



**SEYİTÖMER TERMİK SANTRALİ
3 NOLU ÜNİTENİN ENERJİ ETÜDÜ VE VAP UYGULAMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

Samet ARAT

Kütahya - 2024

T.C.
KÜTAHYA DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**SEYİTÖMER TERMİK SANTRALİ
3 NOLU ÜNİTENİN ENERJİ ETÜDÜ VE VAP UYGULAMASI**

Danışman:
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Donat YILDIZAY

Hazırlayan:
Samet ARAT

Kütahya – 2024

Kabul ve Onay

KÜTAHYA DÜMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalında, 202285371100 öğrenci numaralı, Samet ARAT'ın hazırlamış olduğu “*SEYİTÖMER TERMİK SANTRALİ 3 NOLU ÜNİTENİN ENERJİ ETÜDÜ VE VAP UYGULAMASI*” başlıklı yüksek lisans tez çalışması ile ilgili tez savunma sınavı jüri tarafından yapılmış ve adayın tezinin OY BİRLİĞİ ile kabul edilmesine karar verilmiştir.

11/11/2024

Tez Jürisi	İmza	
	Kabul	Ret
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Donat YILDIZAY (Danışman)		
Prof. Dr. Özer AYDIN		
Doç. Dr. Bahadır DOĞAN		

Onay

Doç. Dr. Eray ACAR
Enstitü Müdürü

Bilimsel Etik Bildirimi

Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığım “*Seyitömer Termik Santrali 3 Nolu Ünitenin Enerji Etüdü ve VAP Uygulaması*” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

29/12/2024

Samet ARAT

Özgeemiř

2012 yılında lise eğitimi Ali Güral Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. Ardından Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü'nden 2016 yılında mezun olmuştur. 2016 yılında mezun olduktan sonra Kütahya ili içerisinde alüminyum üretim sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikada ardından aynı il içerisindeki cam üretim sektöründe faaliyet gösteren başka bir fabrikada çalışmıştır.

Kariyerine 2018 yılında Çelikler Holding Seyitömer Termik Santrali'nde işletme mühendisi olarak devam etmiştir. Şuan 2022 yılından itibaren Seyitömer Termik Santrali'nde işletme başmühendisi olarak görevine devam etmektedir. Ayrıca Dumlupınar Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimi görmektedir.

ÖZET

SEYİTÖMER TERMİK SANTRALİ 3 NOLU ÜNİTENİN ENERJİ ETÜDÜ VE VAP UYGULAMASI

ARAT, Samet

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hasan Donat YILDIZAY

Aralık, 2024, 112 sayfa

Seyitömer Termik Santrali, ülkemizin enerji üretiminde önemli bir yer tutan linyit yakıtlı pülverize kömür santrallerinden biridir. Termik santrallerde enerji verimliliği, hem ekonomik açıdan hem de çevresel etkiler açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, Seyitömer Termik Santrali 3. Ünitesinde yapılan enerji etüdü çalışması, santralin enerji verimliliğini artırmak ve enerji tüketim maliyetlerini azaltmak amacıyla başlatılmıştır.

İç tüketim oranının düşürülmesi, santralde üretilen elektrik enerjisinin daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayacak önemli bir adımdır. Ayrıca verimlilik artırıcı projelerle birlikte santralin kapasite kullanım oranı ve emreamadelik faktörlerinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu projeler, enerji yönetiminin etkin bir şekilde yürütülmesini sağlayarak, santralin toplam enerji maliyetlerini azaltmayı hedeflemektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, Seyitömer Termik Santrali 3. Ünitesinde yıllık 30.461 Ton Eşdeğer Petrol (TEP) enerji tasarruf potansiyeli tespit edilmiştir. Bu tasarruf, santralin enerji tüketim verimliliğinin artırılması ve iç tüketim oranının azaltılmasıyla elde edilebilecektir. Ayrıca, bu tasarruf potansiyelinin ekonomik değeri 274.528.924 TL olarak hesaplanmıştır. Bu miktar, santralin enerji verimliliği arttıkça sağlanacak maliyet tasarrufunun büyüklüğünü gözler önüne sermektedir. Aynı zamanda sadece ekonomik fayda sağlamamakla kalmayıp, aynı zamanda çevresel etkilerin de azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Gelecek dönemde, bu stratejilerin uygulanması ile Seyitömer Termik Santrali'nin enerji verimliliği daha da artırılabilir ve ülke ekonomisine önemli katkılar sağlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Enerji verimliliği, termik santral, tasarruf potansiyeli, enerji etüt raporu, verimlilik artırıcı proje(VAP)

ABSTRACT**ENERGY STUDY AND EIP APPLICATION OF SEYİTÖMER THERMAL
POWER PLANT UNIT #3****ARAT, Samet****Master's Thesis, Department of Mechanical Engineering****Supervisor: Dr. Lecturer Member of Hasan Donat YILDIZAY****November, 2024, 112 pages**

Seyitömer Thermal Power Plant is one of the lignite-fired pulverized coal power plants that hold an important place in our country's energy production. Energy efficiency in thermal power plants is of great importance both economically and in terms of environmental impacts. In this context, the energy study conducted at the Seyitömer Thermal Power Plant 3rd Unit was initiated in order to increase the energy efficiency of the plant and reduce energy consumption costs.

Reducing the internal consumption rate is an important step that will ensure that the electrical energy produced at the plant is used more efficiently. In addition, it is aimed to improve the capacity utilization rate and availability factors of the plant with efficiency-enhancing projects. These projects aim to reduce the total energy costs of the plant by ensuring that energy management is carried out effectively.

As a result of the calculations, an annual energy saving potential of 30,461 Tons of Oil Equivalent (TOE) was determined at the Seyitömer Thermal Power Plant 3rd Unit. This saving can be achieved by increasing the energy consumption efficiency of the plant and reducing the internal consumption rate. In addition, the economic value of this saving potential has been calculated as 274,528,924 TL. This amount reveals the magnitude of the cost savings that will be achieved as the energy efficiency of the power plant increases. At the same time, it will not only provide economic benefits, but will also contribute to the reduction of environmental impacts. In the coming period, with the implementation of these strategies, the energy efficiency of the Seyitömer Thermal Power Plant can be further increased and significant contributions can be made to the country's economy.

Keywords: Energy efficiency, thermal power plant, saving potential, energy audit report, efficiency increasing project (EIP)

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bana destek veren yüksek lisans eğitimim boyuncaengin bilgi ve görüşleriyle bana yol gösteren, hayat tecrübeleriyle mesleki ve kişisel hayatımayön vermemde her daim katkılarını esirgemeyen tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hasan Donat YILDIZAY 'a teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca desteklerini ve ilgilerini hiçbir zaman esirgemeyen, bulunduğum konuma gelmemde her türlü maddi ve manevi desteği sağlayan başta kıymetli annem ve babam Ayşe ve merhum İsmail ARAT ile abim Halit ARAT 'a şükranlarımı sunarım.

Gerek lisans gerekse yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan, bana her daim güvenen ve her türlü desteği ile yanımda duran yol arkadaşım, kıymetli eşim Büşra ARAT 'a sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
GÖRSELLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

1.1. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	4
---	---

İKİNCİ BÖLÜM TERMODİNAMİK ANALİZLER

2.1. TERMODİNAMİK ANALİZLER	7
2.1.1. Yanma Olayında Meydana Gelen Reaksiyonlar	10
2.1.2. Yakıt Ekserjisi	12
2.1.3. Kömür Ekserjisi	13
2.1.4. Sıvı Yakıt Ekserjisi	13
2.1.5. Gaz Yakıt Ekserjisi	14

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM ENERJİ ETÜDÜ VE VAP HAZIRLANMASI

3.1. ENERJİ ETÜDÜ RAPORU HAZIRLANMASI	19
3.1.1. Enerji Santrali	19
3.1.1.1. İşletme Bilgileri	19
3.1.1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	20
3.1.1.3. Çalışmada Kullanılan Cihazlar ve Alınan Ölçümler	21
3.1.1.4. Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri	21
3.1.1.5. Genel Bulgular ve Öneriler	22
3.1.2. Enerji Yönetimi	25
3.1.2.1. Endüstriyel İşletme Bilgileri	25
3.1.2.2. Proses Bilgileri	27

3.1.2.3. Endüstriyel İşletmenin Enerji Tüketiminin İncelenmesi	41
3.1.2.4. Enerji Yönetimi İle İlgili Mevcut Durum Değerlendirmeleri	41
3.1.2.5. Enerji Yönetimi İle İlgili Öneriler	42
3.1.3. Yardımcı İşletmeler	42
3.1.3.1. Yardımcı Yakıt Sistemi	42
3.1.3.2. Reglaj Kompresörleri	45
3.1.4. Üretim Üniteleri	50
3.1.4.1. Kazan	50
3.1.4.2. Türbin	70
3.1.5. Elektrik	74
3.1.5.1. Pompalar	74
3.1.5.2. Fanlar	77
3.1.5.3. Değirmenler ve Luvolar	81
3.1.5.4. Aydınlatma	83
3.2. VERİMLİLİK ARTIRICI ÖRNEK PROJE HAZIRLANMASI	88
3.2.1. Projeye Giriş	88
3.2.2. Amaç, Kapsam ve Hedef	90
3.2.3. Proje Bileşenleri	92
3.2.4. Uygulama Planı	93

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇ, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

4.1. SONUÇ, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	102
EKLER	105
KAYNAKÇA	108
DİZİN	111

GÖRSELLER LİSTESİ**Sayfa**

Görsel 3.1: Seyitömer Termik Santrali Genel Yerleşimi.....	19
Görsel 3.2: Park Makinesi Saha Görseli	29
Görsel 3.3: Değirmen Saha Görseli	31
Görsel 3.4: Soğutma Kulesi Saha Görseli.....	38
Görsel 3.5: Generatör Saha Görseli	38
Görsel 3.6: Wet FGD Sistemi 3D Görünüm	40
Görsel 3.7: Alçak Basınç Kompresörü	88



TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1: Seyitömer TS Ünite İmalatçı Detay Bilgileri.....	20
Tablo 3.2: 3. Ünite Enerji Etüdü Esnasında Kullanılan Ekipmanlar.....	21
Tablo 3.3: Genel Bulgular ve Öneriler Tablosu	23
Tablo 3.4: Enerji Türüne Göre Tasarruf Miktarı Tablosu.....	25
Tablo 3.5: Seyitömer Linyit Kömürü Karakteristik Özellikleri	29
Tablo 3.6: Kazan Karakteristik Değerleri	30
Tablo 3.7: 1.2. Üniteler Motorin, Fuel Oil ve Doğalgaz İçin Isıl Kapasite Tablosu	43
Tablo 3.8: 3.4. Üniteler Motorin, Fuel Oil ve Doğalgaz İçin Isıl Kapasite Tablosu	43
Tablo 3.9: Serbest Tüketici Doğalgaz Birim Fiyat Tablosu	44
Tablo 3.10: 2022 Fuel oil ve Motorin Akaryakıtları Maliyetleri	45
Tablo 3.11: 3. Ünite Reglaj Hava Kompresör Bilgileri.....	46
Tablo 3.12: Sıkıştırma Oranı Tablosu	46
Tablo 3.13: Hız, Çap ve Serbest Hava Hacmi İlişki Tablosu	47
Tablo 3.14: 3. Ünite Dizayn Verileri Tablosu.....	51
Tablo 3.15: Havanın İçerdiği Nem Faktörü	56
Tablo 3.16: 3. Ünite Ölçülen Verileri	72
Tablo 3.17: Kondense Tahliye Pompası Debisi 386 m ³ /h İken Ölçülen Veriler (1. Durum).....	75
Tablo 3.18: Kondense Tahliye Pompası Debisi 351 m ³ /h İken Ölçülen Veriler (2. Durum).....	75
Tablo 3.19: 1. ve 2. Durum İçin Hesaplanan Değerler.....	77
Tablo 3.20: 3. Ünite Cebri Çekme (ID) Fan Özellikleri	78
Tablo 3.21: 3. Ünite Taze Hava (FD) ve Cebri Çekme (ID) Fan Anlık Güç Hesaplama Tablosu	78
Tablo 3.22: 3. Ünite Cebri Çekme (ID) Fan Ölçüm Değerleri.....	79
Tablo 3.23: 3. Ünite Değirmen ve Luvo Elektrik Motorları Enerji Verimlilik Hesaplama Tablosu	82
Tablo 3.24: 3. Ünite Aydınlatma Armatürleri Lümen/Watt Hesaplama Tablosu.....	84
Tablo 3.25: 3. Ünite Aydınlatma Armatürleri 18 Watt Gücündeki Lambalar İçin LED Dönüşüm Hesaplama Tablosu	84
Tablo 3.26: 3. Ünite Aydınlatma Armatürleri 36 Watt Gücündeki Lambalar İçin LED Dönüşüm Hesaplama Tablosu	85
Tablo 3.27: 3. Ünite Aydınlatma Armatürleri 18 ve 36 Watt Gücündeki Lambalar Yerine Önerilen Armatür Tablosu.....	85
Tablo 3.28: 3. Ünite Alçak Basınç Kompresör Bilgileri	89

Tablo 3.29: 3. Ünite Alçak Basınç Kompresörü Mevcut Durum	90
Tablo 3.30: 3. Ünite Alçak Basınç Kompresörü Sürücü Uygulaması Sonrası Öngörülen Durum	90
Tablo 3.31: 3. Ünite Peters Pompa Elektrik Motorları İçin Mevcut Durum.....	91
Tablo 3.32: 3. Ünite Peters Pompa Elektrik Motorları İçin Sürücü Uygulaması Sonrası Öngörülen Durum	91
Tablo 3.33: Verimlilik Artırıcı Proje Verimlilik Bileşenleri Tablosu	92
Tablo 3.34: Verimlilik Artırıcı Proje Bileşenleri İcmal Tablosu	92
Tablo 3.35: Verimlilik Artırıcı Proje Bileşenleri Uygulama Tablosu.....	93
Tablo 3.36: 3. Ünite Alçak Basınç Kompresörleri ve Peters Pompalar Mevcut Durum	95
Tablo 3.37: 3. Ünite Alçak Basınç Kompresörleri Mevcut Durum ve Sürücü Kullanılması Durumundaki Tasarruf Miktarı.....	96
Tablo 3.38: 3. Ünite Peters Pompaları Mevcut Durum ve Sürücü Kullanılması Durumundaki Tasarruf Miktarı	97
Tablo 3.39: VAP Projesi Yıllık Giderler Tablosu	98
Tablo 3.40: VAP Projesi Yıllık Tasarruflar Tablosu	98

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Carnot Isı Makinesi	8
Şekil 2.2: Buhar Güç Santralının T-v Diyagramında Gösterilişi	8
Şekil 2.3: Buhar Güç Santralının T-s Diyagramında Gösterilişi	9
Şekil 2.4: Basit İdeal Rankine Çevrimi	9
Şekil 3.1: Kömür Üretimi İş Akım Şeması.....	27
Şekil 3.2: Genel İş Akım Şeması.....	28
Şekil 3.3: Kazan ve Yardımcı Sistemleri	33
Şekil 3.4: Hava Isıtıcısı(LUVO).....	34
Şekil 3.5: Elektro Statik Filtre	36
Şekil 3.6: Wet FGD Prosesi(Islak Tip Baca Gazı Arıtma Sistemi)	39

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABK	Alçak Basınç Kompresörü
AID	Alt Isıl değer, kcal/kg
BGÖS	Basit Geri Ödeme Süresi, yıl
COP	Soğutma Sisteminde Soğutma Etkinlik Performans Katsayısı
ÇS	Çalışma Saati
D	Çap, mm
d	İç Çap, mm
D.gaz	Doğal Gaz, kcal/m ³
E	Birim Zamandaki Toplam Enerji, kW
e	Birim Kütle için Enerji, kcal/kg
E_x	Birim Zamandaki Toplam Ekserji, kW
e_x	Birim Kütle İçin Ekserji, kcal/kg
Elk.	Elektrik, kW
EÜAŞ	Elektrik Üretim A.Ş
g	Yerçekimi İvmesi, m/s ²
GÖS	Geri Ödeme Süresi, yıl
H	Yükseklik, mm
h	Özgül entalpi, kcal/kg
IED	Isıl enerji deposu, kcal
KV	Kısa Vade (GÖS bir yıldan düşük)
<i>m</i>	Kütleli debi, ton/saat
n	Mol sayısı
η_{li}	2.Yasa verimi

OV	Orta Vade (GÖS 1-2 yıl arasında)
P	Basınç, kg/cm ²
Q	Birim Zamandaki Isı Geçişi, kW
R	Gaz Sabiti, kJ/kg.K
T	Sıcaklık, °C
t	Zaman, s
Td	Dış Ortam Sıcaklığı, °C
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
Tk	Kuru Termometre Sıcaklığı, °C
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
Ty	Yaş Termometre Sıcaklığı, °C
UV	Uzun Vade (GÖS 2-5 yıl arasında)
ÜİD	Üst Isıl değer, kcal/kg
W	Birim Zamandaki İş, kW
YBK	Yüksek Basınç Kompresörü
YO	Yük Oranı (Fiili Yükün Tam Yüke Oranı)



TEZ METNİ

GİRİŞ

Bir elektrik üretim santrali yatırımı ancak ayrıntılı bir ekonomik analiz yapılarak ve olası elektrik üretim maliyetlerinin minimum olması hedeflenerek verimli hale gelebilir. Santral ve kullanılan yakıt veya enerji kaynağı türlerinin belirlenmesi, yer seçimi ve ana ekipman ile cihazların seçimi gibi konular, varsa değerlendirilebilecek ulusal ve uluslar arası teşvikler ekonomik analizin önemli girdilerini oluşturur.

Elektrik üretim maliyeti genel olarak iki başlık altında toplanmaktadır. Bunlar; sabit giderler ve işletme giderleri, diğer bir ifadeyle üretim maliyetidir. Sabit giderler üretilen elektrik enerjisi miktarının bağımsız olan giderleridir ve santral elektrik üretimi yapmasa da bu giderler olacaktır. Üretim maliyetleri ise belirli bir şekilde üretilen elektrik miktarına bağlı olarak oluşurlar.

Yakıtların denetimli bir yanma süreciyle yakılmasının ana amacı; yanma sonucu ortaya çıkan ısıyı ve gücü kullanarak elektrik enerjisi, kimyasal enerji veya mekanik enerji elde etmektir. Aslında enerji materyali, bir ticari emtia (mal) olarak kabul edilebilir. Bu bağlamda petrol, doğal gaz, kömür ve diğer ürünler emtia borsalarında alınıp satılmakta ve dünya ticaretinin en önemli aktivitelerinden birini oluşturmaktadır. Birincil olmayan, yani doğrudan kullanılmayan ve birincil enerji materyalinden üretilen materyal ise ikincil olarak kabul edilmektedir. İkincil enerji birincil enerjinin dönüştürülmesi sonucu elde edilen veya ikincil enerji materyalinden elde edilen enerjidir. Enerji materyali ya yeraltından çıkarılmakta, ya da doğrudan doğal kaynaklardan elde edilmektedir. Fuel oil (işlenmiş petrol) kullanılarak elektrik üretimi, ikincil enerjiye verilebilecek en klasik örneklerden birisidir. Çünkü fuel oil (yakıt yağı) ham petrolden üretilmekte olup ham petrol birincil ürün, fuel oil de ikincil ürün olmaktadır.

Söz konusu olan yakıt, kömür gibi katı fosil yakıtlarda yanma sonucu oluşan su buharının yanı sıra, yakıtın içine hapsedilmiş olan ve/veya maden çıkışı veya depolanma sürecinde ortamdan alınan bir miktar fiziksel su (açıkta depolanan kömürün yağmur veya kar yağışında ıslanması gibi) da dikkate alınmak zorundadır. Bu suyun miktarı, çeşitli faktörlere bağlı olarak, çok değişken olabilmektedir. Burada net kalorifik değer, yanma sonucu oluşan su buharının ve diğer fiziksel suyu buharlaştırmak için gerekli ısı enerjisinin yüksek kalorifik değerden çıkarılmış halidir.

Bu çalışmada termik santralde enerji etüdü yapılarak özellikle enerji tüketiminin düşürülmesi ile verimliliğinin yükseltilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın temel amacı, enerji etüdü ile birlikte başta enerji tasarruf potansiyelinin belirlenmesi ile çeşitli süreçler sırasında ortaya çıkan atık enerjiden tasarruf sağlayarak ekonomik açıdan geri kazanç çözümlerinin tespit edilmesidir. Enerji etüdü çalışmaları sonrasında iyileştirmeye açık alanlarla ilgili tasarruf projeleri tespit edilerek ve oluşturulan enerji etüt raporu içerisinde hesaplamalarıyla birlikte gösterilmeye çalışılmıştır. Tasarruf potansiyeli incelendiğinde santralde ciddi bir potansiyeli olduğu ve sürekli etüt çalışmalarıyla bu potansiyelin değerlendirilebileceği ortaya konulmuştur.





BİRİNCİ BÖLÜM
LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

1.1. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Bu bölümde literatür çalışmaları derlenmiştir.

Uğurluoğlu'nun çalışmasında, 116 kW kapasiteli ve TS EN 676 standardına uygun bir kazanın dolgu malzemeleriyle ısı verim, azot oksit ve karbon monoksit emisyonlarına etkileri deneysel ve nümerik olarak incelenmiştir. Deneyde ocak boyu, kazan ısı kapasitesi, hava/yakıt oranı, kovan boyutu ve kanat sayısı parametre olarak kullanılmıştır. Sonuçlarda deneysel ve nümerik verilerin uyumlu olduğu, kanat ve kovan kullanımının ısı geçişini iyileştirip kazan verimini artırdığı ve emisyonları düşürdüğü tespit edilmiştir (Uğurluoğlu E., 2007).

Avcı'nın çalışmasında, kömür yakıtlı bir termik santralin güneş enerjisi destekli hibrit santrale dönüştürülmesinin termodinamik ve ekonomik analizi yapılmıştır. Yatağan ve Çan Termik Santralleri referans alınarak, güneş alanı optimize edilmiştir. Optimizasyon sırasında hibrit santralde güç artışı değil, yakıt tasarrufu hedeflenmiştir. Analiz, 21 Haziran'da 13.00'te, 900 W/m² radyasyon altında %100 yük koşullarında yapılmıştır. Enerji ve ekserji verimi, özgül yakıt tüketimi ile yıllık yakıt tasarrufu ve karbon emisyonu azaltımı hesaplanmıştır. Yatırımların geri ödeme süreleri ise emisyon, güneş alanı ve YEKDEM fiyatları üzerinden değerlendirilmiştir (Avcı H., 2018).

Çift'in çalışmasında, kömür yakıtlı termik santrallerde baca gazındaki kükürtdioksit (SO₂) miktarını azaltarak çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla baca gazı desülfürizasyon yöntemlerinin ekonomik ve teknik analizi yapılmıştır. Türkiye'deki linyit rezervlerinin etkin kullanımını sağlamak için ıslak yöntem, püskürtmeli kurutma ve kuru enjeksiyon gibi SO₂ arıtma teknikleri incelenmiştir. Kireçtaşı, kireç ve trona sorbentleri değerlendirilmiş, Beypazarı trona yataklarının bu süreçte kullanımı araştırılmıştır. Gutrie yöntemiyle yatırım maliyetleri hesaplanmış ve Turbo Pascal ile farklı sorbentler için maliyet hesaplayabilen bir program geliştirilmiştir. Çalışmada, kapasite ve kömürün kükürt yüzdesine bağlı maliyet modelleri oluşturulmuştur (Çift B.D., 2008).

Tekel'in çalışmasında, ekserji analizlerinin temel prensipleri tanımlanmış ve üç linyit santralinin ekserji analizleri yapılmıştır. Çalışma, üç farklı elektrik santralinin verimlilik analizlerini ve enerji ile ekserji dengelerinin karşılaştırmasını içermektedir (Tekel E., 2006).

Güngör'ün çalışmasında, bir dizel motorlu kombine çevrim santralının ekserji analizi yapılmıştır. 13 dizel motor ve bir buhar türbininden oluşan santralde, ölçülen sıcaklık, basınç ve debi değerleri kullanılarak termodinamik özellikler ve ekserji değerleri hesaplanmıştır. Analiz sonucunda, en yüksek ekserji yıkımının %70 ile dizel motorlarda, ardından %7 ile turbo kompresörde ve %6 ile sülfürden arındırma ünitesinde olduğu belirlenmiştir. Yakıt ekserjisinin diğer ekipmanlarda %3-%5 oranında kaybolduğu tespit edilmiştir. Atık ısıların değerlendirilmesi için soğuk ve sıcak günler için iki öneri sunulmuştur (Güngör A., 2013).

Saraydar'ın çalışmasında, Seyitömer Linyit İşletmesi'nde enerji ve ekserji analizleri yapılarak kayıplar belirlenmiştir. Analiz sonucunda, en büyük kayıpların kömür yıkama tesisi, kömürün çıkarılması ve taşınması süreçlerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Saraydar M., 2011).

Us'un çalışmasında, termik santrallerde atık enerjinin geri kazanımını sağlayacak bir yöntemin teknik ve ekonomik analizi yapılmıştır. Türkiye'deki bir linyit yakıtlı santralde uygulanmak üzere, baca gazından ısı geri kazanımı amaçlanmıştır. Tasarlanan ısı geri kazanım eşanjörü ile türbinden çekilen ara buharın debisi azaltılmış, böylece net güç üretimi ve santralin termik verimi artmıştır. Artan verimle birlikte özgül yakıt sarfiyatı azalmıştır. Ek fan ve pompa güçleri hesaplanarak maliyet analizi yapılmış, eşanjör ve ek maliyetler için sınır değerler belirlenmiştir. Ekonomik parametreler için duyarlılık analizleri de gerçekleştirilmiştir (US T.C., 2014).

Met'in çalışmasında, Türkiye'deki üç termik santralin performansları karşılaştırılmıştır: doğalgaz kullanan Kırklareli-Hamitabat, taşkömürü kullanan Zonguldak-Çatalağzı ve fuel-oil kullanan İstanbul-Ambarlı. Beklenen ve gerçek spesifik enerji tüketim değerleri karşılaştırılmış, standart ve hedef eğriler oluşturulmuştur. Ayrıca, Kümülatif Toplam Değerler (CUSUM) metodu kullanılarak performans grafikleri hazırlanmış ve santrallerin performansları bu grafikler üzerinden analiz edilmiştir (MET A., 2010).



İKİNCİ BÖLÜM
TERMODİNAMİK ANALİZLER

2.1. TERMODİNAMİK ANALİZLER

Enerji çeşitli formlarda olabilir: Isıl enerji (IE), mekanik enerji (ME), kinetik enerji (KE), potansiyel enerji (PE), elektrik enerjisi, manyetik enerji, kimyasal enerji, nükleer enerji, gizli enerji gibi. Bunların toplamı ise sistemin toplam enerjisini verir.

$$E = IE + ME + KE + \dots \quad J, kJ$$

Enerji türlerini büyük ölçekli ve mikro ölçekli olarak sınıflandırmak mümkündür. Eğer bir enerji türü kütlenin mikro ölçekli yapısına, atom ve moleküllere, moleküler bağlara veya moleküler aktiviteye bağlıysa, termodinamik bu enerji formlarını mikro ölçekli olarak tanımlar. Ayrıca bu tür enerjilerin dış etken ve referanslardan bağımsız olduğu kabul edilir. Kütlenin sahip oldukları tüm mikro ölçekli enerjilerinin toplamı “İç enerji U (veya Birim İç Enerji u)” olarak adlandırılır. Tanımından da anlaşılacağı üzere iç enerji doğrudan ölçülememektedir ve “U”daki değişim dolaylı olarak bulunur.

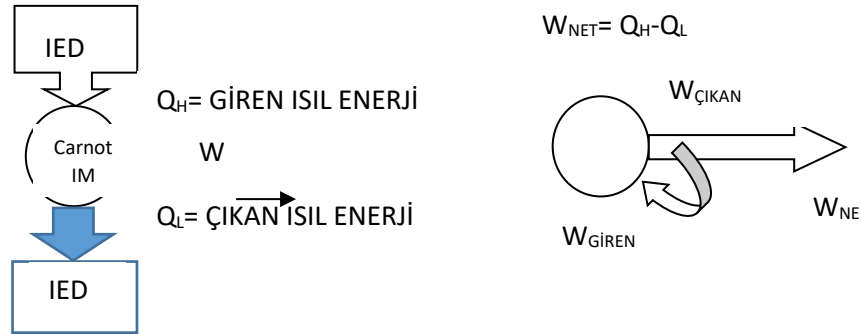
Isı Makineleri ve İkinci Kanun

Isı makinesi en genel tanımıyla, enerjinin ısıl enerji olarak verildiği ve iş elde edilen makinedir. Bu şekildeki makineler için başlıca özellikler aşağıda verilmiştir:

1. Yüksek sıcaklıktaki bir (IED) ısıl enerji deposu/kaynağı ‘ndan ısıl enerji alırlar.
2. Alınan enerjinin bir kısmını işe dönüştürürler.
3. Alınan ısıl enerjiden kalan bölümü düşük sıcaklıktaki bir ısıl enerji deposu/kaynağı ‘na aktarılır.
4. Isı makinelerinde işlem “çevrim” şeklinde oluşur; yani sistem belirli bir süre sonunda ilk haline geri döner.

Bir çevrim mantığında çalışan ısı makinelerinde, ısı geçişi genellikle bir akışkan aracılığıyla olur. Bu akışkana transfer akışkanı veya araca akışkan denilmektedir.

Şekil 2.1: Carnot Isı Makinesi



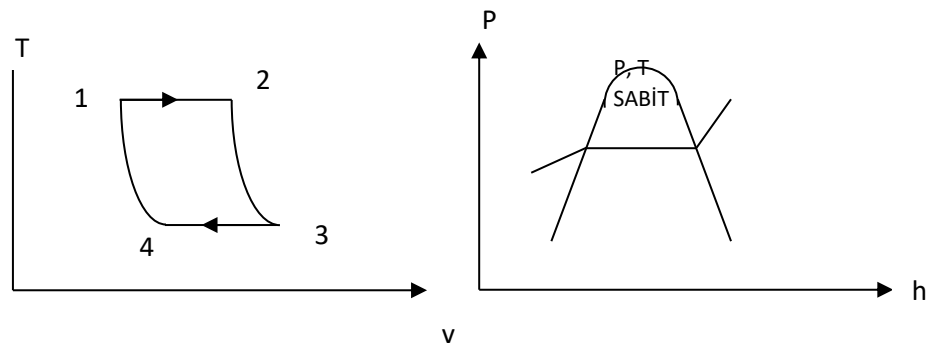
Kaynak: Çengel 2013.

En basit ısı makinesi 2T diye adlandırılan makinedir. İsminden de anlaşılacağı üzere bu makine iki IED arasında çalışmaktadır. Bu makine aslında Carnot Isı Makinesi olarak bilinmektedir. Aynı şekilde elde edilen bu makine için ısı verimi de tanımlamak mümkündür:

$$\eta = \text{Net işGiren ısı enerjisi} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_L} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

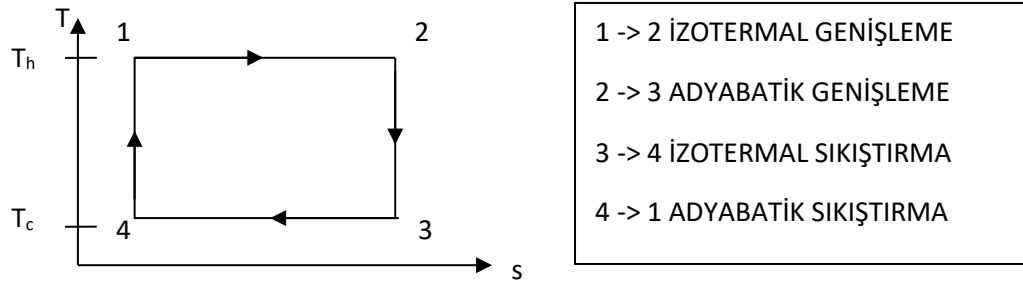
Dıştan yanmalı ısı makinesi olarak en bilinen sistemlerin başında buharlı güç santrali gelir. Şekil 2.4 ‘de de görüleceği üzere bu makine “pompa + kazan + türbin + yoğusturucu” komponentlerinden oluşur.

Şekil 2.2: Buhar Güç Santralinin T-v Diyagramında Gösterilişi



Kaynak: Çengel 2013.

Şekil 2.3: Buhar Güç Santralinin T-s Diyagramında Gösterilişi

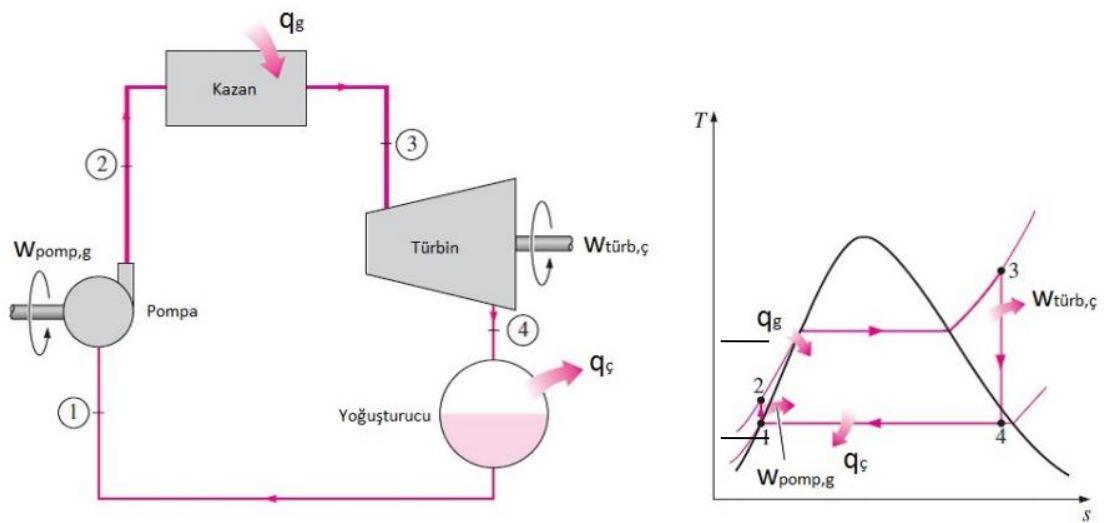


Kaynak: Çengel 2013.

Rankine Çevrimi

Carnot çevriminin ısı transfer süreçlerindeki sıcaklık farkları ve sürtünme konularındaki sorunlar nedeniyle bu zorlukların önemli bir bölümü bir kazanda suyun ısıtılarak buhara dönüştürülmesi ve bir yoğuşturucu yardımıyla tekrar sıvıya dönüştürülmesi ile ortadan kaldırılabilir. Bu çevrim, gerçek buhar çevrimlerinin en basiti olan Rankine çevrimi olarak bilinmektedir. İdeal Rankine çevriminde de Carnot çevrimine benzer şekilde, 4 hal değişimi vardır.

Şekil 2.4: Basit İdeal Rankine Çevrimi



Kaynak: Çengel 2013.

- 1'den 2'ye Pompayla(kazan besleme pompası) izantropik sıkıştırma,
- 2'den 3'e Kazanla sisteme sabit basınçta ısı geçişi,
- 3'den 4'e Türbinle izantropik genişleme,
- 4'den 1'e Yoğuşturucuda(kondense) sistemden sabit basınçta ısı atılması.

Buhar çevriminden yararlanan tüm santrallerde kullanılan bir çevrimde termodinamik olarak sürekli akış olan açık bir sistem için verilen denklemden hareketle, potansiyel ve kinetik enerjilerin ihmal edilmesi sonucu aşağıdaki denklem elde edilir:

$$q - w = h_{\text{çıkış}} - h_{\text{giriş}}$$

İdeal rankine çevriminde pompa ve türbindeki hal değişimleri izantropik olduğu ve kazan ile yoğuşturucuda iş yapılmadığı için, enerji denklemleri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

Pompa(kazan besleme) için $q = 0$ ve $w_{\text{pompa}} = h_2 - h_1 = v(P_2 - P_1)$

Kazan için $w = 0$ ve $q_{\text{giriş}} = h_3 - h_2$

Türbin için $q = 0$ ve $w_{\text{türbin}} = h_4 - h_3$

Yoğuşturucu(kondense) için $w = 0$ ve $q_{\text{çıkış}} = h_1 - h_4$

Bu durumda Rankine çevriminin verimi

$$\eta_{\text{ısı}} = \frac{w_{\text{net}}}{q_{\text{giriş}}} = 1 - \frac{q_{\text{çıkış}}}{q_{\text{giriş}}},$$

olur. Aynı zamanda çevrim sonucu sağlanan net iş miktarı ise aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$w_{\text{net}} = w_{\text{türbin}} - w_{\text{pompa}}$$

2.1.1. Yanma Olayında Meydana Gelen Reaksiyonlar

Bir yakıtın oksijen ile birleşerek ekzotermik(ısı veren) bir tepkime oluşturması sonucunda yanma meydana gelir. Buhar santrallerinde yanmada karbon ile oksijenin reaksiyonunu hızlandırabilmek için kömür öğütülerek yakıt ısı transfer yüzey alanı artırılır. Kömüre

uygulanan öğütürerek pülverizasyon işlemine benzer şekilde sıvı yakıtlarada atomizasyon yapılmaktadır.

- Karbonun Oksijen İle Reaksiyonu:



Karbon oksijen ile karbondioksit meydana getirmesi ekzotermik bir reaksiyondur. Eğer mevcutta yeterli miktarda oksijen bulunmuyorsa yanma sonunda meydana gelen CO₂ 'in kızgın karbon ile reaksiyonuyla karbon monoksit meydana gelir.



Bu reaksiyon endotermik bir reaksiyondur. O halde buhar santrallerinde böyle bir reaksiyonun oluşmasına hiçbir zaman izin verilmemelidir. Yakıttaki karbonun CO₂ haline geçebilmesi için yeterli miktarda hava sağlanması elzemdir.

- Hidrojenin Oksijenle Reaksiyonu:



Bilindiği üzere hidrojen oksijen ile reaksiyona girdiğinde su meydana gelmektedir. Yukarıdaki reaksiyonda yeter miktarda oksijen bulunmazsa ve hidro-karbonlu bir bileşik yanmaktaysa meydana gelen su, karbonla reaksiyona girer:



Bu reaksiyon da endotermik(ısı alan) bir reaksiyondur. O halde buhar santrallerinde bu tür tepkimelerinde önlenmesi gerekmektedir.

- Kükürtün Oksijenle Reaksiyonu



Kükürtün oksijenle birleşerek meydana getirdiği SO₂ 'nin bir bölümü yanmanın olduğu yerde bulunan malzemenin etkisi ile oksitlenip kükürt trioksit (SO₃) haline dönüşebilir.



SO₃ de baca gazlarındaki su buharı ile birleşerek sülfürik asit meydana getirir:



Sülfürik asidin sebep olacağı çığlenme korozyonuna engel olabilmek için kazanlarda yüksek kükürtlü yakıtlar tercih edilmemelidir. Kükürt trioksit baca gazlarının bünyesindeki su buharı ile birleşerek buhar halinde sülfürik asit (H_2SO_4) meydana getirir. Çığlenme noktasının altına inildiğinde bu sülfürik asit yoğunlaşarak malzemelerde korozyona neden olmaktadır. Buna “Düşük sıcaklık korozyonu” ya da “Çığlenme korozyonu” denilmektedir.

2.1.2. Yakıt Ekserjisi

Enerji veren yakıtlar temelde karbon ve hidrojen içerir. Bunlar hidro-karbon yakıtlar olarak adlandırılmaktadır ve C_nH_m genel formülü ile gösterilir. Yakıtın kimyasal bileşim içeriği biliniyorsa bazı sıvı ve gaz yakıtların kimyasal ekserji değerlerini hesaplamak mümkündür. Birçok katı ve sıvı yakıt, bileşimleri tam olarak bilinmeyen karmaşık karışımlardır, bu yüzden kimyasal ekserji değerleri kesin olarak belirlenemez. Rant tarafından geliştirilen bir yöntem, sıvı ve katı yakıtlar için kimyasal ekserji ve ısı değeri oranını (E_x^{CH} / HV) ifade eder. Ancak, farklı organik maddeler için yapılan hesaplamalar bu oranın büyük oranda kimyasal bileşime bağlı olduğunu göstermektedir.

Kaynak: Govin vd. 2000.

Elementel analiz bilindiğinde, yakıtların kimyasal ekserjileri Szargut'un korelasyonu kullanılarak değerlendirilebilir. Ayrıca, petrol ürünleri ve yakıt karışımları için kimyasal ekserji değerlerini tahmin etmek için belirli formülasyonlar kullanılır.

Kaynak: Szargut 1997.

$$\beta_{AID} = \frac{E_x^{CH}}{AID}$$

$$\beta_{ÜID} = \frac{E_x^{CH}}{ÜID}$$

β faktörü, ÜID ve AID'ye bağlı olarak yakıtların kütle oranı hesaplamasında kullanılan istatistiksel formülasyonlarla hesaplanır. Bu formülasyonlar sıvı yakıtlar için geçerlidir;

$$Z_C = 0,64241 + 0,00504 AID$$

$$Z_{H_2} = -0,22426 + 0,00826 AID$$

$$Z_{S_2} = 0,27603 - 0,00628 AID$$

$$Z_{O_2} = 0,30582 - 0,00702 AID$$

Nem ve kül miktarı bilinen kömürler için β faktörü, belirli formülasyonlarla hesaplanır;

$$\begin{aligned} Z_C &= 0,04658 (1 - Z_k - Z_w) + 0,02411 (AID + 2.442 Z_w) \\ Z_{H_2} &= 0,08635 (1 - Z_k - Z_w) + 0,00112 (AID + 2.442 Z_w) \\ Z_{S_2} &= 0,00047 (1 - Z_k - Z_w) + 0,00024 (AID + 2.442 Z_w) \\ Z_{O_2} &= 0,86583 (1 - Z_k - Z_w) + 0,02363 (AID + 2.442 Z_w) \\ Z_{N_2} &= 0,00077 (1 - Z_k - Z_w) + 0,00040 (AID + 2.442 Z_w) \end{aligned}$$

ifadeleriyle verilmektedir.

2.1.3. Kömür Ekserjisi

Kömür için $(\frac{Z_{O_2}}{Z_C}) \leq 0,667$ kimyasal ekserji değerini kJ/kg cinsinden hesaplamak için β faktörü, belirli bir oranı sağlamak şartıyla verilen eşitlikten yararlanılarak hesaplanır.

$$\beta_{AID} = \frac{(AID + 2442Z_w)\beta_{AID,kuru} + 9417Z_{S_2}}{AID}$$

$$\beta_{AID,kuru} = 1,0437 + 0,1882 \frac{Z_{H_2}}{Z_C} + 0,0610 \frac{Z_{O_2}}{Z_C} + 0,0404 \frac{Z_{N_2}}{Z_C}$$

Hesaplanan bu faktör kullanılarak kömürün ekserji değeri;

$$ex^{CH} = \beta_{AID} \cdot AID$$

ifadesiyle belirlenir.

2.1.4. Sıvı Yakıt Ekserjisi

Sıvı yakıtlar için kimyasal ekserji değeri, aşağıdaki formül kullanılarak $\% \pm 0,38$ doğrulukla hesap edilir.

Kaynak: Güngör 2013.

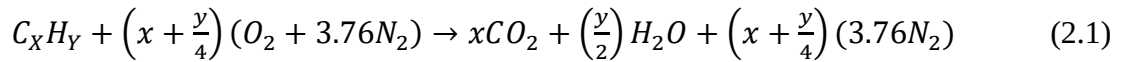
$$\begin{aligned} \beta_{sıvı\ yakıt} &= 1,401 + 0,1728 \frac{Z_{H_2}}{Z_C} + 0,0432 \frac{Z_{O_2}}{Z_C} + 0,2169 \frac{Z_S}{Z_C} \left(1 - 2,0628 \frac{Z_{H_2}}{Z_C}\right) + \\ &0,0428 \frac{Z_{N_2}}{Z_C} \end{aligned}$$

2.1.5. Gaz Yakıt Ekserjisi

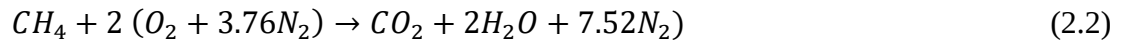
Kabul edilen Doğal gaz bileşenleri aşağıda verilmiştir.

Bileşen	Mol Kesri	% Dağılımı
Metan	% 85	% 81.25
Etan	% 9	% 8.6
Propan	% 1.8	% 1.72
Bütan	% 1.7	% 1.63
Pentan	% 0.8	% 0.76
Hidrojen	% 0	% 0
Kükürt	% 0	% 0
Oksijen	% 0.42	% 0.4
Karbondioksit	% 1.5	% 1.43
Azot	% 4.38	% 4.21
TOPLAM	104.6	100

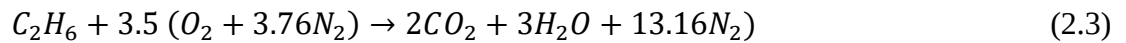
Hidrokarbonların tam yanması durumunda yanma reaksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir.



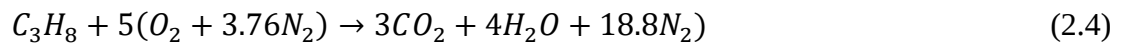
Metan için;



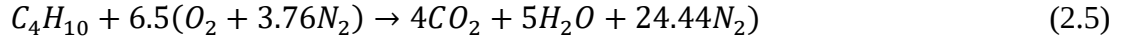
Etan için;



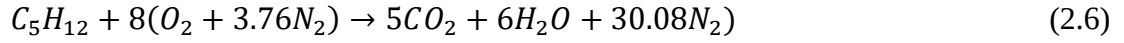
Propan için;



Bütan için;

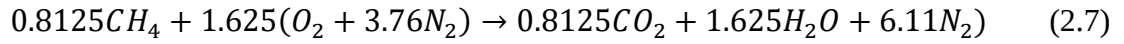


Pentan için;

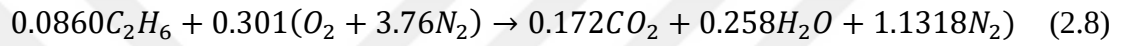


Doğalgaz bileşenlerinin yüzde dağılımlarına göre tepkimeler düzenlenirse:

% 81.25 Metan için;



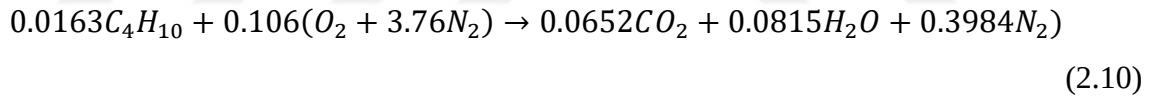
% 8.60 Etan için;



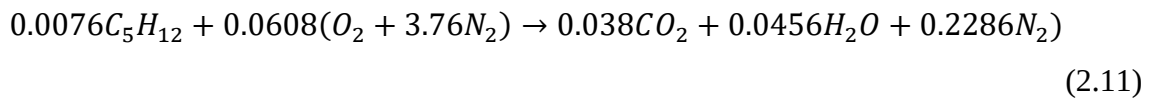
% 1.72 Propan için;



% 1.63 Bütan için;



% 0.76 Pentan için;



Gerekli O₂ miktarı aşağıdaki gibi bulunabilir:

$$[\text{Yanma(bileşenler) için gerekli O}_2 \text{ miktarı}] - [\text{Yakıt içindeki O}_2 \text{ miktarı}] = [\text{Gerekli O}_2 \text{ miktarı}] \quad (2.12)$$

$$1.625 + 0.301 + 0.086 + 0.1060 + 0.0608 - 0.004 = 2.175 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \quad (2.13)$$

O₂ miktarı ve birim havadaki O₂ miktarı hesaba katılarak aşağıdaki teorik yakma havası değerine ulaşılmıştır:

$$\text{Teorik yakma havası} = \gamma_{h0} = \frac{100}{21} [2.175] = 10.372 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \quad (2.14)$$

Teorik yakma havası, hava fazlalık katsayısı λ ile çarpılarak gerçek hava miktarı bulunur. Teorik duman miktarını hesaplamak için ise yanma denklemlerindeki CO_2 , H_2O , N_2 ve SO_2 gazlarının toplamaları hesaplanır; ayrıca yakıt bileşimindeki azot miktarı da eklenmelidir.

Teorik özgül duman:

$$\gamma_{g0} = (CO_2 + H_2O + N_2 + SO_2)_{miktar} \quad (2.15)$$

$$\gamma_{g0} = 1.1395 + 2.0789 + 8.2341 + 0.065 = 11.455 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3 \quad (2.16)$$

Gerçek duman miktarı ise

$$\gamma_g = \gamma_{g0} + (\lambda - 1)\gamma_{ho} \quad (2.17)$$

denklemleri kullanılarak bulunabilir.

Doğalgaza ait alt ısı değeri, bileşenlerin ısı değeri ile hesaplanır:

$$H_u = 0.8125 \times 8560 + 0.0860 \times 15370 + 0.0172 \times 21800 + 0.0163 \times 28354 + 0.0076 \times 34899 = 9331 \text{ kcal/Nm}^3 \quad (2.18)$$

Doğalgaza ait formül, yakıt içerisindeki tüm karbon (C) ve hidrojen (H) atomlarının hesaplanmasıyla belirlenir.

Karbon (C) için:

$$0.8125 \times 1(CH_4) + 0.0860 \times 2(C_2H_6) + 0.0172 \times 3(C_3H_8) + 0.0163 \times 4(C_4H_{10}) + 0.0076 \times 12(C_5H_{12}) = 1.139 \quad (2.19)$$

Hidrojen (H) için:

$$0.8125 \times 4(CH_4) + 0.0860 \times 6(C_2H_6) + 0.0172 \times 8(C_3H_8) + 0.0163 \times 10(C_4H_{10}) + 0.0076 \times 12(C_5H_{12}) = 4.158 \quad (2.20)$$

$C_{1.1257}H_{3.969}$ elde edilir. Bu durumda bu doğalgaz bileşimi, metan(CH_4) yakıtı ile çok yakındır.

Yakıttaki bileşenlerin, molekül ağırlıkları yardımıyla yakıtın mol ağırlığı hesaplanmıştır:

$$MA_{YAKIT} = \sum n_i MA_i \quad (2.21)$$

$$= (0.8125 \times 16) + (0.0860 \times 30) + (0.0172 \times 44) + (0.0163 \times 58) + (0.0076 \times 72) \\ + (0.0143 \times 44) + (0.004 \times 32) + (0.0419 \times 28) = 19.76 \text{ kg/kmol}$$

Ürünlerin molar toplamı:

$$n_T = 1.1395 + 2.0789 + 8.2341 = 11.455 \text{ kmol} \quad (2.22)$$

Ürünlerin mol oranları, her bir bileşenin mol sayısının toplam mol sayısına bölünmesiyle hesaplanır.

$$n_{CO_2} = \frac{1.1395}{11.455} = 0.1 \quad (2.23)$$

$$n_{H_2O} = \frac{2.0789}{11.455} = 0.18 \quad (2.24)$$

$$n_{N_2} = \frac{8.2341}{11.455} = 0.72 \quad (2.25)$$

Ürünlerin molekül ağırlığı, bileşenlerin moleküler ağırlıkları ile mol oranlarının çarpımlarının toplamı ile hesaplanır.

$$MA_{ÜRÜNLER} = (0.1 \times 44) + (0.18 \times 18) + (0.72 \times 28) = 27.8 \text{ kg/kmol} \quad (2.26)$$

Yakıttaki azot miktarının kütle kesri, N₂'nin mol sayısının moleküler kütlesi ile çarpılarak yakıtın toplam moleküler kütlesine bölünmesiyle hesaplanır.

$$m_{N_2} = \frac{n_{N_2} \cdot MA_{N_2}}{MA_{YAKIT}} = \frac{0.0419 \times 28}{19.76} = 0.059$$



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
ENERJİ ETÜDÜ VE VAP HAZIRLANMASI

3.1. ENERJİ ETÜDÜ RAPORU HAZIRLANMASI

Seyitömer Termik Santrali işletme olarak 3. Ünitenin kazan, türbin, pompa, fan, kompresör, değirmen ve luvo elektrik motorları ile aydınlatma sistemleri incelenmiştir.

Kazan ve türbin verim hesabı, yardımcı yakıt sistemi alternatif yakıt önerisi, reglaj ve sevk kompresörleri sürücü uygulama potansiyeli ile pompa, fan sistemlerinde verimlilik artırıcı öneriler ayrıca değirmen, luvo elektrik motorlarının verimli sınıf ile değiştirilmesi ve aydınlatma sistemleri irdelenmiş olup yapılan ölçümler değerlendirmeler, hesaplamalara ve önerilere yer verilmiştir.

3.1.1. Enerji Santrali

3.1.1.1. İşletme Bilgileri

Seyitömer Termik Santrali Seyitömer TS, her biri 150 MW kurulu gücündeki toplam 4 üniteden meydana gelmektedir. Santralde bir baca gazı desülfürizasyon sistemi olan WetFGD sistemi bulunmaktadır. Seyitömer TS'nin genel yerleşimi aşağıdaki şekilde verilmiştir. Ayrıca tesisin daha iyi anlaşılabilmesi için Ek.2'de Santral Genel Akış Diyagramı verilmiştir.

Görsel 3.1: Seyitömer Termik Santrali Genel Yerleşimi



Kaynak: Google Earth.

Ünitelerin işletmeye geçiş tarihleri ile ünitelerin ve yardımcı sistemlerin yapımçı firmaları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.1: Seyitömer TS Ünite İmalatçı Detay Bilgileri

Seyitömer TS İmalatçı Firma Bilgileri				
	1. Ünite	2. Ünite	3. Ünite	4. Ünite
Kazan	Stein Industrie	Stein Industrie	VKW-Babcock	VKW-Babcock
Türbin	Franco Tosi	Franco Tosi	Mitsubishi	Brawn Boveri
Generatör	Ercole Marelli	Ercole Marelli	Mitsubishi	Brawn Boveri
Elektrik	Gie-Magrini	Gie-Magrini	Comsip	Comsip
Soğutma Kulesi	Marley Comp.	Marley Comp.	Hamon	Hamon
Kömür Tesisleri	Stein Industrie	Stein Industrie	VKW-PWH	VKW-PWH
Kül-Cüruf	Stein Industrie	Stein Industrie	VKW-PWH	VKW-PWH
Su Tesisleri	Gie	Gie	VKW-Babcock	VKW-Babcock

Seyitömer Termik Santrali ana hatlarıyla aşağıdaki şekildedir.

- 1 – Kömür Alma-Hazırlama ve Kül-Cüruf Nakil Tesisleri
- 2 – Su Alma ve Hazırlama Tesisleri
- 3 – Kazan ve Yardımcıları
- 4 – Türbin ve Yardımcıları
- 5 – Generatörler
- 6 – Elektrik Tesisleri ve Yardımcıları

3.1.1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Seyitömer Termik Santrali 3. Ünitesinde kullanılan ekipmanların sahada yapılan ölçümlerle enerji tasarruf potansiyeli ile enerji verimliliğinin tespiti ve değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Kazan ve türbin verim hesabı, yardımcı yakıt sistemi alternatif yakıt önerisi, reglaj ve sevk kompresörleri sürücü uygulama potansiyeli ile pompa, fan sistemlerinde verimlilik artırıcı öneriler ayrıca değirmen, luvo elektrik motorlarının verimli sınıf ile

değiştirilmesi ve aydınlatma sistemleri irdelenmiş olup yapılan ölçümler değerlendirilmeler, teknik analiz ile hesaplamalara ve önerilere yer verilmiştir.

3.1.1.3. Çalışmada Kullanılan Cihazlar ve Alınan Ölçümler

Çalışmada, santral bünyesinde bulunan ölçüm cihazları kullanılmış olup aşağıda kullanılan ölçüm cihazları listelenmiştir.

Tablo 3.2: 3. Ünite Enerji Etüdü Esnasında Kullanılan Ekipmanlar

Cihaz/Ekipman adı	Kullanılan alan
Elektrik Enerji Analizörü	6 kv elektrik motorları (değirmenler, hava ısıtıcıları, taze hava vantilatörleri, cebri çekme vantilatörleri, kazan besleme pompaları, kondense tahliye pompaları, sirkülasyon pompaları gibi)
Termal Kamera	Kazan ve Türbin
Lüksmetre	Ünite içerisinde
Dijital Fark Basınç Transmitteri (Pitot Tüpü)	Pitot Tüpü ile Birlikte Debi Ölçümü gerektiren yerlerde
Sıcaklık Ölçer	Kazan, türbin grubu
Baca Gazı Analizörü	Tüm Bacalarda
Takometre	Değirmen, Transport, KBP, Çıkarıcı
İletkenlik Ölçer	Su-Buhar çevrimi, Kule Şartlandırma, Demineralize
Ultrasonik Debi Metre	Debi ölçümünde

3.1.1.4. Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri

3. Ünitenin, 2022 yılına ait enerji tüketim ve maliyet analizi yapılarak, tablodaki veriler ve grafiklerle yorumlanmıştır. 2022 yılı içerisinde 3. Ünite 870.200.000 kWh (74.837 TEP) brüt elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yıl içerisinde buhar endekslerine bakıldığında 2.417.597 ton buhar tüketimi (198.039 TEP) yapılmıştır.

3.1.1.5. Genel Bulgular ve Öneriler

Genel bulgular ve önerilen tasarruf önlemleri; tasarruf edilen enerji türü ve miktarı, öngörülen yatırım maliyeti, geri ödeme süresi ve öngörülen uygulama planı tablo halinde özetlenmiştir. Ayrıca, tüm öneriler hakkında gerekli açıklamalar alt başlıklar halinde detaylandırılmıştır.



Tablo 3.3: Genel Bulgular ve Öneriler Tablosu

Öneriler	Enerji Türü	Tasarruf Miktarı				Yatırım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi	Uygulama Planı	Birim Maliyet	
		Miktar	Orijinal Birim	TEP/Yıl*	TL/Yıl					
1	Türbin performans kaybının giderilmesi(1 adet)	Elektrik	106.158.000	kWh	28.091	₺251.594.460	25.948.000	0,1	KV	₺2,37
2	Yardımcı yakıt sisteminin doğalgaza dönüşümü (4 adet brülör)	Doğalgaz	2.336.738	Sm^3/Yıl	1.928	₺10.749.275	40.102.360	3,7	UV	₺9,90
3	Kül Sevk Hattında Kullanılan Peters Pompalarına Sürücü Uygulaması Yapılması(4 adet)	Elektrik	623.200	kWh	53,6	₺1.476.984	1.086.397	0,7	KV	₺2,37
4	Peters Pompalarında Kullanılan Alçak Basınç Kompresörlerine Sürücü Uygulaması (4 adet)	Elektrik	401.800	kWh	34,5	₺952.266	1.522.153	1,6	OV	₺2,37

5	Soğutma Kulesi Fanlarına Sürücü Uygulaması Yapılması(6 adet)	Elektrik	326.640	kWh	28	₺774.137	2.406.000	3,1	UV	₺2,37
6	Cebri Çekme Fanlarına Sürücü Uygulaması Yapılması(2 adet)	Elektrik	2.041.500	kWh	176	₺4.838.355	9.000.000	1,9	OV	₺2,37
7	Değirmen ve Luvo Motorlarının Verimli Motorlar İle Değiştirilmesi (6 değirmen, 2 luvo)	Elektrik	1.722.837	kWh	148,164	₺4.083.124	10.903.750	2,7	UV	₺2,37
8	Aydınlatma (180 adet armatür)	Elektrik	26.227	kWh	2,2	₺60.323	68.500	1,1	OV	₺2,37
Toplam					30.461	₺274.528.924	₺91.037.160	0,331612		

*Önerinin uygulanması öngörülen vade; 1 yıldan az olan süre için kısa vade KV, 1-2 yıl için orta vade OV, 2-5 yıl için uzun vade UV olarak belirtilmiştir.

Tespit edilen önlemlerin uygulanması için işletme yönetimi ile hazırlanan uygulama planında, gerekli önceliklendirilmeler yapılmış ve süreçler kısa, orta veya uzun vade olarak tanımlanmıştır.3. Ünite, 2024 yılı içerisinde Nisan ve Mayıs ayları olmak üzere 2 ay duruş planlanmıştır. Bu revizyon esnasında türbin performans kaybının giderilmesi, sürücü uygulama potansiyellerinin değerlendirilmesi ve aydınlatma değişimlerinin yapılması hedeflenmektedir.

Tablo 3.4: Enerji Türüne Göre Tasarruf Miktarı Tablosu

	Enerji Türüne Göre Tasarruf Miktarı			Enerji Tasarruf
	Miktar (...../ Yıl)	Enerji (TEP / Yıl)	Maliyet (TL / Yıl)	Oranı (%)
YAKITLAR				
Yardımcı Yakıt	2.336.738 Sm ³ /yıl	1.928	₺10.749.275	3,92
Elektrik	111.300.204	28.533	₺263.779.649	96,08
TOPLAM		30.461	₺274.528.924	100

3.1.2. Enerji Yönetimi

3.1.2.1. Endüstriyel İşletme Bilgileri

Bu çalışmada, Çelikler Elektrik Üretim A.Ş. Seyitömer Termik Santrali'nin 3. Ünitesi için hazırlanan enerji etüt raporunda, ünitenin enerji tasarruf potansiyeli ve verim kaybı değerlendirilmiştir.

Seyitömer Termik Santralindeki üniteler sırasıyla şu yıllarda işletilmeye başlanmıştır: 1. Ünite (1973), 2. Ünite (1974), 3. Ünite (1977) ve 4. Ünite (1989).Kütahya ili sınırları içerisinde Seyitömer Beldesinde yer alan Seyitömer Termik Santrali 4x150 MW toplamda 600 MW Kurulu güç ile elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Devlet kurumu olarak EÜAŞ'a bağlı işletilen kamuya ait santral 2013 yılında özelleşerek tüzel sermaye şeklini almıştır. Santralde revizyonlar, planlı bakımlar ve arızalar haricinde 4 ünite yılda 3 asil 1 yedek vardiya olmak üzere 365 gün sürekli çalışılmaktadır. 2022 yılı sonu itibariyle santralde personel sayısı 1047 'dir.

Proses tipi şu şekildedir:

Kazanlar, tabii sirkülasyonlu, domlu (su buhar fazını ayırmak için), sızdırmaz şekilde kaynaklı ekran boru duvarlı, çift baca gazı geçişli ve tekrar kızdırmalı tiplidir. Kazanlarda linyit ve marn karışımı, dengeli çekiş tipinde ve teğetsel yakma sistemi ile pülverize olarak yakılmaktadır. Türbinler, iki silindirli, tandem compound, çift eksozlu kondensatlı, besi suyu ısıtıcıları için ara buhar almalı ve tekrar kızdırmalı tiplidir. 1. ve 2. Ünite türbinlerinde yüksek basınç, orta basınç, ara orta basınç ve alçak basınç kısımları bulunurken, 3. ve 4. Ünite türbinlerinde yüksek basınç, orta basınç ve alçak basınç kısımları mevcuttur.

Santralde anayakıt olarak düşük kalorili linyit kömürü kullanılmaktadır. Buhar üretimin yapıldığı kazanlarda kömür, teğetsel pülverize şekilde yakılır. Üniteleri devreye almalar ve gerekli durumlarda ana yakıta yardımcı olarak fuel-oil ve motorin akaryakıtları kullanılmaktadır. Her ünite için yıllık nominal üretimi 975 Milyon kWh olup 4 ünitenin toplam yıllık nominal üretimi yaklaşık 4 Milyar kWh 'dir.

Ünitelerde üretilen elektrik enerjisi şu şekilde şalt sahasına verilmektedir: 1., 2., ve 4. Üniteler 380 kV çıkışlı olarak, 3. Ünite ise 154 kV çıkışlı olarak enterkonnekte (bağlaşımlı) sisteme bağlanmaktadır.

Santralde kullanılan düşük kalorili yerli kömür, Çelikler Holding Seyitömer Linyit Kömür İşletmesinden temin edilirken, tüketilen su 13 km mesafedeki Enne Barajı'ndan sağlanmaktadır. Enne barajı eşel seviyesi takip edilerek Kayaboğazı Barajı'ndan Enne Barajı'na su takviyesi yapılmaktadır.

Kazanlarında yakılan kömürün özellikleri;

Üniteler için değerler şu şekildedir:

1., 2., ve 3. Üniteler:

Kalorifik Alt Isıl Değeri (AID): 1750 ± 100 kcal/kg

Kül Oranı: %35 (Orijinal)

Nem (Rutubet): %40 (Orijinal)

4. Ünite:

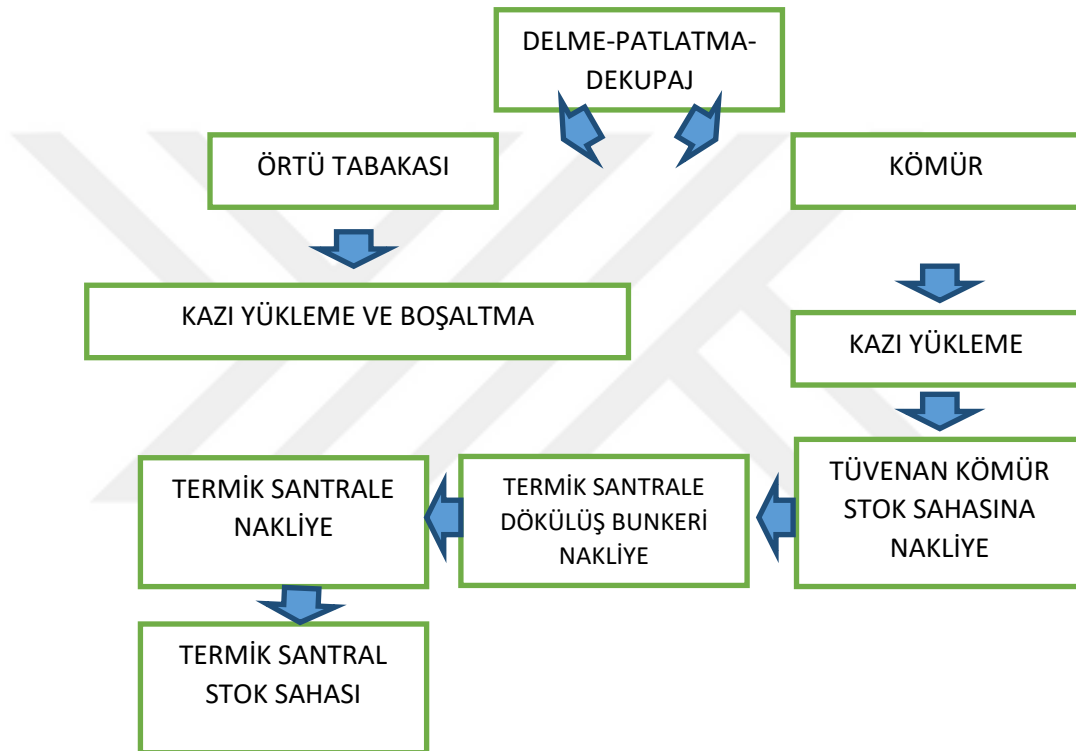
Kalorifik Alt Isıl Değeri (AID): 1600±100 kcal/kg

Kül Oranı: %45 (Orijinal)

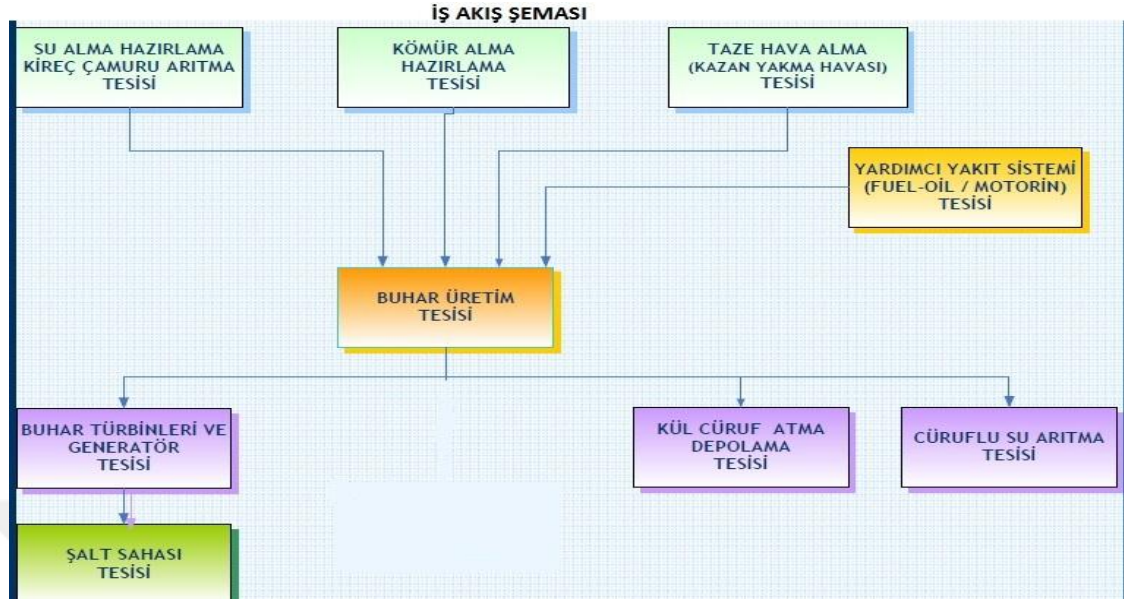
Nem (Rutubet): %40 (Orijinal)

3.1.2.2. Proses Bilgileri

Şekil 3.1: Kömür Üretimi İş Akım Şeması



Şekil 3.2: Genel İş Akım Şeması



Seyitömer Termik Santralinin ana yakıtı olan düşük kalorili linyit kömürü Çelikler Seyitömer Linyit işletmesi tarafından temin edilmektedir. Park sahasına verilen kömür, park makineleri ve kömür iletim bantlarıyla kazan bunkerlerine dökülür. Bunkerlerden kömür çıkarıcıları ve besleyicileri vasıtasıyla değirmenlere sevk edilir. Öğütücü değirmenler pülverize bir şekilde kömürü kazan içerisine gönderir. Kazanda yanma sonucu oluşan sıcak gazlar döner hava ısıtıcılarına(luvo) gider, burada kazan içerisindeki yanmanın gerçekleşebilmesi için gerekli olan yanma havası(taze hava) ısıtılır. Kazan içerisindeki yanma sonu ürünlerinden cürufklar kazan altı cüruf atma sistemleriyle, küller ise cebri çekme sistemiyle çekilerek bacadan atılmadan hemen önce elektrofiltre sistemi ile tutulur ve cüruf ile küller düzenli atık depolama sahasına gönderilmek üzere silolara sevk edilir. Buhar türbini sisteminden enerji üretimi yapılabilmesi için dizayn değerlerde kazanda elde edilen buhar debisi, sıcaklığı ve basıncı elde edilir. Buhar türbininde mekanik enerjiye dönüşen ve iş gören çürük buhar kondenseye dökülerek yoğunlaşır buradan sıvı formunda tekrar çevrime kazandırılır. Turbogeneratör sistemi ile elektrik enerjisi üretilerek enterkonnekte sisteme verilir. Her ünite için ayrı kumanda sistemi vardır. İşletme operasyonları kumanda odalarından yürütülür.

Kömür Alma Tesisleri

Santralin anayakıtı olan düşük kalorili linyit kömürü; Çelikler Seyitömer linyitleri İşletmesinden aşağıdaki karakteristik değerler aralığında temin edilmektedir.

Tablo 3.5: Seyitömer Linyit Kömürü Karakteristik Özellikleri

Alt Isıl Değeri	Kcal/kg	1400-2100
Silex Dahil Kül Miktarı	%	30-40
Nem Miktarı	%	28-40
Azami Toplam Yanıcı Olmayan Madde	%	80
Azami Silex Miktarı	%	7
Azami Kömür Boyutu	mm	200
Öğütülebilirlik	Hardgrove	40-65

Termik santrale, linyit işletmesinden gelen 0-200 mm tane boyutlu kömür, 800 t/h kapasiteli kömür alma hazırlama tesislerinde 0-30 mm tane boyutuna getirilmek üzere kırma ve eleme tesislerinden geçirilir. Bu işlem sonrası kömür, kömür park stok makineleri yardımıyla 250.000 ton kapasiteye sahip kömür stok sahasına stoklanır. Kömür park stok sahaları, hem farklı kalorifik değerde gelen kömürün paçal olarak karışımın sağlanması hem de kömür hazırlama ve nakil tesislerinde bir arıza nedeni ile kömür alınamadığı hallerde ve stok olarak kullanılır.

Görsel 3.2: Park Makinesi Saha Görşeli

Kazanlar

Kazanlar, doğal sirkülasyonlu, domlu, ocak bölümü sızdırmaz şekilde ağ kaynaklı ekran boru duvarlı, ekonomizerli, çift baca gazı geçişli ve tekrar kızdırmalı tiptedir. Düşük kalorili linyit kömürü, kazanlarda ocak basıncı negatif, cebri çekme ve taze hava fanlarıyla dengeli çekiş tipinde ve 1. Ve 2. Ünitelerde dizaynı 60 mikron, 3. Ve 4. Ünitelerde dizaynı 90 mikron pülverize şekilde teğetsel yakma sistemi olarak dizayn edilmiştir.

Aşağıdaki tabloda ünitelerin kazan karakteristik verileri yer almaktadır.

Tablo 3.6: Kazan Karakteristik Değerleri

	<u>1. ve 2. ÜNİTE</u>	<u>3. ÜNİTE</u>	<u>4. ÜNİTE</u>
İmal Eden Firma	Stein Industrie – Fransa	Vereignite Kessel Werke - Almanya	Vereignite Kessel Werke - Almanya
Verim(%)	86	87	86.8
Kızgın Buhar Basıncı (kg/cm²)	140	140	140
Kızgın Buhar Sıcaklığı (°C)	540	540	540
Tekrar Kızdırılmış Buhar Basıncı	36	38	38.1
Tekrar Kızdırılmış Buhar Sıcaklığı (°C)	535	535	540
Kızgın Buhar Debisi (t/h)	500	480	480
Tekrar Kızdırılmış Buhar debisi (t/h)	430	420	426
İlk Ateşleme*	1.Motorin-2.Fuel oil	1.Motorin-2.Fuel oil	1.Motorin-2.Fuel oil
Devamlı Yakıt	Linyit	Linyit	Linyit
Yakıcı Adedi (Motorin Ve Fuel Oil)	6	4	4

Değirmen Adedi	6	6	6
Besleme Suyu Sıcaklığı (°C)	250	245	245
Ocak Hacmi (m³)	3930	3806	3806
Kızdırıcı Isıtma Yüzey Toplamı (m²)	22327	22783	22327
Su Hacmi (m³)	314	314	312

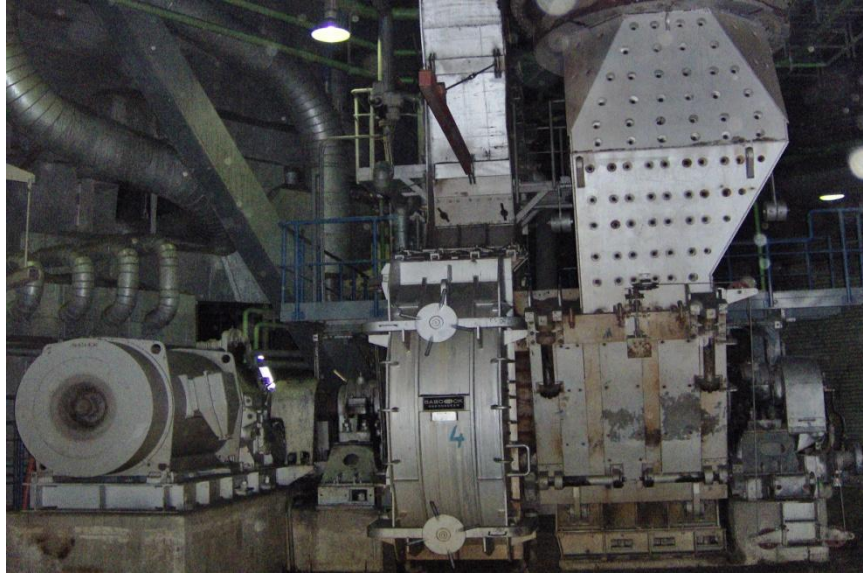
Değirmenler

1. ve 2. Ünitelerde fan santrifüj tip değirmenler kullanılmaktadır.

3. ve 4. Ünitelerde fan santrifüj ve ön çekiç odalı tip değirmenler kullanılmaktadır.

Her üniteye 6 adet değirmen bulunur. Bir üniteye 5 değirmen devrede olduğunda 150 MW üretim sağlanabilirken, bir değirmen yedek olarak dizayn edilmiştir.

Görsel 3.3: Değirmen Saha Görseli



1. ve 2. Ünite: 6 adet KSG/S. 45-50,

3. Ünite: 3 adet DGS – 65, 3 adet DGS - 70 (2017 yılında 3 adedi DGS-70 tip değirmen ile yenilenmiştir.),

4. Ünite: 6 adet DGS – 70 tip değirmenlere sahiptirler.

Yardımcı Yakıt Sistemi

Tüm ünitelerde sıvı yakıt olarak kullanılan motorin ve fuel oil, santrale akaryakıt tankerleriyle getirilmekte ana stok tanklarında stoklanmaktadır. Bu akaryakıt tanklarından alınan motorin, farklı ünitelerde şu şekilde kullanılır:

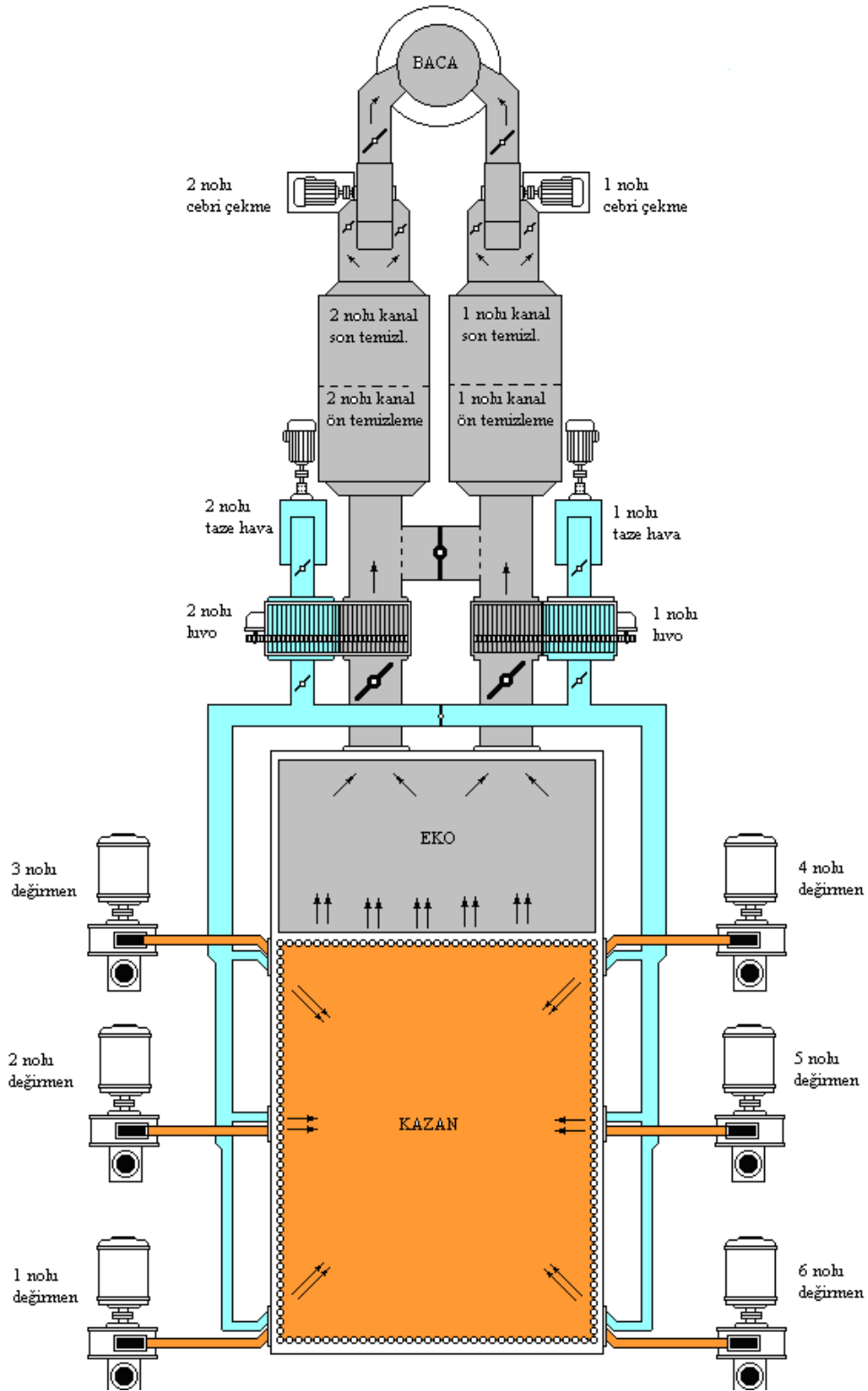
1. ve 2. Üniteler: Dişli yağ pompaları yardımıyla, uzaktan kumandalı, buhar püskürtmeli ve 2.1 t/h kapasiteli 6 adet kazan yakıcısına.

3. Ünite: Uzaktan kumandalı, mekanik püskürtmeli (yüksek basınçlı pompa gücü ile) 2.8 t/h kapasiteli 4 adet kazan akaryakıt yakıcısına.

4. Ünite: İlk olarak 50 m³'lük tanka, oradan da uzaktan kumandalı, mekanik püskürtmeli (yüksek basınçlı pompa gücü ile) 2.8 t/h kapasiteli 4 adet kazan akaryakıt yakıcısına yönlendirilir.

Sıvı yakıt yakıcıları: (brülörler) 1. Ve 2. Ünitelerde; yakıtı pülverize etmek için kullanılan yakıt püskürtme borusu, propan ateşleyicisi ve ateşleme yapılıp yapılmadığını bildiren fotoselden oluşur. 3. Ve 4. Ünitelerde ise yakıtı pülverize etmek için kullanılan yakıt püskürtme borusu, 10 KV'luk otomatik olarak ileri geri çekilebilir ateşleme elektrodu ateşleme yapılıp yapılmadığını bildiren fotoselden oluşur.

Şekil 3.3: Kazan ve Yardımcı Sistemleri

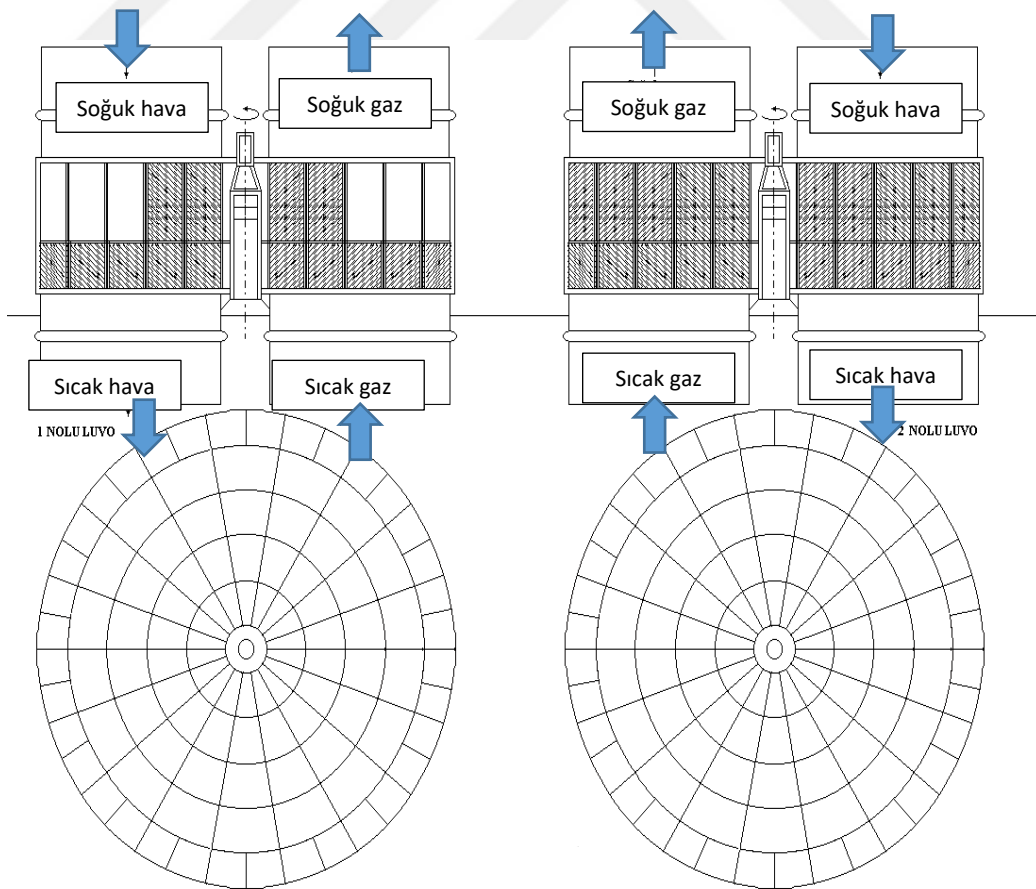


Hava Isıtıcıları(Luvolar)

Yanma havasının sıcaklığını artırarak kazan veriminin yükselmesini sağlamak için her ünite de ikişer adet döner tipli hava ısıtıcısı mevcuttur. Her bir hava ısıtıcısı baca gazındaki ısıyı yanma havasına verir. Dikey elemanlardan meydana gelen ısınma yüzeyi hava ısıtıcı içinde sürekli olarak dönen bir rotorun üzerine monte edilmiştir. Hava ısıtıcısı baca gazı kanalı ve hava kanalı olmak üzere iki bölümdür. Baca gazı içinden geçerken ısı transfer elemanlarının yüzeyi baca gazındaki ısıyı üzerine alır. Bu ısıtılmış kısım hava bölmesinden geçerken üzerinde barındırdığı ısıyı temas halinde olduğu havaya verir. Hava ısıtıcısı ters geçişli olarak dizayn edilmiştir.

Hava ısıtıcısının ve kanalların düzenlenmesinden dolayı kazandan gelen baca gazları, ısıtıcı elemanlarınca ısıtılmış yanma havası çıkış tarafından girer, hava ısıtıcısının bu tarafı sıcak taraf olarak, soğuk baca gazını çıktığı ve soğuk havanın girdiği diğer taraf ise soğuk taraf olarak tanımlanır.

Şekil 3.4: Hava Isıtıcısı(LUVO)



Elektrofiltreler

Elektrofiltreler, belirli toz kaynağına göre baca gazlarının tozsuzlaştırma süreci için özel olarak projelendirilmiş ekipmanlardır. Elektrofiltreler, sisteminde statik elektriklenmeyi sağlayarak baca gazı içerisindeki uçucu külleri emisyon değerlerine uygun olacak şekilde atmosfere salınmadan önce tutmayı amaçlar. Her üniteye ayrı ayrı bulunan Elektrofiltreler, hava ısıtıcıları ile cebri çekme vantilatörü arasında bulunmakta olup santral küllerini tutmaktadırlar. Mevcut elektrofiltreler 1. ve 2. Ünitelerde 2 kanallı toplamda 12 hücreli, 3. ve 4. Ünitelerde ise 2 kanallı toplamda 8 hücreli tiptedirler.

Elektrofiltrelerin devreye alınış tarihleri;

1. Ünite: 28.12.2006

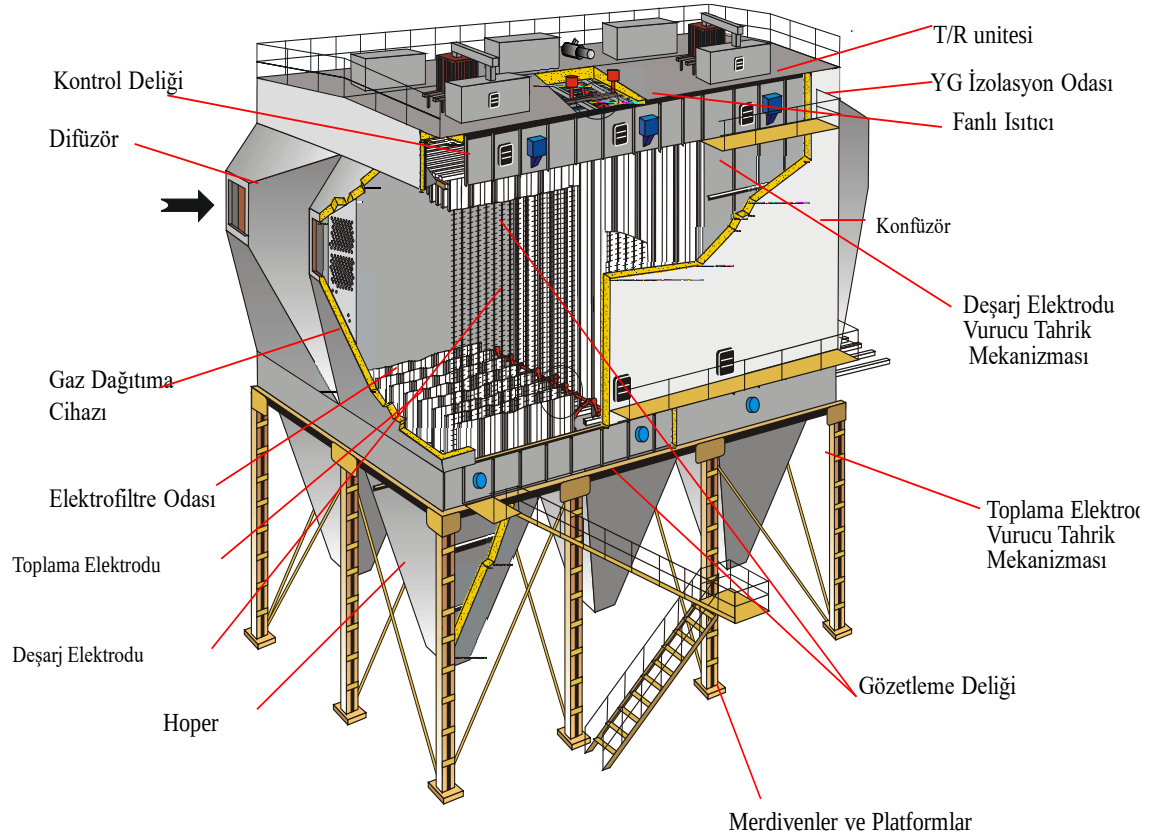
2. Ünite: 30.09.2006

3. Ünite: 01.09.2007

4. Ünite: 24.12.2007

Elektrofiltreler FGD Projesi kapsamında 3. ünite 2019 yılında diğer üniteler 2020 yılı içerisinde rehabilite edilmiş kapasiteleri artırılmıştır. Her ünite elektrofiltresindeki trafoların 4'er adedi daha güçlü trafolarla uçucu kül tutma kapasitesinin artırılması amacıyla yenilenmiştir. Elektrofiltre içerisindeki yönlendirici saclar yenilenmiş, elektrotlara, kam vurucu gibi mekanizmalara bakım, onarım yapılmıştır. Aynı zamanda en son temizleme kısmının elektrofiltre çıkışı – baca gaz kanalı bağlantısındaki çıkış nozulu kare delikli saclar, daha fazla kül/toz tutulabilmesi amacıyla dairesel formdaki aynı zamanda uçucu kül/toz geçiş yüzey alanı daha az olan yeni çıkış nozulları ile değiştirilerek elektrofiltrelerin toz tutma kapasitelerinin artırılması hedeflenmiştir.

Şekil 3.5: Elektro Statik Filtre



Buhar Türbinleri

Seyitömer Termik Santrali'ndeki türbinler ve ilgili ekipmanlar hakkında detaylar:

Türbin Tipleri: İki silindirli, tandem compound, çift eksozlu kondensatlı ve ara buhar almalı tekrar kızdırmalı tiptedir.

1. ve 2. Ünite Türbinleri:

Yedi adet ara buhar çıkışı ile kazana besleme suyunu ısıtır.

Dört adet alçak basınç ısıtıcısı, iki adet yüksek basınç ısıtıcısı ve bir adet degazör ısıtması vardır.

3. ve 4. Ünite Türbinleri:

Altı adet ara buhar çıkışı ile kazana besleme suyunu ısıtır.

Üç adet alçak basınç ısıtıcısı, iki adet yüksek basınç ısıtıcısı ve bir adet degazör ısıtması vardır.

Kondenseler:

Her üniteye çift bölmeli, çift geçişli ve yüzeysel soğutmalı kondenseler bulunur.

Kazan Besleme Suyu Pompası:

Her üniteye 3 adet devir ayar şanzumanlı hidrolik kapline sahip booster pompa bulunur.

2 adedi 150 MW üretim kapasitesine uygundur, birer tane yedek pompa mevcuttur.

Soğutma Kuleleri:

1. ve 2. Ünite: Ahşap yapılı, düşey akış, cebri dikey çekişli fanlı, tek sıra dizilimli, karşı akışlı, 6 hücreli soğutma kuleleri.

3. ve 4. Ünite: Beton yapılı, düşey akış, cebri dikey çekişli fanlı, tek sıra dizilimli, karşı akışlı, 6 hücreli soğutma kuleleri.

Kule Performansı:

Kuleler, kondensede çürük buharın yoğunlaştırılmasını sağlar ve soğutma suyunu tekrar kullanır.

Su tasfiyehane tesisinden kule ilave suyu olarak karşılanan su miktarı, soğutulan suyun %1,3'üdür.

Sirkülasyon suyu giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki ısı farkı 8 - 10 °C'dir.

Görsel 3.4: Soğutma Kulesi Saha Görseli



Generatörler

Seyitömer Termik Santrali'ndeki generatörler hakkında detaylar:

Generatör Tipi: Hidrojen soğutmalı, tamamen kapalı ve yatay millidir.

Hidrojen Soğutma: Hidrojenin soğutulması hidrojen su soğutucularıyla yapılır. Gereken soğutma suyu, soğutma kulesi sirkülasyon suyu hattından sağlanır.

Sızdırmazlık Sistemi: Hidrojen sızıntısını önlemek için entegre bir sızdırmazlık yağ sistemi bulunur. Sızdırmazlık yağ sisteminde, hidrojen gazının kaçmasını önlemek için yağ basıncı, hidrojen basıncının üzerinde tutulur.

Görsel 3.5: Generatör Saha Görseli



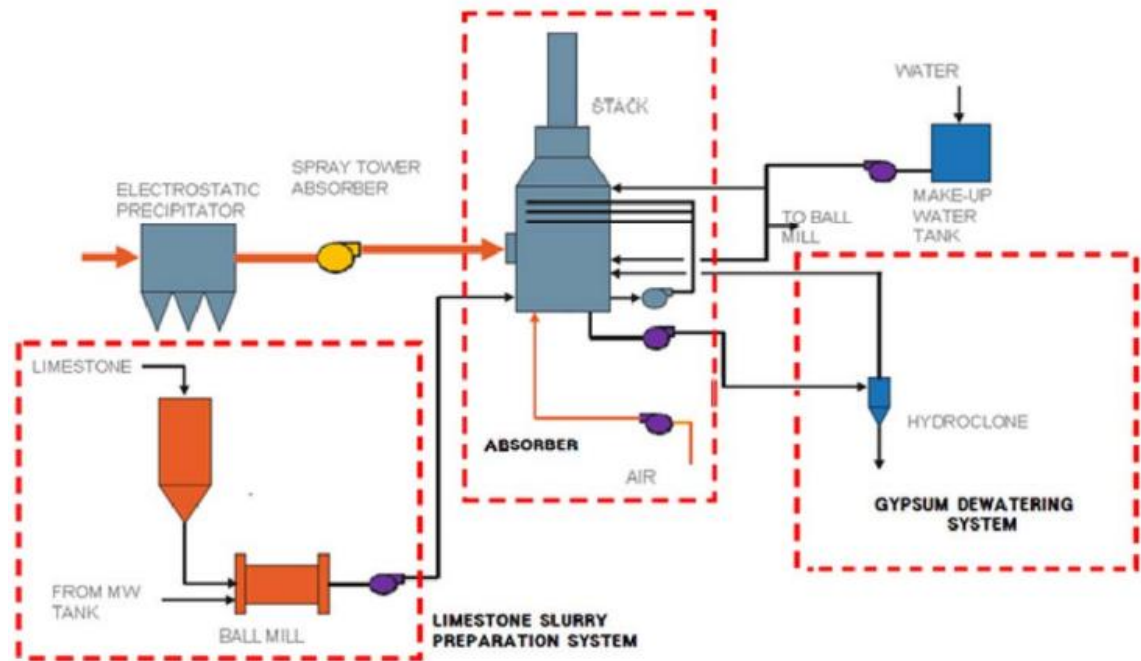
Yıkayıcı Kule İçerisine Kireç Sütü Enjeksiyonu Prosesi(Wet FGD)

Sistem hakkında özet:

SO_x Yakalama: Yanma sonrası baca gazları, absorberden düşey doğrultuda püskürtülen absorpsiyon sıvısı (öğütülmüş kireçtaşı bulamacı) ile temas ettirilir. Bu kimyasal etkileşim, kükürt oksitlerini (SO_x) tutarak zararsız hale getirir.

Filtrasyon ve Önlem: Baca Gazı Arıtma tesisinde, ıslak filtreden önce partikül yükünü azaltmak için elektrostatik filtreler kullanılır. Bu yöntem, hem SO_x yakalama verimini artırır hem de sistemin sirkülasyon pompaları ve bağlantı hatlarının tıkanmasını önleyerek çalışabilirliği devam ettirir.

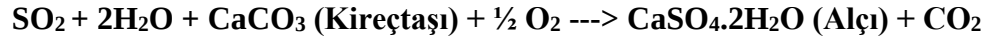
Şekil 3.6: Wet FGD Prosesi(İslak Tip Baca Gazı Arıtma Sistemi)



Baca Gazı Arıtma uygulamalarında kireç kullanımı sistemi 4 başlıkta toplanabilir.

1. Yıkama ve Absorpsiyon: Sprey nozulları, kule, sirkülasyon pompaları ve absorber tank.
2. Kireç Hazırlama ve Taşıma: Kireç sütü hazırlama ekipmanları, kireç depolama ve taşıma.
3. Gypsum (Çamur) Ayırma: Çamurun ayrıştırılması ve pompalanması,
4. Baca Gazı Taşıma: Kanallar, damperler, ısıtıcılar ve baca.

Kireç taşı ile gerçekleştirilen reaksiyon aşağıda verilmiştir.

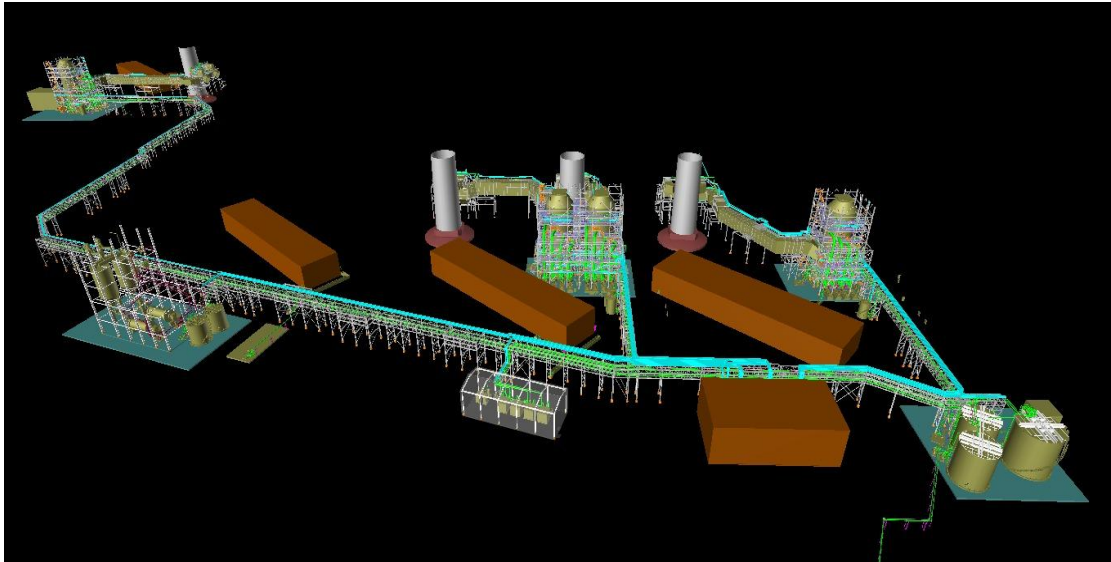


Çalışma Prensipleri

Yakalama Mekanizmaları: Yakalayıcı akışkan, baca gazı ile damlacıklar halinde temas ettirilir. Bu işlem, difüzyon veya çarpma etkisiyle gerçekleşir.

Yıkayıcı Kule İşleyişi: Baca gazı, yıkayıcı kuleye alınır ve dağıtım plakalarından geçirilir, bu plakalar hem akışı homojenleştirir hem de absorpsiyon verimini artırır. Homojen baca gazı, kule üst kısmına doğru ilerler ve yukarıdan nozullarla püskürtülen absorpsiyon sıvısı ile yıkanır (spreyleme). Absorbe eden akışkan, kulenin altındaki oksidasyon uygulanan, havalandırılan ve karıştırılan absorber tankından alınır. Yıkanan ve temizlenen gaz, sıcaklığı düştükten ve neme doyduktan sonra, fazla su damlacıklarını bırakmak üzere damla tutucu kısmına girer (Mist eliminator veya separatör). Fazla suyu bıraktıktan sonra temiz gaz, kuleden (absorber bacası) atmosfere salınır.

Görsel 3.6: Wet FGD Sistemi 3D Görünüm



3.1.2.3. Endüstriyel İşletmenin Enerji Tüketiminin İncelenmesi

İşletmede kullanılan yakıtların tüketim ve üretim verileri aylık olarak izlenerek analiz edilmekte olup elde edilen veriler doğrultusunda ayrı ayrı tablolar ve grafikler şeklinde düzenlemeler yapılarak üst yönetime sunulmuştur. Bu yöntem, yakıt tüketim trendlerini ve üretim verimliliğini daha iyi anlamak için kullanılmaktadır.

3.1.2.4. Enerji Yönetimi İle İlgili Mevcut Durum Değerlendirmeleri

Enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak amacıyla, endüstriyel işletmelerde enerji tüketen ekipmanların verimliliklerinin izlenmesi, özgül enerji tüketiminin ve enerji yoğunluğunun analiz edilmesi önemlidir. Bu kapsamda:

Enerji İhtiyaçlarının Planlanması: Enerji ihtiyaçları ve verimlilik artırıcı uygulamalar planlanır.

Enerji Etütleri ve VAP'lar: Enerji etütleri ve Verimlilik Artırıcı Projeler (VAP'lar) hazırlanır ve uygulanır.

Tüketim Alışkanlıkları ve İsrafın Önlenmesi: Tüketim alışkanlıkları iyileştirilir ve israf önlenir.

Enerji verimliliği üzerine yapılan çalışmalar, hem karlılığı artırmak hem de dış ticaret açığında önemli bir girdi olan enerjinin azaltılması açısından büyük önem taşır. Termik santrallerde elektrik enerjisinden kaynaklanan enerji tüketim miktarını azaltan stratejiler geliştirilmesi ve enerji yönetiminin daha etkin yürütülmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, enerji etüdü sonuçlarına göre iyileştirmeye açık alanlar tespit edilip enerji etüt raporu içerisinde değerlendirilmiştir. Enerji tasarrufu potansiyelinin, santralin toplam enerji tüketiminde azaltılabilir bir potansiyel sunduğu gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, günlük, haftalık, aylık, üç aylık, altı aylık ve yıllık ilerleme izleme durumları dikkate alınarak santralde yapılan iyileştirmeler değerlendirilmelidir. Tasarruf potansiyeli olan sistem, ekipman, proses ve akışlar, ölçüm ve kontrol sağlanarak analiz edilmelidir. Kontrol edilemeyen süreçlerin yönetilemeyeceği bilinciyle darboğaz çözümlemelerinin hızla yapılması önerilmektedir.

3.1.2.5. Enerji Yönetimi İle İlgili Öneriler

Enerji İzleme ve Kontrol Sistemlerinin Güçlendirilmesi: Enerji tüketimi, akışları ve verimliliği izleyen gelişmiş veri toplama ve analiz sistemlerinin kurulması. Enerji yönetim sistemlerinin (EMS) entegrasyonu ve sürekli izleme süreçlerinin uygulanması. **Enerji Etütlerinin Düzenli Yapılması:** Enerji etütlerinin periyodik olarak yapılması ve sonuçların uygulanabilir eylem planlarına dönüştürülmesi. Enerji etüt raporlarının güncel verilerle desteklenmesi ve etkili stratejilerle uygulanması.

Eğitim ve Bilinçlendirme Programları: İşletme personeline düzenli enerji yönetimi eğitimi verilmesi ve bilinçlendirme programlarının uygulanması. Enerji tasarrufu ve verimliliği konusundaki en iyi uygulamaların paylaşılması.

Yatırım ve Teknoloji Güncellemeleri: Enerji verimliliğini artırıcı yeni teknolojilere yatırım yapılması ve mevcut ekipmanların modernize edilmesi. Enerji tasarrufu sağlayacak yenilikçi çözümlerin araştırılması ve uygulanması.

Enerji Verimliliği Hedeflerinin Belirlenmesi ve İzlenmesi: Net enerji verimliliği hedeflerinin belirlenmesi ve bu hedeflere ulaşmak için ayrıntılı planlar yapılması. Performans göstergelerinin belirlenmesi ve düzenli olarak izlenmesi.

Enerji Yönetim Stratejilerinin Geliştirilmesi: Enerji yönetim stratejilerinin oluşturulması ve bu stratejilerin uygulanması için gerekli kaynakların tahsis edilmesi. Enerji tasarrufu ve verimliliği artırıcı stratejilerin sürekli olarak gözden geçirilmesi ve iyileştirilmesi.

Bu öneriler, enerji yönetimindeki eksikliklerin giderilmesi ve enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik tavsiye niteliğindedir.

3.1.3. Yardımcı İşletmeler

3.1.3.1. Yardımcı Yakıt Sistemi

a. Sistem Tarifi

Santral ünitelerinde kullanılan yardımcı akaryakıt(motorin ve fuel-oil) yakıcılar, kazan yükünün %30 'unu karşılayacak şekilde dizayn edilmişlerdir.

Bir ünitedeki yakıcılar tek tek çalışabileceği gibi aynı anda üniteye ait tüm yakıcılar da çalışabilecektir. Ünitelerin devre dışı olması ya arızadan kaynaklanmaktadır yada yıllık büyük revizyon planına göre değişmektedir. Ünitelerin ne zaman devre dışı olacağı belirli değildir ve arıza kaynaklı plansız devre dışı olmalar, geçtiğimiz yıllara bakılarak yıllık ortalama 70 kez yaşanmaktadır. Tesiste 7/24 enerji üretimi yapılmaktadır. Bu üretim

günlük taahhütlü olarak yapıldığı halde bu şartlar göz önüne alınarak ünitelerin ne zaman arızalanıp devre dışı olacağı ve arıza durumuna göre yeniden devreye alınacağı zaman da haliyle belirli değildir. Bu sebeple sene içerisinde hangi gün, hangi hafta, hangi ayda ne kadar miktarda doğalgaz kullanılacağı öngörülememektedir.

b. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

Tablo 3.7: 1.2. Üniteler Motorin, Fuel Oil ve Doğalgaz İçin Isıl Kapasite Tablosu

Yakıt Tipi	Kalorifik Değer (kcal/kg)	Yakıt Debisi (kg/h)	Brülör Sayısı (adet)	Toplam Isıl Kapasite (kcal/h)
Motorin	10.200,00	2.100	6	128.520.000,00
Fuel-Oil	9.860,00	2.100	6	124.236.000,00
Doğalgaz	12.132,35	1.736,10	6	126.378.000,00

Buna göre; doğalgaz için brülör kapasitesi secimi yapılırken 1.736,10 kg/h debi için doğalgazın özgül ağırlığı 0,68 kg/Sm³ alınarak tek bir brülörün doğalgaz yakıt debisi 2.553,09 Sm³/h olarak şeklinde hesaplanır.

Tablo 3.8: 3.4. Üniteler Motorin, Fuel Oil ve Doğalgaz İçin Isıl Kapasite Tablosu

Yakıt Tipi	Kalorifik Değer (kcal/kg)	Yakıt Debisi (kg/h)	Brülör Sayısı (adet)	Toplam Isıl Kapasite (kcal/h)
Motorin	10.200,00	2.800	4	114.240.000,00
Fuel-Oil	9.860,00	2.800	4	110.432.000,00
Doğalgaz	12.132,35	2.314,80	4	112.336.000,00

Buna göre; doğalgaz için brülör kapasitesi secimi yapılırken 2.314,80 kg/h debi için doğalgazın özgül ağırlığı 0,68 kg/Sm³ alınarak tek bir brülörün doğalgaz yakıt debisi 3.404,12 Sm³/h olarak şeklinde hesaplanır.

c. Değerlendirmeler ve Hesaplamalar

Örnek tüketim doğal gaz tüketim hesabı;

1. ve 2. Ünite için ayrı ayrı 16.277 Nm³/saat (Maksimum Saatlik Debi)

3. ve 4. Ünite için ayrı ayrı 14.469 Nm³/saat (Maksimum Saatlik Debi)

Hesaplamalar doğalgaz alt ısı değeri 8250 kcal/m³ e göre yapılmıştır.

16.277 + 14.469 = 30.746 Nm³/saat yaklaşık maksimum saatlik tüketim miktarına göre santrale doğalgaz bağlantı noktasından santrale yapılacak boru hattının çapı belirlenecektir. Kış aylarında üniteyi devre alma esnasında kullanılacak bu yardımcı yakıt miktarına ilave olarak (Kış aylarında kömürün ıslak olması, rutubeti gibi nedenlerden dolayı bir üniteyi devre alma sırasında kullanılacak yardımcı yakıt miktarı + Kış şartlarında ünitelere ısı destek amacıyla yakılan yardımcı yakıt miktarı) şeklinde hesaplanmıştır.

Elbette bu tüketilen doğal gaz miktarı gerekli durumlarda maksimum debidir. Santralde 4 ünite için toplamda geçmiş yıllardaki tüketim miktarları hesaba katıldığında yıllık ortalama 9.346.952 m³ tüketim öngörülmektedir. Buna göre Seyitömer Termik Santraline doğal gaz birim fiyatı, Kütahya ili gaz satış firması Çinigaz 'ın internet sitesinde yayınladığı Doğalgaz Satış fiyatı 2.Kademe (1.000.001 - 10.000.000 Sm³/Yıl) üzerinden hesaplanmıştır.

d. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkanları ve Miktarları

Tablo 3.9: Serbest Tüketici Doğalgaz Birim Fiyat Tablosu

Kademe	Birim Fiyat (TL/kWh)	Birim Fiyat (TL/Sm ³)
1. Kademe (0-100.000 Sm ³ /Yıl)	0.79534642	8.462486
1. Kademe (100.001-300.000 Sm ³ /Yıl)	0.75311936	8.013190
2. Kademe (300.001-1.000.000 Sm ³ /Yıl)	0.9743063	10.366619
2. Kademe (1.000.001-10.000.000 Sm ³ /Yıl)	0.93093449	9.905143
2. Kademe (10.000.001-100.000.000 Sm ³ /Yıl)	0.90458055	9.624737
2. Kademe (100.000.001 ve üzeri Sm ³ /Yıl)	0.89921936	9.567694

Kaynak: Çinigaz 2022.

Yıllık öngörülen doğalgaz miktarı x Kademesine göre birim fiyat = Yıllık doğalgaz tüketim maliyeti

$$9.346.952 \times 9,905143 = 92.582.896 \text{ TL/yıl (yıllık öngörülen doğalgaz tüketim maliyeti)}$$

TOPLAM GERİ ÖDEME SÜRESİ YÖNTEMİ

05.10.2023 euro tl kura göre hesap edilmiştir.(3.196.923,21 Euro), 28,96 tl = 1 euro

Buna göre; 3. Üniteyi baz alarak aşağıda 2022 yılı akaryakıt tüketim miktarları verilmiştir.

Tablo 3.10: 2022 Fuel oil ve Motorin Akaryakıtları Maliyetleri

Fuel Oil	19.000	kg	₺17 (₺/kg)	323.000 TL
Motorin	1.526.000	Lt	₺22 (₺/Lt)	33.572.000 TL

3. Ünite için toplam yıllık öngörülen doğalgaz ihtiyacı 92.582.896 TL/yıl (yıllık öngörülen doğalgaz tüketim maliyeti)/4 olarak 23.145.725 TL/yıl kabaca hesaplanır. Toplam yatırım maliyeti de 5.539.000 Euro olarak hesaplandığında 3. Ünite için doğalgaz yatırım maliyeti: 40.102.360 TL olarak hesaplanır. Tasarruf miktarı: Akaryakıt miktarı – Öngörülen doğalgaz tüketim miktarı = 33.895.000 – 23.145.725 = 10.749.275 TL ‘dir.

Basit geri ödeme süresi yöntemine göre;

$$BGÖS = \text{Yatırım Maliyeti/Tasarruf Miktarı}$$

$$BGÖS = 40.102.360/10.749.275 = 3,73 \text{ yıl. (Uzun vade projesinin uygulanması önerilir.)}$$

BGÖS: Basit Geri Ödeme Süresi

3.1.3.2. Reglaj Kompresörleri

a. Sistem Tarifi

Kazan ve türbin valf regülasyon kontrolünde reglaj havası olarak tabir edilen hava temini için kullanılan aşağıda özellikleri verilen kompresörler ile ilgili incelemeler yapılmış ve alınan ölçümler ve yapılan hesaplamalar ilgili başlıklar altında verilmiştir. Kompresörlerin atık ısısından enerji geri kazanımı yaparak kullanım suyunun ısıtılması amaçlanmıştır.

Tablo 3.11: 3. Ünite Reglaj Hava Kompresör Bilgileri

Kompresör Adı	Adet	Motor Gücü (kW)	Kompresör Tipi	Çalışma Basıncı (bar)	Serbest Hava Debisi (m ³ /dk)	İmal Yılı	Lokasyon
Reglaj Kompresörü	2	45	Vidalı Kompresör	8	7,5	2006-2010	Türbin Dairesi 0 kot

b. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

Basıncılı hava hatlarında çap kontrolleri yapılmış, basınç kayıpları değerlendirilmiş ve kompresörlerin kollektör çapları incelenmiştir. Dış ortamdan alınan serbest hava hacmi ile basınçlandırılan hava hacmi arasındaki ilişki tablo ile gösterilmiştir.

Tablo 3.12: Sıkıştırma Oranı Tablosu

Hava Basıncı (bar)	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18
Sıkıştırma Oranı	1,5	1,9	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,	10,8	12,8	14,8	18,7
	5	9	7	6	5	4	2	1	9	7	5	2	7

Kaynak: Karakoç ve ark. 2012.

Hava hatlarında, hatların çaplarının küçük seçilmesi, basınç kaybını dolayısıyla elektrik tüketimi artıracak, yüksek seçilmesi ise yatırım maliyetini artıracaktır. Hava hatlarında kabul edilebilir bir basınç kaybına tekabül eden hava hızı 7–9 m/s arasındadır. Bu değere göre, aşağıdaki tablodan serbest hava hacmi ve hıza göre çap seçimi yapılabilir.

Tablo 3.13: Hız, Çap ve Serbest Hava Hacmi İlişki Tablosu

Hız	ÇAP (mm)											
(m/s)	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
3,0	0,6	1,1	1,7	3,0	4,1	6,5	10,9	15,1	25,7	39,2	56,2	98,5
3,5	0,7	1,3	2,0	3,5	4,7	7,6	12,7	17,6	30,0	45,7	65,5	115,0
1,0	0,8	1,4	2,3	4,0	5,4	8,7	14,6	20,1	34,2	52,2	74,9	131,0
4,5	0,9	1,6	2,6	4,5	6,1	9,8	16,4	22,6	38,5	58,5	84,2	147,0
5,0	1,0	1,8	2,8	5,0	6,8	10,8	18,2	25,1	42,8	65,4	93,6	164,0
5,5	1,1	2,0	3,1	5,5	7,4	11,9	20,0	27,6	47,1	71,9	103,0	181,0
6,0	1,2	2,1	3,4	6,0	8,1	13,0	21,8	30,1	51,3	78,5	112,0	197,0
6,5	1,3	2,3	3,7	6,5	8,8	14,1	23,7	32,6	55,6	85,0	122,0	213,0
7,0	1,4	2,5	4,0	7,0	9,5	15,1	25,5	35,1	59,9	91,5	131,0	230,0
7,5	1,5	2,7	4,3	7,5	10,1	16,2	27,3	37,6	64,2	98,0	140,0	246,0
8,0	1,6	2,8	4,5	8,0	10,8	17,3	29,1	40,1	68,5	105,0	150,0	263,0
8,5	1,7	3,0	4,8	8,5	11,5	18,4	31,0	42,6	72,8	111,0	159,0	278,0
9,0	1,8	3,2	5,1	9,0	12,2	19,5	32,8	45,1	77,1	118,0	169,0	296,0

Kaynak: Karakoç ve ark. 2012.

Reglaj kompresörünün basma hattı özellikleri:

Hat Çapı: DN32

Çalışma Basıncı: 7,2 bar

Kompresyon Oranı (R): 8 (İnterpolasyonla elde edilmiştir)

Serbest Hava Hacmi (Q1): 480 m³/h

Hava Debisi (Q1): 0,017 m³/s

Basınçlı hava hatlarında basınç düşümünün 0,015 bar/10 m olması önerilmektedir. İncelenen kompresörün çıkış basma hattı DN32'dir. 10 metrelik hatta DN32 boru için basınç kaybı, aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\Delta P = \frac{\mu \cdot l \cdot v^2 \cdot \rho}{2d}$$

ΔP : Basınç Kaybı(Pa)

μ : Sürtünme Katsayısı

l : Uzunluk(m)(10 m'deki basınç kaybı baz alınmıştır.)

v : Hız($\frac{m}{s}$)

ρ : Yoğunluk(kg/m^3)

Formülde değerler yerine koyulduğunda DN32 boru için 10 metre hat için basınç kaybı hesaplaması aşağıdaki gibidir:

Hat Çapı: 32 mm = 0,032 m

Kabul Edilebilir Maksimum Basınç Düşümü: 0,015 bar/10 m

Hava Hattı Üzerindeki Sürtünme Katsayısı: 0,02204

Ortam Hava Yoğunluğu: 1,206 kg/m³

Bu veriler kullanılarak basınç kaybı hesaplanır.

DN32 hat için hava hız hesabı;

$$V = 4x \frac{Q}{(\pi \cdot d^2)} = \frac{4x0,017 \text{ m}^3}{s} / (\pi \cdot 0,032^2)$$

$$V = 21,14 \text{ m/s}$$

$$\Delta P = \frac{\mu \cdot l \cdot v^2 \cdot \rho}{2d}$$

$$\Delta P = \frac{0,02204x10x21,14^2x1,206}{2x0,032} = 1855,6 \text{ Pa} = 0,0185 \text{ bar}$$

Ayrıca hem reglaj kompresörleri için hem de diğer servis havası kompresörleri için basma hattındaki kollektörler için uygun çap hesapları yapılmıştır. Kompresör dairelerinde kollektör çapı için aşağıdaki formül kullanılabilir;

$$D_k = (D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2)^{0,5}$$

D_k : Kollektör çapı

D_i : Kompresör çıkış çapı

n : Kompresör sayısı

Kompresör Set Basınçlarının Kontrol Edilmesi: İşletmede yapılan incelemeler sonucunda hemen hemen bütün kompresörlerin set basınçları birbiri içine girdiği ve set değerlerinin birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma şekli düşük yüklerde bazı kompresörlerin gereksiz yere çalışmasına neden olmaktadır. Enerji tasarrufu açısından hatlardaki basınç değişimlerine göre farklı basınç kademelerinde set edilmiş kompresörlerin ihtiyaca göre sırayla devreye girip çıkmaları en uygun yöntemdir. Kompresörlerin set basınçlarının birbirlerine çok yakın olması nedeniyle bütün kompresörler sürekli çalışmaktadır. Özellikle tesisatın uzun olduğu kompresörlerde basınç seti aralığı kısa tutulmuştur. Reglaj/servis havası/enstrüman havası kompresörlerinde sistem basıncının 6,5 barın altında düşmesi istenmemektedir. İşletme tarafından uygun basınç kademelendirmeleri yapılarak sistemin verimli bir şekilde çalışması için kontroller yapılmaktadır.

c. Değerlendirmeler ve Hesaplamalar

Vidalı hava kompresörlerinin atık hava sıcaklığı, hava akış hızı pitot tüpü ölçülmüştür. Kompresör için atık hava sıcaklığı 45 °C olarak ve 120 x 200 cm 'lik atık sıcak hava kanalında 2,5 m/s hız ölçülmüştür. Bu ölçümlere göre geri kazanımı yapılabilecek enerji miktarı aşağıda hesaplanmıştır.

Atılan Sıcak Hava Debisi: (Havanın Yoğunluğu) x (Hız) x (Akış Kesit Alanı)

Atılan Sıcak Hava Debisi: $(1,108 \text{ kg/m}^3) \times (2,5 \text{ m/s}) \times (2,4 \text{ m}^2) = 6,64 \text{ kg/s} = 23.932 \text{ kg/h}$

Vidalı hava kompresörünün atık sıcak havasından elde edilen 45 °C sıcaklık, 30 °C 'ye düşürülmek suretiyle enerji geri kazanımı yapılabilir. Elde edilecek enerji ile ne kadar debide kullanma suyu 25 °C sıcaklıktan 45 °C çıkartılabileceği için hesaplamaları aşağıda yapılmıştır.

Atık ısıdan elde edilecek geri kazanım;

Geri Kazanılabilecek Atık Isı Miktarı =

= (Havanın debisi) x (Özgül ısı) x (Sıcaklık Farkı)

= $(23.932 \text{ kg/h}) \times (0,24 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}) \times (45 ^\circ\text{C} - 30 ^\circ\text{C})$

= 86.155 kcal/h

d. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkanları ve Miktarları

Geri kazanılabilecek ısı enerji ile saate ne kadar debideki suyun 25 °C sıcaklıktan 45 °C çıkartılabileceği aşağıda hesaplanmış ve bu projenin uygulanması halinde ne kadar kömür tasarrufu oluşturulacağı aşağıda belirtilmiştir.

$$\text{Isı Transfer Verimi} = \%75$$

$$\text{Isıtılacak Su Miktarı} = (\text{Geri Kazanılabilir Isı Miktarı} \times \%75) / (\text{Suyun Özgül Isısı} \times \text{Sıcaklık Farkı})$$

$$= (86.155 \text{ kcal/h} \times \%75) / (1,0 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \times (45^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}))$$

$$= 3.230 \text{ kg/h} : 3,2 \text{ ton/h}$$

Geri Kazanım Sayesinde Oluşacak Kömür Tasarrufu;

$$= (\text{Geri Kazanılabilir Isı Miktarı} \times \%75) / (\text{Seyitömer Linyit Kömürü Alt Isıl Değeri} \times \text{Kazan Verimi})$$

$$= (86.155 \text{ kcal/h} \times \%75) / (1.650 \text{ kcal/kg} \times \%81)$$

$$= 45,53 \text{ kg/h}$$

Kompresörün yıllık çalışma süresinin 4.000 saat olduğu öngörülerek yıllık oluşacak tasarruf aşağıda hesaplanmıştır.

$$\text{Yıllık Kömür Tasarrufu} = 45,53 \text{ kg/h} \times 4.000 \text{ Saat/Yıl} = 182.120 \text{ kg/Yıl}$$

3.1.4. Üretim Üniteleri

3.1.4.1. Kazan

a. Sistem Tarifi

Seyitömer Termik Santralında 3. Ünite kazanında sürekli kızgın buhar debisi 465,54 t/h şeklindedir. Kazan kızdırıcılarından çıkış sıcaklığı(SHT ana buhar/RA) 535 °C, sürekli buhar basıncı ise 136 kg/cm² olacak şekilde imal edilmiş olup ilk ateşleme 1977 yılında gerçekleşmiştir.

b. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

Yakılan kömür tonajı operatör bilgisayarındaki SCADA yazılımından alınmıştır.

Yakılan kömür kalorisi Laboratuvarındaki kömür analiz sonucundan alınmıştır.

Ana Buhar(RA) parametreleri(Basınç, Debi, Sıcaklık) operatör bilgisayarındaki SCADA yazılımından alınmıştır.

Türbinden Kazana Kızdırılmaya Giden Buhar(RC) parametreleri(Basınç, Debi, Sıcaklık) operatör bilgisayarındaki SCADA yazılımından alınmıştır.

Kazanda Kızdırıldıktan Sonra Türbine Giden Buhar(RB) parametreleri(Basınç, Debi, Sıcaklık) operatör bilgisayarındaki SCADA yazılımından alınmıştır.

Kazana Besleme suyu parametreleri(Basınç, Debi, Sıcaklık) operatör bilgisayarındaki SCADA yazılımından alınmıştır.

Püskürtme suları parametreleri(Basınç, Debi, Sıcaklık) operatör bilgisayarındaki SCADA yazılımından alınmıştır.

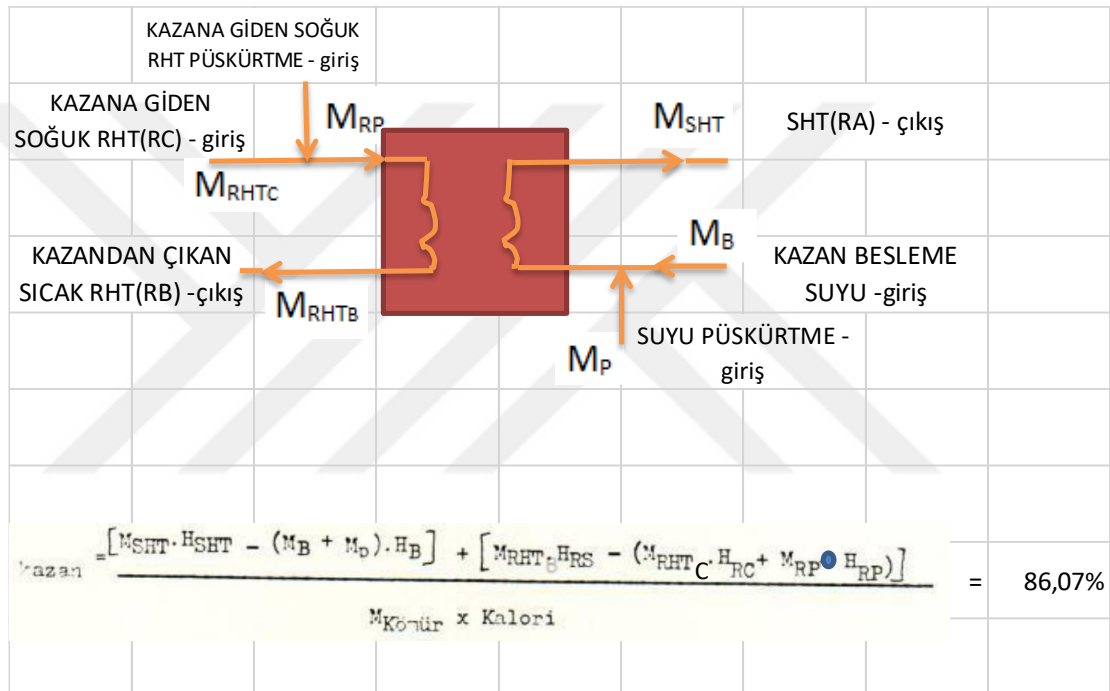
Bu çalışmada buhar kazanlarında verim saptama yöntemlerinden “Dolaysız Yöntem” ve “Dolaylı Yöntem” kullanılmıştır.

Tablo 3.14: 3. Ünite Dizayn Verileri Tablosu

SHT(RA) - çıkış			KAZANA GİDEN SOĞUK RHT(RC) - giriş		
Debi	465,54	t/h	Debi	393,68	t/h
Sıcaklık	535	°C	Sıcaklık		°C
Basınç	136	kg/cm ²	Basınç	39,4	kg/cm ²
Entalpi	818,4	kcal/kg	Entalpi	747,6	kcal/kg
KAZAN BESLEME SUYU - giriş			KAZANA GİDEN SOĞUK RHT PÜSKÜRTME - giriş		
Debi	475,3	t/h	Debi	9,31	t/h
Sıcaklık	246,5	°C	Sıcaklık	163,7	°C
Basınç		kg/cm ²	Basınç		kg/cm ²
Entalpi	255,5	kcal/kg	Entalpi	165,2	kcal/kg

KAZAN BESLEME SUYU		KAZANDAN ÇIKAN SICAK RHT(RB) -		
PÜSKÜRTME - giriş		çıkış		
Debi	t/h	Debi	402,99	t/h
Sıcaklık	°C	Sıcaklık	535	°C
Basınç	kg/cm ²	Basınç	35,4	kg/cm ²
Entalpi	kcal/kg	Entalpi	843,1	kcal/kg

c. Değerlendirmeler ve Hesaplamalar



Hesaplamalar sonucunda kazan veriminde dizayn verilerine göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Isı denge diyagramına göre RC basıncının olması gereken değerden çok düşük olduğu bu sebeple ara buharın istenilen miktarda verilememesinden kaynaklı sıcaklıkların düşük olması ve kazan beslenen besleme suyu sıcaklığının olması gerekenden çok düşük olması sebebiyle kazan verimi düşük olması beklenen bir durumdur.

Dolaysız(Doğrudan) Yöntemle Kazan Verimi: Hesaplama Prosedürü ve Formül

Kazan verimliliği analizinin doğrudan yöntemi, çalışma akışkanından (su ve buhar) elde edilen enerjiyi, kazan yakıtında bulunan enerjiyle karşılaştırmaktır. Bu metodoloji, verimlilik değerlendirmesi için yalnızca çıktı (buhar) ve ısı girdisi (yakıt) gerektirmesi nedeniyle 'girdi-çıkı' yöntemi olarak da bilinir. Ana buhar(RA) debimetresi bulunmasına

rağmen RHT hattında; RB ve RC hatlarında debimetre bulunmadığı için doğrudan yöntem dizayn verim hesabı için kullanılmıştır. Doğrudan yöntem aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

Dizayn

$$\eta = \frac{[Q_{anabuhar} \times (h_{anabuhar} - h_{beslemesuyu})] + Q_{brht} \times h_{brht} - Q_{crht} \times h_{crht}}{Q_{kömür} \times K_{kömürün\ brüt\ kalorifik\ değeri}}$$

$$\eta = \frac{[465,54 \times (818,4 - 255,5)] + 402,99 \times 843,1 - 393,68 \times 747,6}{230 \times 1540}$$

$$\eta = \frac{262052,46 + 339760,87 - 294315,17}{354200}$$

$$\eta = \frac{307498,16}{354200}$$

$$\eta = \% 86,8$$

Dolaylı Yöntemle Kazan Verimi: Hesaplama Prosedürü ve Formül

Kazan verimliliğinin dolaylı yöntemle hesaplanabilmesi için kazanda meydana gelen tüm kayıpların belirlenmesi gerekir. Bu kayıplar yakılan yakıt miktarıyla doğrudan ilişkilidir.

Bu yöntem, farklı değere sahip çeşitli kazanlar için karşılaştırma kolaylığı sağlar.

Nihai analiz için yaklaşık analizden dönüşüm formülleri;

$$\%C = 0.97C + 0.7(VM + 0.1A) - M(0.6 - 0.01M)$$

$$\%H_2 = 0.036C + 0.086(VM - 0.1 \times A) - 0.0035M^2(1 - 0.02M)$$

$$\%N_2 = 2.1 - 0.02VM$$

C: % sabit karbon

A: % kül

VM: % uçucu madde

M: % nem

Kazan kayıplarının hesaplanması için öncelikle teorik (stokiyometrik) hava yakıt oranı ve beslenen hava fazlası belirlenmelidir. Bunun için ön formüller aşağıda verilmiştir.

- a) Yanma için gerekli olan teorik hava miktarı = $[(11.6 \times C) + \{34.8 \times (H_2 - O_2/8)\} + (4.35 \times S)] / 100$ #kg/kg yakıt. (elementer miktarlar yakıt analizinden)

Burada C, H₂, O₂ ve S, yakıt bulunan karbon, hidrojen, okijen ve kükürt yüzdesidir.

- b) % Hava fazla oranı(EA) = $\frac{O_2\%}{21 - O_2\%} \times 100$ (baca gazı analizinden)

Hava fazla oranı için normalde O₂ den hesaplama önerilmektedir. Ancak mümkün değil ise CO₂ ölçümü kullanılabilir.

$$\frac{7900 \times [(CO_2\%)_t - (CO_2\%)_a]}{(CO_2\%)_a \times [100 - (CO_2\%)_t]} \text{ (baca gazı analizinden)}$$

Burada (CO₂%)_t teorik CO₂ 'dir.

(CO₂%)_a = Baca gazında ölçülen gerçek CO₂% değeri.

$$\begin{aligned} (CO_2\%)_t &= \frac{C \text{ mol değeri}}{N_2 \text{ mol değeri} + C \text{ mol değeri}} \\ &= \frac{\text{Teorik hava içerisindeki ağırlıkça } N_2}{N_2 \text{ 'nin molekül ağırlığı}} \\ &\quad + \frac{\text{Yakıttaki ağırlıkça } N_2}{N_2 \text{ 'nin molekül ağırlığı}} \\ C \text{ mol değeri} &= \frac{\text{Yakıttaki ağırlıkça } C}{C \text{ 'nin molekül ağırlığı}} \end{aligned}$$

- c) Yakıt kg'ı başına sağlanan gerçek hava kütlesi(AAS) = $\{1 + EA/100\} \times$ teorik hava miktarı

Kazanın çalışmasıyla ilgili çeşitli kayıplar aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır.

Kuru Baca Gazı Nedeniyle Isı Kaybı(%)

Bu en büyük kazan kaybıdır ve aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$L_1 = \frac{m \times C_p \times (T_f - T_a)}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

Burada,

L₁ = Kuru baca gazındaki ısı kaybı yüzdesi

m = Kuru baca gazının kg/kg yakıt cinsinden kütlesi

= Yakıttan kaynaklanan yanma ürünleri : $\text{CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{Yakıttaki azot} + \text{Azotun verilen havadaki gerçek ağırlığı} + \text{Baca gazındaki oksijen}$ (Baca gazındaki “Su/Su buharı” dikkate alınmamalıdır.

C_p = Baca gazının özgül ısısı, kCal/kg°C

T_f = Baca gazı sıcaklığı, °C

T_a = Ortam sıcaklığı, °C

Not: Su buharı, yakıttaki hidrojenden, yakıttaki nemden ve yanma sırasında havadan üretilir. Bu bileşenlerden kaynaklanan kayıplar, ıslak baca gazı kaybı olarak ayrıca hesaplandığından kuru baca gazı kaybına dahil edilmemiştir.

Yakıttaki H_2 nedeniyle oluşan suyun buharlaşmasından kaynaklanan ısı kaybı (%)

Hidrojenin yanması, yanma ürününün su olması nedeniyle ısı kaybına neden olur.

Bu su, buhara dönüştürülür ve bu da ısıyı gizli ısı şeklinde uzaklaştırır.

$$L_2 = \frac{9xH_2x\{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

Burada,

H_2 = 1 kg bazında yakıtta bulunan hidrojen kg ‘si

C_p = Baca gazının özgül ısısı, kCal/kg°C

T_f = Baca gazı sıcaklığı, °C

T_a = Ortam sıcaklığı, °C

584 = Su buharının kısmi basıncına karşılık gelen gizli ısı

Yakıtta bulunan nem nedeniyle ısı kaybı(%)

Kazana yakıtla birlikte giren nem, kızgın buhar olarak çıkar. Bu nem kaybı, nemi kaynama noktasına getirmek için duyulur ısıdan, nemin gizli buharlaşma ısısından ve bu buharı egzoz gazı sıcaklığına getirmek için gereken aşırı ısıdan oluşur. Bu kayıp aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$L_3 = \frac{Mx\{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

Burada,

$M = 1$ kg bazında yakıttaki bulunan nem kg 'si

C_p = Baca gazının özgül ısısı, kCal/kg°C

T_f = Baca gazı sıcaklığı, °C

T_a = Ortam sıcaklığı, °C

584 = Su buharının kısmi basıncına karşılık gelen gizli ısı

Havadaki nem nedeniyle ısı kaybı(%)

Gelen havadaki nem formundaki buhar, kazandan geçerken aşırı ısınır. Bu ısı bacadan geçtiği için kazan kaybı olarak dahil edilmelidir.

Bu kaybın yakılan kömür kütlesiyle ilişkilendirilmesi için yanma havasının nem içeriğinin ve yakılan kömürün birim kütlesi başına sağlanan hava miktarının bilinmesi gerekir.

Havanın içerdiği buharın kütlesi psikrometrik tablolardan elde edilebilir ve tipik değerler Tablo 3.15 'de verilmiştir:

Tablo 3.15: Havanın İçerdiği Nem Faktörü

Kuru Termometre	Yaş Termometre	Bağıl Nem	Kilogram kuru hava başına kilogram su (Nem Faktörü)
Sıcaklık, °C	Sıcaklık, °C	(%)	
20	20	100	0.016
20	14	50	0.008
30	22	50	0.014
40	30	50	0.024

$$L_4 = \frac{AASx \text{ Nem Faktörü} \times C_p(T_f - T_a)}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

Burada,

AAS = Yakıt kg'ı başına sağlanan gerçek hava kütlesi

Nem Faktörü = Kilogram kuru hava başına kilogram su

C_p = Baca gazının özgül ısısı, kCal/kg°C

T_f = Baca gazı sıcaklığı, °C

T_a = Ortam sıcaklığı, °C (kuru termometre)

Eksik yanma nedeniyle ısı kaybı(%)

Eksik yanma sonucu oluşan ürünler oksijenle karışabilir ve daha fazla enerji açığa çıkarak tekrar yakılabilir. Bu tür ürünler CO, H₂ ve çeşitli hidrokarbonları içerir ve genellikle kazanların baca gazında bulunur. Karbon monoksit, bir kazan tesisi testinde konsantrasyonu rahatlıkla belirlenebilen tek gazdır.

$$L_5 = \frac{\%CO \times C}{\%CO + \%CO_2} \times \frac{5744}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

L_5 = C'nin CO'ya kısmi dönüşümü nedeniyle % Isı kaybı

CO = Ekonomizerden çıkan baca gazı içindeki CO hacmi (%)

CO₂ = Baca gazındaki gerçek CO₂ hacmi (%)

C = Yakıttaki karbon içeriği, kg/kg

Yada

Baca gazı analizi sırasında ppm cinsinden CO elde edildiğinde;

CO oluşumu (M_{CO}) = CO(ppm cinsinden) $\times 10^{-6}$ $\times M_f \times 28$

M_f = Yakıt tüketimi, kg/saat

$L_5 = M_{CO} \times 5744^*$

*Karbonun kısmi yanması nedeniyle ısı kaybı.

Radyasyon ve konveksiyon nedeniyle ısı kaybı(%)

Kazandan kaynaklanan diğer ısı kayıpları, kazandan çevredeki kazan dairesine yayılan radyasyon ve konveksiyon yoluyla ısı kaybından oluşur.

Normalde yüzey kaybı ve diğer hesaplanmayan kayıplar, aşağıda belirtildiği gibi kazanın tipine ve boyutuna göre varsayılır.

Endüstriyel yangın borulu / paketli kazan için = %1,5 - 2,5

Endüstriyel su borulu kazan için = %2 ila 3

Elektrik santrali kazanı için = %0,4 ila 1

Ancak kazanın yüzey alanı ve yüzey sıcaklığı aşağıdaki şekilde bilinirse hesaplanabilir:

$$L_6 = 0.548x[(T_s/55.55)^4 - (T_a/55.55)^4] + 1.957x(T_s - T_a)^{1.25}x\sqrt{[196.85V_m + 68.9]/68.9}$$

Burada,

L_6 = Radyasyon kaybı, W/m²

V_m = Rüzgar hızı, m/s

T_s = Yüzey sıcaklığı, K

T_a = Ortam sıcaklığı, K

Kazan Tasarruf Potansiyeli Hesaplama

Yakıt Analizi(kömür)

C(%)	: 19,65
H ₂ (%)	: 1,93
O ₂ (%)	: 6,26
N ₂ (%)	: 0,44
S(%)	: 0,12
WATER(nem)(%)	: 34,72
KÜL(%)	: 36,88
	100
brüt kalori(kcal/kg)	: 1721
net kalori(kcal/kg)	: 1434

Baca gazı O₂ oranı: 4,362 | Baca gazı CO oranı: 0,0058

Baca gazı sıcaklığı: 150°C | Ortam sıcaklığı: 20°C

Adım-1 Teorik hava ihtiyacı bulunur.

Tam yanma için gerekli teorik hava = $[(11.6 \times C) + \{34.8 \times (H_2 - O_2/8)\} + (4.35 \times S)]/100$
#kg/kg yakıt

$$= [(11.6 \times 19.65) + \{34.8 \times (1.93 - 6.26/8)\} + (4.35 \times 0.12)]/100$$

Tam yanma için gerekli teorik hava miktarı = 2,68 kg (1 kg kömür için)

Adım-2 Teorik %CO₂ bulunur.

$$\begin{aligned} (CO_2\%)_t &= \frac{C \text{ mol değeri}}{N_2 \text{ mol değeri} + C \text{ mol değeri}} \\ N_2 \text{ mol değeri} &= \frac{\text{Teorik hava içerisindeki ağırlıkça } N_2}{N_2 \text{ 'nin molekül ağırlığı}} \\ &+ \frac{\text{Yakıttaki ağırlıkça } N_2}{N_2 \text{ 'nin molekül ağırlığı}} \\ C \text{ mol değeri} &= \frac{\text{Yakıttaki ağırlıkça } C}{C \text{ 'nin molekül ağırlığı}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 \text{ mol değeri} &= \frac{2,68 \times 77/100}{28} + \frac{0,0044}{28} \\ N_2 \text{ mol değeri} &= 0,0738 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C \text{ mol değeri} &= \frac{\text{Yakıttaki ağırlıkça } C}{C \text{ 'nin molekül ağırlığı}} = \frac{0,1965}{12} = 0,0164 \\ (CO_2\%)_t &= \frac{0,0164}{0,0738 + 0,0164} \\ (CO_2\%)_t &= \%18,1 \end{aligned}$$

Adım-3 Hava fazlalık katsayısı bulunur.

$$\begin{aligned} \% \text{ Hava fazla oranı (EA)} &= \frac{O_2\%}{21 - O_2\%} \times 100 \text{ (baca gazı analizinden)} \\ &= \frac{4,362\%}{21 - 4,362\%} \times 100 \\ &= \%26,22 \end{aligned}$$

Hesaplamalarda kullanılmak üzere hava fazlalık oranı formülü kullanılarak CO₂ oranı hesaplanır.

$$\% \text{ Hava fazla oranı(EA)} = \left(\frac{(CO_2)_{max}}{CO_2} - 1 \right) \times 100$$

$$26,22 = \left(\frac{18,1}{CO_2} - 1 \right) \times 100$$

CO₂ = % 14,34 olarak hesaplanmıştır.

Adım-4 Kazana verilen gerçek hava miktarı bulunur.

Verilen havanın gerçek kütlesi = (1 + "Hava Fazla Oranı"/100) x Teorik Hava Miktarı

$$= (1 + 26,22/100) \times 2,68$$

$$= 3,38 \text{ kg/kg (1 kg kömür için)}$$

Adım-5 Kuru baca gazının gerçek kütlesi bulunur.

Kuru baca gazı kütlesi = CO₂ kütlesi + Yakıttaki N₂ içeriği kütlesi + Yanma havasındaki N₂ kütlesi + Baca gazındaki oksijen kütlesi

$$\text{Kuru baca gazı kütlesi} = \frac{0,1965 \times 44}{12} + 0,0044 + \frac{3,38 \times 77}{100} + \frac{(3,38 - 2,68) \times 23}{100}$$

$$= 0,7205 + 0,0044 + 2,6026 + 0,161$$

$$\text{Kuru baca gazı kütlesi} = 3,49 \text{ kg/kg (1 kg kömür için)}$$

Adım-6 Çalışma kapsamında aşağıdaki kayıplar hesaplanmıştır.

Kuru baca gazındaki ısı kaybı % (L₁)

$$L_1 = \frac{m \times C_p \times (T_f - T_a)}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

$$L_1 = \frac{3,49 \times 0,23 \times (150 - 20)}{1721} \times 100$$

$$L_1 = \% 6,06$$

*Baca gazının spesifik ısısı: 0.23 kcal/kg °C alınmıştır.

Bu kayıp esas olarak kazandan çıkan baca gazı kütlesine, kazana verilen yakıtın kalorisine ve LUVO çıkışındaki baca gazı ile ortam sıcaklığına bağlıdır.

Yakıttaki H₂ nedeniyle ısı kaybı % (L₂)

$$L_2 = \frac{9xH_2x\{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri} x100$$

$$L_2 = \frac{9x0,0193x\{584 + 0,23(150 - 20)\}}{1721} x100$$

$$L_2 = \% 6,2$$

*Baca gazının spesifik ısısı: 0.23 kcal/kg °C alınmıştır.

Bu kayıp kazana verilen yakıttaki hidrojen oranına, kazana verilen yakıtın kalorisine ve LUVO çıkışındaki baca gazı ile ortam sıcaklığına bağlıdır.

Yakıttaki nem nedeniyle ısı kaybı % (L₃)

$$L_3 = \frac{Mx\{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri} x100$$

$$L_3 = \frac{0,3472x\{584 + 0,23(150 - 20)\}}{1721} x100$$

$$L_3 = \% 12,38$$

*Baca gazının spesifik ısısı: 0.23 kcal/kg °C alınmıştır.

Suyun buhar fazına geçmek için ihtiyaç duyduğu gizli ısısı: 584 kcal/kg °C alınmıştır.

Bu kayıp kazana verilen yakıttaki nem oranına, kazana verilen yakıtın kalorisine ve LUVO çıkışındaki baca gazı ile ortam sıcaklığına bağlıdır. Ancak kazana kurutulmuş kömür verildiği için bu kayıp aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Değirmen sonrası kazana gönderilen pülverize kömürün ölçülen nem oranı: 12,8

$$L_{3r} = \frac{Mx\{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri} x100$$

$$L_{3r} = \frac{(0,128)x\{584 + 0,23(150 - 20)\}}{1721} x100$$

$$L_{3r} = \% 4,56$$

Yanma havasındaki nem nedeniyle ısı kaybı % (L_4)

$$L_4 = \frac{AASx \text{ Nem Faktörü} \times C_p(T_f - T_a)}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

$$L_4 = \frac{3,38 \times 0,014 \times 0,23(150 - 20)}{1721} \times 100$$

$$\underline{L_4 = \% 0,082}$$

*Nem faktörü : 0,014 alınmıştır.

*Baca gazının spesifik ısısı: 0.23 kcal/kg °C alınmıştır.

Bu kayıp kazana verilen gerçek hava miktarına, kazana verilen yakıtın kalorisine ve LUVO çıkışındaki baca gazı ile ortam sıcaklığına bağlıdır. Ancak pratik açıdan kazana, hava ön ısıtıcısından sıcak hava verildiği için bu kayıp ihmal edilebilir düzeydedir.

Eksik yanma nedeniyle oluşan ısı kaybı % (L_5)

$$L_5 = \frac{\%CO \times C}{\%CO + \%CO_2} \times \frac{5744}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

$$L_5 = \frac{0,0058 \times 0,1965}{0,0058 + 14,34} \times \frac{5744}{1721} \times 100$$

$$\underline{L_5 = \%0,026}$$

Yüksek kapasiteli pülverize kömür kazanlarında, yanma için sağlanan fazla hava miktarının daha az olması nedeniyle bu kayıp ihmal edilebilir düzeydedir.

Radyasyon ve Konveksiyon nedeniyle oluşan ısı kaybı % (L_6)

$$L_6 = 0.548x[(T_s/55.55)^4 - (T_a/55.55)^4] + 1.957x(T_s - T_a)^{1.25}x\sqrt{[196.85V_m + 68.9]/68.9}$$

$$L_6 = 0.548x[(363/55.55)^4 - (303/55.55)^4] + 1.957x(363 - 303)^{1.25}x\sqrt{[196.85x3,5 + 68.9]/68.9}$$

$$L_6 = 1598,01 \Rightarrow 1598,01 \text{ W/m}^2 \times 0,86 = 1374,29 \text{ kcal/m}^2 \times 2600 = 3.573.150,36 \text{ kcal}$$

Subscript[L,6]=0.548*[Power[(40)Divide[363,55.55](41),4]-
Power[(40)Divide[303,55.55](41),4]]+1.957Power[(40)363-
303(41),1.25]*√(Divide[196.85*3.5+68.9,68.9]) (wolframalpha web sitesi
üzerinden sonuç teyit edilmiştir.)

$$L_6 = \frac{3573150,36 \times 100}{1721 \times 230000}$$

$$L_6 = \% 0,9$$

*Kazan yüzey sıcaklığı: 90°C alınmıştır. Kazan dairesi sıcaklığı: 30°C alınmıştır. Ölçüm anında kömür tonajı: 230 ton/saat 'dir. Kazan yüzey alanı 2600 m² alınmıştır. Kazan çevresindeki rüzgar hızı 3,5 m/s alınmıştır.

d. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkanları ve Miktarları

Kuru baca gazındaki ısı kaybı % (L₁)

Bu kayıp esas olarak kazandan çıkan baca gazı kütlesine, kazana verilen yakıtın kalorisine ve LUVO çıkışındaki baca gazı ile ortam sıcaklığına bağlıdır. Ünite nominal verileri incelendiğinde; T_f(baca gazı sıcaklığı) parametresinin olması gereken değerde olduğu tespit edilmiştir. Kazandan çıkan baca gazı kütlesi, kömürün elementel içeriğine bağlıdır. Hava fazlalık katsayısı, santral içerisinde kazan çıkışı oksijen oranına göre hesaplanmaktadır. Ortam sıcaklığı, mevsimsel koşullara bağlı değişkendir. Baca gazı sıcaklığı kontrolü luvo sistemi ile stabil şekilde tutulabilmektedir. Oksijen oranı da aynı şekilde kazan operatörü tarafından kumanda odasında oksijen oranı hava fazlalık oranı istenen oranda sabit kalacak şekilde yakıt/hava/gaz ayarlamaları yapılmaktadır. Bu kaybı etkileyen değişkenler aşağıdaki şekilde listelenmiştir.

- a. Kömür kalorisine
- b. Kömürün elementel analizi
- c. Ortam sıcaklığı

Burada verilen değişkenler için ortam sıcaklığı, mevsimsel koşullarla kendi stabilizasyonunu sınırlı şekilde de olsa sağlayabilmektedir. Kömür kalorisine ve kömürün elementel analizi için dizayn verilerindeki; sürekli stabil kömür kalorisine ve elementel özellikleri sağlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Formülde bulunan diğer

değişkenler için kumanda operatörleri tarafından manevra yapabileceği imkanlar bulunmaktadır.

$$L_1 = \frac{mxC_p x(T_f - T_a)}{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri} x 100$$

$$L_1 = \frac{3,49x0,23x(150 - 20)}{1721} x 100$$

$$L_1 = \% 6,06$$

Aşağıda baca gazı sıcaklığı, baca gazı-ortam sıcaklığı, ortam sıcaklığı yönünden farklı varyasyonlar işaret edilmektedir.

Baca gazı sıcaklığında 17°C'lik artış durumunda;

$$L_{1a} = \frac{mxC_p x(T_f - T_a)}{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri} x 100$$

$$L_{1a} = \frac{3,49x0,23x(167 - 20)}{1721} x 100$$

$$L_{1a} = \% 6,86$$

Yüzde olarak 0,8 birim verim kaybı oluşacağı hesaplanmaktadır. Bu kayıp

Baca gazı sıcaklığında 17°C'lik artış ve ortam sıcaklığında 5°C'lik düşüş durumunda;

$$L_{1b} = \frac{mxC_p x(T_f - T_a)}{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri} x 100$$

$$L_{1b} = \frac{3,49x0,23x(167 - 15)}{1721} x 100$$

$$L_{1b} = \% 7,09$$

Yüzde olarak baca gazı sıcaklığı nedeniyle 0,8 birim verim kaybına ilave olarak ortam sıcaklığındaki düşüş nedeniyle 0,23 birim verim kaybı daha oluşacağı hesaplanmaktadır.(hesaplanan toplam verim kaybı: 1,03)

Ortam sıcaklığında 5°C'lik düşüş durumunda;

$$L_{1c} = \frac{m \times C_p \times (T_f - T_a)}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

$$L_{1c} = \frac{3,49 \times 0,23 \times (150 - 15)}{1721} \times 100$$

$$L_{1c} = \% 6,29$$

Ortam sıcaklığındaki düşüş nedeniyle 0,23 birim verim kaybı oluşacağı hesaplanmaktadır.

Yakıttaki H₂ nedeniyle ısı kaybı % (L₂)

Bu kayıp kazana verilen yakıttaki hidrojen oranına, kazana verilen yakıtın kalorisine ve LUVÖ çıkışındaki baca gazı ile ortam sıcaklığına bağlıdır. Ünite nominal verileri incelendiğinde; T_f(baca gazı sıcaklığı) parametresinin olması gereken değerde olduğu tespit edilmiştir. Kömür içeriğindeki hidrojen oranı, kömürün elementel içeriğine bağlıdır. Ortam sıcaklığı, mevsimsel koşullara bağlı değişkendir. Baca gazı sıcaklığı kontrolü luvo sistemi ile stabil şekilde tutulabilmektedir. Oksijen oranı da aynı şekilde kazan operatörü tarafından kumanda odasında oksijen oranı hava fazlalık oranı istenen oranda sabit kalacak şekilde yakıt/hava/gaz ayarlamaları yapılmaktadır. Burada kazan verimi doğrudan etkileyen değişkenler aşağıdaki şekilde listelenmiştir.

- a. Kömür kalorisine
- b. Kömürün elementel analizi(hidrojen oranı için)
- c. Ortam sıcaklığı

Burada verilen değişkenler için ortam sıcaklığı, mevsimsel koşullarla kendi stabilizasyonunu sınırlı şekilde de olsa sağlayabilmektedir. Kömür kalorisine ve kömürün elementel analizi için dizayn verilerindeki; sürekli stabil kömür kalorisine ve elementel özellikleri sağlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Formülde bulunan diğer değişkenler için kumanda operatörleri tarafından manevra yapabileceği imkanlar bulunmaktadır.

$$L_2 = \frac{9 \times H_2 \times \{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

$$L_2 = \frac{9 \times 0,0193 \times \{584 + 0,23(150 - 20)\}}{1721} \times 100$$

$$L_2 = \% 6,2$$

Aşağıda baca gazı sıcaklığı, baca gazı-ortam sıcaklığı, ortam sıcaklığı yönünden farklı varyasyonlar işaret edilmektedir.

Baca gazı sıcaklığında 17°C'lik artış durumunda;

$$L_{2a} = \frac{9 \times H_2 \times \{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

$$L_{2a} = \frac{9 \times 0,0193 \times \{584 + 0,23(167 - 20)\}}{1721} \times 100$$

$$L_{2a} = \% 6,23$$

Yüzde olarak baca gazı sıcaklığı nedeniyle 0,03 birim verim kaybı oluşacağı hesaplanmaktadır.

Baca gazı sıcaklığında 17°C'lik artış ve ortam sıcaklığında 5°C'lik düşüş durumunda;

$$L_{2b} = \frac{9 \times H_2 \times \{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

$$L_{2b} = \frac{9 \times 0,0193 \times \{584 + 0,23(167 - 15)\}}{1721} \times 100$$

$$L_{2b} = \% 6,25$$

Yüzde olarak baca gazı sıcaklığı nedeniyle 0,03 birim verim kaybına ilave olarak ortam sıcaklığındaki düşüş nedeniyle 0,02 birim verim kaybı daha oluşacağı hesaplanmaktadır.(hesaplanan toplam verim kaybı: 0,05)

Ortam sıcaklığında 5°C'lik düşüş durumunda;

$$L_{2c} = \frac{9 \times H_2 \times \{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

$$L_{2c} = \frac{9 \times 0,0193 \times \{584 + 0,23(150 - 15)\}}{1721} \times 100$$

$$L_{2c} = \% 6,205$$

Ortam sıcaklığındaki düşüş nedeniyle 0,05 birim verim kaybı oluşacağı hesaplanmaktadır.

Yakıttaki nem nedeniyle ısı kaybı % (L₃)

Bu kayıp kazana verilen yakıttaki nem oranına, kazana verilen yakıtın kalorisine ve LUVO çıkışındaki baca gazı ile ortam sıcaklığına bağlıdır. Ancak pratik açıdan kazana kurutulmuş kömür verildiği için bu kayıp ihmal edilmiştir.

Ünite nominal verileri incelendiğinde; T_f(baca gazı sıcaklığı) parametresinin olması gereken değerde olduğu tespit edilmiştir. Kömür içeriğindeki nem oranı, kömürün elementel içeriğine bağlıdır. Ortam sıcaklığı, mevsimsel koşullara bağlı değişkendir. Baca gazı sıcaklığı kontrolü luvo sistemi ile stabil şekilde tutulabilmektedir. Oksijen oranı da aynı şekilde kazan operatörü tarafından kumanda odasında oksijen oranı hava fazlalık oranı istenen oranda sabit kalacak şekilde yakıt/hava/gaz ayarlamaları yapılmaktadır. Burada kazan verimi doğrudan etkileyen değişkenler aşağıdaki şekilde listelenmiştir.

- a. Kömür kalorisini
- b. Kömürün elementel analizi(nem oranı için)
- c. Ortam sıcaklığı

Burada verilen değişkenler için ortam sıcaklığı, mevsimsel koşullarla kendi stabilizasyonunu sınırlı şekilde de olsa sağlayabilmektedir. Kömür kalorisini ve kömürün elementel analizi için dizayn verilerindeki; sürekli stabil kömür kalorisini ve elementel özellikleri sağlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Formülde bulunan diğer değişkenler için kumanda operatörleri tarafından manevra yapabileceği imkanlar bulunmaktadır. Kazan sisteminde bulunan kazan içerisinden kömür kurutma amacıyla değirmen öğütücü kısmına emilen sıcak gaz ile birlikte kömür, değirmenler vasıtasıyla kurutulup öğütölme/öğütölüp kurutulma işlemlerine aynı anda maruz bırakılmaktadır. Bu sebeple işletme esnasında kömürün pülverize edilip kazana verilmeden önce analitik nemine kadar kurutulması verimi etkilemektedir.

$$L_3 = \frac{Mx\{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

$$L_3 = \frac{0,3472x\{584 + 0,23(150 - 20)\}}{1721} \times 100$$

$$\underline{L_3 = \% 12,38}$$

Aşağıda baca gazı sıcaklığı, baca gazı-ortam sıcaklığı, ortam sıcaklığı yönünden farklı varyasyonlar işaret edilmektedir.

Değirmen sonrası kazana gönderilen pülverize kömürün analitik nem oranı: 7,8 durumuna göre;

$$L_{3a} = \frac{Mx\{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri} \times 100$$

$$L_{3a} = \frac{(0,078)x\{584 + 0,23(150 - 20)\}}{1721} \times 100$$

$$\underline{L_{3a} = \% 2,78}$$

Analitik nem ile ölçülen nem karşılaştırıldığında kömür analitik nemine kadar kurutulamadığı durumda %4,56 - %2,78 = %1,77 oranında tasarruf potansiyeli hesaplanmıştır. Bu kaybın en büyük nedeni sıcak gaz kanallarındaki izolasyon problemidir. Revizyon ile bu kayıp önlenebilecektir.

Yanma havasındaki nem nedeniyle ısı kaybı % (L₄)

Bu kayıp kazana verilen gerçek hava miktarına, kazana verilen yakıtın kalorisine ve LUVO çıkışındaki baca gazı ile ortam sıcaklığına bağlıdır. Ancak pratik açıdan kazana, hava ön ısıtıcısından sıcak hava verildiği için bu kayıp ihmal edilebilir düzeydedir.

Ünite nominal verileri incelendiğinde; T_f(baca gazı sıcaklığı) parametresinin olması gereken değerde olduğu tespit edilmiştir. Kömür içeriğindeki C, H₂, O₂ ve S(sırasıyla karbon, hidrojen, oksijen ve kükürt) oranları, kömürün elementel içeriğine bağlıdır. Ortam sıcaklığı, mevsimsel koşullara bağlı değişkendir. Taze hava(yanma havası) sıcaklığı kontrolü luvo sistemi ile stabil şekilde tutulabilmektedir. Oksijen oranı da aynı şekilde kazan operatörü tarafından kumanda odasında oksijen oranı hava fazlalık oranı istenen oranda sabit kalacak şekilde yakıt/hava/gaz ayarlamaları yapılmaktadır. Burada kazan verimi doğrudan etkileyen değişkenler aşağıdaki şekilde listelenmiştir.

- a. Kömür kalorisine
- b. Kömürün elementel analizi(C, H₂, O₂ ve S oranları için)
- c. Yanma sonu gazı içerisindeki oksijen oranı(hava fazlalık katsayısı için)
- d. Ortam sıcaklığı

Burada verilen değişkenler için ortam sıcaklığı, mevsimsel koşullarla kendi stabilizasyonunu sınırlı şekilde de olsa sağlayabilmektedir. Kömür kalorisi ve kömürün elementel analizi için dizayn verilerindeki; sürekli stabil kömür kalorisi ve elementel özellikleri sağlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Formülde bulunan diğer değişkenler için kumanda operatörleri tarafından manevra yapabileceği imkanlar bulunmaktadır. Kazan sisteminde bulunan luvolar(ön hava ısıtıcıları) çıkışında taze hava sıcaklığı 270°C civarındadır. Buda suyun buharlaşma sıcaklığının çok üstünde olması nedeniyle bu kayıp ihmal edilmelidir.

$$L_4 = \frac{AASx \text{ Nem Faktörü} \times C_p(T_f - T_a)}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

$$L_4 = \frac{3,38 \times 0,014 \times 0,23(150 - 20)}{1721} \times 100$$

$$\underline{L_4 = \% 0,082}$$

Eksik yanma nedeniyle oluşan ısı kaybı % (L₅)

Bu kayıp kazana verilen kömürün karbon oranına, kazana verilen yakıtın kalorisine ve yanma sonu gazlarındaki CO ve CO₂ oranlarına bağlıdır. Ancak pratik açıdan yüksek ısı kapasiteye sahip bu tür kazanlarda, yanma için sağlanan fazla hava miktarının az olması dolayısıyla bu kayıp ihmal edilebilir düzeydedir.

$$L_5 = \frac{\%CO \times C}{\%CO + \%CO_2} \times \frac{5744}{\text{Yakıtın Brüt Kalorifik Değeri}} \times 100$$

$$L_5 = \frac{0,0058 \times 0,1965}{0,0058 + 14,34} \times \frac{5744}{1721} \times 100$$

$$\underline{L_5 = \%0,026}$$

Yüksek kapasiteli pülverize kömür kazanlarında, yanma için sağlanan fazla hava miktarının daha az olması nedeniyle bu bölüm için tasarruf öngörülmemiştir.

Radyasyon ve Konveksiyon nedeniyle oluşan ısı kaybı % (L₆)

$$L_6 = 0.548x[(T_s/55.55)^4 - (T_a/55.55)^4] + 1.957x(T_s - T_a)^{1.25}x\sqrt{[196.85V_m + 68.9]/68.9}$$

$$L_{6i} = 0.548x[(333/55.55)^4 - (303/55.55)^4] + 1.957x(333 - 303)^{1.25}x\sqrt{[196.85x3,5 + 68.9)/68.9]}$$

$$L_{6i} = 678,275 \Rightarrow 678,275 \text{ W/m}^2 \times 0,86 = 583,31 \text{ kcal/m}^2 \times 2600 = 1.516.622,9 \text{ kcal}$$

$$L_{6i} = \frac{1516622,9 \times 100}{1721 \times 230000}$$

$$L_{6i} = \% 0,38$$

*Kazan izolasyonları yapılması halinde yüzey sıcaklığı: 60°C olması durumunda %0,9- %0,38 = %0,52 tasarruf potansiyeli hesaplanmıştır. (Kazan dairesi sıcaklığı: 30°C alınmıştır. Ölçüm anında kömür tonajı: 230 ton/saat 'dir. Kazan yüzey alanı 2600 m² alınmıştır. Kazan çevresindeki rüzgar hızı 3,5 m/s alınmıştır.)

Nihai olarak kazan kısmında yapılacak revizyon sonrası %2,78 + %0,52 = %3,3 kazan veriminde artış gözleneceği hesaplanmaktadır.

Buna göre; izole ve sızdırmaz kazanın daha verimli olduğu hesaplanmıştır.(pülverize kömürün yüksek oranda nem içermesinin nedeni olarak değirmen sıcak gaz kanallarındaki izolasyon eksikliği olarak tespit edilmiştir.)

Hesaplamalar değerlendirildiğinde %3,3 'lük verim artışı hesabına göre aynı koşullarda %3,3 daha az yakıt tüketimi öngörülerek yıllık 59.848 ton kömür tasarrufu hesaplanmıştır.

3.1.4.2. Türbin

a. Sistem Tarifi

Ünite hedef yüküne, türbinin stabilizasyonunun korunması ve işletilmesi amacı ile turbo generatör karakteristik parametrelerine uygun şekilde su buhar çevrimi gerçekleştirilir. Su buhar çevrimi ve termodinamik parametrelere (basınç, sıcaklık, debi) göre türbin kapasitesi göz önüne alınarak türbin ve yardımcı ekipmanları işletilir.

Kızgın buhar yüksek basınç türbininden (RA-SHT) impuls hücresine ana buhar olarak girer ve Curtis diski, taze buharın basınç ve sıcaklığını ani olarak düşürür. Curtis diski ve yüksek basınç kademelerinde iş yapan buhar, alt gövde içerisinde bulunan iki egzoz deliğinden kızdırılmak üzere (RC olarak) tekrar kızdırıcıya (RHT sistemi) gider. RHT paketlerinde tekrar kızdırıldıktan sonra (RB olarak) buhar orta basınç türbinine girer ve

geçiş hattı ile alçak basınç türbinine girerek iş gördükten sonra buhar alçak basınç türbinini terk eder ve kondenseye dökülür. Ayrıca türbin gövdesi içinde, ara buharların çekildiği hatlar bulunmaktadır. Kızdırmalı tip ara buhar almalı rankine çevrimi ile buhar türbinlerinden geçen buhar, kanatçıkların dönmesini sağlayarak rotor dönmesini gerçekleştirir ve elektrik üretimi için gerekli mekanik enerji elde edilir.

b. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

$$HR = \frac{Q_{MS} \cdot \dot{I}_{MS} + Q_{HR} \cdot \dot{I}_{HR} - Q_{CR} \cdot \dot{I}_{CR} - Q_{FW} \cdot \dot{I}_{FW} - Q_{RH} \cdot \dot{I}_{RH} + Q_{AE} \cdot \dot{I}_{AE}}{MW}$$

*Türbin Heat Rate(ısı oranı) Hesaplama Formülü

HR = türbin ısı oranı, kcal/kWh

Q_{MS} = HP(Yüksek Basınç) Türbinine Ana Buhar(RA) debisi, kg/saat

I_{MS} = HP Girişindeki ana buhar(RA) entalpisi, kcal/kg

Q_{HR} = IP(Orta Basınç) Türbinine Sıcak Yeniden(RB) Isıtma buhar debisi, kg/h

I_{HR} = IP Türbin Sıcak Yeniden(RB) Isıtma buhar entalpisi, kcal/kg

Q_{CR} = Kazana Soğuk Yeniden(RC) Isıtma buhar debisi, kg/h

I_{CR} = Kazana Soğuk Yeniden(RC) Isıtma buhar entalpisi, kcal/kg

Q_{FW} = Kazana besleme suyu debisi, kg/h

I_{FW} = Kazana besleme suyu entalpisi, kcal/kg

Q_{RH} = BFP(Kazan Besleme Pompası) çıkışında ara ısıtıcı düzenleyici sprej(püskürtme) debisi, kg/saat

I_{RH} = BFP çıkışında ara ısıtıcı ısı düzenleyici(püskürtme) entalpisi, kcal/kg

Q_{AE} = Kazandan hava ejektörüne buhar debisi, kg/h

I_{AE} = Kazandan hava ejektörüne buhar entalpisi, kcal/kg

MW = Jeneratör çıkışı, MW

c. Değerlendirmeler ve Hesaplamalar

Tablo 3.16: 3. Ünite Ölçülen Verileri

	Dizayn	Ölçüm	Birim
Ana buhar(RA) debisi	465540	420000	kg/h
Ana buhar entalpisi	818,4	818,26	kcal/kg
RB buhar debisi	402990	435000	kg/h
RB buhar entalpisi	843,1	847,16	kcal/kg
RC buhar debisi	393680	390000	kg/h
RC buhar entalpisi	747,6	750,65	kcal/kg
Kazan besleme suyu debisi	475300	350000	kg/h
Kazan besleme suyu entalpisi	255,5	201,85	kcal/kg
Püskürtme suyu debisi	9310	9000	kg/h
Püskürtme suyu entalpisi	171	171	kcal/kg
Ejektör buhar debisi	450	450	kg/h
Ejektör buhar entalpisi	750	750	kcal/kg

*Ünite yükü ölçüm esnasında 120 MW'tır.

$$HR = \frac{Q_{MS} \cdot \dot{I}_{MS} + Q_{HR} \cdot \dot{I}_{HR} - Q_{CR} \cdot \dot{I}_{CR} - Q_{FW} \cdot \dot{I}_{FW} - Q_{RH} \cdot \dot{I}_{RH} + Q_{AE} \cdot \dot{I}_{AE}}{MW}$$

HR

$$= \frac{420.000 \times 816,26 + 435.000 \times 847,16 - 390.000 \times 750,65 - 350.000 \times 201,85 - 9.000 \times 171 + 450 \times 750}{120.000}$$

$$HR(Isı oranı)_{ölçüm} = 2896 \text{ kcal/kWh}$$

$$HR(Isı oranı)_{dizayn} = 2025 \text{ kcal/kWh}$$

Dizayn ısı oranı: 2025 kcal/kWh

Ölçülen ısı oranı: 2896 kcal/kWh

Buna göre; dizayn ısı oranı karşılaştırması yapıldığında ünitenin 1 kWh enerji üretimi için harcaması gereken enerji miktarı %43 artmıştır.

Dizayn türbin verimi: %42,5

Ölçülen türbin verimi: %29,7

Buna göre; türbin verimi karşılaştırması yapıldığında ünite veriminde %30 ‘luk bir düşüş gözlenmektedir. Burada ünitenin ölçüm esnasında tam yükte değil de 120 MW ta çalıştığı göz ardı edilmemelidir.

d. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkanları ve Miktarları

Türbin için ölçümleri yapılmış ve türbin verimi hesaplanmıştır. Türbinde yapılacak yüksek basınç türbininden iş görmeden orta basınç türbinine kaçan kaçak buharın önlenmesi, Curtis kademe basıncının artırılmasına yönelik çalışmalar karşılığında türbin veriminin %30 ‘luk artış gösterebileceği hesaplanmıştır. Ek.1’de verilen su-buhar akış şemasındaki RA buharının curtis kademesine ulaşmadan yani yüksek basınç türbininde iş görmeden orta basınç türbinine geçtiği düşünülmekteydi. Revizyon esnasında türbin curtis kademesine ulaşmadan önce ana buhar borularında kırıklar tespit edilmiştir. Buradaki hasarlı buhar boruları tamirata yapılarak türbin verimi artırılmıştır.

Türbin verimliliği uluslararası hesaplama metoduna göre yapılmış olup dizayn durum ve mevcut durum karşılaştırılmıştır.

Dizayn türbin verimi: %42,5

Ölçülen türbin verimi: %29,7

Buna göre; %42,5-%29,7 = %12,8 ‘lik verim oranı farkı tespit edilmiştir.

Hesaplamalar değerlendirildiğinde %30 ‘luk verim artışı hesabına göre aynı koşullarda yıllık 106.158.000 kWh elektrik tasarrufu(Fazladan Elektrik Üretimi) ve yıllık ₺217.623.900 tasarruf edileceği hesaplanmıştır.

Türbinde performans kaybı bulunan durumda yıllık üretilemeyen elektrik miktarı 106.158.000 kWh dır. (8166 saat yıllık çalışma saatine göre)

Türbinde performans kaybı bulunan durumda yıllık üretilemeyen elektrik miktarı TEP cinsinden 28.091 dir. (8166 saat yıllık çalışma saatine göre)

Türbin performans kaybının giderilmesi durumuna göre fizibilite hesapları yapılmıştır.

$$\text{Basit Geri Ödeme Süresi} = \frac{\text{İlk Yatırım Maliyeti}}{\text{Yıllık Tasarruf Miktarı}}$$

İşin Maliyeti: 25.948.000 TL

Yıllık Tasarruf Miktarı: 217.623.900 TL/Yıl

Buna göre; $25.948.000/217.623.900 = 0,1$ yılda işin kendini amorti edeceği hesaplanmıştır.

Bu kısa vade uygulama projesinin yapılması önerilmektedir.

*Uygulama projelerinin ünitelerin revizyon tarihlerinde yapılacağı ve yapılacak işin süresinin revizyon süresini aşmayacağı öngörülerek ünitenin duruş kaybı hesaplamalara dahil edilmemiştir.

3.1.5. Elektrik

Etüdü yapılan ünite bara gerilimi olan 15 kV dan 154kV enterkonnekte şalt sahasına aktarır. Burada Ünitenin bara gerilimini şebeke gerilimine düzenleyen ana trafosu, kendi iç tüketimini sağlamak için iç ihtiyaç trafosunu ve elektrik enerji üretimini gerçekleştirebilmek için ikaz trafosu kullanılır. Elektrik üretim santrali etüdü gerçekleştirilmesi sebebiyle, tüketim birim fiyatı olarak epiaş platformunda belirtilen elektrik satış fiyatı baz alınmıştır.

3.1.5.1. Pompalar

a. Sistem Tarifi

Bu kısımda kazan besleme pompaları, kondense tahliye pompası, sirkülasyon pompaları incelenmiştir. Kazan besleme pompaları rankine çevriminde besi suyunu kazana gönderen pompalardır. Kondense tahliye pompaları türbinlerin alçak basınç türbini egzosundan kondenseye iş gördükten sonra dökülen buharın yoğunlaştığı kondensedeki suyu hotwell olarak adlandırılan kısımdan alarak alçak basınç ısıtıcılarından suyu geçirerek degazöre ulaştıran (yoğuşan saf suyu tekrar çevrime kazandıran) pompalardır. Sirkülasyon pompaları ise kondense içerisindeki boru demetlerinin içerisinde geçen suyu ile ısıyı bünyesine alarak soğutma kulesine gönderen pompalardır.

b. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

Tablo 3.17: Kondense Tahliye Pompası Debisi 386 m³/h İken Ölçülen Veriler (1. Durum)

Ölçülen Debi	Emiş Basıncı		Giriş Hızı	Çıkış Basıncı		Çıkış Hızı	Güç	Hat Sonu Basıncı	
Qp	Ps	Ps	Vs	Pd	Pd	Vd	L	Phs	Phs
(m ³ /h)	(Bar)	(kPa)	(m/sn)	(Bar)	(kPa)	(m/s)	(kW)	(Bar)	(kPa)
386	-0,75	-75	1,51	15,4	1540	2,18	240	0,01	1

*1) Kondense seviyesi 700 mm yapılan kontrolde debi 386 metreküp için ölçülen çekilen güç: 240 kW.

Tablo 3.18: Kondense Tahliye Pompası Debisi 351 m³/h İken Ölçülen Veriler (2. Durum)

Ölçülen Debi	Emiş Basıncı		Giriş Hızı	Çıkış Basıncı		Çıkış Hızı	Güç	Hat Sonu Basıncı	
Qp	Ps	Ps	Vs	Pd	Pd	Vd	Qp	Ps	Ps
(m ³ /h)	(Bar)	(kPa)	(m/sn)	(Bar)	(kPa)	(m/s)	(m ³ /h)	(Bar)	(kPa)
351	-0,75	-75	1,38	16,1	1610	1,99	235	0,01	1

*2) Kondense seviyesi 500 mm yapılan kontrolde debi 351 metreküp için ölçülen çekilen güç: 235 kW.

**Her iki durumdada pompa çark çapı aynıdır.

c. Değerlendirmeler ve Hesaplamalar

Hesaplamada kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

Emiş Hızı

$$V_s = \frac{Q_p \times 4}{3600 \times \pi \times D^2} (m/sn)$$

Q_p : Su debisi (m^3/h)

D_s : Emiş boru çapı (m)

D_s : 0,3

Çıkış Hızı

$$V_d = \frac{Q_p \times 4}{3600 \pi D d^2} (m/sn)$$

D_d : Basma boru çapı (m)

D_d : 0,25

Pompa Basma Yüksekliği

$$H = (h_d - h_s + \frac{V_d^2}{2} - \frac{V_s^2}{2} + h_m)/g$$

h_d : Çıkış hattı basıncı göstergesi (kpa)

h_s : Emiş hattı basıncı göstergesi (kpa)

V_d : Çıkış basıncının ölçüm noktasındaki hızı

V_d (m/sn)

V_s : Emiş basıncının ölçüm noktasındaki hızı

V_s (m/sn)

h_m : Ölçüm noktasının yüksekliği (m)

g : Yerçekimi ivmesi 9,81 (m/sn^2)

Teorik Güç

$$L_t = \frac{Q_p}{60} \times \frac{H}{60} \times \frac{\lambda}{60} (kW)$$

Toplam Verim

$$\eta = \frac{L_t}{L} \times 100 (\%)$$

Tablo 3.19: 1. ve 2. Durum İçin Hesaplanan Değerler

Giriş Hızı	Çıkış Hızı	Basma Yük.	Teorik Güç	Toplam Verim	Birim Güç Tüketimi
Vs (m/sn)	Vd (m ³ /h)	H (m)	Lt (kW)	η (%)	(kWh / m ³)
1,51	2,18	154	240(249 kW)	66	0,62
1,38	1,99	161	235(237 kW)	66	0,67

d. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkanları ve Miktarları

1 ve 2 durumları karşılaştırıldığında yıllık 8200 saat çalışma durumu göz önüne alınarak yıllık ortama verileri dikkate alınarak dikey milli kondense tahliye pompası için ciddi bir enerji tasarruf potansiyeli tespit edilmemiştir. Bunun yanında yumuşak salmastra ve salmastra suyu sistemi bulunan bu pompada bakım maliyetleri düşürülmesi açısından salmastra tipi değişimi önerilmektedir.

3.1.5.2. Fanlar

a. Sistem Tarifi

Kazan içerisindeki negatif(eksi) basınç oluşturma oksijen oranı azalmış gazın yanma odasından uzaklaştırılması, tozun, uçucu kirletici tozların, gazların istenen yerden çekilmesinde cebri çekme fanları kullanılmaktadır. Cebri çekme fanları, kazanda yanmanın sağlanması için gerekli olan taze hava fanları ile birlikte dengeli emişli tipte çalışmaktadırlar. Cebri çekme fanlarında kullanılan dral klapelerinin, fan eğrisine ek basınç yükü oluşturduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, enerji verimliliğini artırmak ve enerji tasarrufu sağlamak amacıyla değişken devir frekans sürücülerinin kullanılması önerilmektedir. Bu sürücüler, sistem proses ihtiyaçlarını karşılamak için enerji tüketimini optimize eder.

b. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

Kazanda yanma sonrası gazların kazandan uzaklaştırılması taze hava fanlarıyla birlikte dengeli emişli tipte çalışan cebri çekme fanlarıyla sağlanmaktadır. Taze hava fanları hareketli kanat yapısına sahip olup hidrolik yağ pompası ile debi ayarı kontrol edilmektedir. Cebri çekme fanları 1. ve 2. Ünitelerde redüktörlü, 3. ve 4. Ünitelerde direkt

tahrikli olarak çalışmaktadır. Bu fanlar klape ile kontrol edilmektedir ve klape açıklığının yaklaşık %70 oranında genellikle sabit açıklıkta çalışmakla birlikte WetFGD tesisleri yapımı sonrası %90-100 civarında çalıştığı tespit edilmiştir. Buradaki amaç yanma sonucu gazların tahliyesinin frekans sürücü ile fan kontrolünün yapılmasıdır. Değişken devir sürücü kullanılması halinde fanın devir sayısı sistem prosesine göre ayarlanacak; klape tam açık konumda fan devri, sürücü üzerinden ayarlanarak enerji tasarrufu sağlanacaktır.

Tablo 3.20: 3. Ünite Cebri Çekme (ID) Fan Özellikleri

Bulunduğu Yer		3. Ünite ESP-Baca Arası
Ekipman		3. Ünite ID Fanları
	Birim	Değer
Etiket Debisi	Nm ³ /h	458.000
Basınç	mmSS	500
Motor Etiket Gücü	kW	2.200
Motor Devri	rpm	745
Fan Devri	rpm	745

Tablo 3.21: 3. Ünite Taze Hava (FD) ve Cebri Çekme (ID) Fan Anlık Güç Hesaplama Tablosu

	Motor gücü	Amper	3 faz çarpanı	Gerilim	Cosfi	Anlık güç
1 nolu THV	1250	66	1,732	6000	0,89	610,43
2 nolu THV	1250	65	1,732	6000	0,89	601,18
1 nolu CÇV	2200	235	1,732	6000	0,82	2002,54
2 nolu CÇV	2200	220	1,732	6000	0,82	1874,72

c. Değerlendirmeler ve Hesaplamalar

Fan için ölçülen debiler %90 klape açıklıklarında iken ölçülmüştür. Mevcutta kısma işleminin emiş klapesi ile yapılması nedeniyle fan eğrisine yük olarak binen basınç nedeniyle ilave enerji tüketimi yaşanmaktadır. İstenen debi ve basınç ihtiyacının

karşılanması için bu sistemde değişken devir frekans sürücüsü kullanılması enerji verimliliği açısından ideal uygulamadır.

Yapılan ölçümlere göre fanın yaklaşık 875.423 Nm³/h debide çalıştığı bulunmuştur. Fanın emiş klapesi tam açık konumda iken geçen debinin 916.000 Nm³/h olacağı öngörülmektedir.

Tablo 3.22: 3. Ünite Cebri Çekme (ID) Fan Ölçüm Değerleri

Fan Verileri		3. Ünite ID Fan
Debi Ölçüm Değerleri:	Birim	Değerler
Hız	m/s	9,99
Sıcaklık	°C	149,8
Fandan Geçen Gaz Yoğunluğu	kg/m ³	0,7
Kesit Alanı	m ²	42,66
Toplam Debi	m ³ /h	1.534.224
Toplam Debi	Nm ³ /h	875.423
Motor Verileri		3. Ünite ID Fan
	Birim	Değerler
Gerilim Değeri	V	6000
Aktif Güç Tüketimi	kW	1917
Cosφ	-	0,82
Çalışma Frekansı	Hz	50

Kural 1. Pervane çapı (D) sabit tutulurken:

Kural 1a. Akış, shaft hızıyla orantılıdır.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^1$$

Kural 1b. Basınç veya Yük, şaft hızının karesiyle orantılıdır:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

Kural 1c. Güç, şaft hızının küpü ile orantılıdır:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$$

Kaynak: Wikipedia.

$$Q_1 = 916.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$Q_2 = 875.423 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$N_1 = 50 \text{ Hz}$$

$$N_2 = x \text{ Hz}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow \frac{916.000 \text{ Nm}^3/\text{h}}{875.423 \text{ Nm}^3/\text{h}} = \frac{50 \text{ Hz}}{N_2}$$

$$N_2 = 47,8 \text{ Hz}$$

Mevcutta kullanılan fan, %80 klape açıklığı ile çalışmaktadır. Aynı debiyi frekans sürücülü bir modelle sağlamak için, 47,8 Hz frekansta çalışması gerektiği hesaplanmıştır. Klape tamamen açık durumda ve frekans sürücü ile 47,8 Hz frekansta çalışıldığında da fanın aynı debiyi sağlayacağı belirlenmiştir. Cebri Çekme Fan(ID Fan) motor frekansı değerinin 47,8 Hz ayarlanması ve ihtiyaca yönelik çalışma sayesinde oluşacak tasarruf aşağıda hesaplanmıştır. Klape %100 açıldığında çekilen gücün 1982 kW olacağı öngörülmektedir.

ID fan için;

$$kW_1 = 1982 \text{ kW}$$

$$kW_2 = x \text{ kW}$$

$$\frac{kW_1}{kW_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \rightarrow \frac{1982}{kW_2} = \left(\frac{50}{47,8}\right)^3$$

$$kW_2 = 1739 \text{ kW}$$

d. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkanları ve Miktarları

Cebri çekme fanında, proses ihtiyacını sağlamak için dral klapeler yerine değişken devir frekans sürücüsü kullanıldığında, fan motorunun 1739 kW aktif güç çekeceği hesaplanmıştır. Sistem proses talebinin karşılanması için dral klape kullanılması durumunda aktif güç tüketiminin 1917 kW olacağı, bununda saatte ortalama 178 kWh elektrik tasarrufuna tekabül olduğu hesaplanmıştır. 2 adet Cebri Çekme fanı için toplamda saatlik 356 kWh elektrik tasarrufu öngörülmektedir. Ayrıca WetFGD yapımı sonrası cebri çekme fanlarında ocak içerisindeki yanmayı da olumsuz etkileyen problemlere çözüm için;

- a. Sisteme ID fan sonrası Booster Fan uygulaması yapılabileceği,
- b. Mevcut ID fanların yerine, WetFGD gaz kanallarındaki basınç kayıplarını da karşılayabilecek özellikte yeni bir ID fan ve buna uygun sürücülü motor uygulaması yapılabileceği,
- c. Mevcut ID fanların WetFGD gaz kanallarındaki basınç kayıplarını da karşılayabilecek şekilde sürücülü motor uygulaması yapılarak mevcut fan devrinin artırılması. Mevcut fandaki devir artışının uygulanabilirliği hakkında imalatçı firmadan teyit alınması, devir artışı sonrası mevcut motorun uygunluğunun tespiti,

önerilmektedir.

3.1.5.3. Değirmenler ve Luvolar

a. Sistem Tarifi

Seyitömer Termik santrali 3. Ünitesinde değirmenler, kazana kömürün hem kurutularak hem öğütülerek pülverize bir şekilde gönderilmesini sağlarlar. İlave olarak yanma havasının sıcaklığını artırarak kazan veriminin yükselmesini sağlamak için her üniteye ikişer adet döner tipli hava ısıtıcısı mevcuttur.

b. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

İncelenen motorların IE4 premium verimli motorlarla değiştirilmesi, hem verimlilik artışı sağlayacak hem de enerji tasarrufu oluşturacaktır. Eski motorlar ise acil durumlarda yedek olarak veya farklı proseslerde kullanılabilecektir.

Yeni Motor								
Verimlilik								
Sınıfında	359,78125	352,53125	472,15625	376,09375	468,53125	464	6,635417	6,63542
Çektiği Güç								
(kW)								
Yeni Motor								
Verimlilik								
Sınıfındaki	37 KW	36 KW	49 KW	39 KW	48 KW	48 KW	0,8 KW	0,8 KW
Kazanç								
(kW/h)								
Birim								
Fiyatlar (TL)	2.172.750	2.172.750	2.172.750	2.172.750	2.172.750	2.172.750	20.000	20.000
Yıllık								
Çalışma	8200	8200	8200	8200	8200	8200	8200	8200
Saati(h)								
Yıllık								
Kazanç	305.194	299.044	400.519	319.031	397.444	393.600	2.460	2.990
(kWh/yıl)								
Yıllık								
Kazanç (TL)	723.309	708.734	949.229	756.104	941.942	932.832	5.830	7.085

d. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkanları ve Miktarları

Değirmenler ve luvolar için yapılan hesaplamalara göre yıllık tasarruf potansiyeli miktarı 4.083.124 TL olmakla birlikte yatırım maliyeti 10.903.750 TL olarak hesaplanmıştır. IE1 sınıfında elektrik motorlarının IE4 verimli sınıf ile değiştirilmesi durumunda basit geri ödeme süresi yöntemine göre yatırım tutarı/yıllık net kazanç formülü ile 2,67 olan uzun vade projesi önerilmektedir.

3.1.5.4. Aydınlatma

a. Sistem Tarifi

Seyitömer Termik Santrali'nde kapalı alanlarda floresan, dış aydınlatmada ise sodyum buharlı armatürler kullanılmaktadır. Enerji tasarrufu ve verimlilik sağlamak amacıyla, tüm armatürlerin LED ile yenilenmesi önerilmektedir. Bu değişiklik hem enerji tasarrufu sağlayacak hem de enerji verimliliğini artıracaktır.

b. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

Ünitede kullanılan aydınlatma armatürleri incelenmiş olup lümen/watt olarak etkinlik değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.24: 3. Ünite Aydınlatma Armatürleri Lümen/Watt Hesaplama Tablosu

Aydınlatma Armatür Türü	Kullanılan Armatür Marka ve Modeli	Güç	Lümen	Lümen/Watt	Adet
Floresan	Philips TL-D	18 Watt	1.050 lm	58,3	80
Floresan	Philips TL-D	36 Watt	2.500 lm	69,4	100
Sodyum Buharlı	OSRAM VIALOX NAV-T	150 Watt	15.000 lm	100	20

*LED harici armatürler.

Tablo 3.25: 3. Ünite Aydınlatma Armatürleri 18 Watt Gücündeki Lambalar İçin LED Dönüşüm

1 kWh elektrik enerjisi maliyeti	2,37 TL/kWh
Floresan 18 Watt lamba ışık akısı	1050 lm
Floresan 18 Watt lamba başına çekilen güç	18 W
Floresan verimi	%60
LED armatür gücü	8,7 W
LED armatür fiyatı	200 TL
LED armatür ışıksal etkinliği	61,1 lm/W

Tablo 3.26: 3. Ünite Aydınlatma Armatürleri 36 Watt Gücündeki Lambalar İçin LED Dönüşüm

1 kWh elektrik enerjisi maliyeti	2,37 TL/kWh
Floresan 36 Watt lamba ışık akısı	2500 lm
Floresan 36 Watt lamba başına çekilen güç	36 W
Floresan verimi	%60
LED armatür gücü	27 W
LED armatür fiyatı	1050 TL
LED armatür ışıksal etkinliği	126 lm/W

c. Değerlendirmeler ve Hesaplamalar

Aşağıdaki tabloda verilen armatürler, ışık verimi/etkinlik değerleri (lm/watt) aynı veya daha yüksek olan armatürlerle değiştirilmiştir. Bu değişikliklerle hem enerji verimliliği artırılacak hem de enerji tasarrufu sağlanacaktır.

Tablo 3.27: 3. Ünite Aydınlatma Armatürleri 18 ve 36 Watt Gücündeki Lambalar Yerine Önerilen Armatür Tablosu

Aydınlatma Armatür Türü	Kullanılan Armatür Marka ve Modeli	Güç (Watt)	Lümen	Lümen /Watt	Önerilen Aydınlatma Armatür Türü	Önerilen Armatür Gücü (Watt)	Önerilen Armatür Lümen Değeri	Önerilen Lm/Watt
Floresan	Philips TL-D	18	1.050	58,3	OSRAM ST8A-EM LED Tube	8,7	1.044	120
Floresan	Philips TL-D	36	2.500	69,4	OSRAM ST8A-EM LED Tube	27	3.402	126

Çalışma saati, ünite yıl içerisinde 7/24 çalıştığı için (arıza hallerinde bakım çalışmaları nedeniyle ışıklar söndürülmemektedir.) 8760 alınmıştır.

18 Watt kullanılan yerler için;

Mevcut sistemin toplam ışık akısı (lm) : $1050 \times 80 \times ,6 = 50.400$ lümen.

Yıllık tüketim miktarı (kWh) : $80 \times 18 \times 8760 = 12.614,4$ kWh

Yıllık tüketim bedeli (TL) : $12.614,400 \times 2,37 = 29.896,128$ TL

36 Watt kullanılan yerler için;

Mevcut sistemin toplam ışık akısı (lm) : $2500 \times 100 \times ,6 = 150.000$ lümen.

Yıllık tüketim miktarı (kWh) : $100 \times 36 \times 8760 = 31.536$ kWh

Yıllık tüketim bedeli (TL) : $31.536 \times 2,37 = 74.740,32$ TL

d. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkanları ve Miktarları

Önerilen LED tercihi durumunda enerji tasarruf imkanları ve miktarları belirtilir.

Önerilen ortalama aydınlatma seviyeleri:

-Kontrol odaları, şalt odaları, röle odaları: 300 lux

-Kazan dairesi, türbin-makine dairesi, kompresör binası: 100 lux

18 Watt Floresan → 8,7 Watt LED Dönüşümü düşünülen yatırım potansiyeli ve geri ödeme süresi;

Yeni sistemin toplam ışık akısı (lm) : $80 \times 1044 = 83.520$ lümen.

Yıllık tüketim miktarı (kWh) : $80 \times 8,7 \times 8760 = 6.096,96$ kWh.

Yıllık tüketim bedeli (TL) : $6096,96 \times 2,3 = 14.450$ TL.

Yıllık enerji tasarruf miktarı (kWh) : $12.614,4 - 6.096,96 = 6.517,44$ kWh.

Yıllık tasarruf mikarı (TL/yıl) : $29.896,28 - 14.450 = 15.446,28$ TL.

Yatırımın maliyeti (TL) : $80 \times 200 = 16.000$ TL.

Geri ödeme süresi (Yıl) : $16.000/15.446,28 = 1$ yıl.

36 Watt Floresan → 27 Watt LED Dönüşümü düşünülen yatırım potansiyeli ve geri ödeme süresi;

Yeni sistemin toplam ışık akısı (lm) : $100 \times 3402 = 340.200$ lümen

Hesaplanan ışık akı miktarı mevcut sistemin neredeyse 2 katından fazla olması sebebiyle 50 adet 27 Watt LED armatür yeterli gelecektir.

Yıllık tüketim miktarı (kWh) : $50 \times 27 \times 8760 = 11.826$ kWh.

Yıllık tüketim bedeli (TL) : $11.826 \times 2,3 = 28.027,62$ TL.

Yıllık enerji tasarruf miktarı (kWh) : $31.536 - 11.826 = 19.710$ kWh.

Yıllık tasarruf mikarı (TL/yıl) : $74.740,32 - 28.027,62 = 46.712,7$ TL.

Yatırımın maliyeti (TL) : $50 \times 1050 = 52.500$ TL

Geri ödeme süresi (Yıl) : 1,12 yıl

Toplam aydınlatma yıllık enerji tasarruf miktarı : $6.517,44 + 19.710 = 26.227,44$ kWh.

Toplam aydınlatma yıllık tasarruf miktarı : $26.227,44 \times 2,3 = 60.323,112$ TL.



3.2. VERİMLİLİK ARTIRICI ÖRNEK PROJE HAZIRLANMASI

3.2.1. Projeye Giriş

Yanma sonucu ortaya çıkan gazlar, cebri çekme vantilatörü vasıtasıyla kazanı terk ederek bacadan atılırlar. Yanma sonu gazları ile birlikte sürüklenen uçucu küller Elektrofiltre altında toplanarak alçak basınçlı hava vasıtasıyla borularla kül silolarına nakledilir. 3. Ünite elektro filtre altlarındaki bunkerlere toplanan küller, 85 m³ lük ara toplama bunkerine buradan da peters pompa alçak basınçlı hava sevk grubu(sürüklenme havası) ile uçucu kül silosuna gönderilir. Alçak basınçlı hava alçak basınç sevk kompresörlerinden temin edilerek peters pompalar ile birlikte çalışmaktadır. Peters pompanın herhangi birinde arıza nedeniyle devre dışı olması durumunda bağlı olduğu kompresörde otomatik olarak devre dışı kalır.

85 m³ 'lük bunkerde toplanan küller, bunkerin altında bulunan 4 adet kül sevk pompası(Peters pompa) tarafından 900 m³ 'lük 3. Ünite kül silosuna nakledilir. Bu kül pompalarına 2,1 kg/cm² 'lik külün silolara sevk havası, kompresör binasında bulunan 4 adet Alçak Basınç Kompresöründen sağlanır.

Görsel 3.7: Alçak Basınç Kompresörü



Alçak basınç kompresörleri; peters pompalara uçucu kül sürüklenme havası sağlayan kompresörlerdir.(85 m³'lük kül bunkerinde toplanan küllerin kül silosuna sevkinde)

Tablo 3.28: 3. Ünite Alçak Basınç Kompresör Bilgileri

Sıra No	Kompresör Adı	Adet	Motor Gücü (kW)	Kompresör Marka/Tipi	Çalışma Basıncı (bar)	Serbest Hava Debisi (m ³ /dk)	İmal Yılı	Lokasyon
3. Ünite Kül Sevk								
1	Kompresörler (Peters Pompa Kompresörleri)	4	140	Balcke Dürr /EK 7-5	2,1	40	1975	3.Ünite Kompresör Binası
3. Ünite Kurum								
2	Üfleme Kompresörler	2	255	Broom Wade /VMH 1000	21	28,4	1978	3.Ünite Kompresör binası
3. Ünite Kurum								
3	Üfleme Kompresörler	1	229	Atlascopco GR200	20	23,1	2023	3.Ünite Kompresör binası

Peters pompa kompresörlerinden 4 adedi işletme esnasında aktif çalışır durumda olan 4 adet Peters pompaya uçucu kül sürüklemeye havası olarak kullanılmak olup birlikte çalışmaktadırlar.

Ünitede kazan yanma odasında bulunan sabit kurum üflemler, kızdırıcı paket bölgesinde bulunan hareketli kurum üflemler ve hava ısıtıcılarında(luvolar) yüksek basınçlı hava kullanılmaktadır. Gereken yüksek basınçlı hava kompresör binası içerisinde bulunan 3 adet kompresör ile sağlanmaktadır. 3 adet aynı tip kompresörden 3 nolu kompresör, malzeme ve ekonomik ömrünün tamamlaması nedeniyle hurdaya ayrılmış olup 1 adet yeni kompresör temini yapılmıştır. Sabit ve hareketli kurum üfleme sistemleri için sahaya malzemeler gelmiştir ancak henüz montajları yapılmadığı için yüksek basınçlı kurum üfleme kompresörleri devrede değildir. Bu sebeple bu 3 yüksek basınçlı kurum üfleme kompresörü için ölçüm yapılmamıştır. Verimlilik artırıcı proje kapsamında peters pompalara ve sürüklemeye hava ihtiyacını sağlayan alçak basınç kompresörlerine invertör uygulaması ile enerji tasarruf potansiyeli ortaya çıkarılmıştır.

3.2.2. Amaç, Kapsam ve Hedef

1, 2, 3 ve 4 nolu Alçak Basınç Kompresörlerinin ve birlikte çalıştıkları peters pompalar incelenerek debi tespiti, çekilen güç tespiti ile mevcut durum ile sürücü kullanılması durumundaki tasarruf potansiyeli karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.29: 3. Ünite Alçak Basınç Kompresörü Mevcut Durum

	Motor gücü	Amper	3 faz çarpanı	Gerilim	Çekilen güç
1 nolu alçak basınç kompresörü	140	150	1,732	380	85,89
2 nolu alçak basınç kompresörü	140	150	1,732	380	85,89
3 nolu alçak basınç kompresörü	140	150	1,732	380	85,89
4 nolu alçak basınç kompresörü	140	150	1,732	380	85,89

**Tablo 3.30: 3. Ünite Alçak Basınç Kompresörü Sürücü Uygulaması Sonrası
Öngörülen Durum**

	Motor gücü	Amper	3 faz çarpanı	Gerilim	Çekilen güç
1 nolu alçak basınç kompresörü	140	120	1,732	380	68,71
2 nolu alçak basınç kompresörü	140	143	1,732	380	81,88
3 nolu alçak basınç kompresörü	140	120	1,732	380	68,71
4 nolu alçak basınç kompresörü	140	130	1,732	380	74,44

Tablo 3.31: 3. Ünite Peters Pompa Elektrik Motorları İçin Mevcut Durum

	Motor gücü	Amper	3 faz çarpanı	Gerilim	Çekilen güç
1 nolu peters pompa motoru	110	140	1,732	380	82,01
2 nolu peters pompa motoru	110	140	1,732	380	82,01
3 nolu peters pompa motoru	110	140	1,732	380	82,01
4 nolu peters pompa motoru	110	140	1,732	380	82,01

Tablo 3.32: 3. Ünite Peters Pompa Elektrik Motorları İçin Sürücü Uygulaması Sonrası Öngörülen Durum

	Motor gücü	Amper	3 faz çarpanı	Gerilim	Çekilen güç
1 nolu peters pompa motoru	110	98	1,732	380	57,40
2 nolu peters pompa motoru	110	100	1,732	380	58,58
3 nolu peters pompa motoru	110	135	1,732	380	79,08
4 nolu peters pompa motoru	110	95	1,732	380	55,65

85 m³ 'lük tankın baskı hava manometresine bakılarak tankın seviyesine yönelik input, sürücülere verilerek değişken devirli sevk hedeflenmektedir. Mevcut durum ve frekans sürücü kullanımı durumunda oluşan enerji tasarrufları da hesaplanarak aşağıdaki

tabloda belirtilmiştir.

3.2.3. Proje Bileşenleri

Tablo 3.33: Verimlilik Artırıcı Proje Verimlilik Bileşenleri Tablosu

VAP Bileşenleri	Enerji Türü	Yıllık Tasarruf Miktarı			Harcama Tutarı	GÖS
		Orijinal Değer ve Birimi	TEP / Yıl	TL / Yıl	TL	Yıl
Kül Sevk Hattında Kullanılan Peters Pompalarına Sürücü Uygulaması Yapılması(4 adet)	Elektrik	623.200 kWh/Yıl	53,6	₺1.476.984		
Peters Pompalarında Kullanılan Alçak Basınç Kompresörlerine Sürücü Uygulaması (4 adet)	Elektrik	401.800 kWh/Yıl	34,5	₺952.266		
					2.608.550	1,2

GÖS: Geri Ödeme Süresi

Tablo 3.34: Verimlilik Artırıcı Proje Bileşenleri İcmal Tablosu

	Enerji Türü	Değer ve Birimi	TEP/Yıl	TL/Yıl
	Elektrik	1.025.000 kWh/Yıl	88,1	2.429.250
Toplam Tasarruf	Toplam		94,86	119.741,00

Toplam	2.608.550
Harcama	TL
Ortalama Geri Ödeme Süresi	1,2 Yıl

3.2.4. Uygulama Planı

Proje kapsamında; planlanan işler tablo halinde ve şematik olarak verilmiştir. Süreçler hafta bazında ve tarih olarak verilmiştir.

Tablo 3.35: Verimlilik Artırıcı Proje Bileşenleri Uygulama Tablosu

Proje Bileşenleri / Yapılacak İşler	Toplam Süre (Hafta)	Haftalar															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1- 110 kW sürücüler için teknik şartname hazırlanması	1 hafta																
1.1. Teklif Toplama Süreci	4 hafta																
1.2. Teklif Değerlendirme Süreci	3 hafta																
1.3. Dosyanın Siparişe Bağlanması	1 hafta																
1.4. Sürücülerin Sahaya Gelmesi	6 hafta																
1.5. Sürücülerin Montajının	2 hafta																
2- 140 kW sürücüler için teknik şartname hazırlanması	1 hafta																
2.1. Teklif Toplama Süreci	4 hafta																
2.2. Teklif Değerlendirme Süreci	3 hafta																
2.3. Dosyanın Siparişe Bağlanması	1 hafta																
2.4. Sürücülerin Sahaya Gelmesi	6 hafta																
2.5. Sürücülerin Montajının	2 hafta																
Yapılması																	

¹ Her bileşene ile bileşene ait iş ve işlemler ayrı ayrı belirtilmiştir.

² Ara süreçlerde yapılan kontroller uygulama planında belirtilmiştir.

(Şematik olarak)

1-110 kW sürücüler için teknik şartname hazırlanması 1.1. Teklif Toplama Süreci işi 10.10.2023-17.10.2023	2-140 kW sürücüler için teknik şartname hazırlanması 2.1. Teklif Toplama Süreci işi 10.10.2023-17.10.2023
1-110 kW sürücüler için teknik şartname hazırlanması 1.2. Teklif Değerlendirme Süreci 17.10.2023-15.11.2023	2-140 kW sürücüler için teknik şartname hazırlanması 2.2. Teklif Değerlendirme Süreci 17.10.2023-15.11.2023
1-110 kW sürücüler için teknik şartname hazırlanması 1.3. Dosyanın Siparişe Bağlanması 15.11.2023-22.11.2023	2-140 kW sürücüler için teknik şartname hazırlanması 2.3. Dosyanın Siparişe Bağlanması 15.11.2023-22.11.2023
1-110 kW sürücüler için teknik şartname hazırlanması 1.4. Sürücülerin Sahaya Gelmesi 22.11.2023-01.01.2024	2-140 kW sürücüler için teknik şartname hazırlanması 2.4. Sürücülerin Sahaya Gelmesi 22.11.2023-01.01.2024
1-110 kW sürücüler için teknik şartname hazırlanması 1.5. Sürücülerin Montajının Yapılması 01.01.2024-15.01.2024	2-140 kW sürücüler için teknik şartname hazırlanması 2.5. Sürücülerin Montajının Yapılması 01.01.2024-15.01.2024

➤ **VAP Analizleri**

Verimlilik Artırıcı Proje iki alt bileşenden oluşmakta olup 17 hafta içerisinde her iki elektrik motoru için sürücü temini, tedariği ve montajın yapılacağı planlanmaktadır. Burada amaç invertör yardımıyla daha az enerji tüketimi sağlayarak ünitenin iç ihtiyacının düşürülmesi hedeflenmektedir.

➤ **Uygulama Öncesi Durum**

Bu kapsamda; uygulama öncesindeki ölçüm verileri, çalışmada kullanılan ölçü aletleri, yapılan ölçüm metodları ve ölçüm sonuçları yazılmıştır.

Peters pompa kül çıkarıcı sistemi ile bu sisteme hava sağlayan alçak basınç kompresörlerinin uygulama öncesi durumları aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.36: 3. Ünite Alçak Basınç Kompresörleri ve Peters Pompalar Mevcut Durum

	Motor gücü	Amper	3 faz çarpanı	Gerilim	Çekilen güç
1 nolu alçak basınç kompresörü	140	150	1,732	380	85,89
2 nolu alçak basınç kompresörü	140	150	1,732	380	85,89
3 nolu alçak basınç kompresörü	140	150	1,732	380	85,89
4 nolu alçak basınç kompresörü	140	150	1,732	380	85,89
1 nolu peters pompa motoru	110	140	1,732	380	82,01
2 nolu peters pompa motoru	110	140	1,732	380	82,01
3 nolu peters pompa motoru	110	140	1,732	380	82,01
4 nolu peters pompa motoru	110	140	1,732	380	82,01

Elektrik enerji tüketim miktarı için indikatörü, scada verileri, faz çarpanı ve gerilim değerleri için motor etiketi kullanılmıştır.

Külün sevkinin yapılacağı 85 m³ tankın baskı havası ile tank içerisinde bulunan külün miktarı öngörülmektedir.

➤ **Tasarruf Potansiyeli**

Sürücü kullanılması durumunda ve mevcut durum için alçak basınç kompresörleri hakkında aşağıdaki tablolar oluşturulmuştur.

Tablo 3.37: 3. Ünite Alçak Basınç Kompresörleri Mevcut Durum ve Sürücü Kullanılması Durumundaki Tasarruf Miktarı

		1 nolu	2 nolu	3 nolu	4 nolu
Ölçüm Yapılan Yer	Birim	ABK	ABK	ABK	ABK
Mevcut Güç Tüketimi	kW	86	86	86	86
Sürücü İle Öngörülen Güç Tüketimi	kW	73,75	73,75	73,75	73,75
Mevcut Yıllık Çalışma Süresi	saat	8.200	8.200	8.200	8.200
Sürücülü Yıllık Çalışma Süresi	saat	8.200	8.200	8.200	8.200
Mevcut Durum Debi	m ³ /dak.	40	40	40	40
Sürücü İle Öngörülen Debi	m ³ /dak.	38	38	38	38
Mevcut Durum Çalışma Frekansı	Hz	50	50	50	50
Sürücü ile Çalışma Frekansı	Hz	47,1	47,1	47,1	47,1
Toplam Teorik Hava Üretimi	m ³ /yıl	18.696.000	18.696.000	18.696.000	18.696.000
Mevcut Durum Yıllık Enerji Tüketimi	kWh/yıl	705.200	705.200	705.200	705.200
Sürücü İle Yıllık Enerji Tüketimi	kWh/yıl	604.750	604.750	604.750	604.750
Yıllık Tasarruf Edilen Enerji	kWh/yıl	100.450	100.450	100.450	100.450

Yıllık Tasarruf Miktarı	TL/yıl	238.067	238.067	238.067	238.067
--------------------------------	--------	---------	---------	---------	---------

Tablo 3.38: 3. Ünite Peters Pompaları Mevcut Durum ve Sürücü Kullanılması Durumundaki Tasarruf Miktarı

		1 nolu Peters Pompa	2 nolu Peters Pompa	3 nolu Peters Pompa	4 nolu Peters Pompa
Ölçüm Yapılan Yer	Birim				
Mevcut Güç Tüketimi	kW	82	82	82	82
Sürücü İle Öngörülen Güç Tüketimi	kW	63	63	63	63
Mevcut Yıllık Çalışma Süresi	saat	8.200	8.200	8.200	8.200
Sürücülü Yıllık Çalışma Süresi	saat	8.200	8.200	8.200	8.200
Mevcut Durum Çalışma Frekansı	Hz	50	50	50	50
Sürücü ile Çalışma Frekansı	Hz	45,26	45,26	45,26	45,26
Mevcut Durum Yıllık Enerji Tüketimi	kWh/yıl	672.400	672.400	672.400	672.400
Sürücü İle Yıllık Enerji Tüketimi	kWh/yıl	516.600	516.600	516.600	516.600
Yıllık Tasarruf Edilen Enerji	kWh/yıl	155.800	155.800	155.800	155.800
Yıllık Tasarruf Miktarı	TL/yıl	369.246	369.246	369.246	369.246

➤ Tasarım

Yapılması düşünülen uygulamaya ilişkin sürücü invertör uygulaması sisteme ilave edilecek olup çalışma alanı incelenmiş olup sürücülerin boyutuyla alakalı bir darboğaz öngörülmemektedir.

➤ **Maliyet Analizi**

Yapılması düşünülen yatırım şirketin kendi kaynaklarıyla yapılması öngörülmektedir. Ayrıca bu gibi verimlilik artırıcı projelerde Enerji Performans Sözleşmesi yapılarak iş taşero edilebilir.

➤ **Proje Değerlendirme Bilgileri**

Toplam Yatırım: 2.608.550 TL

İskonto oranı: %10

Yatırımın tahmini ekonomik ömrü: 10 yıl

Tablo 3.39: VAP Projesi Yıllık Giderler Tablosu

Yıllık giderler	TL / YIL
İşletme	35.000
Bakım	45.000
TOPLAM	80.000

Amortisman ve Faiz : Hesaplanmamıştır.

Vergi oranı (%) :

Tablo 3.40: VAP Projesi Yıllık Tasarruflar Tablosu

Yıllık Tasarruflar	TL/YIL
Elektrik	2.429.250
İşletme	-
Bakım	-
TOPLAM	2.429.250

Hurda fiyatı değeri : 0 TL

Toplam Maliyet : $2.608.550 + 80.000 = 2.688.550$ TL

Ömür boyu maliyet hesaplaması şu şekildedir:

Sistemin ilk satın alma maliyeti: 2.608.550 TL

Sistemin montaj ve işletmeye alma maliyeti: İçinde

Sistemin yenilenmesi gerektiğinde demontaj maliyeti: 1.500 TL

Sistemin yıllık enerji tüketim maliyeti: 10.316.420 TL

Sistemin yıllık işletme maliyeti: 35.000 TL

Sistemin yıllık bakım maliyeti: 45.000 TL

Sistemin yıllık arıza nedeniyle duruş maliyeti: 0 TL

Sistemin yıllık çevreye verdiği zarar maliyeti: 0 TL

Etkinlik hesaplaması şu şekildedir:

Sistemin çalışmaya müsait olduğu süre: Sürekli

Sistemin çalışmaya müsait olmadığı süre: 0 saat

Sistemin iki arızası arasında geçen süre: 0 saat

Sistemin istenen arızasız çalışma süresi: Sürekli

Sistemin arızasının giderilme süresi: 0 saat

➤ **Etki Analizi**

Yapılması düşünülen uygulamanın çevreye veya diğer ekipman ve sistemlere olumsuz etkileri öngörülmemektedir. Bu nedenle, önerilen değişikliklerin çevresel veya sistemsel riskler yaratmadan uygulanabileceği değerlendirilmektedir.

➤ **Uygulama Sonrası Durum**

Uygulama sonrasında oluşan olumlu etkinin devamlılığını sağlamak için aşağıdaki önlemler önerilmektedir:

İlave Personel Eğitimi: Yeni sistem veya ekipman hakkında personelin bilgilendirilmesi ve eğitilmesi.

Yüklenici Firma Garantisi: Yüklenici firma tarafından verilecek garanti ve garanti süresi içerisinde belirlenen azami sürelerde periyodik kontrollerin yapılması.

Periyodik Kontroller ve Denetleme: Garanti süresi içinde belirlenen sürelerde düzenli kontroller ve denetimlerin gerçekleştirilmesi.

Yıllık Bakım ve Yedek Malzeme Anlaşması: Yıllık bakım hizmetleri ve gerekli yedek malzemeler için anlaşmaların yapılması.

Bu önlemler, uygulamanın etkinliğinin sürdürülebilirliğini sağlamayı ve olası sorunları önlemeyi hedeflemektedir.

➤ **Uygulama Kontrolü**

Uygulama sonrasında kontrol çalışmaları için, proje ile hedeflenen tasarrufu potansiyelinin gerçekleşip gerçekleşmediği sonucuna motorların çekeceği amper, tesisattaki hat sonrası basınç verileri için manometreler ve gerekli ölçüm aletleri kullanılarak analiz yapılmıştır.

➤ **Belgeler**

110 kW peters pompa için sürücü fiyatı 1 adedi için ₺ 271.599,25 olmakla birlikte 4 adedi 1.086.397 TL'dir. Yıllık tasarruf miktarı: 1.476.984 TL idi. Buna göre; basit geri ödeme süresi 9 aydır. 1 yıldan az olan bu kısa vade projesinin uygulanması önerilir.

140 kW alçak basınç kompresörü için sürücü fiyatı 1 adedi için ₺ 380.538,36 olmakla birlikte 4 adedi 1.522.153,44 TL'dir. Yıllık tasarruf miktarı: 952.268 TL idi. Buna göre; basit geri ödeme süresi 19 aydır. 1,6 yıl olan bu orta vade projesi tercihe bağlı olarak uygulanabilir.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
SONUÇ, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

4.1. SONUÇ, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Termik santrallerde enerji verimliliği üzerine yapılan çalışmaların, hem kârlılık açısından pozitif etkiler yarattığı hem de tüketilen enerji miktarının azaltılmasına katkı sağladığı gözlemlenmiştir. Elektrik enerjisinin üretiminden kaynaklanan iç ihtiyaç oranını azaltacak stratejiler geliştirilmesi ve enerji yönetiminin daha etkin bir şekilde yürütülmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen enerji etüdü sonrasında, iyileştirmeye açık alanlar tespit edilerek tasarruf projeleri belirlenmiş ve bu projeler enerji etüt raporu kapsamında detaylı olarak değerlendirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, Seyitömer Termik Santrali 3. Ünitesinde yıllık 30.461 Ton Eşdeğer Petrol (TEP) enerji tasarruf potansiyeli tespit edilmiştir. Bu tasarruf, santralin enerji tüketim verimliliğinin artırılması ve iç tüketim oranının azaltılmasıyla elde edilebilecektir. Ayrıca, bu tasarruf potansiyelinin ekonomik değeri 274.528.924 TL olarak hesaplanmıştır. Bu miktar, santralin enerji verimliliği arttıkça sağlanacak maliyet tasarrufunun büyüklüğünü gözler önüne sermektedir. İncelenen tasarruf potansiyeli, santralin toplam enerji tüketiminde kayda değer bir azaltma potansiyeli olduğunu ve bu potansiyelin enerji etüt çalışmalarıyla etkin bir şekilde değerlendirilebileceğini göstermiştir.

Bu doğrultuda, termik santrallerde günlük, aylık, üç aylık, altı aylık ve yıllık periyotlarla ilerleme faaliyet izleme süreçlerinin operasyonel veriler dikkate alınarak yürütülmesi, enerji verimliliğini artırmak için yapılan iyileştirmelerin sürekli olarak gözden geçirilmesi gerekmektedir. Tasarruf potansiyeli olan sistemler, ekipmanlar, prosesler ve akışlar detaylı bir şekilde incelenmeli ve her parametresi ölçülebilir hale getirilmelidir. Çünkü ölçülemeyen bir süreç kontrol edilemez, kontrol edilemeyen bir süreç ise yönetilemez. Bu bilinçle, darboğaz çözümlemelerinin ivedilikle yapılması önerilmektedir.

Enerji yönetimi kapsamında iyileştirme çalışmaları devam eden başlıca alanlar:

1- Kömür Kazanlarının İncelenmesi

- Kazan sistemlerinin verim analizi yapılmaktadır.
- Baca gazı oksijen oranı sürekli olarak izlenmekte ve verimli çalışma durumu kontrol edilmektedir.

- Baca gazı ısıısının geri kazanımı için fizibilite çalışmaları ve luvoların (hava ısıtıcıları) bakımları gerçekleştirilmektedir.
- Kazan içerisindeki yanma kalitesinin izlenmesi amacıyla yanma odası alev rengi, sıcaklık dağılımı, alev topunun konumunun kumanda odasından sürekli izlenebilmesine yönelik yatırım önerilmektedir.
- Kazan boru yüzeylerinde oluşan kurum ve cürufun temizlenmesiyle ısı transferinin artırılması için kurum üfleme sistemlerinin emreamade çalışabilirliğinin sağlanması gerekmektedir.
- Kazan optimizasyonu ve kazan verimini sürekli izleme sistemleri için yatırım önerilmektedir.

2- Elektrik Motorlarının İncelenmesi

- IE3/IE4 yüksek verimli motor ve/veya sürücülerin uygulanabilirliği değerlendirilerek enerji tasarrufu, geri ödeme süresi, performans iyileştirmeleri analiz edilir.
- Yüksek verimli motorlar için kazanç hesaplamaları yapılmakta ve yeni motor alımlarında bu tür motorlar tercih edilmektedir.

3- Cebri Çekme Ve Taze Hava Fanlarının İncelenmesi

- Fanların çalışma rejimleri ve tasarruf potansiyelleri analiz edilmektedir.

4- Soğutma Kulelerinin İncelenmesi

- Soğutma kuleleri için daha hafif malzemeler tercih edilerek enerji verimliliği artırılmaya çalışılmaktadır.
- Kule fanları için sürücü uygulaması amacıyla çalışmalar sürdürülmektedir.

5- Pompa Sistemlerinin İncelenmesi

- Pompa verimliliğini artırmak için gerekli ölçümler yapılmakta ve performans artırıcı çözüm önerileri geliştirilmektedir.
- Suyun geri kazanımı amacıyla sistem ihtiyacına yönelik sürücü uygulaması içeren proje önerileri geliştirilmektedir.

6- Kül ve Cüruf Sevk Sistemi

- Kül atma sistemi ve pompalar için enerji tasarrufu sağlayacak yeni projeler geliştirilmektedir.
- Kazanaltı teknesine dökülen taban külünün sevki için kullanılan ıslak tip çıkarıcı yerine kuru tip çıkarıcıya dönüştürülmesine yönelik sistemler için çalışmalar devam etmektedir.

- Kazanaltı cüruf paleti teknesindeki su seviyesinin ve sıcaklığın izlenmesi ile kazanaltı suyu taşıntısının minimuma indirilmesi amacıyla tekne seviyesine ve sıcaklığına göre otomatik çalışan aktüatörlü vana uygulaması yapılmıştır.

7- Basınçlı Hava Tesisatlarının İncelenmesi

- Kompresörlerin enerji tüketim değerleri belirlenmekte ve yeni kompresörler için spesifik enerji tüketimi göz önüne alınarak teknik değerlendirmeler yapılmaktadır.

8- Tesisat İzolasyonu (Sızdırmazlıklar)

- Kazan ve türbin boru çevrimlerindeki su, buhar ve gaz akışkanlarının aktarıldığı boru, kanal, flanş ve vana yalıtım durumları tespit edilerek izolasyonlarının tamamlanması hedeflenmektedir.
- Kazan ve türbin ekipmanlarında izolasyon durumlarının tespitini yapılması amacıyla sıcaklık ölçer ile ısı kaybı olan bölgeler tespit edilmiştir. Tespit edilen bölgeler santral içerisinde yeni oluşturulan izole ekibi tarafından ünite devre dışı olduğunda ve mümkün olduğu koşullarda peyderpey yapılmaktadır.

9- Aydınlatma Sistemi İncelenmesi

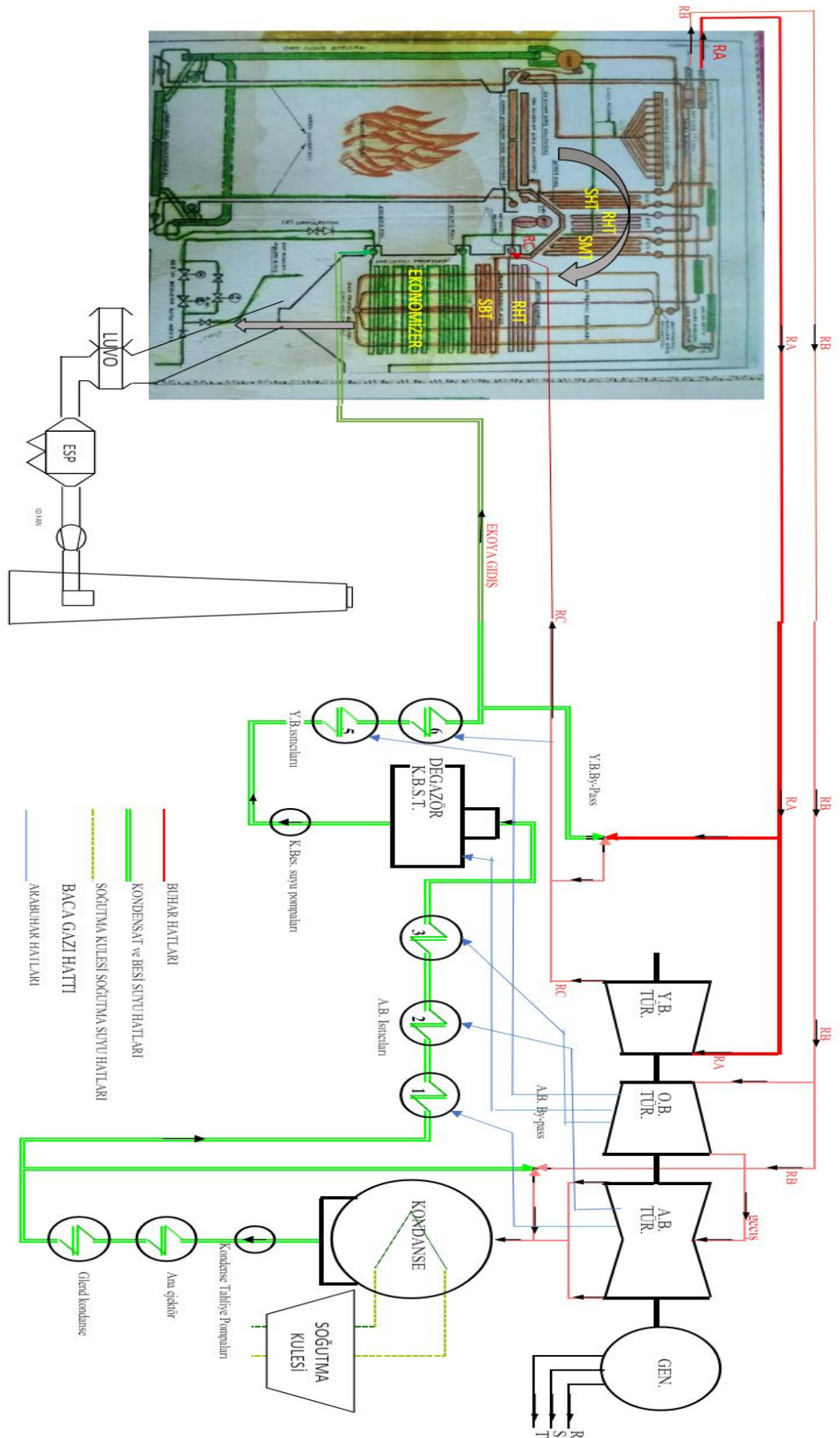
- Mevcut armatürlerin LED teknolojisi ile değiştirilmesi suretiyle aydınlatma sisteminde enerji verimliliği artırılmaktadır.

Bu alanlardaki iyileştirme çalışmalarının devam ettirilmesi, santralin enerji verimliliğinin sürdürülebilir bir şekilde artırılması açısından önem arz etmektedir.

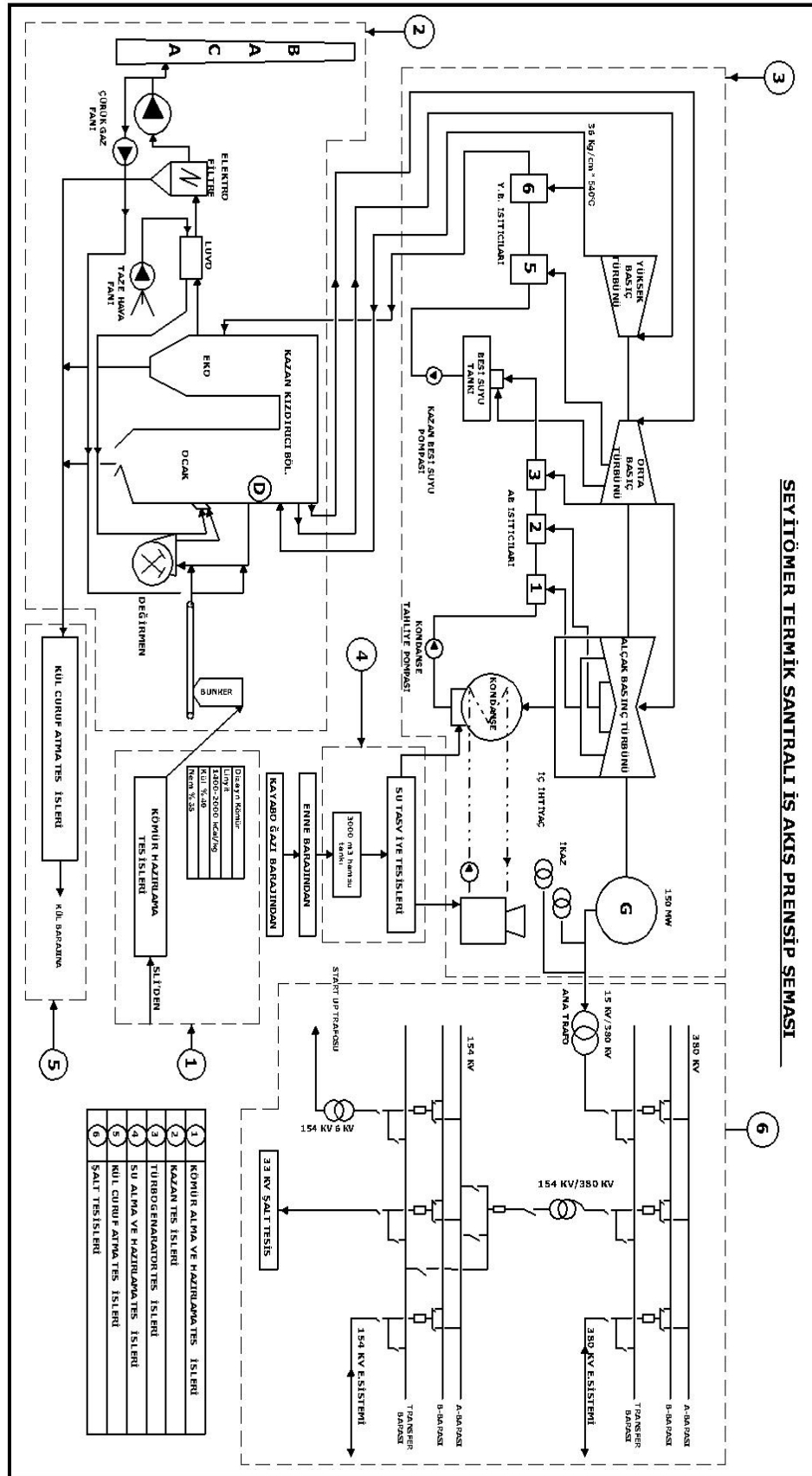


EKLER

1. 3. Üniteye Ait Su-Buhar Akış Şeması



2. Santral Genel Akış Diyagramı



KAYNAKÇA

- Affinity Laws. (2023, 15 Haziran). In Wikipedia, Özgür Ansiklopedi. Erişim adresi: https://en.wikipedia.org/wiki/Affinity_laws
- Arslan, O. & Kose, R. (2006). Thermoeconomic optimization of insulation thickness considering condensed vapor in buildings, *Energy and Buildings*, 1400-1408
- Avcı, H. (2018). *Termik Santralin Güneş Destekli Bir Hibrit Santrale Dönüşümünün Teknik Analizi*(Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bisio, G., Bosio A. & Rubatto, G. (2002). Thermodynamics applied to oxygen enrichment of combustion air, *Energy Conversion and Management*, 43, 2589-2600.
- Çengel, Y. & Boles, M.A. (2007). *Thermodynamics: An Approach*, 5th.Edt., McGraw – Hill, Inc.
- Çift, B. (2008). *Linyit Kullanılan Termik Santrallerde Baca Gazı Proseslerinin Ekonomik ve Teknik Analizi*(Yayınlanmamış Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çoban, A. (2011). *Yatağan Termik Santralinde Bölgesel Isıtmada Santral İçi Dönüşüm Sistemlerinin Araştırılması*(Yayınlanmamış Doktora Tezi), Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Dinçer, I & Çengel, Y.A. (2001). Energy, entropy and exergy concepts and their roles in thermal engineering, *Entropy*, 3, 116-149.
- Dinçer, I. & Rosen M.A. (2007). *Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development*, Elsevier Ltd. Jordan Hill, Oxford
- Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Strateji Geliştirme Başkanlığı, (ETKB, 2017)
- Ediger, V. & Çamdalı, Ü. (2007). Energy and exergy efficiencies in Turkish transportation sector, 1988-2004, *Energy Policy*, Elsevier, vol. 35(2), pages 1238-1244, February.
- Ehsan, A. & Yılmazoğlu, M.Z. (2011). Design and Exergy Analysis of a Thermal Power Plant Using Different Types of Turkish Lignite, *International Journal of Thermodynamics*, 14 (3): 125-133.
- Dünya Enerji Raporu, (ETKB, 2018)
- Enerji Verimliliği, Stratejik İletişim Planı, (ETKB-EVÇED, 2020)
- Elektrik Piyasası Sektör Raporu, (EPDK, 2018-2019-2020)

- Enerji, Sektörel Görünüm, (TSKB, 2019)
- ETKB Stratejik Planı, (ETKB, 2010-2014)
- Faaliyet Raporu, Türkiye Elektrik İletim A.Ş (TEİAŞ, s2018)
- Gaggioli, R.A. & Wepfer, W.J. (1980). Exergy economics, *Energy International Journal*, 5, 823-837.
- Güngör A. (2013). *Bir Kombine Çevrim Santralinin Ekserji Analizi*(Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Hepbasli A. (2006). *A key review on exergetic analysis and assesment of renewable energy resources for a suistanable future*
- Heper, Y. (2001). *Buhar Santralları Teorisi ve Uygulaması*, 4, Metu Press
- Kakaras, E., Doukelis, A., Leithner R. & Aronis, N., (2004). Combined cycle power plant with integrated low temperature heat (LOTHECO), *Applied Thermal Engineering*, 24, 1677-1686.
- Karakoç, T.H., Karakoç, N., Erbay, B. ve Aras, H. (2011). *Enerji analizi*, Editörler: Ergün, Y., Danışlı, M., Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, s: 72-97.
- Karakoç, T.H., Söğüt, Z., Üren, S., Çelik, C., Durmaz, Ş. ve Orhan, İ. (2012). *Sanayide enerji ekonomisi*, Editör: Karakoç, T.H., Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, s: 142-169.
- Kumar, S. Prevost, M. & Bugarel, R. (1989). Exergy analysis of a compression refrigeration system, *Heat Recovery Systems&CHP*, 9, 151-156.
- Lobachyov, V. K. & Ritcher, H.J. (1996). High efficiency coal-fired power plant of the future, *Energy Conversion and Management*, 38, 1693-1699.
- Marrero, I.O., Lefsaker, A.M., Razani, A. & Kim, K.J. (2002). Second law analysis of a combined triple power cycle, *Energy Conversion and Management*, 43, 557-573.
- Moran, M. J. & Shapiro, H. N. (2000). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics. 2nd Edition*, Wiley, New York.
- Özdoğan, S. & Arikol, M. (1995). Energy and exergy analyses of selected Turkish industries, *Energy Resources*, 73-80
- Regulagadda, P., Dincer, I. & Naterer, G.F. (2010). Exergy analysis of a thermal power plant with measured boiler and turbine losses, *Applied Thermal Engineering*, 970-976

- Rosen, M. & Dincer, I. (2003). Thermoeconomic analysis of power plants: an application to coal fired electrical generating station, *Energy Conversion and Management*, 44, 2743- 2761.
- Rosen, M.A. & Dincer, I. (2003). Exergy-cost-energy-mass analysis of thermal systems and processes, *Energy Conversion and Management*, 44, 1633-1651
- Rosen, M.A. (1990). Comparison based on energy and exergy analysis of the potential cogeneration efficiencies for fuel-cells and other electricity generation devices, *Int. Journal of Hydrogen Energy*, 15, 267-274.
- Santral tanıtım dosyası, Seyitömer Termik Santrali İşletme Müdürlüğü Teknik Büro (2010). Kütahya.
- Saraydar M. (2011). *Seyitömer Linyit İşletmesi Birinci ve İkinci Yasa Çözümlmeleri*(Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Seyitömer Termik Santrali Tanıtım Kitapçığı, (EÜAŞ, 2003).
- Szargut J. (2005). *Exergy Method: Technical and Ecological Applications*, WIT Press, Southampton, Boston
- Szargut, J. (1997). Depletion of unrestorable natural exergy resources, *Bull. Polish Acad. Sci. Technical Sci.*, 45, 241-250.
- Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası, Döviz Ticari Kredi Faiz Oranları, www.tcmb.gov.tr, [Erişim Tarihi : 05 Ekim 2023].
- Türkiye Linyit Üretim Faaliyet Raporu, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ, 2019)
- Türkiye'nin Enerjide Gelecek Vizyonu, Seta Perspektif (Kavaz İ., 2019).
- Uğurluoğlu E. (2007). *Doğalgaz Yakılan Bir Ocakta Katı Yüzeyin Emisyon ve Verim Üzerine Etkisi*(Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Utlı, Z. & Hepbaslı, A. (2007). Assessment of the Turkish utility sector through energy and exergy analyses, *Energy Policy*, 35, 5012-5020
- Wall, G. (1986). *Exergy-a useful concept*, Physical Resource Theory Group, Chalmers University of Technology and University of Göteborg, S-412 96, Sweden
- Yüncü, H. (2000). *Klasik termodinamik prensipleri*, Tıp&Teknik yayıncılık Tic.Ltd.Şti.

DİZİN

-A-

akışkan.....	7
aktif güç tüketimi	81
Alçak Basınç Kompresörü	88
Ana buhar(RA).....	52
analitik nem oranı.....	68
analiz	1, 21, 51, 53, 100
armatür	24, 84, 85, 86
aydınlatma	19, 21, 25, 84, 87

-B-

basınç. 46, 49, 70, 73, 74, 77, 78, 81, 88, 89, 90, 95, 100
--

-C-

cebri çekme	21, 28, 30, 35, 77, 81, 88
Cebri çekme fanları	77
Curtis	70, 73

-D-

debi.....	xv, 43, 70, 75, 77, 78, 90
değirmen.....	19, 20, 24, 31, 67, 70
değişken.....	1, 79, 91
Değişken devir sürücü.....	78
denklem	10
Dolaylı Yöntem.....	51
Dolaysız Yöntem.....	51

-E-

ekserji	12, 13
Eksik yanma	57
elektrik... 1, 7, 19, 20, 21, 25, 28, 46, 71, 73, 74, 81, 84, 85, 94	
elektrik enerji üretimi.....	74
elektro filtre	88
enerji..... vi, 1, 2, 7, 8, 10, 20, 21, 28, 42, 45, 49, 50, 57, 71, 72, 74, 77, 78, 86, 87, 89, 91, 94, 95, 110	
enerji tasarrufu	78

-G-

gaz .xv, 1, 12, 14, 35, 44, 63, 65, 67, 68, 70, 81
güç 8, 25, 75, 78, 84, 85, 90, 91, 95

-H-

hava ... 11, 21, 28, 30, 34, 35, 45, 46, 48, 49, 54, 56, 57, 59, 60, 62, 63, 65, 67, 68, 69, 71, 77, 81, 88, 89, 91	
hava yakıt oranı	54

-I-

ısı . 7, 8, 9, 10, 11, 34, 49, 52, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 68, 69, 71, 72, 104	
ışık akı miktarı.....	86

-İ-

iş 7, 8, 10, 28, 70, 73, 74, 93, 98

-K-

karakteristik parametreleri.....	70
katı	1
kaynak	1
kazan....	8, 10, 19, 21, 28, 30, 34, 42, 52, 54, 56, 57, 58, 63, 65, 67, 68, 70, 74, 81, 89
Kazan.....	50
kazan besleme pompaları	21, 74
Kazan kızdırıcıları	50
Kızdırmalı tip ara buhar almalı rankine çevrimi	71
kızgın buhar.....	50
Kızgın buhar	70
kompresör	19, 86, 88, 89
Kompresör	45
kondense	10, 21, 74, 77

-L-

LED	84, 85, 86
LUVO	61

-N-

negatif..... 30, 77

-O-

orta basınç türbini..... 70

-P-performans kaybı..... 73
pompa.. 8, 10, 19, 20, 75, 88, 89, 91, 95,
100

potansiyel 7, 10

proses 81

pülverize.. 26, 28, 30, 32, 61, 62, 67, 68,
69, 70, 81**-R-**

RA 50, 51, 52, 70, 71, 72

RB 51, 52, 53, 70, 71, 72

RC 51, 52, 53, 70, 71, 72

reglaj havası 45

RHT..... 53

rotor 71

-S-

sabit 1, 10, 53, 63, 65, 67, 68, 78, 89

sıcaklık..... 9, 12, 49, 70, 104

sıvı 11, 12, 28, 32

Sirkülasyon pompaları..... 74

-T-

taze hava fanları..... 77

termodinamik..... 7, 10, 70, 111

turbo generatör 70

türbin 70

-U-

Uygulama projeleri..... 74

-V-

valf 45

verim.. 19, 20, 51, 53, 64, 65, 66, 67, 70,
73**-Y-**

yardımcı akaryakıt..... 42

yüksek basınç türbini..... 70