

## BİR TERMİK SANTRALİN ENERJİ ANALİZİ

**Mehmet Altınkaynak \*, Serap Güneş, Ali Kemal Yakut**

Geliş Tarihi/ Received: 30.10.2018, Kabul tarihi/Accepted: 26.12.2018

### Özet

Bu çalışmada incelenen güç santrali, Muğla ilinin Yatağan ilçesinde faaliyet göstermektedir. Bu termik santral 3 adet 210 MW gücünde üniteye sahiptir. Yatağan Termik Enerji Üretim A.Ş' ye ait kazan, buhar türbini ve diğer ekipmanlara, nominal işletme verileri alınarak sistemin her bir bileşeni ve tüm sistem için termodinamik kanunları yardımıyla kütle ve enerji denklemleri kurularak sistemin enerji analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sisteme ait enerji verimi % 35,2 olarak bulunmuştur. Sistemde bulunan ABT (Alçak Basınç Türbini), OBT (Orta Basınç Türbini), YBT (Yüksek Basınç Türbini) için sıcaklık değişiminin güç üretimine ve enerji verimliliğine etkisi incelenmiştir. Ayrıca, ısı kapasitesi daha yüksek kömür kullanıldığı takdirde güç üretiminin ve buna bağlı olarak enerji verimliliğinin fabrika için fayda sağlayacağı belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, Termik Santral, Kazan, Türbin, Yatağan.

## ENERGY ANALYSIS A THERMAL POWER PLANT

### Abstract

Studied in this study, “Yatağan Thermal Power Plant” is located Muğla in Yatağan. This thermal plant has 3 units with 210 MW. The first law of thermodynamics applied for boiler steam turbine and the other equipments, and energy analysis of the system by establishing mass and energy balance. These calculations are made by taking the actual data of the factory. According to the results, the energy efficiency of the system was found to be 35.2%. The effect of Low Pressure Turbine (LPT), Medium Pressure Turbine (MPT) and High Pressure Turbine (HPT) on temperature change power generation and energy efficiency in the system has been investigated. Also, when is using high quality coal, power generation and efficiency will increase. Energy efficiency of the power plant has been found % 35,2 according to the obtained result.

**Key Words:** Energy, thermal power plant, boiler, turbine, Yatağan.

---

\* Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye  
E-posta: mehmetaltinkaynak@isparta.edu.tr

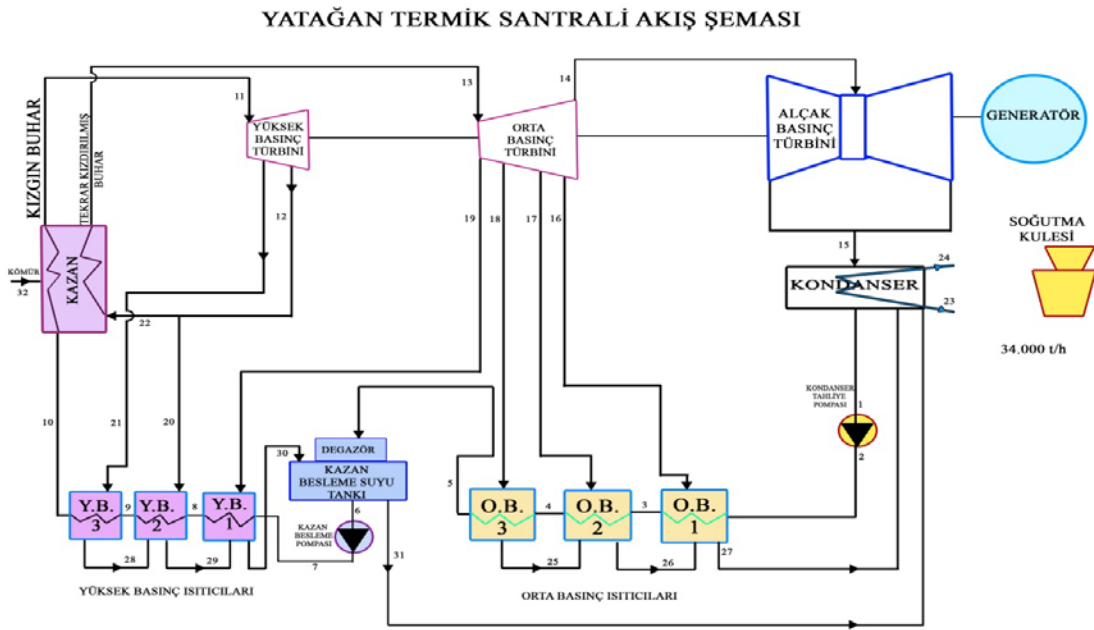
## 1. GİRİŞ

Dünyada artan enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılamakta olan fosil yakıt rezervleri, petrol rezervleri ve doğalgaz kaynakları her geçen gün daha fazla kullanılmaktadır. Fakat bu rezervlerde paralel bir artış meydana gelmemektedir. Bu nedenle mevcut kaynakların bu kullanımı devam ettiği sürece tükeneceği bilindiği için bir taraftan alternatif enerji kaynakları araştırılmakta bir taraftan da enerji kaynaklarının etkin bir biçimde kullanılmasının sağlanmasına çalışılmakta ve enerji tüketiminin azaltılması hedeflenmektedir. Bu nedenle insanların bilinçlendirilmesinin yanı sıra, mevcut sistem ve ekipmanların da iyileştirilmesi ve verimliliklerinin artırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Mevcut sistemde iyileştirmelere nereden başlanacağına ve hangi noktada en çok enerji kaybı olduğunun bulunabilmesi için enerji analizleri yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, Muğla'nın Yatağan ilçesinde faaliyet gösteren 3 x 210 MW gücündeki kömür yakıtlı bir termik santral olan Yatağan Termik Enerji Üretim A.Ş.'nin sistem ve ekipmanları incelenmiş, nominal işletme verileri alınarak EES programı yardımı ile sistemin enerji analizi yapılmıştır.

## 2. TERMİK SANTRALLER

Termik santraller katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtlarda var olan kimyasal enerjiyi ısı enerjisine, ısı enerjisini mekanik enerjiye, mekanik enerjiyi de elektrik enerjisine dönüştüren tesislerdir. Termik santrallerde yakıt olarak kömür, doğalgaz, motorin, fuel-oil, taş kömürü gibi yakıtlar kullanılmaktadır (Kızılırmak ve Koçer, 2017). Termik santraller içinde linyitli olanlar diğerlerinden çok daha önemli ve güçlü olup, ülkemizin toplam elektrik üretimi içinde linyite dayalı termik santrallerin payı giderek artmaktadır. Yerli enerji kaynaklarımız içinde günümüzde de önemini koruyan linyit yatakları, ülkemizin hemen her yerinde bulunmaktadır. En büyük linyit yatakları; Afşin-Elbistan, Muğla, Soma, Tunçbilek, Seyitömer, Konya, Beypazarı, Adana Tufanbeyli ve Sivas havzalarında bulunmaktadır. Kurulu termik santraller de bu bölgelerde yer almaktadır(Coşkun vd, 2013).



Şekil 1. Yatağan Termik Santrali Akış Şeması

Şekil 1' de enerji analizi yapılmış olan Yatağan Termik Enerji Üretim A.Ş.' ye ait akış şeması verilmiştir. Santral 3 adet orta basınç ısıtıcıları, 3 adet yüksek basınç ısıtıcıları, yüksek, orta ve alçak basınç türbinlerinden oluşan türbin grubu, degazör, kazan besleme suyu tankı, kondanser tahliye pompası, kazan besleme pompası ve kazandan oluşmaktadır. Bu sistemin tamamı santralin bir ünitesidir. Günümüzde var olan santraller bu ve buna benzer bir veya birden fazla üniteden oluşmaktadır. Temel olarak benzer sistem yapısına ve akış şemasına sahip bu santrallerde sistem içindeki elemanların sayısında değişiklikler olmaktadır. Mesela bazı santrallerde 2 adet alçak basınç ısıtıcısı, iki adet yüksek basınç ısıtıcısı bulunabilir.

## 2.1. Sistem Tanıtımı



Şekil 2. Yatağan Termik Santrali Görünümü (Bereket Enerji, 2017)

210 MW gücündeki 3 üniteden oluşan Yatağan Termik Santrali Muğla' nın Yatağan ilçesinde bulunmaktadır. Muğla–Aydın karayolunun 26. kilometresinden ayrılan Milas - Bodrum karayolu kavşağı yakınında kurulmuştur. Muğla' ya 28 km, komşu il olan Aydın' a 79 km uzaklıkta bulunmaktadır. Yüzölçümü 119.600 hektardır. Santral Yatağan ilçesine 3 km uzaklıktaki 1.163.000 m<sup>2</sup> lik bir alan üzerine kurulmuştur. Her biri 210 MW gücünde olan ünitelerden ilki 1982' de, ikincisi 1983' te, üçüncüsü ise 1985' te işletmeye açılmıştır (YTEÜAŞ, 2017). 12 Haziran 2014' te Özelleştirme İdaresi, Yatağan Termik Santrali ile Güney Ege Linyitleri İşletmesi' nin varlık satışı ile özelleştirilmesi için ihale düzenledi. 6 firmanın katıldığı ihaleyi 1 milyar 91 milyon dolar teklif veren Bereket Enerji Grubu şirketlerinden Elsan Elektrik Gereçleri San. ve Tic. A.Ş. kazandı. 1 Aralık 2014 tarihinde Yatağan Termik Santrali, Bereket Enerji (Elsan Elektrik) firması altında kurulan Yatağan Termik Enerji Üretim A.Ş.' ye devredildi (Enerji Atlası, 2017).

## 3. TERMODİNAMİK ANALİZ

Yapılan bu çalışmada referans çevre sıcaklığı (T0) 25 °C, referans çevre basıncı (P0) 101,3 kPa olarak alınmıştır. Türbin izentropik verimi %85 olarak alınmıştır. Pompanın izentropik verimi de %85 olarak alınmıştır. Sistemi birleştiren borularda basınç ve ısı kaybının olmadığı kabul edilmiştir.

630 MW elektrik enerjisi üreten termik santral sisteminin verileri EES( Engineering Equation Solver) programı ile bilgisayar ortamında çözümlenmiştir. EES programı mühendislik

çözümlenmeleri yapabilen, değişken parametreler üzerinde analiz yapan ve grafik çizmeyi sağlayan bir programdır. Kütüphanesinde barındırdığı teknik veriler sayesinde değişken parametreler kullanılarak hangi çözümlerin elde edileceğini kullanıcılara sunmaktadır.

Kararlı hal durumu için kütle dengesi aşağıdaki gibi verilebilir. Burada "g" indisi giren madde akımını, "ç" indisi ise çıkan madde akımını göstermektedir. Kütle korunumu kanununa göre giren ve çıkan madde miktarı eşit olmak zorundadır (Bejan, 1998).

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_ç \quad (1)$$

Enerji denge denklemi verilen prosesin değişim özelliğini açıklamada uygulanır. İncelemesi yapılan prosesin enerji dengesi termodinamiğin birinci yasasına göre sistem içinde korunur. Kinetik ve potansiyel enerji etkilerinin ihmal edilmesiyle kararlı hal şartları için enerji denge denklemi aşağıdaki gibi verilir (Bejan, 1996).

$$\dot{Q} + \sum \dot{m}_g h_g = \dot{W}_{net} + \sum \dot{m}_ç h_ç \quad (2)$$

Enerji ile ilgili performans ölçüsü olarak; bir sistemin enerji verimliliği ( $\eta$ ), sistem sınırından sisteme enerji girişine kadar faydalı üretim oranı olarak tanımlanabilir (Bilginsoy,2012).

$$\eta = \frac{\Sigma \text{Çıkan Enerji}}{\Sigma \text{Giren Enerji}} = 1 - \frac{\Sigma \text{Enerji Kaybı}}{\Sigma \text{Giren Enerji}} \quad (3)$$

Çizelge 3.1' de termodinamik analizi yapılan; Yatağan Termik Santrali'nin her bir noktasının kütledebisi (kg/s), sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ), entalpisi (kJ/kg), entropisi (kJ/kgK), enerjisi (kW) hesaplanmıştır. Kütledebisi ve sıcaklık hariç diğer noktaların entalpi, entropi ve enerji değerleri EES (Engineering Equation Solver) Mühendislik yazılım programında hesaplanmıştır.

Sistemin bazı bileşenlerinin enerji dengeleri aşağıdaki gibi yazılabilir (Dinçer,2012);

#### **Kazan Besleme Pompasının Enerji Dengesi;**

$$\dot{m}_6 h_6 + \dot{W}_{kbp} = \dot{m}_7 h_7 \quad (4)$$

#### **Yüksek Basınç Isıtıcısı-1 Enerji Dengesi;**

$$\dot{m}_7 h_7 + \dot{m}_{19} h_{19} + \dot{m}_{29} h_{29} = \dot{m}_8 h_8 + \dot{m}_{30} h_{30} \quad (5)$$

#### **Kazan Enerji Dengesi;**

$$Q_{kömür} + \dot{m}_{10} h_{10} + \dot{m}_{22} h_{22} + \dot{m}_{32} h_{32} = \dot{m}_{11} h_{11} + \dot{m}_{13} h_{13} \quad (6)$$

#### **Yüksek Basınç Türbini Enerji Dengesi;**

$$\dot{m}_{11} h_{11} = \dot{m}_{12} h_{12} + \dot{m}_{21} h_{21} + \dot{W}_{ybt} \quad (7)$$

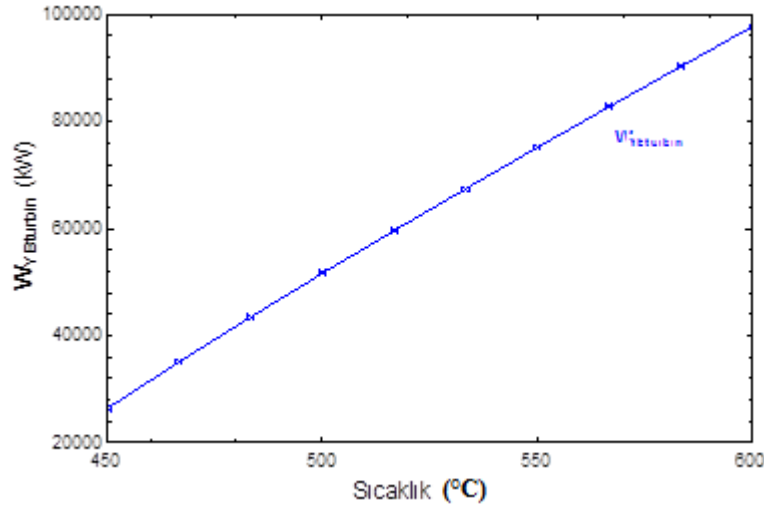
#### **Kondanserin Enerji Dengesi;**

$$\dot{m}_{15}h_{15} + \dot{m}_{23}h_{23} + \dot{m}_{31}h_{31} = \dot{m}_1h_1 + \dot{m}_{24}h_{24} \quad (8)$$

Çizelge 1.' de Yatağan Termik Santraline ait Kazan ve Türbin gruplarının enerji verimlilikleri tablo halinde verilmiştir.

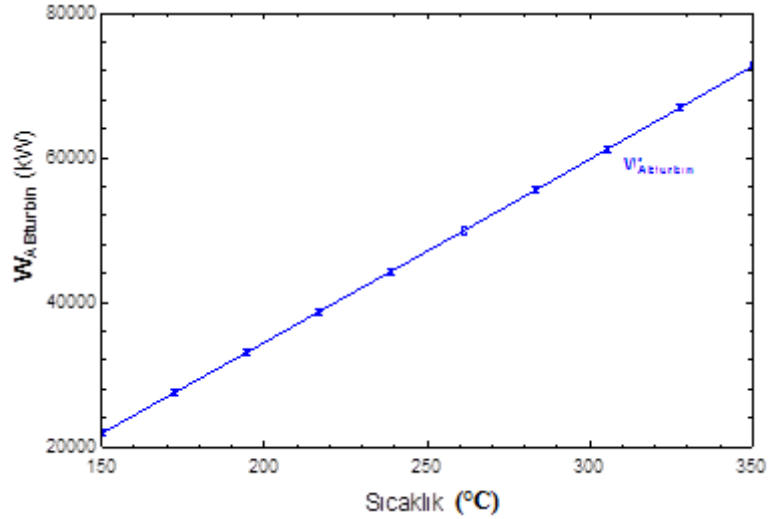
Çizelge 1. Yatağan Termik Santrali'ne ait Enerji Verimi Değerleri

Enerji Verimi Hesaplanan Komponent	Enerji Verimi (%) ( $\eta$ )
Kazan	0,8238
Yüksek Basınç Türbini	0,7960
Orta Basınç Türbini	0,6708
Alçak Basınç Türbini	0,8598



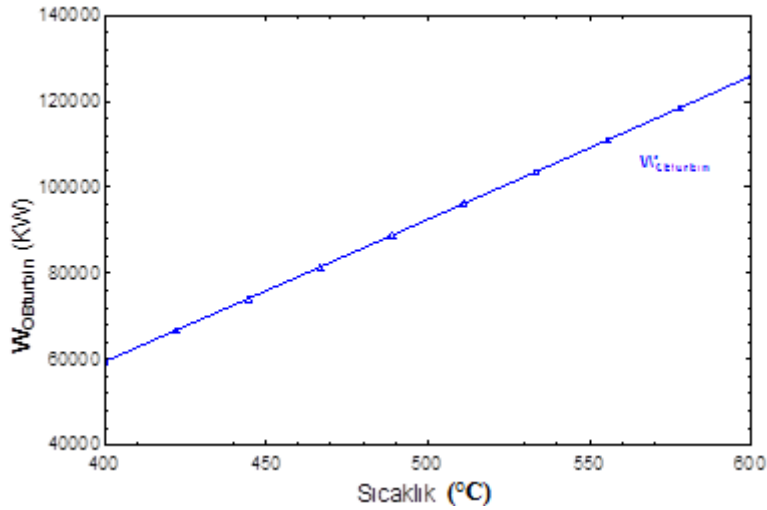
Şekil 3. Yüksek basınç türbini sıcaklığının artırılmasının güç üretimine etkisi

Yüksek basınç türbininin çalışma sıcaklığının 450 °C ile 600 °C aralığında değişiminin, güç üretimine etkisi Şekil 3.' de verilmiştir. Sıcaklığın artmasıyla yüksek basınç türbini için güç üretiminin arttığı görülmektedir. Sistemde yüksek basınç türbini için güç üretimi 68182 kW olarak hesaplanmıştır. Sistem için yüksek basınca giriş sıcaklığı 535 °C iken bu verim elde ediliyorsa daha yüksek sıcaklık sağlanırsa verim artırılabilir.



Şekil 4. Alçak basınç türbini sıcaklığının arttırılmasının güç üretimine etkisi

Alçak basınç türbininin çalışma sıcaklığının 150 °C ile 350 °C aralığında değişiminin, güç üretimine etkisi Şekil 4.' de verilmiştir. Alçak basınç türbini için güç üretimi 26936 kW hesaplanmıştır. Sıcaklığın arttırılması türbin güç üretiminde artış sağlamıştır.



Şekil 5. Orta basınç türbini sıcaklığının arttırılmasının güç üretimine etkisi

Orta basınç türbininin çalışma sıcaklığının 400 °C ile 600 °C aralığında değişiminin, güç üretimine etkisi Şekil 5.'te verilmiştir. Sistemde orta basınç türbini giriş sıcaklığı 535°C 'dir. Bu sıcaklıkta türbinin güç üretimi 104129 kW olarak hesaplanmıştır.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Üretilen miktarlar; yüksek basınç türbini 68 MW, orta basınç türbini 104 MW, alçak basınç türbini 29 MW olarak bulunmuştur. Daha kaliteli yani ısıl değeri daha yüksek olan bir kömür kullanıldığında güç üretiminin artacağı görülmektedir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre santral ünitesinin enerji verimi % 35,2 olarak bulunmuştur. Ekserji kayıplarının da hesaplanması ile iyileştirme yapılması daha da mümkün olacaktır.

## KAYNAKÇA

Bilginsoy, A.K., 2012. Bir Termik Santralde Termodinamik Analiz Ve Isıl Süreçlerdeki Tersinmezliklerin Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Coşkun, A., Geredelioglu, Ç., Bolattürk, A., Gökaslan, M. Y., 2013. Çayırhan Termik Santralinin Enerji Ve Ekserji Analizi. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17/20 Nisan 2013, İzmir.

Kızılırmak, B.H. ve Koçer, A.K., 2017. Erişim Tarihi: 15.07.2017 [http://makina.beun.edu.tr/eskisite/akademik\\_kadro/atopuz/adnanweb/ogrencisunum/Termik%20Santraller.pptx](http://makina.beun.edu.tr/eskisite/akademik_kadro/atopuz/adnanweb/ogrencisunum/Termik%20Santraller.pptx), Zonguldak.

Bereket Enerji, 2017. Erişim Tarihi : 07.07.2017 <https://www.bereketenerji.com.tr/portfolio/yatagantes/>.

YTEÜAŞ, 2017. Yatağan Termik Enerji Üretim A.Ş Mühendis notları.

Enerji Atlası, 2017. Erişim Tarihi: 15.05.2017 <http://www.enerjiatlası.com/komur/yatagan-termik-santrali.html>.

Bejan A., Advanced Engineering Thermodynamics, Wiley&Sons., New York, A.B.D, 1998.

Bejan, A., Tsatsaronis, G., Moran, M., 1996. Thermal design and optimization. Wiley-Interscience.

Dincer, I., Rosen, M. A. 2012. Exergy: energy, environment and sustainable development. Newnes.