8. Normal işletme durumu basınç değişimleri

Kaba filtrelerin kirlenme durumlarına göre ve pompanın çalışma durumuna göre grafikler Şekil 9’daki gibi oluşur. Pompada yaşanan arızalar, pompanın emiş hattında yaşanan tıkanmalar, pompaların emiş tarafında bulunan vanalarda meydana gelen arızalar sistem basıncının düşmesine neden olacaktır.



Şekil 9. Pompaların yeteri kadar basınç üretmediği durumlarda basınç durumları.

Kaba filtrelerden ve pompalardan sorunsuz geçen su kollektör 2 hattına ulaşır. Burada suyun belirli bir basıncı vardır. Şekil 10’da gözüktüğü üzere kum filtresinin giriş kısmında basınç yüksek iken çıkış tarafta basıncın düştüğü gözükmektedir. Buradan kum filtresinde tıkanma, kum filtresinin drenaj hattında yaşanan arızalar, varsa filtrelerin ön ve arka kısmında bulunan vanalarda yaşanan arızalar bu duruma neden olan başlıca etkenlerdir.

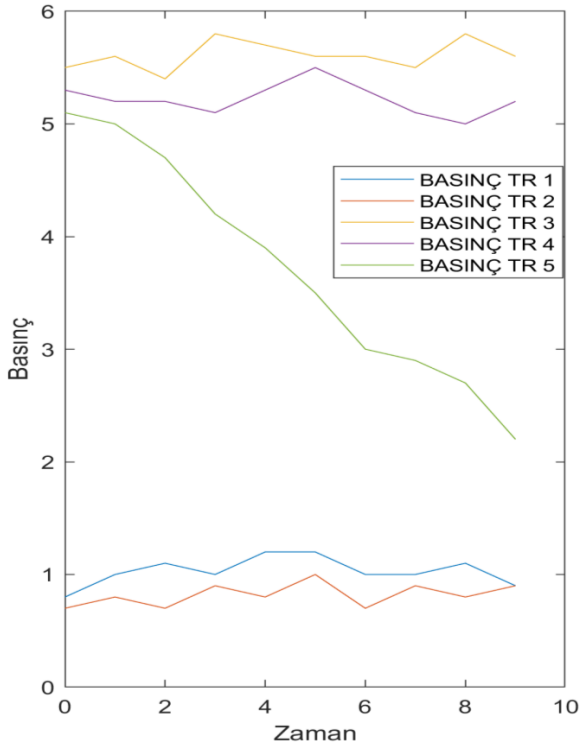


Şekil 10. Kum filtrelerinin tıkalı olduğu durumda basınç durumları.

Kum filtrelerinden sorunsuz geçen su ince filtreler önünde bulunan kollektör 3 hattına ulaşır. Şekil 11’de görüleceği üzere suyun belirli bir basıncı bulunmaktadır. İnce filtreler genellikle daha sık aralıklarla tıkandığı için sayı olarak alternatifli olarak yapılır. Bütün filtreler tıkanana kadar su basınçlı bir şekilde çıkış hattına ulaşır. Bütün ince filtrelerin tıkanması, filtrelerin arızalanması, filtrelerin drenaj hattında yaşanan arızalar varsa filtre önlerinde bulunan vanalardaki arızalar çıkış basıncının düşmesine neden olacaktır.

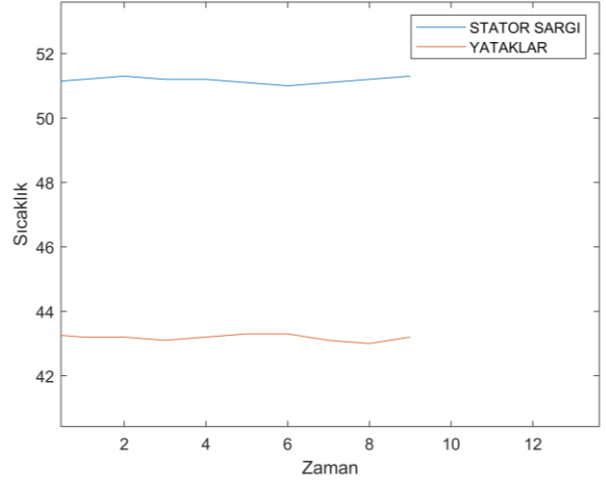
Burada önemli konulardan biri de sisteme gönderilen su miktarıdır. Jeneratör üreticileri ekipmanı tasarlarken soğutma için gerekli olan minimum su miktarını teknik

dokümanlar vasıtası ile belirtirler. Buna göre soğutma suyu tasarımı yapılır. Boru hatları, filtreler, vanalar, kolektörler belirtilen su miktarını iletebilmesi gerekir. Filtre sayısı ve sistem filtre tasarımı önemli bir konudur. Filtre kirlenme olduğu zamanda temizlenmesi için yıkama yaptırılır. Bu esnada kirli su drenaja atılırken sistemde su kaybı yaşanır. Bu işlem yaklaşık 1 dakikaya kadar uzayabilir. Bu işlem devam ederken diğer filtrelerden sisteme su gönderilir. Filtre yıkama esnasında veya birden fazla filtre aynı anda yıkama yapıldığında, çıkıştaki su basıncı ve akışta azalma olmaması gerekir. Bu istenmeyen bir durumdur. Bu durumun yaşanması da grafikte görüleceği gibi basınç kaybı yaşanmasına neden olacaktır. Filtre yıkama esnasında kısmi olarak basınç dalgalanmaları yaşanabilir. Bu durum minimum su akış miktarının altına geçmiyor ise kabul edilebilir bir durumdur.



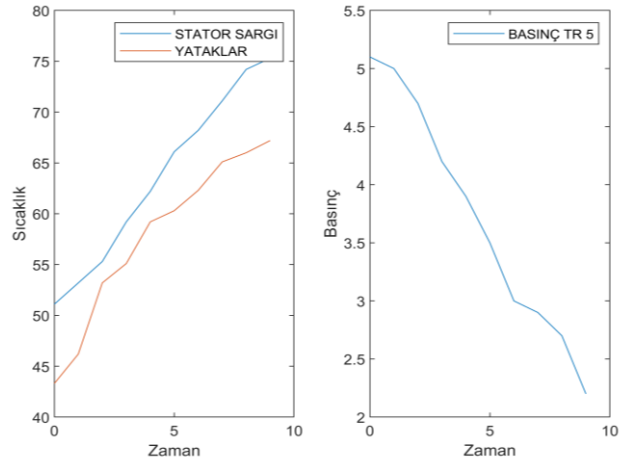
Şekil 11. İnce filtrelerin tıkalı olduğu durumda basınç durumları.

İşletmelerin devamlılığı sağlayabilmeleri adına basınç göstergesinde okunan değerlerin normal olduğu takip edilir. Eğer her şey normal ise yataklarda ve sargılarda herhangi bir sıcaklık artışı beklenmez. Şekil 12'de görüleceği üzere sıcaklık değerleri belirli aralıklarda sabit şekilde devam etmektedir. Bu durum beklenen ve istenen bir durumdur.



Şekil 12. Normal işletme durumunda yataklar ve stator sargılarındaki sıcaklık durumları.

Basınç TR 1, basınç TR 2, basınç TR 3 ve basınç TR 4 göstergelerinin herhangi birinde veya sistematik olarak hepsinde okunan değerlerde düşme meydana gelirse bu durum çıkış hattına yansıtacaktır ve sisteme su kısmi olarak gidecektir veya hiç gitmeyecektir. Bu durumda yatak ve sargı sıcaklıklarının Şekil 13'teki gibi zamana bağlı olarak artması beklenmektedir.



Şekil 13. Filtrelerin çıkış hattında basınç düşmesi durumunda yataklar ve stator sargılarındaki sıcaklık durumları.

Cevizlik HES santralinden alınan verilerin kullanılarak oluşturulmuş olan incelemede, soğutma suyu sistemlerinin üretime doğrudan etki ettiği gösterilmektedir. Cevizlik HES santrali soğutma suyu sistemine resimler Şekil14-18 de verilmiştir.



Şekil 14. Cevizlik HES ince filtre sistemi genel görünüm.



Şekil 15. Cevizlik HES kaba filtre ve pompalar genel görünüm.



Şekil 16. Cevizlik HES ince filtre sistemi ve boru hattı genel görünüm.



Şekil 17. Cevizlik HES soğutma suyu pompalar.



Şekil 18. Cevizlik HES kum filtreleri.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER (Conclusions and Suggestions)

Bu çalışmada, hidroelektrik santrallerinde kullanılan soğutma suyu sistemlerinin genel yapısı ve Cevizlik Hidroelektrik Santrali soğutma sistemi hakkında genel bilgileri verilmiştir. Cevizlik santraline ait soğutma suyu sisteminin MATLAB/Simulink modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model üzerinden filtrelerin çeşitli tıkanıklık durumlarında basınç göstergelerinde okunan değerler izlenmiştir. Aynı zamanda bu basınçlara bağlı olarak yataklar ve stator sargılarında izlenen sıcaklıklara bakılmıştır. Bu izlemeler sonucunda; soğutma suyu sistemlerinin, hidroelektrik santraller için çok önemli bir göreve sahip olduğu görülmüştür. Soğutma suyunun yeterli verimde çalışmadığı durumlarda ünitelerin devre dışı kalacağı açık bir şekilde öngörülmektedir. Bu nedenle santrallerin kurulum aşamasında soğutma suyu sistemleri hesapları düzgün ve doğru bir şekilde yapılmalıdır.

Cevizlik HES santrali, Rize ili İkizdere ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Santral, üretimde kullanmış olduğu suyu İyidere nehrinden almaktadır. İyidere nehri kirlilik oranı yüksek bir nehirdir. Rize ilinin bol yağış alması nedeni ile derelerde feyzan oluşma ihtimali çok yüksektir. Her bir feyzan oluşumu aslında bir nevi dere ile sediment taşınımı anlamı taşımaktadır. Bu nedenle Cevizlik HES santralinde, soğutma suyu sisteminde aşamalı temizleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın benzer özelliklere sahip hidroelektrik santralleri açısından operasyonel olarak faydalı olacağına inanılmaktadır.

## 5. KAYNAKLAR (References)

- [1] S. R. Paramati, U. Shahzad, and B. Doğan, “The role of environmental technology for energy demand and energy efficiency: Evidence from OECD countries,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 153, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.rser.2021.111735.
- [2] Ö. Fatih Keçecioglu Mustafa Şekkeli, “Hidroelektrik Santrallerin, Türkiye’deki Gelişimi ve Kahramanmaraş Bölgesi Örnek Çalışması,” *KSU Journal of Engineering Sciences*, vol. 14, no. 2, pp. 19–26, 2011.
- [3] A. G. Olabi and M. A. Abdelkareem, “Renewable energy and climate change,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 158, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.rser.2022.112111.

- [4] U. Bulut and G. Muratoglu, “Renewable energy in Turkey: Great potential, low but increasing utilization, and an empirical analysis on renewable energy-growth nexus,” *Energy Policy*, vol. 123, pp. 240–250, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.enpol.2018.08.057.
- [5] O. Atalay and E. Y. Ulu, “Hydropower Capacity of Turkey and Actual Investments,” *Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM)*, vol. 4, 2018, [Online]. Available: [www.isres.org](http://www.isres.org)
- [6] J. Araştırmalar Dergisi et al., “Derleme / Review Jeomorfolojik Haritalamanın Tarihçesi ve Türkiye’deki Durum / History of Geomorphological Mapping and Background of Turkey İsa CÜREBAL,” 2020. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0002-3449-1595>
- [7] Z. Xiaosan, J. Qingquan, K. Shoukat Iqbal, A. Manzoor, and R. Zia Ur, “Achieving sustainability and energy efficiency goals: Assessing the impact of hydroelectric and renewable electricity generation on carbon dioxide emission in China,” *Energy Policy*, vol. 155, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.enpol.2021.112332.
- [8] L. M. Arnold, K. Hanna, B. Noble, S. E. Gergel, and W. Nikolakis, “Assessing the Cumulative Social Effects of Projects: Lessons from Canadian Hydroelectric Development,” *Environ Manage*, vol. 69, no. 5, pp. 1035–1048, May 2022, doi: 10.1007/s00267-022-01622-x.
- [9] G. Shahgholian, “An Overview of Hydroelectric Power Plant: Operation, Modeling, and Control,” *Journal of Renewable Energy and Environment*, vol.

- 7, no. 3, pp. 14–28, Jul. 2020, doi: 10.30501/JREE.2020.221567.1087.
- [10] A. İcier, “Yeşilyurt Mahallesi,” *Tur. J. Hyd.*, Cilt, no. 5, pp. 73–79, 2021, [Online]. Available: <http://www.dergipark.org.tr>
- [11] A. Cüce, H. Küçük, and A. Midilli, “Conceptual design of a regulator-type hydropower plant,” *Turkish Journal of Electromechanics and Energy Science Literature*, 2021. [Online]. Available: <https://www.scienceliterature.com>
- [12] J. Zhang, Z. Yang, L. Chen, S. Li, T. Zhao, and M. Chen, “Design of Cooling System and Analysis of Heat Transfer Characteristics of 20MW High Speed Permanent Magnet Synchronous Generator,” in *23rd International Conference on Electrical Machines and Systems, ICEMS 2020*, Nov. 2020, pp. 2169–2173. doi: 10.23919/ICEMS50442.2020.9290916.
- [13] D. Jarry-Bolduc and E. Côté, “Hydro energy generation and instrumentation & measurement: Hydropower plant efficiency testing,” *IEEE Instrum Meas Mag*, vol. 17, no. 2, pp. 10–14, 2014, doi: 10.1109/MIM.2014.6810039.
- [14] K. Kumar and R. P. Saini, “A review on operation and maintenance of hydropower plants,” *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 49, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.seta.2021.101704.
- [15] S. Veli, “Hidroelektrik Santraller ve Rize İlinde Bulunan Hidroelektrik Santrallerin Şehir ve Doğu Karadeniz Havzası İçin Önemi,” *Turkish Journal of Hydraulic*, vol. 4, no. 2, pp. 8–23, 2020.
- [16] A. Mehmet Semih Özdemir, Cemil Ocak, “Akarsu Tipi Hidroelektrik Santraller ve Bu Santrallerde Kullanılan Türbin-Generatörler,” *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, vol. 2, no. 2, pp. 69–75, 2020.
- [17] T.C. Çalışma ve sosyal güvenlik bakanlığı, “Hidroelektrik Santrali (HES) İnşaatlarında Risk Odaklı Programlı Teftiş,” 2013. [Online]. Available: [https://www.csgeb.gov.tr/medias/6057/2014\\_70.pdf](https://www.csgeb.gov.tr/medias/6057/2014_70.pdf)
- [18] J.-K. Kim and R. Smith, “Cooling water system design,” 2001. [Online]. Available: [www.elsevier.nl/locate/ces](http://www.elsevier.nl/locate/ces)
- [19] M. H. Panjeshahi, A. Ataei, M. Gharai, and R. Parand, “Optimum design of cooling water systems for energy and water conservation,” *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 87, no. 2, pp. 200–209, 2009, doi: 10.1016/j.cherd.2008.08.004.
- [20] C. Koç, “Sulama kanalları üzerine inşa edilen hidroelektrik santrallerin işletilmesi üzerine bir çalışma,” *European Journal of Science and Technology*, pp. 138–144, Aug. 2020, doi: 10.31590/ejosat.707084.
- [21] “Sanko Enerji”, Accessed: Jun. 19, 2022. [Online]. Available: <https://sankoenerji.com.tr/faaliyet- alanlari/elektrik-uretimi>