

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



BETOPAN FABRİKASININ GENEL ENERJİ ETÜTÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERT CAN AYDIN

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Gürcan YILDIRIM

BOLU, OCAK 2025

KABUL VE ONAY SAYFASI

Mert Can AYDIN tarafından hazırlanan **BETOPAN FABRİKASININ GENEL ENERJİ ETÜTÜ** adlı tez çalışması jürimiz tarafından Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı makine mühendisliği yüksek lisans Programında Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği kabul edilmiştir. 2/01/2025

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Gürcan YILDIRIM
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Doç. Dr. Cemil İLÇE
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Doç. Dr. Ümit ERDEM
Kırıkkale Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu ve Şablonuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir
- aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir.

.....
MERT CAN AYDIN

ÖZET

BETOPAN FABRİKASININ GENEL ENERJİ ETÜTÜ YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mert Can AYDIN

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. GÜRCAN YILDIRIM)

BOLU, OCAK - 2025

xiii + 63 sayfa

Enerjinin ve enerji kaynaklarının güç olarak bilindiği dünyada, enerji kaynaklarının azalması ve enerji kullanımının artmasıyla enerjinin değeri artmıştır. Enerji üretiminin artması kadar enerjinin tüketiminin de verimli bir şekilde azaltılması gerekmektedir. Enerjinin en çok harcandığı noktalardan biri de fabrikalardır. Bu tezde bir fabrikanın enerji tüketimini nasıl verimli bir şekilde azaltılabileceğini ve fabrikada enerjinin nasıl üretileceğini inceleyeceğiz. Enerji konusunda dışa bağımlılığını azaltarak üretilen ürünlerdeki birim maliyetinin nasıl düşürüleceğine de değineceğiz. Bu konularda en fazla enerji tüketen kısımlara bakacağız. Fabrikalarda buhar ve basınçlı hava üretimi çok önemlidir. Bu üretim alanlarında kazan ve kompresörler kullanılarak enerji dönüşümleri sağlanır. Enerji dönüşüm sırasında kayıplar oluşmaktadır. Her kayıp bize verimsizlik ve fazladan enerji tüketimine neden olmaktadır. Buhar üretiminde kazan verimliliği ve hat kayıpları önemlidir. Buhar üretilirken kazan verimliliği yüksek kazanlar kullanılmalı, kazan su iletkenlik kontrol edilmeli, blöf sayısı dikkatli yapılmalı, ekonomizer ve reküperatör kullanılmalıdır. Buhar üretiminden sonra en önemli nokta, buharın istenilen noktaya taşınmasıdır. Buhar taşınımı sırasında yalıtıma ve kondense dikkat edilmelidir. Basınçlı hava üretiminde önemli noktalardan biri de kompresörün verimlilik değeridir. Kompresör haricinde de ortam sıcaklıkları, kullanılan boru ve ekipman çaplarına dikkat edilmelidir. Fabrikalarda kullanılan ekipmanlar verimlilik sınıfı yüksek ve az enerji harcayacak şekilde seçilmelidir. Enerji tüketiminin azaltılması kadar, fabrika çatılarına ya da boş alanlara GES sistemi kurularak elektrik üretimi sağlanmalıdır. Kaybedilen enerjinin belli kısmının tüketim noktasında üretilmesi ile dışa bağımlılık azaltılarak enerji giderleri düşürülebilir. Düşen enerji maliyetleri ile birim üretim maliyeti düşmesi sağlanabilir. Bu çalışmada yapılan tüm hesaplar doğrultusunda yılda 11.998.681 ₺ tasarruf edileceği vurgulanmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Enerji etüdü, GES, Kompresör, Buhar kayıpları

ABSTRACT

**GENERAL ENERGY STUDY OF BETOPAN FACTORY
MSC THESIS
MERT CAN AYDIN
BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: PROF.DR GÜRCAN YILDIRIM)**

BOLU, JANUARY 2025

xiii + 63 pages

In the world where energy and energy sources are known as power, the value of energy has increased with the decrease of energy sources and the increase of energy use. As well as increasing energy production, energy consumption needs to be reduced efficiently. One of the points where energy is spent the most is factories. In this thesis, we will examine how to reduce the energy consumption of a factory efficiently and how to produce energy in the factory. We will also talk about how to reduce the unit cost of the product produced by reducing its dependence on foreign energy. We will look at the parts that consume the most energy in these issues. The production of steam and compressed air in factories is very important. Energy transformations are provided in these production areas by using boilers and compressors. Losses occur during energy conversion. Every loss causes us inefficiency and extra energy consumption. Boiler efficiency and line losses are important in steam production. Boilers with high boiler efficiency should be used when producing steam, boiler water conductivity should be checked, the number of bluffs should be made carefully, economizer and recuperator should be used. The most important point after steam production is the transportation of steam to the desired point. During steam transportation, attention should be paid to the insulation and condensate. One of the important points in the production of compressed air is the efficiency value of the compressor. In addition to the compressor, attention should also be paid to the ambient temperatures, the diameters of the pipes and equipment used. The equipment used in factories should be selected in such a way that the efficiency class is high and consumes little energy. As well as reducing energy consumption, electricity generation should be provided by installing a GES system on factory roofs or empty spaces. By generating a certain part of the lost energy at the point of consumption, energy expenses can be reduced by reducing external dependence. With falling energy costs, unit production costs can be reduced. According to all the calculations made in this study, it was emphasized that 11.998.681 ₺ will be saved per year

KEYWORDS: Energy study , GES, Compressor, Steam losses

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ	x
FOTOĞRAF LİSTESİ	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 ENERJİ.....	1
1.2 TEP	1
1.3 TÜRKİYE’DE ENERJİ DAĞILIMI	1
1.4 ENERJİ KAYNAKLARI	2
1.4.1 Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verileri	3
1.5 YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DÜNYADA VE TÜRKİYE’DEKİ DURUMU	4
1.6 ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE TASARRUFU	7
1.6.1 Enerji Yoğunluğu Türkiye	8
1.6.2 Türkiye’de enerji verimliliği hakkında kanun ve yönetmelikler	9
1.6.3 Dünya’da Enerji Verimliliği.....	10
1.7 FABRİKALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI.....	10
1.7.1 Mevcut tesislerde enerji verimliliğini artırıcı önlemler	10
1.7.2 Yeni kurulacak tesislerde enerji verimliliğini artırıcı önlemler.....	11
1.8 ÇALIŞMALAR İLE İLGİLİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	12
2. MATERYAL ve YÖNTEM.....	16
2.1 BASINÇLI HAVA	16
2.1.1 Kompresör maliyet dağılımı.....	16
2.1.2 Kompresörlerde Özgül Enerji Tüketim (ÖET).....	18
2.1.3 Kompresörler Spesifik Güç Tüketim.....	18
2.1.4 Isı Geri Kazanımı Sankey Diyagramı.....	19
2.1.5 Basınçlı Hava Sistemindeki Kaçaklar	20
2.1.6 Basınçlı Hava Kompresörü Değişken Hızlı Sürücü Uygulaması.....	22
2.2 BUHAR	24
2.2.1 Buhar Hattı Isı Kaybı.....	24
2.3 GES.....	28

2.3.1 Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyelimiz	28
2.3.2 Fotovoltaik Sistemlerle Elektrik Enerjisi Üretimi	30
3. BULGULAR	33
3.1 BASINÇLI HAVA ANALİZİ	33
3.1.1 Kompresör Değişimi Öncesi Sistem Tarifi	33
3.1.1.1 YAPILAN ÖLÇÜMLER VE ALINAN DEĞERLER	35
3.1.2 Kompresör Değişimi Sonrası Sistem Tarifi.....	36
3.1.3 Değerlendirmeler ve Hesaplamalar	37
3.2 BUHAR HATLARINDA TERMAL KAYIPLARIN İNCELENMESİ....	40
3.2.1 Hat Dışı Termal Kayıplar	43
3.3 BETOPAN FABRİKASINDA GES	44
3.3.1 Panel Yüzey Temizliğini Elektrik Üretimine Etkisi.....	46
4. TARTIŞMA	48
4.1 BASINÇLI HAVA SİSTEMİ ENERJİ TASARRUF MİKTARLARI	48
4.1.1 Kompresör verileri karşılaştırılması sonucu tasarruf miktarı	48
4.2 BUHAR HATLARINDA YALITIM SONUCU TASARRUF	51
4.3 GES TOPLAM FAYDA TASARRUF	56
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
6. KAYNAKÇA	60
7. EKLER.....	63

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	2020 Ulusal Enerji Denge Tablosu (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022).....	2
Şekil 1.2	Enerji Kaynaklarının Gruplandırılması (Koç ve ark., 2018).....	3
Şekil 1.3	Küresel çapta yıllara göre farklı enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisi üretim miktarları (Global Electricity Review, 2022).....	4
Şekil 1.4	2021’de (a) Dünyada ve (b) Türkiye’de yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu gücün dağılımı (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022).....	5
Şekil 1.5	2021’de (a) Dünyada ve (b) Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)	6
Şekil 1.6	Türkiye güncel güneş kurulu güç (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2024).....	6
Şekil 1.7	Projeksiyon Yılları Boyunca Enerji Yoğunluğu Gelişimi (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023).....	9
Şekil 2.1	Kompresör maliyet dağılımı. (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023).....	16
Şekil 2.2	Bir kompresörde yaklaşık olarak ısı dağılımı (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023)	20
Şekil 2.3	İnvertörsüz Kompresör Güç Değer Grafiği (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023)	22
Şekil 2.4	İnvertörlü Kompresör Güç Değer Grafiği (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023).....	23
Şekil 2.5	İnvertörlü Kompresör Verim Grafiği (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023).....	23
Şekil 2.6	Türkiye Toplam Güneş Radyasyonu (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022).....	28
Şekil 2.7	Ankara Toplam Güneş Radyasyonu (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022).....	28
Şekil 2.8	Türkiye Aylık Ortalama Radyasyon Değeri (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)	29
Şekil 2.9	Türkiye Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Kurulu Güç (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022).....	29
Şekil 2.10	Şebeke Bağlantısız Sistemin Çalışması (Karataş, 2009)	30
Şekil 2.11	Şebeke Bağlantılı Sistemin Çalışması (Karataş, 2009)	31
Şekil 2.12	Monokristal ve Polikristal Panel (Enerji Gazetesi, 2019)	31
Şekil 3.1	Kompresör Hat Şeması.....	33
Şekil 3.2	Yeni Kompresör Hat Şeması	36
Şekil 3.3	Deve boynu ve su toplayıcı kullanımı. (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023).....	38
Şekil 3.4	Tüketim Bağlantı Hatları Yukarıdan Bağlanmalıdır. (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023)	39
Şekil 3.5	Yalıtımsız Vana ve Yalıtımsız Borular.....	41
Şekil 3.6	Yalıtımsız Vana ve Yalıtımsız Borular.....	42

Şekil 3.7 Kazan Yüzeylerinden Isı Kaybı.....	43
Şekil 3.8 Eşanjör Yüzeylerinden Isı Kaybı.....	43
Şekil 3.9 Pv Panel Bilgileri.....	44
Şekil 3.10 GES Üretim Grafiği 2023	45
Şekil 3.11 Ankara Ortalama Güneşlenme Süresi Grafiği (MGM, 2024)	46
Şekil 3.12 İnvertörlere Bağlı Panel Performans değerleri.	47
Şekil 4.1 Kompresör Tüketim Grafiği (2023).....	49
Şekil 4.2 Kompresör Tüketim Grafiği (2024).....	49
Şekil 4.3 Kazan Kapak Yalıtımı Sonrası Sıcaklık	53
Şekil 4.4 Yalıtım Sonrası Vana Ve Ekipman Sıcaklıkları	54
Şekil 4.5 Doğalgaz Tüketim Değişim Grafiği	55



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 Ülkelerin Enerji Verimliliği Puan Sıralaması (Uzun, 2021).....	8
Tablo 2.1 Kompresör ÖET Değerine Göre Enerji Verimliliği Değerlendirmesi (Sapmaz & Kaya, 2017)	18
Tablo 2.2 Kompresör tiplerine göre spesifik güç tüketim değer aralıkları	19
Tablo 2.3 Değişik Basınç ve Çaplarda Hava Kaçak Miktarları(lt/sn) (Öztemir, 2010).....	21
Tablo 3.1 Kompresör Etiket Bilgileri.....	34
Tablo 3.2 Hava Tankı Etiket Bilgileri	34
Tablo 3.3 Kurutucu Bilgileri Etiket.....	35
Tablo 3.4 Yeni Kompresörler Etiket Bilgisi.....	37
Tablo 3.5 Spesifik Enerji Tüketimi (kW h/m ³).....	37
Tablo 3.6 GES Üretim Miktarı 2023	45
Tablo 4.1 Kompresör Tüketim Verileri (2023)	48
Tablo 4.2 Kompresör Tüketim Verileri (2024)	49
Tablo 4.3 Yalıtımsız Isıl Kayıp Tablosu	51
Tablo 4.4 Doğalgaz Tüketim.....	55
Tablo 4.5 GES Toplam Fayda 2023	56

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1 Kompresör Odası.....	34
Fotoğraf 3.2 Invertörlü Kendinden Kurutuculu Yeni Kompresörler	36
Fotoğraf 3.3 Termal Kamera (TESTO 865).....	40
Fotoğraf 3.4 Betopan Fabrikası GES	44
Fotoğraf 3.5 Tozlu Paneller	46
Fotoğraf 4.1 Kazan Kapak Yalıtımı	52
Fotoğraf 4.2 Vana Ve Ekipman Yalıtımı	53



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

%	: Yüzde
C°	: Derece
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	: Güneş enerjisi santralleri
GW	: GigaWatt
Kcal	: Kilo kalori
KWh	: KiloWatt saat
m³	: Metre Küp
MGM	: Meteoroloji genel müdürlüğü
MW	: MegaWatt
MWh	: Megawatt saat
ÖET	: Özgül enerji tüketim
PV	: Fotovoltaik güneş panelleri
Rpm	: Dakika devir sayısı
SET	: Spesifik Enerji Tüketimi
Sm³	: Standart metreküp
TEP	: Ton Eş değer petrol
VFD	: Değişken Frekanslı Sürücü
W	: Watt
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sırasında öncelikli olarak, konun belirlenmesinden tezin sonuna kadar her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen Prof.Dr Gürcan YILDIRIM'a bunun yanında tez içeriğinde yer alan bilgilerin ve ekipmanların kullanılması sürecinde desteklerini esirgemeyen Tepe Betopan firması ve fabrika müdürü Cevdet Alper KAZOZCU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak tüm bu süreçlerde desteklerini her zaman hissettiğim sevgili aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



1. GİRİŞ

1.1 ENERJİ

Doğrudan ölçülemeyen ve fiziğin temel büyüklüklerinden biri olan enerji, temel anlamda iş yapabilme yeteneğidir. Enerji yaygın olarak; mekanik (kinetik ve potansiyel), elektrik, ısı, kimyasal, manyetik ve nükleer enerji biçiminde ortaya çıkar veya kullanılır. Sistem iş yaparken bu enerji türlerinden bir kısmını veya bunların tamamını kullanabilir. Enerjide ortak bir birim olarak “Ton Eşdeğer Petrol” kullanılır (Kıyılmaz, 2019)

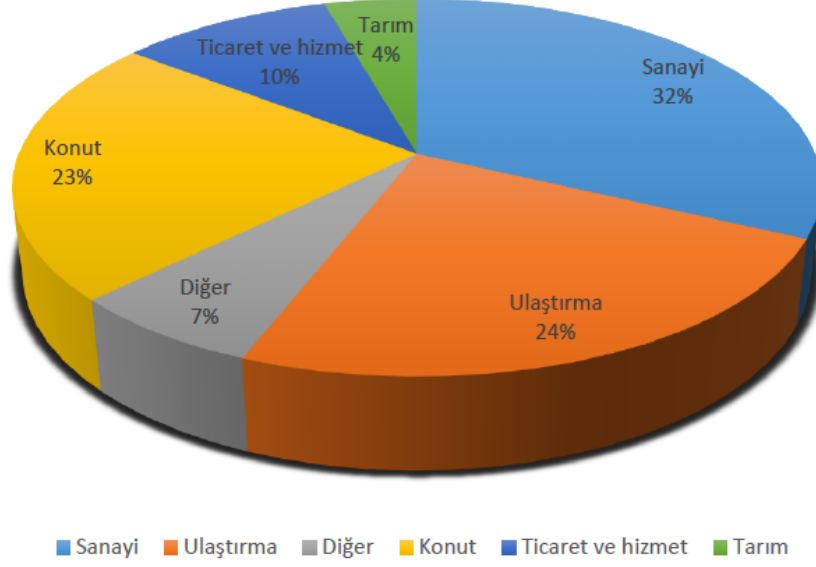
1.2 TEP

TEP (Ton Eşdeğer Petrol) enerji hesaplarında enerji tüketimlerinin karşılaştırılması konusunda kargaşanın önüne geçilebilmesi için tek bir birim kullanılması düşünülmüştür. Bu birim TEP olarak belirlenmiş olup enerjinin üretimi tüketiminin hesaplanmasında kullanılan çok önemli bir birimdir. TEP bir ton petrolün yakılması ile meydana gelen enerji olarak tanımlanır. 1 TEP 10,000,000 kcal’ye ve yaklaşık 11,630 MWh değerine eşittir. TEP dönüşüm formülü Denklem 1.1’de verilmiştir.

$$TEP = \frac{\text{Tüketim miktarı (verilen birimde)} \times \text{Isıl değer}}{10000000 \text{ kcal}} \quad (1.1)$$

1.3 TÜRKİYE’DE ENERJİ DAĞILIMI

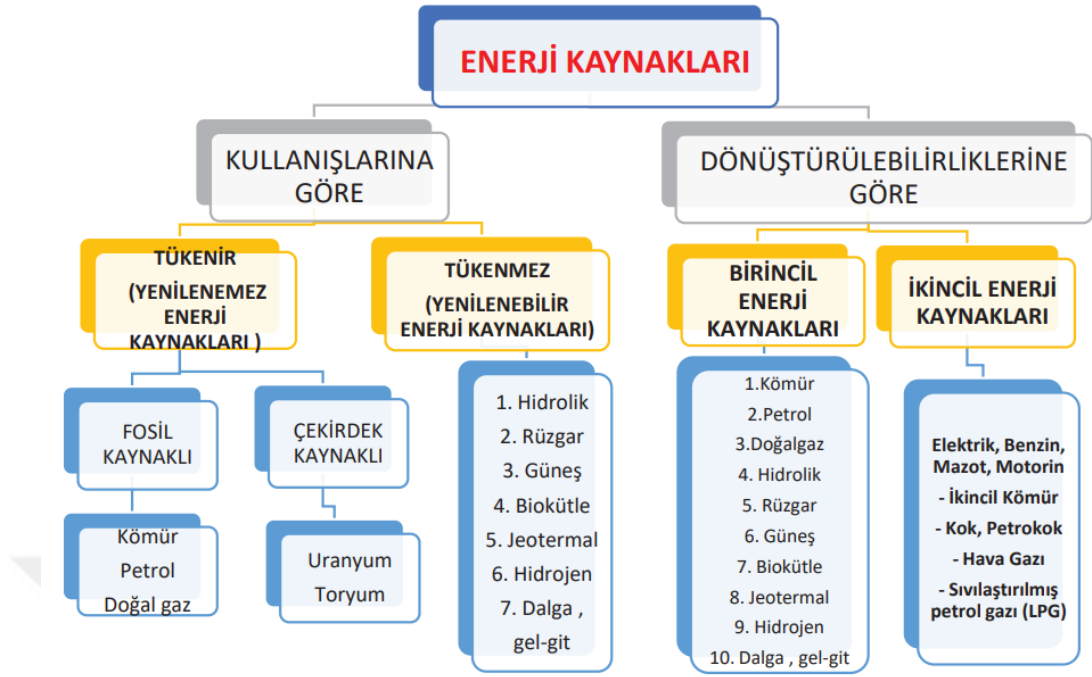
Enerji İşleri Genel Müdürlüğü İstatistik verilerine göre; Türkiye’de enerji tüketim sektörleri incelendiğinde %32 ile sanayi sektörü zirvede bulunmaktadır. Sanayi sektörünü sırasıyla %24 ulaştırma, %23 konut, %10 ile ticaret ve hizmet sektörleri takip etmektedir. Enerji tüketiminde zirvede yer alan sanayi sektöründe yapılacak olan verimlilik çalışmaları en yüksek tasarruf potansiyeli olan alandır. (Şekil1.1) (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)



Şekil 1.1 2020 Ulusal Enerji Denge Tablosu (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)

1.4 ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji kaynaklarını iki ayrı başlık altında incelenmektedir. Bunlar kullanışlarına ve dönüştürülebilirliğine göre ayrılmaktadır. Kullanışlarına göre ikiye ayrılır kullandıkça tükenen (yenilenemez) ve tekrar üretilebilen (yenilenebilir) Dönüştürülebilir özelliğine göre de birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak iki parametreye ayrılmaktadır. (Koç ve ark., 2018)

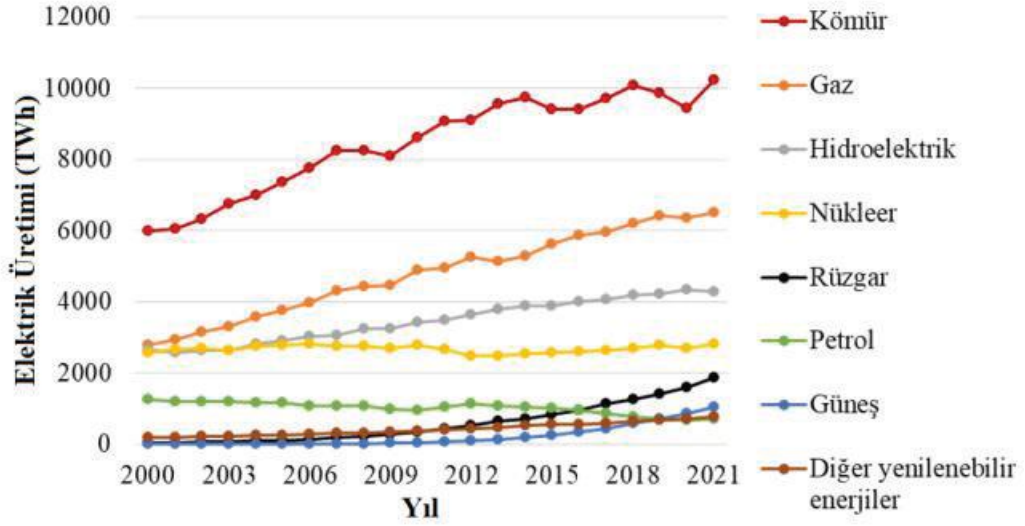


Şekil 1.2 Enerji Kaynaklarının Gruplandırılması (Koç ve ark., 2018)

1.4.1 Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verileri

Şekil 1.3 de Farklı enerji kaynaklarından elde edilen elektrik üretim miktarları verilmiştir. Şekil üzerinde verilen diğer yenilebilir enerji kaynakları grubu içerik olarak; atık, gelgit enerjileri, jeotermal dalga ve biokütle enerjilerini içermektedir. Elektrik enerjisini üretimi olarak bakıldığında kömürden elde edilen enerji genel olarak artışta olduğu görülmektedir.

Kömürün yıllara bağlı elektrik üretim değerlerine bakıldığında, 2018 yılından sonra 2020 yılına kadar azalıp daha sonrasında tekrardan yükselerek 2021 yılında en yüksek değerine ulaşmıştır. Bu veriler ışığında günümüzde elektrik üretimi için küresel bazlı en çok kullanılan birincil enerji kaynağı 10244 TWh ile kömür olmaya devam etmektedir. Gaz kaynağını incelediğimizde elektrik üretiminde ikinci büyük pay sahibi olmakla beraber bu kaynaktan elektrik üretimi giderek artmaya devam etmektedir. Diğer yenilenemez enerji kaynaklarından olan petrol ve nükleerden elde edilen elektrik üretimi 2000’li yıllarda kayda değer bir değişime uğramamıştır. (Global Electricity Review, 2022)

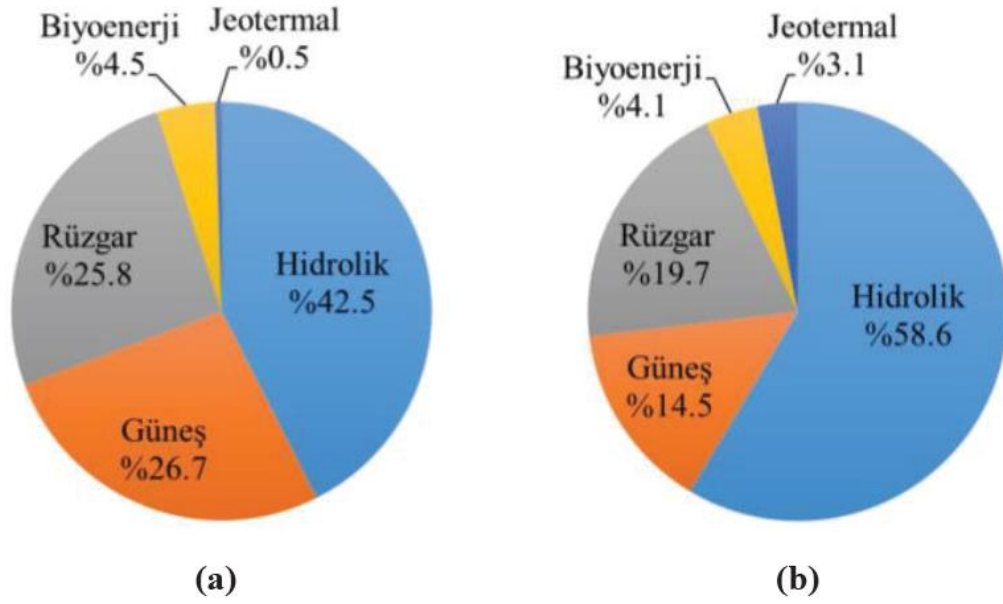


Şekil 1.3 Küresel çapta yıllara göre farklı enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisi üretim miktarları (Global Electricity Review, 2022)

1.5 YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DÜNYADA VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU

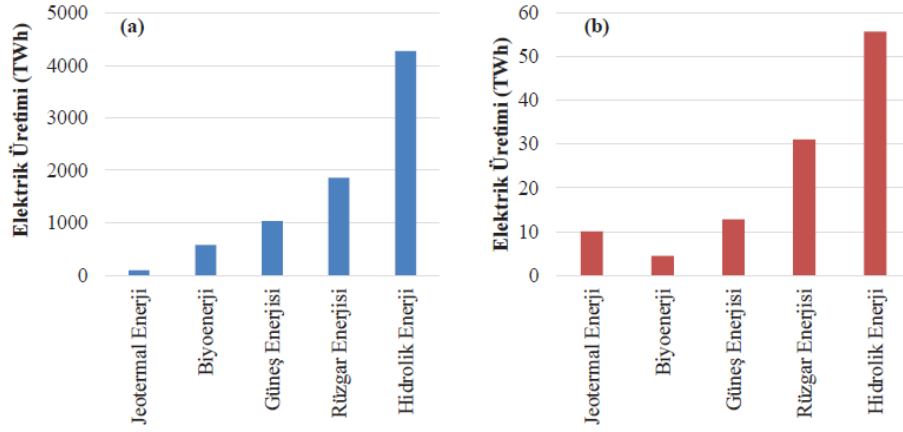
Dünya genelinde ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı gün geçtikçe artmaktadır, bu artışın nedeni incelendiğinde fosil yakıtlı enerji kaynaklarının hızlı tükenmesi ve çevreyi verdiği zarar en temel sebep olarak görülmektedir. Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum nedeniyle büyük bir güneş enerjisi potansiyeline ve yer şekilleri özelliklerinden dolayı önemli derecede hidrolik ve rüzgâr enerji potansiyeli bulunmaktadır. Jeotermal enerji bakımından da dünya potansiyelinin %8’ini oluşturmaktadır. (Yılmaz, 2012)

Şekil 1.4 ‘te 2021 yılında Dünyada ve Türkiye’deki kurulu güç dağılımı verilmiştir. En yüksek kurulu güç Dünyada ve Türkiye’de hidrolik enerjiye aittir. Yenilenebilir enerjiye bağlı kurulu gücün %58,6 ‘sı dünyada ise %42,5 ‘i hidrolik enerjisine aittir. Ülkemizde hidrolik enerjiden sonra kurulu güçlere bakıldığında sırasıyla jeotermal (%3,1), biyoenerji (%4,1), güneş (%14,5) ve rüzgâr (%19,7) enerjisine aittir. Dünya genelinde de bakıldığı zaman hidrolik enerjiden sonra güneş (%26,7), rüzgâr (25.8), biyoenerji (%4,5) ve jeotermal (%0,5) enerjileri gelmektedir. (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)



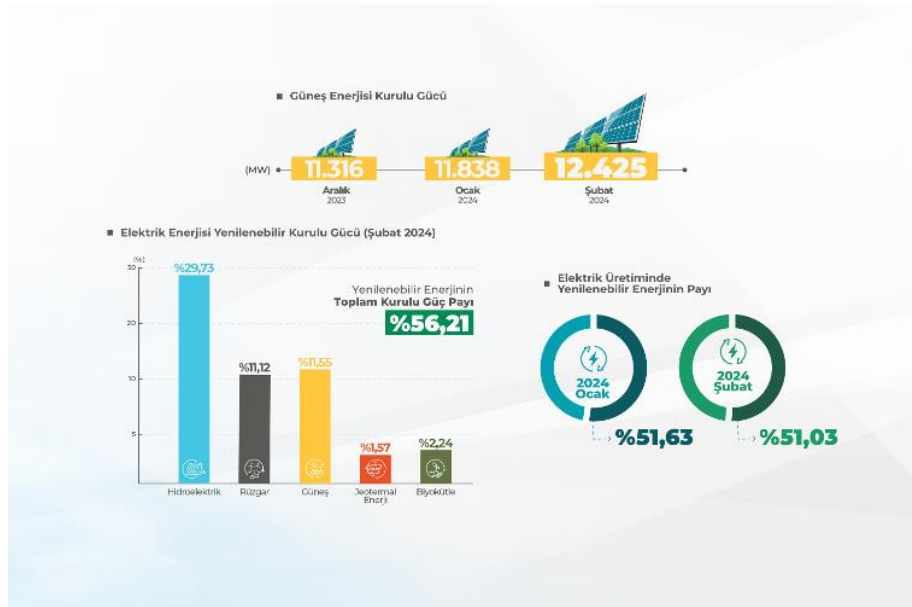
Şekil 1.4 2021’de (a) Dünyada ve (b) Türkiye’de yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu gücün dağılımı (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)

Şekil1.5’da Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi seviyeleri gösterilmiştir. Dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yüksek elektrik enerjisi üretimi hidrolik enerjiden sağlanmıştır. Bu bağlamda dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarından en yüksek elektrik enerjisi üretimi sırasıyla hidrolik (4273.8 TWh), rüzgar (1861.9 TWh), güneş (1032.5 TWh), biyoenerji (583.7 TWh) ve jeotermal enerjiden (94.9 TWh) sağlanmıştır. Türkiye’de ise sırasıyla hidrolik (55.7 TWh), rüzgâr (31.1 TWh), güneş (12.8 TWh), jeotermal (10.0 TWh) ve biyoenerji (4.44 TWh) gelmektedir (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)



Şekil 1.5 2021'de (a) Dünyada ve (b) Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)

Türkiye 2024 Şubat ayı itibarı ile yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünü %56,21'ı çıkarttı. 2023 yılı sonunda güneş enerjisi kurulu gücü 11316 MW olmuştur, 2024 yılı şubat ayı sonunda bu kurulu gücü artış sağlayarak 12425 MW oldu. (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2024)



Şekil 1.6 Türkiye güncel güneş kurulu güç (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2024)

1.6 ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE TASARRUFU

Enerji de oluşan maliyet artışları endüstride diğer maliyetler arasından sıyrılarak üst sıralara ilerlemektedir. Enerji maliyetlerinde oluşan yukarı yönlü ivmelenme kullanılan enerjinin de hedef doğrultusunda en iyi şekilde tüketilmesini hedefler. Enerjinin kullanımı sonucu elde edilen çıktı yani ürün, konfor, kalite ve yaşam standartlarından ödün vermeden, min. maliyet ve min. enerji tüketimi enerji verimliliğinin temel çalışma amacıdır. Tasarruf işlemleri ve ürün arasında doğru orantı oluşması gerekmektedir. Bu tasarruf ile 20 birim enerji ile 10 birim ürün elde ediliyorsa 10 birim enerji ile de 5 birim ürün elde edilmesi gerekmektedir. Enerji tasarrufu ile yapılacak düşüşler üretilecek üründe de azalmalar bir bütün olarak gözlemlenir. Bu sebeplerden ötürü enerji tasarrufu ve enerji verimliliği arasında farklılıklar gözlemlenmektedir. Enerjinin en doğru şekilde kullanılması için ikisi de büyük önem arz etmektedir. Bunlara örnek olarak yaşam alanlarında genellikle enerji tasarrufu ön planda olurken fabrika ve tesislerde enerjinin verimliliği ön planda olmaktadır.

Dünyada gelişmiş ülkelerde enerji yoğunlukları, enerjinin verimli şekilde kullanılması ile ilgili çalışmalar yapılmış olup. Gelişmiş ülkelerin enerjiyi verimli kullanmalarının yanı sıra fazla enerji tüketerek bu enerjiyi verimli kullandıkları gözlemlenmiştir. Bu ülkelerin enerji yoğunlukları diğer ülkeler ile kıyaslandığında yüksek olduğu görülmüş tablo 1.1 de ülkelere göre puan sıralaması görülmektedir.

(Uzun, 2021).

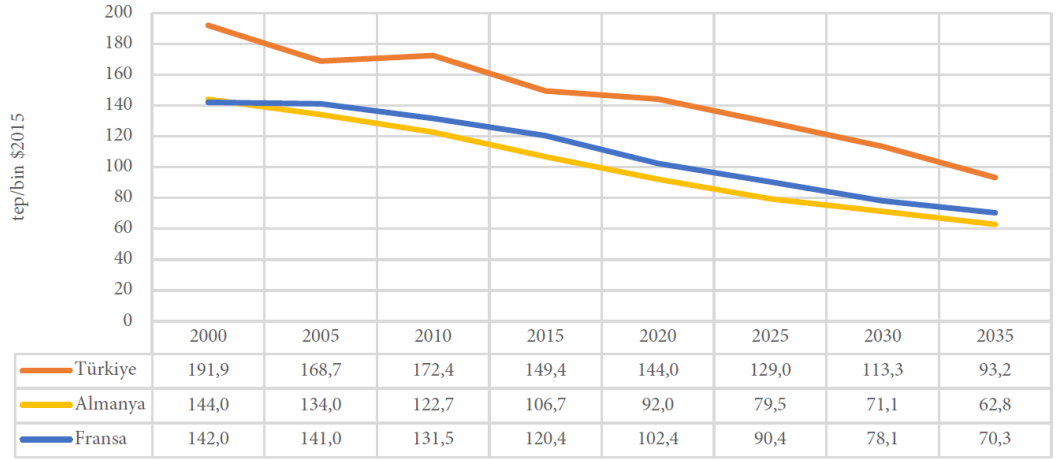
Tablo 1.1 Ülkelerin Enerji Verimliliği Puan Sıralaması (Uzun, 2021)

Sıralama	Ülke Adı	Ülke Puanı
1	Almanya	75,5
2	İtalya	75,5
3	Fransa	73,5
4	Birleşik Krallık	73,5
5	Japonya	67,0
6	İspanya	65,5
7	Hollanda	65,0
8	Çin	59,5
9	Tayvan	57,0
10	Kanada	55,5
11	ABD	55,5
12	Meksika	54,0
13	Güney Kore	52,5
14	Polonya	51,0
15	Hindistan	50,5
16	Türkiye	50,0
17	Endonezya	45,0
18	Avustralya	40,5
19	Ukrayna	38,0
20	Brezilya	36,5

Enerji verimliliğinin ve tasarrufunun ülke puanlarında göz önünde bulundurulduğu da ülkemiz açısından büyük öneme sahip olduğu görülmektedir. Endüstride oluşan maliyetler sıralamalarında enerji, enerji maliyetlerinin artması ile birlikte son zamanlarda üst sıralara doğru ilerlemektedir. Bu sebeple enerji tüketimlerinde yapılacak tasarruf veya verimlilik çalışmalarının boyutu küçük çaplı olsa bile etkisinin çok önemli olduğu düşünülmektedir. (Uzun, 2021)

1.6.1 Enerji Yoğunluğu Türkiye

2000-2035 arası Türkiye enerji yoğunluğu Almanya ve Fransa ile karşılaştırıldığında %51 oranında azaldığı Almanya'nın %56 ve Fransa'nın ise %50 azaldığı görülmektedir. Türkiye her 5 yılda yaklaşık olarak %17 lik bir düşüş ivmesi yakalamış bulunmaktadır. (Şekil 1.7) (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023)



Şekil 1.7 Projeksiyon Yılları Boyunca Enerji Yoğunluğu Gelişimi (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023)

1.6.2 Türkiye’de enerji verimliliği hakkında kanun ve yönetmelikler

Türkiye’de yıllarca enerji verimliliği konusunda çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda enerji verimliliği hakkında kanun ve yönetmelikler oluşturulmuştur.

- **2 Mayıs 2007-** Enerji Verimliliği Kanunu, Kanun No: 5627
- **09 Ekim 2008-** Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği, Sayı: 27019
- **5 Aralık 2008-** Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Sayı: 27075
- **27 Ekim 2011-** Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik, Sayı: 28097 (Çankaya, 2022)

1.6.3 Dünya’da Enerji Verimliliği

1973 yılında dünyada baş gösteren petrol krizi ile beraber enerji alanında fiyatlarda büyük hareketlenmeler olmuştur. Petrolün coğrafyada eşit şekilde yayılmaması dışa bağımsız olmayı engellemekte ve petrol fiyat hareketlerini kontrol altında tutmayı engellemektedir. Bu durumlar neticesinde sürdürülebilir dışa bağımsız enerjiler arayışına başlanmış olup yenilenebilir enerji kaynaklarına ve enerji verimliliği üzerine çalışmalar araştırmalar yapılmıştır. (Haydaroğlu, 2006)

ABD dünyada enerji verimlilik çalışmalarının en başında olan ülke konumunda olup petrol krizinden sonra ekonomisini %126 büyüme sağlarken enerji tüketimini sadece %30 lük bir artış sağlamıştır. (Küçükyağlıoğlu, 2020)

Dünyada nüfusun ve sanayileşmenin hızlı artışı var olan enerjinin kullanımının verimli şekilde yapılmasının önemini vurgulamıştır. (Koçak, 2020)

1.7 FABRİKALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI

1.7.1 Mevcut tesislerde enerji verimliliğini artırıcı önlemler

- Yakma sisteminin yakıtı en verimli şekilde yakması ve sistemin verimli kullanımı,
- Isı transferinin olduğu noktalarda (ısıtma, soğutma, vb.) yüksek verimin elde edilmesi,
- Isı yalıtımının standartlara dikkat edilerek en uygun şekilde yapılması ısı transferi bulunacak ünite ve tüm hatların yalıtımının yapılması ile kaybın aza indirilmesi,
- Sistemde bulunan atık ısı geri kazanımı,
- Atık ısının geri kazanımında verimliliğin arttırılması,
- Elektrik tüketiminde verimliliğin arttırılması kayıpların önlenmesi,
- Bileşik ısı-güç ünitelerin kullanılması dönüşümlerde verimliliğinin arttırılması,

- Otomasyon sistemleri kurularak insandan kaynaklı hata kayıplarının en aza indirilmesi, (Özer V. , 2009)

1.7.2 Yeni kurulacak tesislerde enerji verimliliğini artırıcı önlemler

- Tesise alınacak olunan makinler enerji sınıfı yüksek verimliliği dikkat edilerek seçilmelidir.
- Tesiste ısı transferlerin olacağı noktalar belirlenip yalıtımları bulundukları ortama göre en verimli şekilde projelendirilip projeye uygun şekilde imalatı yapılmalıdır,
- Tesisin kuruluşu sırasında sistemlere ve hatlara enerjinin verimli şekilde kullanılıp kullanılmadığının takip sistemi ve bu takip sisteminin cihazlarının montajının yapılması gerekmektedir.
- Tesiste kurulacak sistemlerde bileşik ısı-güç üretimine önem verilmelidir. (Özer V. , 2009)

1.8 ÇALIŞMALAR İLE İLGİLİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Hadra 2018, çalışmasında Çubuk Haddehanesinde enerji etüdü çalışması yapmıştır. Yapılan enerji etüdü çalışması çerçevesinde Çubuk Haddehanesinde tav fırınında yüzey izolasyon kontrolleri, tav fırını baca gazı ve tav fırını soğutma suyunda, kompresörlerde, basınçlı hava hatlarında, pompalarda, tav fırını yakma hava fanında ve hidrolik motorlarda enerji ölçümleri yapmış ve elde edilen ölçüm sonuçlarını değerlendirerek yapılan hesaplamalar sonucunda verimsizlikler tespit etmiştir. Tespit edilen verimsizliklerin giderilebilmesi için projeler oluşturmuştur. Bu projelerin uygulanması sonucunda yıllık 1,767,120 kWh enerji tasarrufu ve 441,780 TL maddi tasarruf sağlanacağını düşünmüştür. (Hadra, 2018)

Yıldız ve diğerleri 2018, çalışmasında sanayide enerji verimliliği konusu üzerinden çok kapsamlı bilgilere yer vermiş olup aynı zamanda bu çalışmasında Türkiye’de sanayide yapılmış enerji verimlilik çalışmaları örneklerine de yer vermiştir. Yapılan uygulamaları ve bu uygulamaların detaylarını tablo haline getirmiş ve elde edilen tablolarla beraber durum değerlendirmesinde bulunmuştur. (Yıldız, Akgül , & Güvercin, 2018)

Taşdemir 2019, bu çalışmasında çeşitli alt yapı ürünleri üreten bir döküm fabrikasında detaylı bir enerji etüdü çalışması yapmıştır. Fabrika içerisinde yapmış olduğu incelemelerde enerji israfı sağlayan kaynakları, verimli çalışmayan ekipmanları ve fabrika içerisinde kaçak gerçekleşen enerji noktalarını tespit etmiştir. Fabrikadaki sorunların giderilmesine yönelik enerjinin verimli kullanımı hakkında çeşitli öneriler sunmuştur. Bu projelerin uygulanması durumunda yıllık 23.16 TEP (Ton Eşdeğer Petrol) enerji tasarrufu sağlayacağını öngörmüştür. Projeler uygulanması yıllık 126.76-ton CO₂ salınımının azalacağını düşünülmektedir. (Taşdemir, 2019)

Toköz ve Özgün 2019, Atık ısı geri kazanım sistemlerinde daha önce yapılan çalışmaları sınıflandıran araştırmacılar, doğalgaz kazanlarında baca gazları ve ısı geri kazanım potansiyeli üzerine incelemeler yapmışlardır. Yapılan bu sistemde ısı ve enerji analizlerine bakılarak 15 yılda 1,121,410 TL yakıt tasarrufu sağlayacağı öngörülmüştür. (Toköz & Özgün)

Ruşen ve Çevik 2020, Karaman ilinde bulunan gıda fabrikasında yapılan enerji verimlilik çalışması çerçevesinde fabrika içerisinde detaylı ölçümler yapılarak fabrikanın enerji verimlilik potansiyeli ortaya konulmuştur, ölçüm sonuçlarına bakıldığında termal kayıpların yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Yalıtım sistemi uygulaması sonucu sistemin dönüş süresinin 0.25 yıl olduğunu ve bu sürece bağlı olarak uygulama sonrası ısı kaybını %89 oranında azalacağını öngörmüş olup, kazan sistemlerinde brülör ayarının yapılması ile beraber kazan veriminin %5.2 oranında artacağı sonucuna varmışlardır. (Ruşen & Çevik, 2020)

Bayraktar 2021, bu çalışmasında enerjinin yoğun olarak kullanıldığı maden sektöründe enerji verimliliği üzerinden araştırmalar yapmıştır. Maden işletmesinde enerji verimliliği üzerine yapılan ölçümlere bağlı olarak tasarruf projeleri oluşturulmuştur. Hava kaçakları yıllık 150.000 kWh enerji kaybına neden olduğu ve bu kaçakların giderilmesi sonucu ortalama 87.000 TL mali kazanç sağlanacağı düşünülmektedir. (Bayraktar, 2021)

Günay 2021, bu çalışmasında otel işletmesinde enerji etüdü çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmalarla enerji tasarrufu potansiyeli belirlenen işletmenin enerji verimliliğini arttırmaya yönelik önlem ve tespitler belirlenip sunulmuştur. Sıcak su hatlarında yapılan termal kamera ölçümleriyle tesisatlar üzerinde tesisatlar üzerinde yalıtımsız ekipmanlar tespit edilmiştir bu ekipmanlara ısı yalıtımı yapıldığında %17 oranında azalma sağlanacağı tespit edilmiştir. (Günay., 2021)

Sıfıra yakın zararlı çevresel etkisi ve kolay kurulumu nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynakları arasında çok önemli bir yere sahip olan fotovoltaik (PV) santraller ülkemize temiz enerji anlamında çok büyük olanaklar sunmaktadır. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) çerçevesinde verilen devlet destekleri de bu enerji kaynaklarının ekonomiye kazandırılması kapsamında önemli fırsatlar sunmaktadır. Çalışma kapsamında panel eğimi, PV modül ve inverter seçiminin çok önemli olduğu tespit edilmiştir. Simülasyon sonuçlarından elde edilen verilere bakıldığında kurulacak olan tesisin 14000 ton Co2 salınımı yapmayarak iklim değişikliği üzerinde son derece olumlu etkileri olacağı vurgulanmıştır. (Turan, 2022)

Tekstil fabrikalarında bulunan çeşitli makinalar göz önüne alındığında ve burada gerçekleşen işlemlerde buharın kullanılmasından dolayı enerji tasarrufu konusunda çeşitli iyileştirmeler yapılabilir. Tasarruf konusunda akla gelebilecek en önemli ve etkin yöntemlerden biri yalıtımdır, Fabrika içerisinde yapılacak olan detaylı analiz çalışmalarıyla gereksiz kullanılan buharlar saptanarak bu durumu en az seviyelere çekerek tesis içerisinde büyük miktarda tasarruf sağlanır. Yapılan çalışmalarla mümkün olacak iyileştirmeler tartışılmıştır ve mali anlamda ne kadar sürede amorti ettiği hesaplanmıştır. (Özer V. , 2009)

G. Patange, M. Khond, Hindistan da yer alan küçük ve orta ölçekli endüstrilerde enerji yönetimi üzerine yer alan 100 adet dökümhane de inceleme yapılmıştır. Enerji tüketimi ve proses detayları iki yıllık bir süre için dökümhanelerin ziyaret edilmesiyle toplanmıştır. Kompresörün VFD (değişken frekanslı sürücü) monte edildiği bilgileri anlatılmıştır. (Patange, & Khond,, 2015)

M.S.Prashanth, R.Eshwar, Vikram K. Patel, J. Selvaraj, Rohit R., Rahul R., Gopi Krishna Menon, Bu çalışmada Hindistan'da bulunan bir demir döküm sektöründeki enerji denetimi ve korunmasına yönelik gerekli olan işlemleri, uygun maliyet ve ekonomik bir şekilde uygulamak amacıyla başlatmıştır. Araştırma detayları incelendiğinde temel amaç enerji israfını azaltmaktır, bu amaçla basınçlı hava, hammadde ve fırın gibi önemli alanlar üzerinde enerji etüdü yapılmıştır. Çalışma sonucunda sistemdeki hatalar tespit edilerek buna bağlı olarak düzenleyici önlemler alınmıştır. (Prashanth, & ve diğerleri, 2014)

Kaya D., Güngör C, Araştırmacılar bu çalışmada endüstriyel işletmeler üzerinde tasarruf edilebilecek enerji miktarları ve buna bağlı oluşacak mali değerler adına hesaplanacak yolları belirtmişlerdir. Çalışma bölgesi olarak Türkiye ve ABD 'nin Arizona ve Nevada bölgelerinde endüstriyel işletmelerde gerçekleştirilmiş olan örnekler verilmiştir. İncelenen başlıca tasarruf noktaları; yüksek verimli motorların kullanımı, kompresör emiş havasının dış ortamdan alınması, basınçlı hava sistemlerinde düşük basınçlı hava kullanımı, basınçlı hava sistemindeki kaçakların önlenmesi, sıcak ve soğuk yüzeylerin izolasyonu, boşta çalışma süresinin azaltılması, gibi önemli noktalardır... (Kaya & Güngör,, 2002)

Gençoğlu 2005, bu çalışmasında enerji verimliliği sağlayabilmek için elektrik motorlarını yüksek optimizasyonda çalıştırmayı hedeflemiştir. Aktif gücün, görünür güce bölünmesi ile elde edilen güç faktörü, elektrik motorları için uygun aralıklarda optimize edilmesi ile enerji tüketim kayıplarının önüne geçilebilecektir. Enerji izleme sistemleri ile kontrol edilebilecek bu veriler ışığında reaktif güç tüketiminden kaynaklı oluşacak olumsuzlukların da önüne geçilebileceğini ifade etmiştir. (Gençoğlu,, 2005)

Aypak ve diğerleri 2016, yaptıkları bir araştırmada, Elektrik ve ısı enerjisi açığa çıkaran kompresörlerin bu enerjinin %94'lük kısmının ısı enerjisi olarak ortama yayıldığını tespit etmişlerdir. Bu kadar yüksek bir enerji kaybının geri kazanımını sağlamak için ısı geri kazanım cihazları ile birlikte oluşan kayıplar kazançlara çevrilebilir. Uygun tasarım ve projeler ile oluşan kayıpların en az %50'si geri kazanılarak enerji verimliliğinde ciddi bir artış sağlanabileceğini sunmuşlardır. (Aydın, 2016)

Bayraktar 2021, Maden sektöründe enerji verimliliği potansiyelleri üzerine araştırmalar geliştirmiştir. Tesiste yapılan enerji etüdü çalışmalarında basınçlı hava proseslerinde oluşan hava kaçakları ve sızıntılarının yıllık yaklaşık 150,000 kWh enerji kaybına neden olduğu sonucuna varılmıştır. (Bayraktar, 2021)

2. MATERYAL ve YÖNTEM

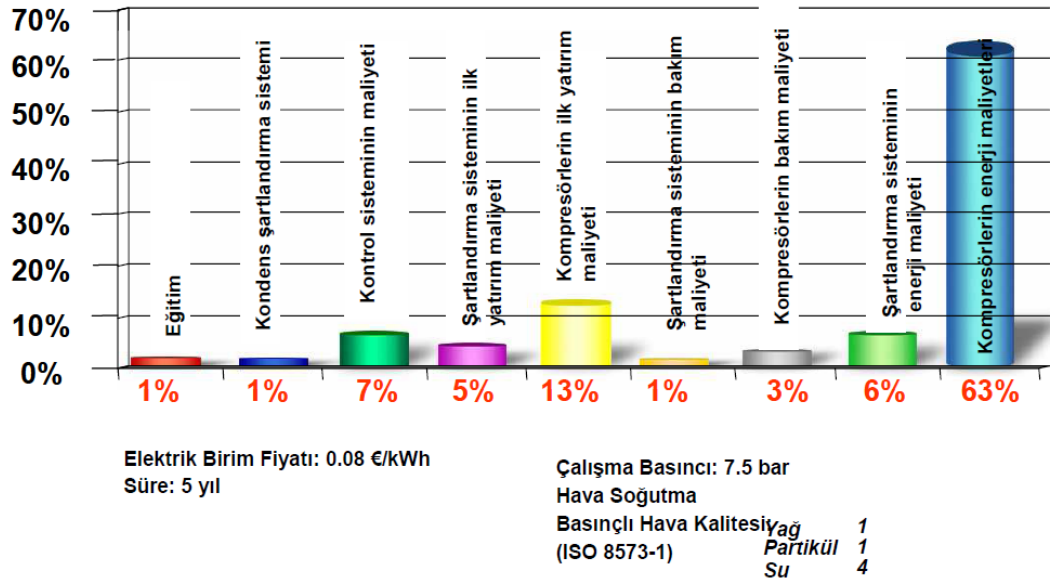
2.1 BASINÇLI HAVA

İkincil enerji türünde olan basınçlı hava, sistemin iç kısmına ortamdaki hava alıp onun sıkıştırılması ile elde edilir.

Endüstride genellikle maliyetli olsa da kolay üretilebilen iş yapabilme yeteneği fazla bir kaynak olması nedeni ile birçok alanda kullanılmaktadır. Basınçlı hava üretimi elektrik ve buhar enerji kaynaklarına göre üretimi daha maliyetli olmaktadır. (Öztemir, 2010)

2.1.1 Kompresör maliyet dağılımı

Ortamdaki havayı sıkıştırma işlemi ile havanın basıncının artırılmasını sağlayan en temel makineler kompresörlerdir. Kompresörler elektrik enerjisini mekanik enerjiye ve mekanik enerjiyi havanın sıkıştırmasında kullanarak basınçlı hava üretir. Bir kompresörün maliyet dağılımları incelendiğinde genel olarak enerji maliyeti olduğu şekil 2.1’de görülmektedir. (Karen, 2022)



Şekil 2.1 Kompresör maliyet dağılımı. (T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023)

Bir yıl çalışan verimsiz bir kompresör için harcanan elektrik enerjisi maliyetinin, genel olarak kompresörün satın alma fiyatını geçmesi demektir. Kompresörlerin ekonomik ömrü genel olarak 10 yıldır. İşletme maliyeti dağılımına

baktığımızda ise genellikle; bakım maliyeti %5-10, ilk yatırım maliyeti %10-15 ve enerji maliyeti %75-85 olmaktadır.

Maliyetler göz önüne alındığında, kompresörlerde enerji tasarrufunun maksimum düzeyde tutulması gerekmektedir. Basınçlı hava sistemlerinde enerji tasarrufu için yapılan çalışmalarda gözlenen enerji tasarruf olanakları maddeler halinde sunulmuştur.

- Kompresörlerin boyut ve tipini kullanım yerine göre doğru seçilmesi,
- Kompresörün bulunduğu ortam temiz, soğuk ve kuru hava girişi sağlanabilir olmalı,
- Kompresör soğutma havasının kullanımı,
- Kompresör ve basınçlı hava ekipmanlarının periyodik olarak bakımı,
- Gerekli enstrümanların kullanılması ile sistem verimliliğini sağlamak,
- Hatlarda bulunan kaçaklarının giderilmesi,
- Proses basıncı en düşük ve stabil olacak şekilde hesaplanarak kompresörler o basınçta çalıştırılmalı,
- Atık ısı enerjisinin geri kazanılması,
- Ekipmanların belli periyotlarda uygun biçimde yağlanması,
- Hat dizaynı hava tankı ve kurutucunun sıralaması ve mesafelerinin doğru ayarlanması. (Hadra,, 2018)

Boşta çalışma yükü kompresörün tam yükte çalışma yükü kadar önemlidir. Kompresörlerin boşta çalışma yükünde enerji tüketiminin minimum değerde seçilmesi, enerji tüketiminde tasarruf miktarının artacağını ifade eder. Kompresörlerin dışardan aldığı hava sıcaklığı kompresörün enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Kompresöre giren dış hava sıcaklığında k, her 5° C derecelik artış kompresörün veriminde %2’lik bir düşüşe neden olmaktadır.

- Basınçlı hava sistemleri tasarımında şu hususlar dikkate alınmalıdır;

- Borulara akış yönünde %1 eğim verilmelidir.
- Hat başlangıcı ile hat sonu arasındaki basınç düşümü 0,3 Bar’dan fazla olmamalıdır.
- Boru içerisinden basınçlı hava hızı 6 m/sn değerinin altında tutulmalıdır.

(Karen, 2022)

2.1.2 Kompresörlerde Özgül Enerji Tüketim (ÖET)

Enerji verimliliği çalışmaları açısından kompresörlerde Özgül Enerji Tüketim değerlendirmesi son derece önem arz etmektedir. Kompresörün tükettiği enerji basınçlı hava üretimi ile oranlanmasıyla Özgül Enerji Tüketim değeri elde edilir. Tablo 2.1. de bir kompresörün ÖET değerine bağlı olarak değerlendirme verileri gösterilmiştir. (Sapmaz & Kaya, 2017)

Tablo 2.1 Kompresör ÖET Değerine Göre Enerji Verimliliği Değerlendirmesi
(Sapmaz & Kaya, 2017)

Özgül Enerji Tüketimi (ÖET) kWh/m³	Enerji Verimliliği Değerlendirmesi
0,085-0,11	Çok İyi
0,11-0,13	İyi
>0,13	Yüksek

2.1.3 Kompresörler Spesifik Güç Tüketim

Enerji verimliliğinin kompresörlerde maksimum gözlendiği seviye kompresörlerin tam yükte çalışma prensibinde gerçekleşmektedir, fakat sistem içerisindeki debi ihtiyacı değişkenlik göstermekte olup buna bağlı kontrol mekanizmaları aracılığıyla %5 ile %20 arasında enerji verimliliği sağlamak mümkündür. (Karen, 2022)

Toplam kapasite, sistem elemanlarının normal yük değerlerine uygun olmalıdır. Yük faktörü kompresörün serbest hava veriminin yükte çalışma oranına denilmektedir bu değerler %50 ile %70 arasında olmalıdır. 1birim havayı dağıtmak için kompresörde tüketilen güç miktarı spesifik güç tüketimi olarak tanımlanır.

$$\text{Spesifik güç tüketimi} = \frac{\text{Kompresör tarafından çekilen güç}}{\text{Kompresör tarafından sağlanan debi}} \quad (3.1)$$

Verilen bu değerin küçük olması enerji verimliliğinin yüksek olduğunu ifade etmektedir. (Karen, 2022).

Kompresör tiplerine göre spesifik güç tüketim değer aralıkları Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Kompresör tiplerine göre spesifik güç tüketim değer aralıkları
(Karen, 2022)

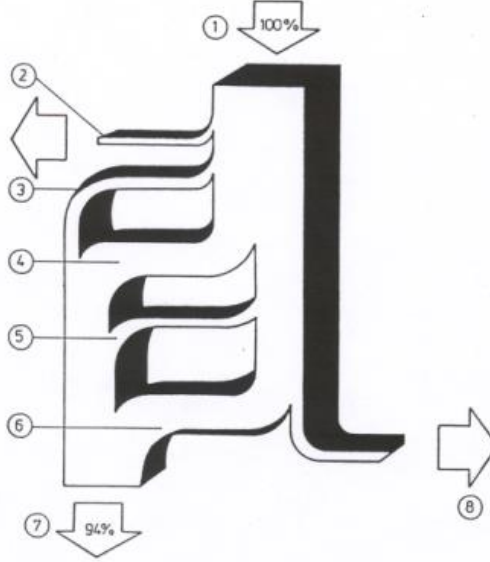
KOMPRESÖR TİPİ	Kwh(lt7s,7 bar)
Vidalı kompresörler (Küçük kapasiteli) yağlı	0,36-0,43
Vidalı kompresörler (Büyük kapasiteli) yağsız	0,43-0,40
Rotary kompresörler yağlı	0,40-0,43
Küçük pistonlu kompresörler	0,36-0,54
Büyük pistonlu kompresörler	0,29-0,36

2.1.4 Isı Geri Kazanımı Sankey Diyagramı

Kompresörlerde kullanılan enerjinin %94’ü ısı enerjisi olarak açığa çıkmaktadır. Kompresörlerde yüksek miktarda oluşan atık ısı enerji verimliliği noktasında önemli bir geri kazanım noktasıdır. Bu geri kazanım atık ısının bir ısı dönüştürücü eşanjör yardımı ile suyun ya da başka sıvının ısıtılmasıyla sıcak akışkanın başka proseste ısıtmada kullanılması ile kazanılabilir (Öztemir, 2010) Bir kompresörde yaklaşık olarak ısı dağılımı Sankey Diyagramı olarak şekil 2.2’te gösterilmektedir.

Bir kompresörde yaklaşık olarak ısı dağılımı

1.	Elektrik motorundan şafta verilen güç	%	100
2.	Radyasyon kayıpları	%	4
3.	Alçak basınç kademesinden ısı geri kazanımı	%	4
4.	Ara soğutucudan ısı geri kazanımı	%	43
5.	Yüksek basınç kademesinden ısı geri kazanımı	%	4
6.	Son soğutucudan geri ısı kazanımı	%	43
7.	Teorik olarak geri kazanılabilir ısı	%	94
8.	Basınçlı havada kalan ısı	%	6



Şekil 2.2 Bir kompresörde yaklaşık olarak ısı dağılımı (T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023)

2.1.5 Basınçlı Hava Sistemindeki Kaçaklar

Basınçlı hava sistemlerinde oluşan enerji kayıplarının en önemli sebeplerinden biri, sistemde oluşan hava kaçaklarıdır. Oluşan bu hava kaçakları nedeniyle sistemde basınç düşümü olmakta ve buna bağlı olarak kompresörler daha çok çalışarak basınç kaybını önlemeye çalışmaktadır. Üretilen havanın yaklaşık %25'i hava kaçakları nedeniyle yok olmaktadır. Hava kaçaklarında oluşan kaçak miktarını etkileyen önemli etkenler hat basıncı ve hava kaçağı olan noktanın çapıdır. Genelde hava kaçakları hat bağlantı noktalarında oluşmaktadır (boru bağlantıları, flanşlar, dirsekler manşonlar, redüksiyonlar, fitrelerde, uzatmalarda ve vana gövdelerinde). Hat bağlantılarında kaçak oluşma sebebi sıcaklık ve titreşim sonucunda bağlantıların gevşemesi nedeniyle oluşmaktadır. Basınçlı hava kaçaklarının bulunmasında birçok metot kullanılmaktadır. Bu metotlardan en modern olanı ultrasonic ses detektörü kullanılmasıdır. (Öztemir, 2010)

Basınçlı hava sistemlerinde oluşan kaçakların miktarlarına, miktarı etkileyen çapa ve basınçlarına göre yapılan çalışmada hava kaçak miktarları Tablo 2.3. de gösterilmiştir.

Tablo 2.3 Değişik Basınç ve Çaplarda Hava Kaçak Miktarları(lt/sn) (Öztemir, 2010)

Bar	0,5mm	1mm	2mm	3mm	5mm	10mm	12,5mm
0,5	0,06	0,22	0,92	2,1	5,7	22,8	35,5
1	0,08	0,33	1,33	3	8,4	33,6	52,5
2,5	0,14	0,58	2,33	5,5	14,6	58,6	91,4
5	0,25	0,97	3,92	8,8	24,4	97,5	152
7	0,33	1,31	5,19	11,6	32,5	129	202

Basınçlı hava analizlerinde kaçak miktarı, formül 3.2 ile tespit edilir;

$$L = \frac{Q * t_1}{t_1 + t} \quad (3.2)$$

L = Toplam Kaçak Miktarı (lt/sn)

Q = Kompresör Kapasitesi (lt/sn)

t₁ = Yükle Çalışma Süresi (sn)

t = Yüksüz Çalışma Süresi

Yaklaşık olarak kaybedilen güç ise formül 3.3 ile tespit edilir;

$$\text{Kayıp Güç} = L / 3 \text{ (kw)} \quad (3.3)$$

Basınçlı Hava Kaybedilen Güç Hesabı

Kompresör kapasitesi hakkında bilgi yok ise toplam kaçak miktarı hesabı, formül 3.4 ile tespit edilir;

$$L = \frac{V * P_1 * P_2}{t} \quad (3.4)$$

L = Toplam Kaçak Miktarı (lt/sn)

P₁ = Normal Çalışma Basıncı (bar)

P₂ = Düşük Basınç (bar)

V = Borulardaki Hava Miktarı (lt)

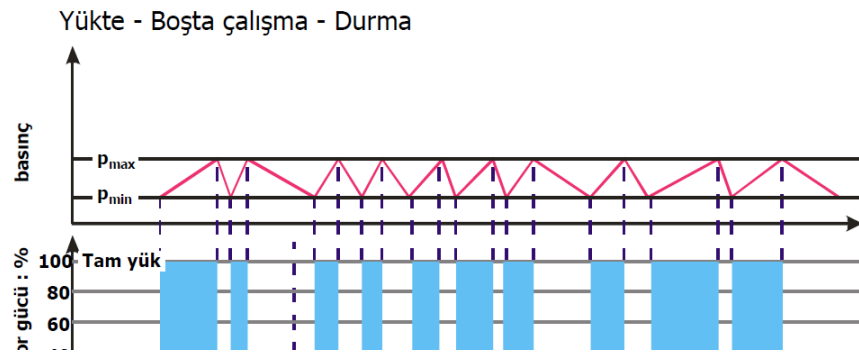
t = Zaman (sn)

2.1.6 Basınçlı Hava Kompresörü Değişken Hızlı Sürücü Uygulaması

Endüstriyel tesissilerde kullanım kolaylığı sağlayan basınçlı hava çok değerli bir kaynaktır fakat maliyeti yüksektir. Basınçlı hava sisteminde oluşacak bir problem bir arıza, üretimin durmasına kadar gidecek sorunlara yol açmaktadır.

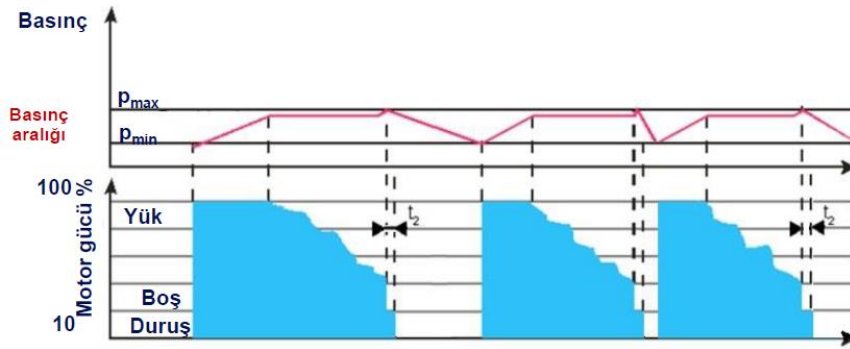
Tesiste ana basınçlı hava sistemini beslemek, sistemde basınçlı hava ile çalışan ünitelerin ihtiyacını karşılamak için kurulmuş, çalışma basınçları 6,5–7,5bar aralığında olan tipte basınçlı hava kompresörleri bulunmaktadır.

Kompresörler 6,5 bara düştüklerinde dolu yüke geçerek çalışmakta ve hava üretmekte olup basınç 7,5 bara geldiğinde boş yüke geçerek basınçlı hava üretimini durdurmaktadır. Bu tip çalışan kompresörler invertörsüz olup seçili basınçlara göre çalışıp durmaktadırlar. İnvertörsüz bu kompresörler dolu boş çalışma şekli nedeniyle enerji tüketimi konusunda dolu boş sayısına bağlı olarak verimsiz çalışmaktadır. Dalgalı sabit hava tüketimi olan sistemlerde daha çok dolu boş yaptığı için enerji tüketimi artarak verimsizlik artmaktadır. Bu verimsizliğin çözmenin en iyi yöntemi invertör kullanılarak sisteme 7,5 bar gibi tek bir basınç girmek. Sistemde ki hava tüketimine bağlı olarak kompresör hava üretim miktarını değiştirerek sabit basıncı yakalamaktadır. İnvertörlü motor ile kompresör motoru dur kalk yapmayıp sürekli çalışmakta ve verimsizliği ortadan kaldırarak enerji tüketimini azaltmaktadır. İnvertörlü kompresör ve invertörsüz kompresöre ait çalışma grafikleri ve aradaki tüketim farkını gösteren grafikler aşağıda verilmiştir. Ayrıca kompresörlerde düzenli bir çalışma oluşmasıyla arıza oluşumu azalmakta bakım maliyeti düşmektedir. (Taşdemir, 2019)

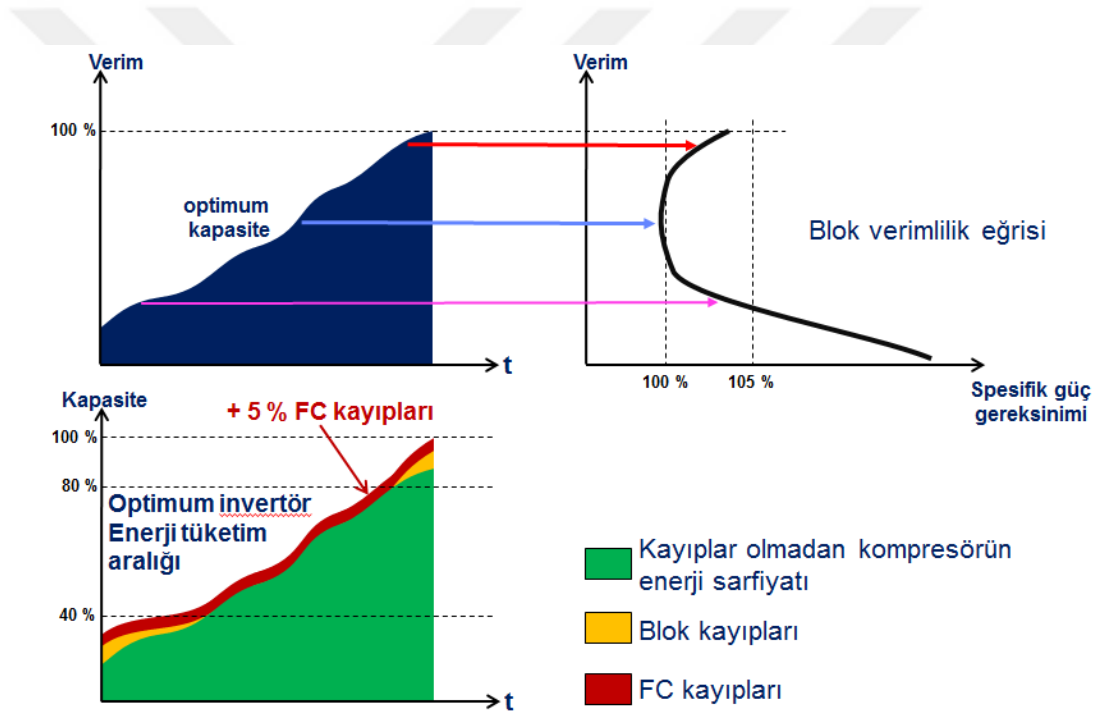


Şekil 2.3 İnvertörsüz Kompresör Güç Değer Grafiği (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023)

Değişken devirli kompresörler



Şekil 2.4 İnvertörlü Kompresör Güç Değer Grafiği (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023)



Şekil 2.5 İnvertörlü Kompresör Verim Grafiği (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023)

2.2 BUHAR

Fabrikalarda kurutma, pişirme ve birçok sistemin çalışması için buhar kullanılmaktadır. Buharın sağladığı faydalar aşağıda belirtilmiştir. Fakat buhar taşımıcılığında boru içi ve ortam arasında sıcaklık farkının yüksek olması nedeniyle ısı transferi oluşmakta ve bu da taşınan enerjinin azalmasına iş yapılabilirlik seviyesinin düşmesine neden olmaktadır. Isı transferinin minimize edilerek enerji kaybının en aza indirilmesi gerekmektedir. Isı transferinin azalması için ısı iletkenlik kat sayısı düşük malzemeler kullanılarak yalıtımlar yapılmalıdır.

- Buhar, yüksek miktarda ısı enerjisi taşır.
- Isı transferini sabit sıcaklıkta sağlar.
- Buhar kazanında kullanılacak su kolay tedarik edilir.
- Buharı nakletmek için enerjiye ihtiyaç duymayız.
- Buhar içerisinde yabancı madde barındırmaz
- Kontrol edilmesi kolaydır.
- Boru seçiminde küçük boru çapları kullanılır.
- Alevlenme özelliği olmadığı için buhar emniyetlidir

2.2.1 Buhar Hattı Isı Kaybı

Buhar hatların da ısı kaybının önlemenin yolu yalıtım yapılmasıdır. Yalıtım işlemi yapılırken sadece düz hatlar değil buhar taşımada görev alan tüm ekipmanlar yalıtımı yapılması gerekmektedir. (T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023)

- 60°C'nin üzerinde sıcaklıkta olan bölgelerin tamamı
- 50°C'nin üzerinde sıcaklıkta olan bölgelerin çoğu

2.2.1.1 YALITIM

2.2.1.1.1 YALITIM MALZEMELERİ

2.2.1.1.1.1 ORGANİK MALZEMELER

Bitkisel kaynaklı ve selüloz içeren malzemeler, (Mantar, keten, yalıtım keçeleri vb.)

2.2.1.1.1.2 İNORGANİK MALZEMELER

Cam yünü, kaya yünü, vermuculit, perlit, seramik, fiber vb.

2.2.1.1.1.3 SENTETİK MALZEMELER

Polistren, Poliüretan, Poliisosyanat, Kauçuk vb.

2.2.1.1.2 YALITIM MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİ

- Değişik İşletme Sıcaklıklarına Dayanım
- Fiziksel Mukavemet
- Basma Mukavemeti
- Mekanik Mukavemet
- Zararlı Emisyon Yayıma
- Yanma Direnci
- Korozyon Etkilere Dayanım
- Yalıtımın Kalınlığı ve Ağırlığı
- Kimyasal Etkilere Karşı Direnci
- Yüksek ısı direnci- R (m^2K/W) / Düşük ısı iletkenlik- λ (W/mK)
- Isı direnc başına en düşük maliyet
- Kolay ve ucuz işçilik

2.2.1.2 BORU SİSTEMİ VE EKİPMANLARIN YALITIMI

Boru sistemleri vana ve flanşlar da dahil olmak üzere eksiksiz yalıtılmalı. Bağlı bulunduğu boruya flanşlı bağlantı yapılmış yalıtımsız bir vanadan olan ısı kaybı aynı çapta ve aynı yüzey sıcaklığında, 2,5 m uzunluğunda yalıtımsız borudan olan ısı kaybına eşdeğerdir. Yalıtımsız bir flanştan olan ısı kaybı ise aynı çapta ve aynı yüzey sıcaklığında 0,5 m uzunluğunda yalıtımsız borudan olan ısı kaybına eşdeğerdir. Hat üzerinde düz borulardan daha önemli olanlar buhar ekipmanlarıdır. Bu ekipmanlar üzerinde direnc yüksek olduğu ve yüzey alanları düz boruya göre fazla olmaları nedeniyle ısı transferi artmaktadır. (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023)

2.2.1.3 YALITIMSIZ VANALARDA ISI KAYBI HESABI

Tesisatlar da bulunan yalıtımsız boru ve vanalara izolasyon yapılması ile ısı kaybının önlenmesinde aşağıdaki formüller ile ısı kaybı hesaplanmaktadır. (Çankaya, 2022)

2.2.1.3.1 YALITIM ÖNCESİ ISI KAYBI

$$Q_{\dot{o}} = (U_c + U_r) \times \pi \times d_1 \times (T_s - T_a) \quad (3.2.1)$$

$Q_{\dot{o}}$ = Yalıtım öncesi ısı kaybı

U_c = Konveksiyon ile ısı transfer katsayısı (W/m²K)

U_r = Radyasyon ile ısı transfer katsayısı (W/m²K)

T_s = Yüzey Sıcaklığı (°K)

T_a = Ortam Sıcaklığı (°K)

d_1 = Boru Dış Çapı (m)

Yalıtım öncesi ısı kaybını hesaplamak için konveksiyonla ısı transfer katsayısı (Denklem 3.2.2) radyasyonla ısı transfer katsayısı (Denklem 3.2.3) hesaplanmıştır. (Çankaya, 2022)

$$U_c = 1,15 \times \left(\frac{T_s - T_a}{d_1} \right)^{0,25} \quad (3.2.2)$$

$$U_r = 5,67 \times 10^{-8} \times E \times (T_s^2 + T_a^2) \times (T_s + T_a) \quad (3.2.3)$$

E = Emissivite katsayısı

Emissivite Katsayısı = 0,81

2.2.1.3.2 YALITIM SONRASI ISI KAYBI;

$$Q_y = \frac{\pi \times (T_s - T_a)}{\frac{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}{2 \times \lambda} + \frac{1}{U_{so} \times d_2}} \quad (3.2.4)$$

Q_y = Yalıtım sonrası ısı kaybı (W)

d_1 = Boru dış çapı (m)

d_2 = Yalıtım sonrası dış çapı (m)

λ = Yalıtım malzemesinin ısı iletkenliği (W/mK)

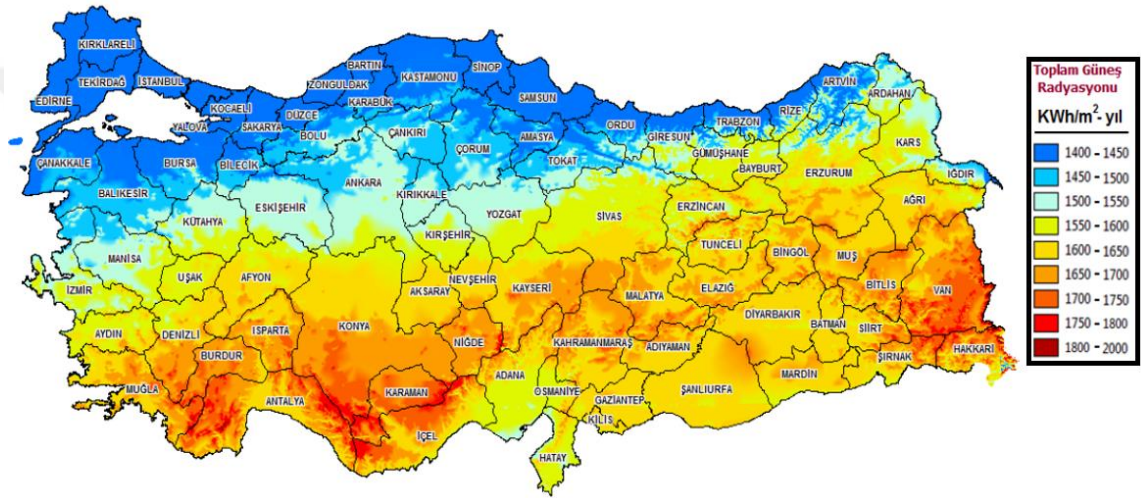
U_{so} = Yüzeysel Isı transfer katsayısı (W/m²K)

İşletmedeki yalıtımsız ekipmanlardan olan ısı kaybı ve yalıtım yapıldıktan sonraki ısı kaybı Denklem 3.2.1 ve Denklem 3.2.4 kullanılarak hesaplanmıştır. (Çankaya, 2022)

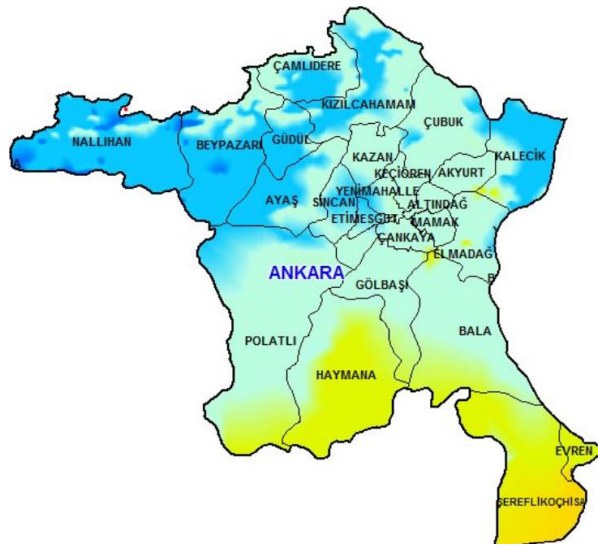
2.3 GES

2.3.1 Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyelimiz

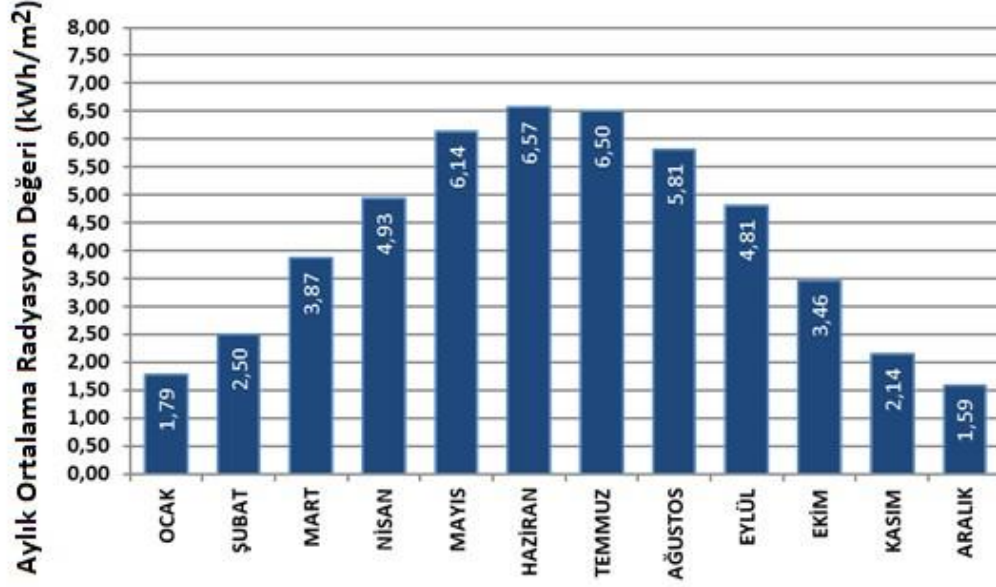
Türkiye coğrafi konumu incelendiğinde önemli bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat olmakla beraber ortalama yıllık toplam ışıınım değeri 1.527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Ankara İç Anadolu Bölgesinde bulunmakta olup yıllık ortalama güneşlenme süresi 2506 saat ve yıllık ortalama güneş ışıınımı 1389 Wh/m2'dir (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)



Şekil 2.6 Türkiye Toplam Güneş Radyasyonu (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)

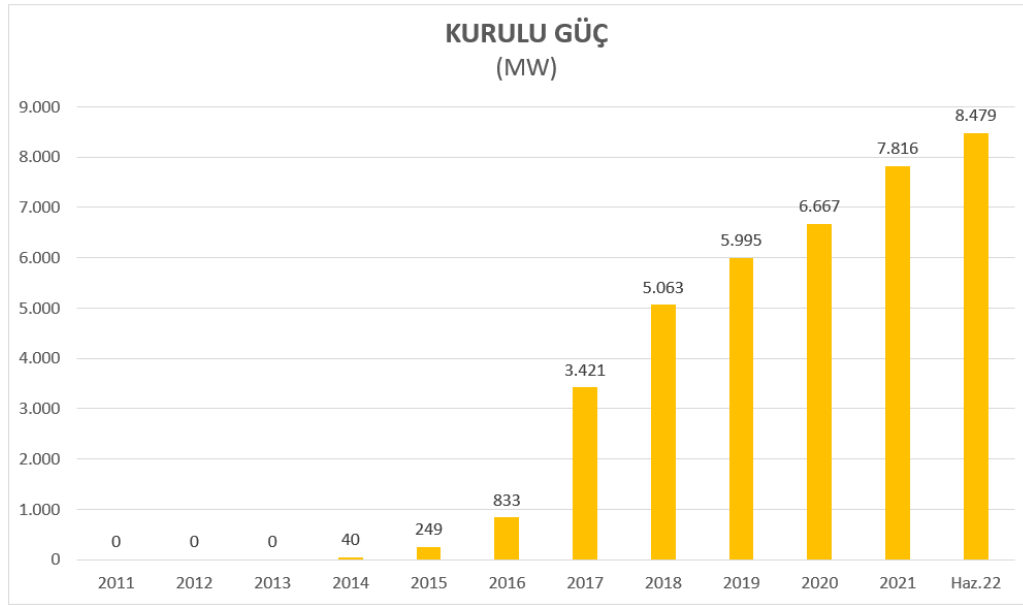


Şekil 2.7 Ankara Toplam Güneş Radyasyonu (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)



Şekil 2.8 Türkiye Aylık Ortalama Radyasyon Değeri (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)

Türkiye güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü haziran 2022 sonu itibariyle 8,479 MW, toplam kurulu güç içerisindeki oranı %8,35 olup aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır. (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)



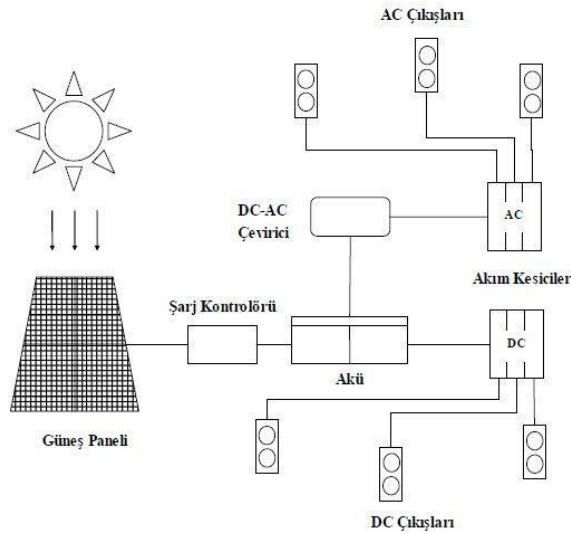
Şekil 2.9 Türkiye Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Kurulu Güç (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)

2.3.2 Fotovoltaik Sistemlerle Elektrik Enerjisi Üretimi

Işık ve elektrik enerjisi anlamına gelen Fotovoltaik sistemler kelime anlamına bakıldığında güneş pilleri olarak da adlandırılmaktadır. Yarı iletken madde olarak bilinen fotovoltaik sistemler yüzeyine aldığı güneş ışığını kullanarak elektrik enerjisi üretimini ve dönüşümünü sağlamaktadır. (Karataş, 2009)

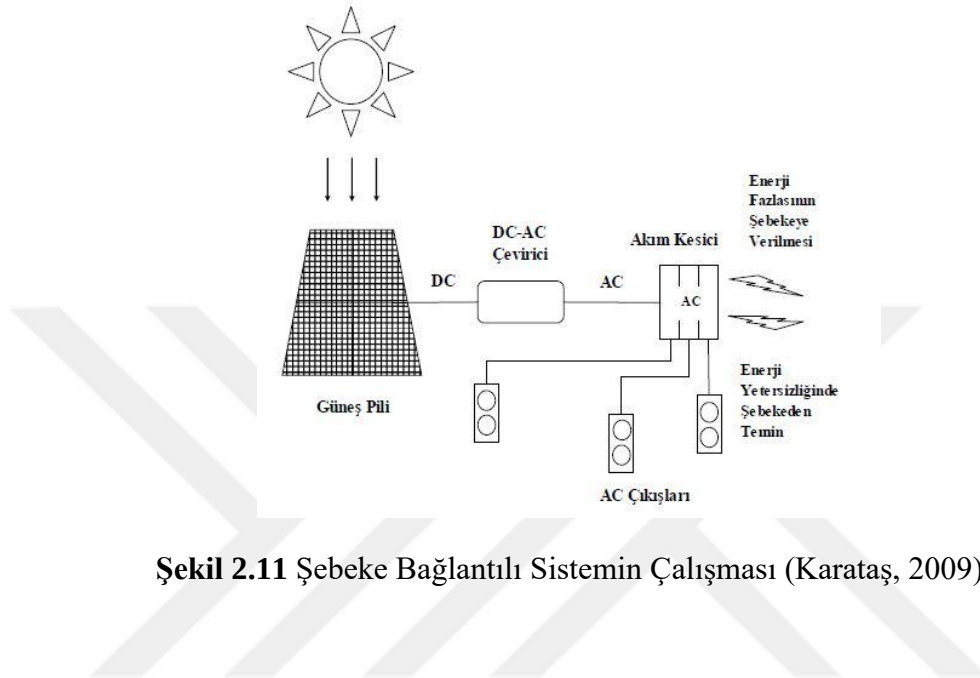
Fotovoltaik güneş sistemleriyle elektrik üretiminin temel prensibi fotovoltaik dönüşümlerdir. Bu dönüşümler iki adımdan oluşmakta olup ilk adımda pozitif-negatif akım taşıyıcıları olan yük çiftlerinin oluşturulmasıdır, ikinci adımda da çiftlerin bir elektrik alanı ile birbirinden ayrılmasıdır. PN eklemi oluşturulma aşamasında içerisinde fazla elektron bulunan n- tipi yarı iletken madde fazla pozitif yük bulunduran p -tipi yarı iletkenler yan yana getirilmektedir. Bu ekleme yapısal açıdan oluşturulan bir elektriksel alan bulunmaktadır. Enerji dönüşüm olaylarının tamamı bu bölgede olmaktadır. Oluşturulan eklemeye gelen güneş fotonları enerjilerini bu eklemelektronlara vermektedir ve buna bağlı olarak negatif pozitif yükler, mevcutta bulunan elektriksel alan ile birbirinden ayrılırlar ve devrede bu duruma bağlı olarak akım üretilmiş olur. Üretilen bu akım bir akü grubuna veya DC/AC invertörlerle şebekeye verilebilmektedir. (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2022)

Şebek bağlantısız sistemler, elektrik şebekesine bağlı olmayan sistemler olarak tanımlanmaktadır. (Karataş, 2009)



Şekil 2.10 Şebeke Bağlantısız Sistemin Çalışması (Karataş, 2009)

Genellikle şebeke bağlantılı sistemler incelendiğinde sistemde elektrik depolayıcı bir akü bulunmaz. Elektrik akımını alternatif akıma çevirerek kullanılmaktadır ve üretim fazlası elektrik şebekeye satılmaktadır. Enerji olmaması durumunda sistemden belirli bir maliyetle enerji çekilmektedir. (Karataş, 2009)

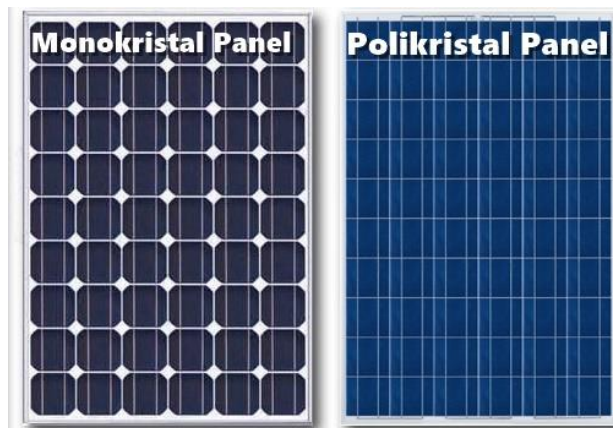


Şekil 2.11 Şebeke Bağlantılı Sistemin Çalışması (Karataş, 2009)

2.3.2.1 PANEL TEKNOLOJİLERİ

2.3.2.1.1 KRİSTAL PANELLER

Kristal paneller kullanım ömürlerinin yüksek olması nedeniyle en çok kullanılan panellerdir. Mono ve Polikristal olmak üzere iki grupta incelenebilir.



Şekil 2.12 Monokristal ve Polikristal Panel (Enerji Gazetesi, 2019)

2.3.2.1.1.1 MONOKRİSTAL

Verimlilik açısından yüksek bir panel türü olmakla beraber, diğer panellere göre daha az alan kaplamaktadır. Teknolojik sebeplerden dolayı üretim aşaması daha uzun sürmektedir fakat uzun ömürlü ve daha verimli olması projelerde tercih edilmesinin en önemli nedenlerindendir. (Öztürk, Güneş Enerji Sistemlerinde Verim Analizi Ve Enerji Kayıplarının Tespiti, 2020)

2.3.2.1.1.2 POLİKRİSTAL

Verimlilik ve kalite açısından incelendiğinde monokristal panellere oranla daha az olup verim düşüklüğüne rağmen yine de kullanımı yaygındır. Bu yaygınlığın başlıca sebepleri üretimin çabuk olması ve uygun maliyetlerle piyasaya sunulmasıdır. (Öztürk, Güneş Enerji Sistemlerinde Verim Analizi Ve Enerji Kayıplarının Tespiti, 2020)

2.3.2.1.2 İNCE FİLM PANEL

Çerçevesiz panel olarak bilinmektedir bu nedenle güneşten gelen ışınları tutma oranı diğerlerine göre daha yüksek olup, ürettiği enerji bakımından ve verim düşüklüğü sebebiyle projelerde sık kullanılmamaktadır. Malzeme türü olarak incelendiğinde genel olarak çok kristalli malzemelerdir. Verimlilik yüzdeleri genel olarak 5-15 arası değişmektedir. (Öztürk, Güneş Enerji Sistemlerinde Verim Analizi Ve Enerji Kayıplarının Tespiti, 2020)

2.3.2.1.3 ESNEK PANEL

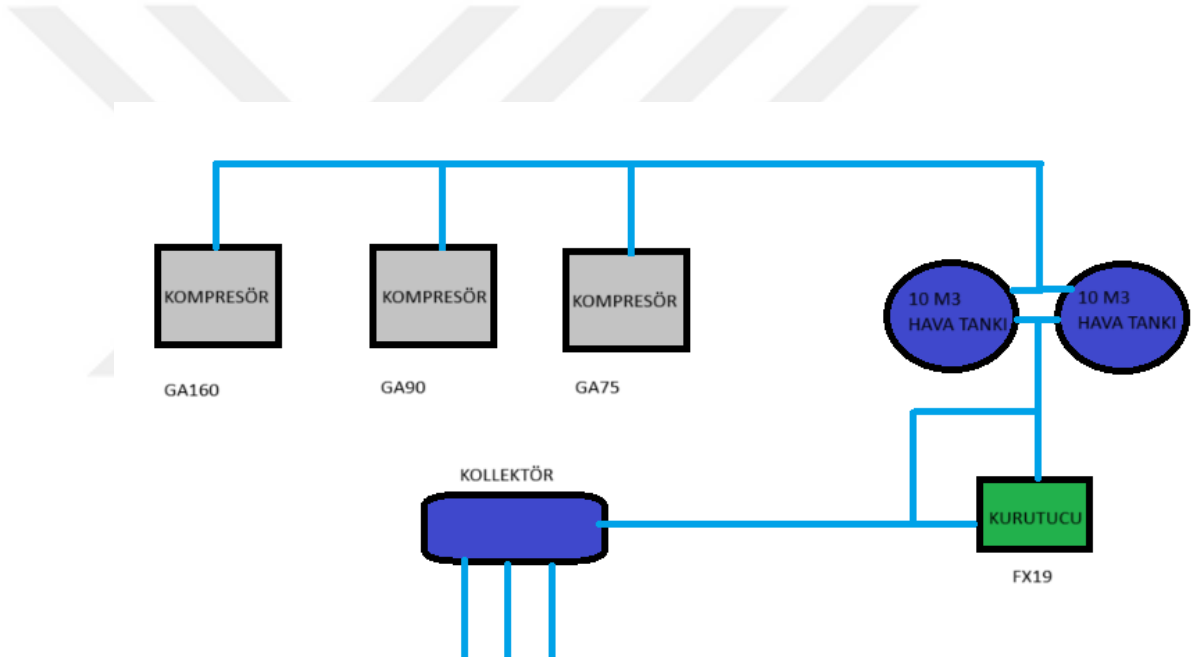
Esnek olarak imal edilip etrafında çerçeve barındırmayan panel türüdür. En yaygın kullanım alanı çatı sistemleri olmakla beraber kolay taşınabilirliği ve konstrüksiyon malzeme gereksinimine ihtiyaç duymaması tercih nedenleri arasında başlıca sebeplerdendir, çatıya uygulanmasından dolayı çatıyı güçlendirmekle beraber aynı zamanda sızdırmazlığı da sağlamaktadır. Verim olarak diğer panellere göre daha düşüktür. (Öztürk, Güneş Enerji Sistemlerinde Verim Analizi Ve Enerji Kayıplarının Tespiti, 2020)

3. BULGULAR

3.1 BASINÇLI HAVA ANALİZİ

3.1.1 Kompresör Değişimi Öncesi Sistem Tarifi

Fabrikada 1 adet kurutucu 3 adet kompresör ve 2 adet 10 m³ kapasiteli hava tankı bulunmaktadır. Kompresörlerden 2 adeti sürekli kullanılmakta ve 1 adeti arıza ya da bakım durumu için yedek olacak şekilde beklemektedir. Üretilen basınçlı hava tanka gitmekte tanktan kurutucuya kurutucudan kolektöre gelerek sisteme verilmektedir.



Şekil 3.1 Kompresör Hat Şeması



Fotoğraf 3.1 Kompresör Odası

Kompresörlerin 6,5 – 7,5 bar set değerleri arasında çalışmaktadır. Kompresörlerin etiket bilgileri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir

Tablo 3.1 Kompresör Etiket Bilgileri

Marka	Model/Tip	Kapasite (m3/dk)	Motor (kw)	İnverter	Max.Basınç(Bar)
Atlas Copco	GA160	32,2	178	Yok	8,5
Atlas Copco	GA90	16,8	95	Yok	7,5
Atlas Copco	GA75	12,7	75	Yok	7,5

Basınçlı hava sisteminde tesisinin basınçlı hava depolama ihtiyacı 2 adet basınçlı hava tankı ile karşılanmaktadır. Tanka ait etiket bilgileri aşağıdaki tablo sunulmuştur.

Tablo 3.2 Hava Tankı Etiket Bilgileri

Hava Tankı Adı	Marka	Kapasite (lt)	İşletme basıncı (Bar)
Tank 1	ARGE Kazan	10.000	10
Tank 2	ARGE Kazan	10.000	10

Basınçlı hava sistemine hitap eden 1 adet kurutucu bulunmaktadır. Kurutucuya ait etiket bilgileri aşağıdaki tablo sunulmuştur

Tablo 3.3 Kurutucu Bilgileri Etiketi

Marka	Model	Maksimum Basınç (Bar)
Atlas Copco	FX19	18,7

3.1.1.1 YAPILAN ÖLÇÜMLER VE ALINAN DEĞERLER

Basınçlı hava hatları ve kompresörlerde yapılan ölçümler mekanik ve elektriksel olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir. Mekanik ölçümler yapılırken basınçlı hava hatları ve kompresörün basınç değerleri kullanılır. Elektrikli ölçümlerde ise kompresörü tahrik eden elektrik motorlarından enerji analizör yardımıyla elde edilen ölçümler kullanılır.

3.1.1.2 KOMPRESÖR ANALİZİ

Kompresör güçleri elektriksel ölçümler kapsamında enerji analizörü ile ölçülmüş olup, kompresör çıkışında hava tankı basıncının 7,4 bar olduğu kurutucu sonrasında ise 7 ,0 bar'da kolektöre girdiği sonucuna varılmaktadır. Etiket hava debileri kompresör firmasıyla görüşülerek öğrenilmiştir.

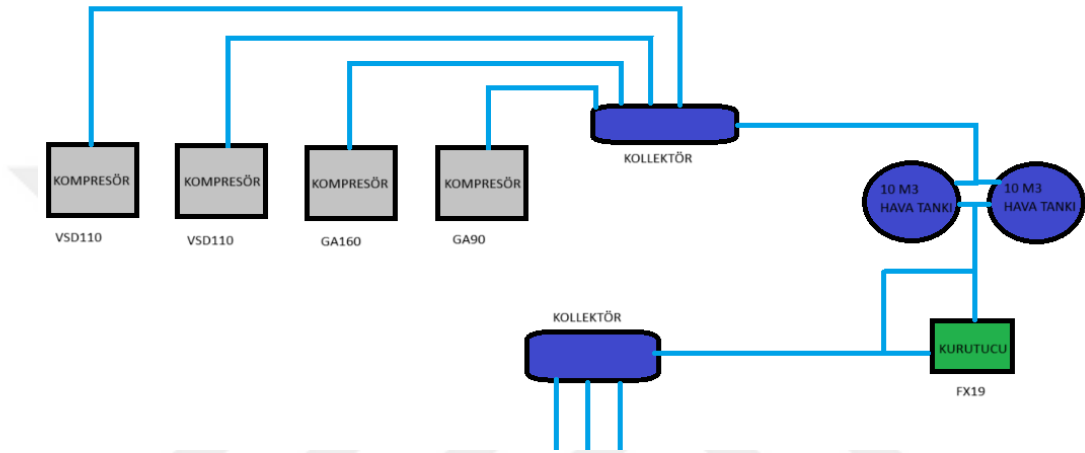
3.1.1.3 KURUTUCU ANALİZİ

Basınçlı hava sisteminde bulunan kurutucunun giriş kısmında bağlı olan manometreden okunan basınç değeri 7,4 bar ve çıkış kısmından okunan basınç değeri ise 7,0 bar dır. Kurutucunun giriş ve çıkış arasında bulunan basınç kayıp değerinin olması gereken asıl değer katalog bilgilerinden bakılarak 0,35 bar olması gerektiği görülmektedir. Fakat bizim kurutucuda bulunan giriş ve çıkış basınç farkı yaklaşık olarak 0,42 bar olduğu görülmektedir. Kurutucuda olması gerekenden daha fazla basınç kaybının olduğu görülmektedir. Oluşan basınç kaybının fazla olmamasının nedeni kurutucuda bulunan filtre ya da mekanik akşamlarda oluşacak tıkanıklıklardan kaynaklanmış olma ihtimali bulunmaktadır.

Kurutucu elektrik tüketim verileri bakıldığında saatte 3 kwh olduğu gözükmetedir.

3.1.2 Kompresör Değişimi Sonrası Sistem Tarifi

Fabrikada invertörlü yeni kompresörler alınması sonrası 2 adet kendinden kurutuculu kompresör 2 adet normal kompresör, 1 adet kurutucu, 2 adet 10 m³ kapasiteli hava tankı bulunmaktadır. Kompresörlerden 2 adeti (invertörlü olanlar) aktif kullanılmakta ve 2 adeti yedek olacak şekilde çalışmaktadır. Kurutucu hava koşullarına ya da kurutuculu kompresörlerde oluşacak arıza durumuna bağlı olarak yedekte durmaktadır. Üretilen basınçlı hava kolektöre, kolektörden tanka gitmekte tanktan kurutucuya kurutucudan kolektöre gelerek sisteme verilmektedir.



Şekil 3.2 Yeni Kompresör Hat Şeması



Fotoğraf 3.2 Invertörlü Kendinden Kurutuculu Yeni Kompresörler

Basınçlı hava üretimi ve kurutucu işlemi için sisteme dahil edilen kompresörlerin etiket bilgileri.

Tablo 3.4 Yeni Kompresörler Etiket Bilgisi

Marka	Model/Tip	Kapasite (m3/dk)	Motor (kw)	İnverter	Max.Basınç(Bar)
Atlas Copco	GA 110 VSD+FF	20,7	110	VAR	12,75
Atlas Copco	GA 110 VSD+FF	20,7	110	VAR	12,75

3.1.3 Değerlendirmeler ve Hesaplamalar

3.1.3.1 KOMPRESÖR ANALİZİ

Kompresörlerden enerji analizörlerinden alınan ölçümler değerlendirilmiş ve kompresörlerin etiket bilgilerine göre spesifik enerji tüketimleri hesaplanmış, 7 aylık oranla tüketim değerleri tabloda belirtilmiştir. Yapılan hesaplamalarda kompresörlerin spesifik enerji tüketimlerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. İnvertörsüz kompresörler yedekleme amaçlı sistemde tutularak eş yaşlandırma yapılabilen kendinden kurutucunu ve invertörlü 2 adet 110 kw gücünde kompresör alınmıştır.

Kompresör seçiminde tüketilen hava debisine ve kullanılan basınç değerleri göz önüne alınarak en iyi set değere sahip kompresör seçimi yapılmıştır. Kompresörlere ait Spesifik Enerji Tüketimi (kW h/m3) (Min.) aşağıdaki tabloda gösterilmiş olup 2500 rpm minimum SET değerine 600 rpm de maksimum SET değerinde basınçlı hava üretimi olmaktadır.

Tablo 3.5 Spesifik Enerji Tüketimi (kW h/m3)

Motor Devri rpm	m3/dk	Kw	SET
600	2,922	21,2	7,26
715	3,498	24,2	6,92
852	4,194	27,8	6,63
1000	4,95	31,8	6,42
1500	7,518	45,6	6,07
2000	10,104	59,8	5,92
2500	12,678	74,6	5,88
3000	15,048	89,7	5,96
3238	16,212	97,1	5,99
3763	18,708	113,8	6,08
4200	20,688	128,2	6,20

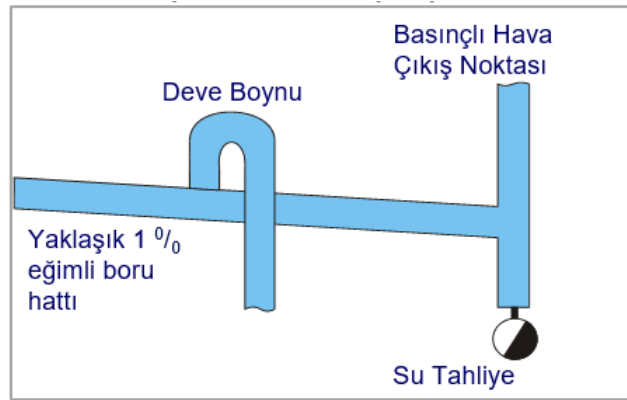
3.1.3.2 KURUTUCU ANALİZİ

Eski Basınçlı hava sisteminde buluna kurutucu yerine kendinden kurutuculu kompresörler kullanılmasıyla kurutucuya ihtiyaç kalmamıştır. Kendinden kurutuculu kompresörler ile basınç kaybı oluşmamakta sistem harici enerji tüketimi olamamaktadır.

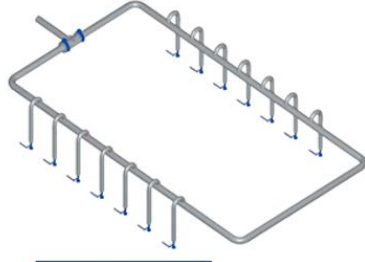
3.1.3.3 BASINÇLI HAVA SİSTEMİNİN DİZAYNI

Basınçlı hava sistemi şekil 3.2’de gösterildiği gibi dizayn edilmiştir. Basınçlı hava birden çok kompresör tarafından üretilerek sisteme verilebileceği için çıkan hava ilk olarak hava toplayıcı kolektöre gelmektedir. Hava toplayıcı kolektörden sonra 20 m³ lük hava tanklarında depolanmakta ve sistemin bağlı olduğu hava dağıtıcı kolektöre gelmektedir. Kompresörler kendinden kurutuculu olduğu için çıkan havada nem değeri düşüktür tanklarda su birikmesi gözlenmemektedir. Fakat hava ve ortam arasında bulunan sıcaklık farkının artması nedeniyle hatlarda ve tanklarda nem miktarının artması nedeniyle sisteme ek kurutucu bulunarak devreye alınabilmektedir.

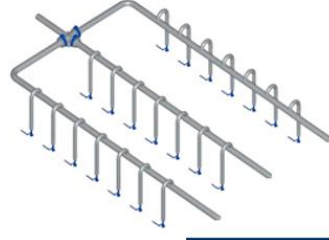
Basınçlı hava hatlarında hava kullanım noktasına gidene kadar belli yollar izlemektedir. Bu hava hatları ilk başta yapılırken akış yönünde %1 eğim ve her 30 metrede bir drenaj noktası oluşturulmalı, boru bağlantıları yapılırken deve boynu diye adlandırdığımız şekildeki gibi bağlantıları yapılmalıdır. Öncesine alınmasıyla kurutucunun yükünün düşürülmesi mümkündür.



Şekil 3.3 Deve boynu ve su toplayıcı kullanımı. (T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2023)



**Ring
Şebeke**



**Dal
Şebeke**

Şekil 3.4 Tüketim Bağlantı Hatları Yukarıdan Bağlanmalıdır. (T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023)



3.2 BUHAR HATLARINDA TERMAL KAYIPLARIN İNCELENMESİ

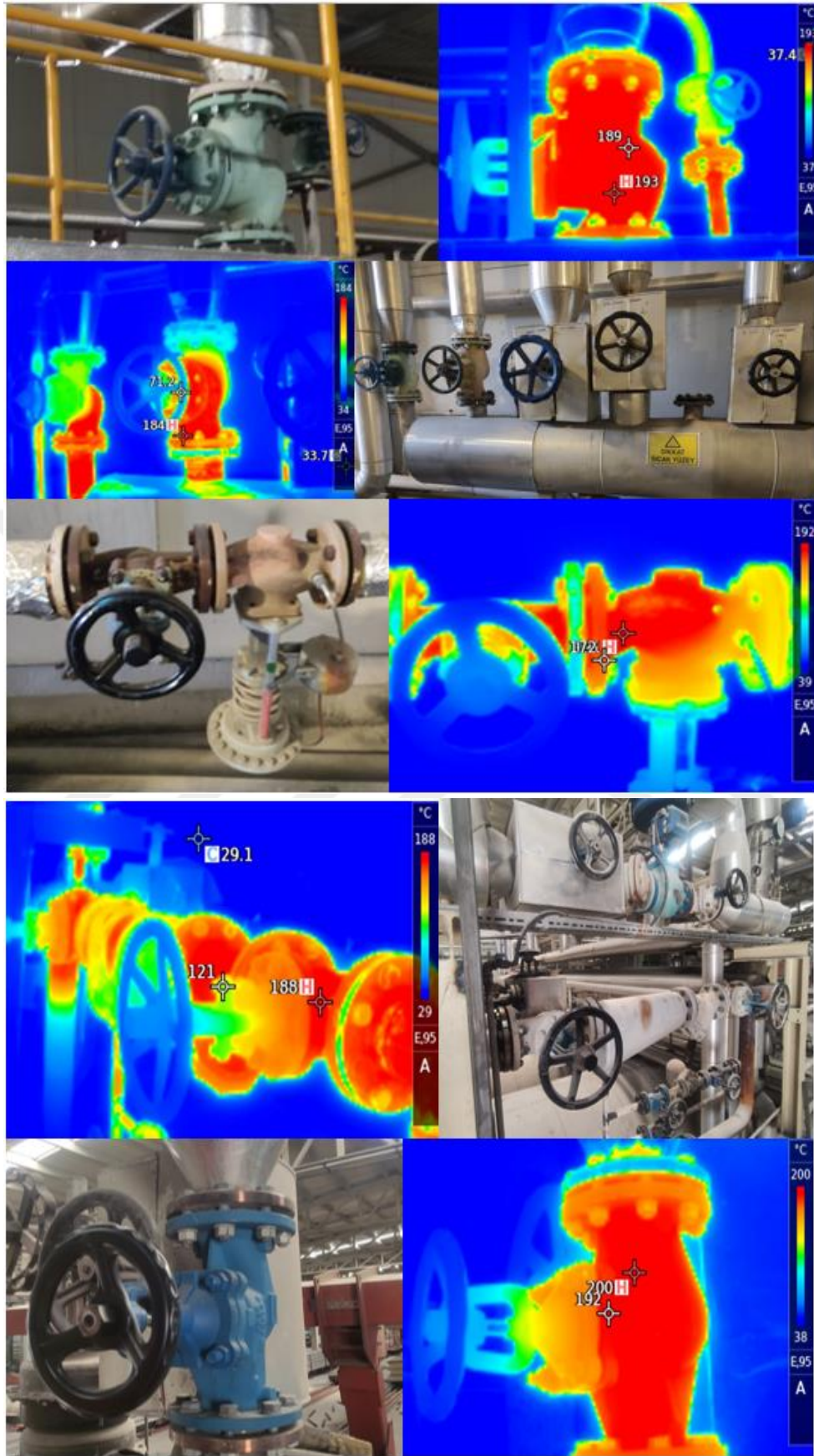
Buhar ve sıcak su hatlarında bulunan yalıtımsız ya da yetersiz yalıtım yapılan bölgelerde ısı kayıpları termal kamera ile incelenerek tespit edilebilir.

Fabrikada bulunan buhar ve sıcak su hatları testo 865 termal kamera ile incelenmiş olup ısı kayıplarının olan yerlerin sıcaklık değerleri tespit edilmiştir.

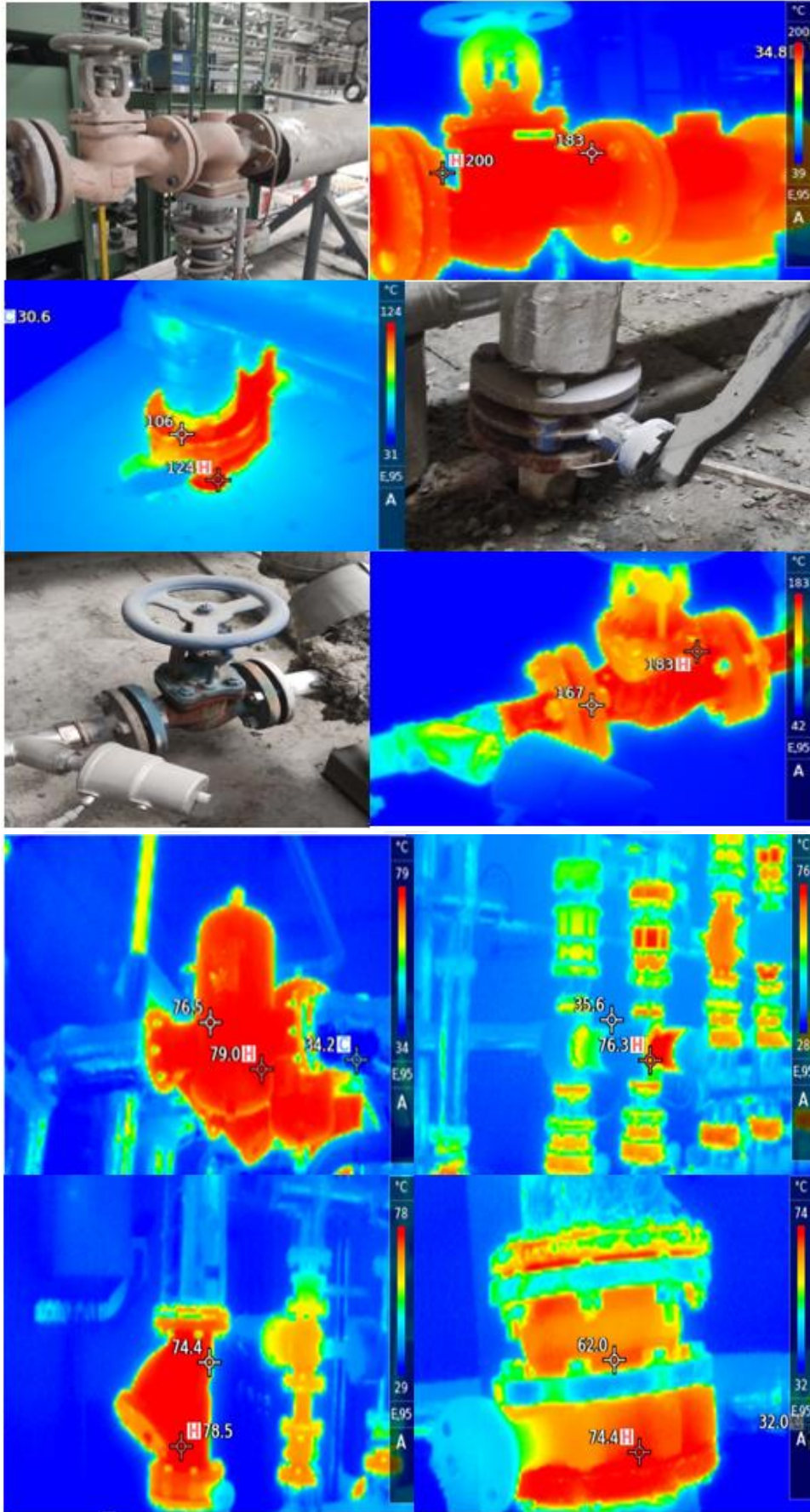


Fotoğraf 3.3 Termal Kamera (TESTO 865)

Fabrikada buhar hatları ve sıcak su hatları termal kamera ile ölçümleri yapılmıştır. Fabrika genelinde yalıtım ekipmanlarının uygulandığı tespit edilmiş fakat bazı noktalarda izolasyonuz vanalar ve diğer ekipmanlar olduğu görülmüştür. Tespit edilen noktaların termal kamera ile yapılan çekimler sonucu alınan görüntüleri aşağıda verilmiştir.



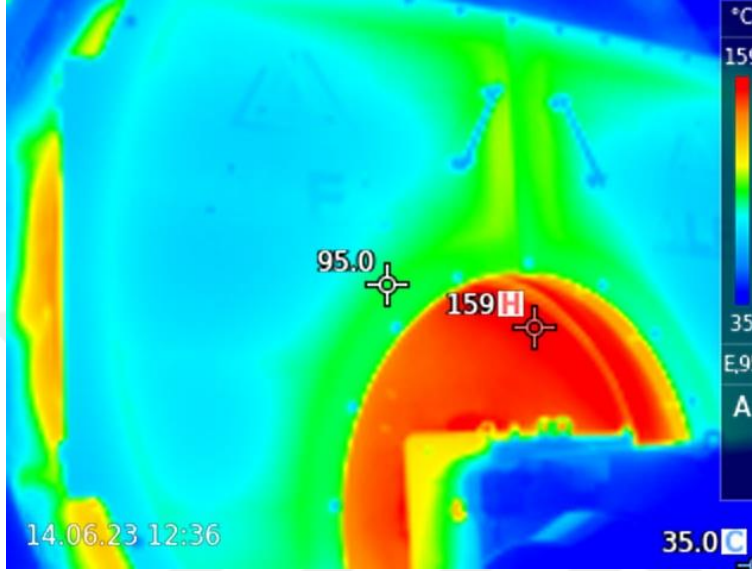
Şekil 3.5 Yalıtımsız Vana ve Yalıtımsız Borular



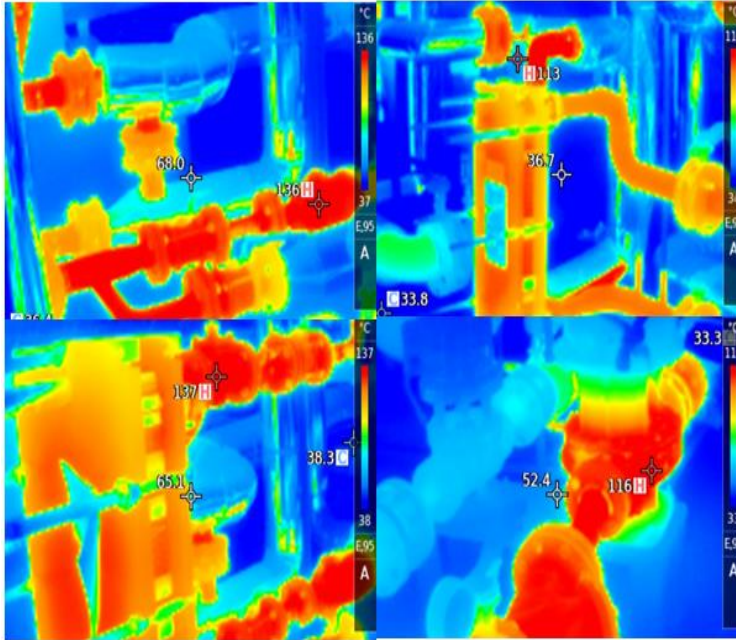
Şekil 3.6 Yalıtımsız Vana ve Yalıtımsız Borular

3.2.1 Hat Dışı Termal Kayıplar

Tüm buhar sistemleri incelendiğinde boru ve vana ekipmanları dışında ısı kaybı meydana gelen bölgeler bulunmaktadır. Bu bölgelerin yalıtılması durumunda da yüksek enerji tasarrufu sağlanmaktadır.



Şekil 3.7 Kazan Yüzeylerinden Isı Kaybı



Şekil 3.8 Eşanjör Yüzeylerinden Isı Kaybı

3.3 BETOPAN FABRİKASINDA GES



Fotoğraf 3.4 Betopan Fabrikası GES

Fabrika çatasına elektrik tüketimin yerinde karşılanması, elektrikte dışa bağımlılık miktarının azaltılması ve elektrik alım miktarının düşürülmesi ile elektrik maliyetinin azaltılması için GES kurulumu yapılmıştır. Yapılan GES sistemi şebeke bağlantısı ile çalışmakta olup çift taraflı elektrik akımı bulunmaktadır. Sistem ihtiyacına göre üretilen elektrik satılmakta ya da şebeke tarafında alınmaktadır.

Kurulumu yapılan GES projesinde 2200 kW AC kurulu güce sahip sistem kurulmuştur. Bu sistemde;

5186 adet 455Wp güce sahip pv panel

22 adet 100 KW güce sahip evirici kullanılmıştır.

Modül Güç Sınıfı / Module Class	: PW M6x72 455W
P _{max} (± 3 %)	: 455,00 Wp
V _{mpp} (± 3 %)	: 41,93 V
I _{mpp} (± 3 %)	: 10,86 A
V _{oc} (± 3 %)	: 49,48 V
I _{sc} (± 3 %)	: 11,65 A
Koruma Sınıfı / Safety Class	: II
Max Akım Kor. / Max OC Protect	: 20A
Max. Sis. Volt. / Max Sys Voltage	: 1500 VDC
Boyutlar / Dimensions	: 2095 x 1039 x 40 mm
Ağırlık / Weight	: 24,5kg
Yangın Sınıfı / Fire Rating	: C Sınıfı / Class C
Tasarım Yükü / Design Load	: 1600 Pa
Koruma Kat. / Safety Factor γ _m	: 1,5
Uygulama Sınıfı / App. Class	: A Sınıfı / Class A
Ölçüm Değerleri / Measured specs ± 3 %	
STC: 1000 W/m ² , (25 ± 2) °C, AM 1,5 according to IEC 60904-3 and IEC TS 61663.	

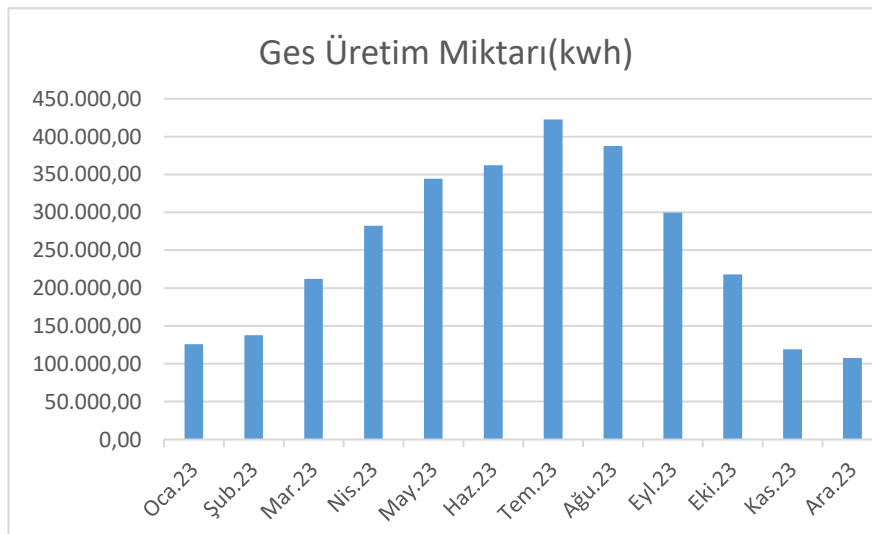
Şekil 3.9 Pv Panel Bilgileri

GES tarafından 2023 yılında üretilen elektrik miktarları tablo 3.6’ da verilmiştir. Üretilen elektriğin %82’si fabrika içinde kullanılırken %18’i şebekeye verilmektedir. 2023 yılında toplam 3.019.522,19 KWh üretim yapılmış olup, 2.385.218,99 Kwh fabrika içinde kullanılıp 634.303,20 KWh şebekeye satılmıştır. GES tarafından üretilen elektrik 2023 yılında tüketilen elektriğin yaklaşık olarak %26’sını oluşturmaktadır.

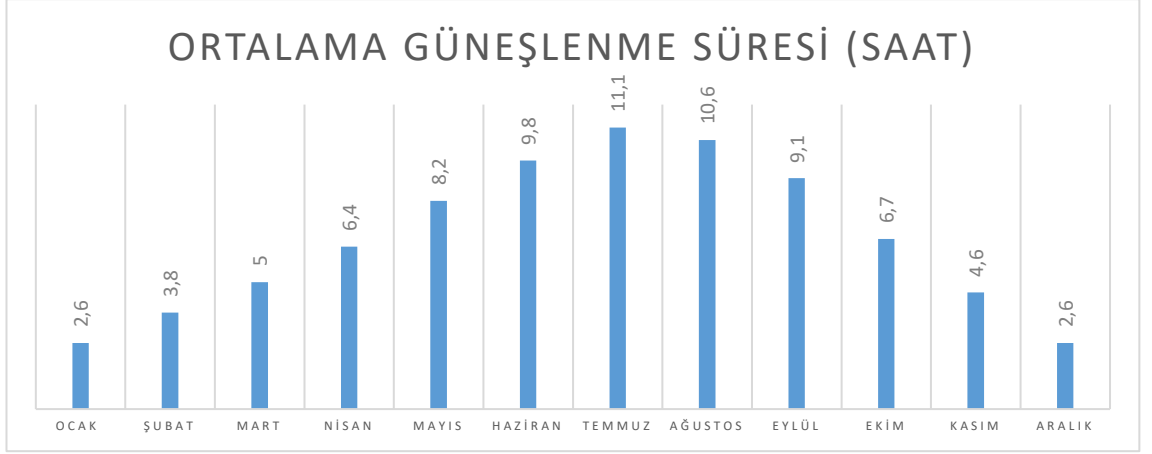
Tablo 3.6 GES Üretim Miktarı 2023

Aylar	Ges Üretim Miktarı(kwh)	Ges İç Tüketim (kwh)	Ges Dışarıya satış(kwh)	GES iç kullanım %	
Oca.23	125.824,92	117.026,04	8.798,88	93%	
Şub.23	137.532,25	124.085,53	13.446,72	90%	
Mar.23	212.354,74	183.843,94	28.510,80	87%	
Nis.23	282.182,77	230.085,01	52.097,76	82%	
May.23	344.440,16	253.757,60	90.682,56	74%	
Haz.23	362.318,05	228.231,73	134.086,32	63%	
Tem.23	422.703,22	314.472,58	108.230,64	74%	
Ağu.23	387.504,80	315.860,72	71.644,08	82%	
Eyl.23	299.479,64	223.138,04	76.341,60	75%	
Eki.23	218.264,60	194.865,32	23.399,28	89%	
Kas.23	119.126,12	107.213,96	11.912,16	90%	
Ara.23	107.790,92	92.638,52	15.152,40	86%	
TOPLAM	3.019.522,19	2.385.218,99	634.303,20	Ortalama	82%
Ortalama	251.626,85	198.768,25	52.858,60		

GES üretim verileri incelendiğinde aylara göre farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılığın sebebi aylara bağlı güneşlenme süresi ve güneş ışınlamıdır.



Şekil 3.10 GES Üretim Grafiği 2023



Şekil 3.11 Ankara Ortalama Güneşlenme Süresi Grafiği (MGM, 2024)

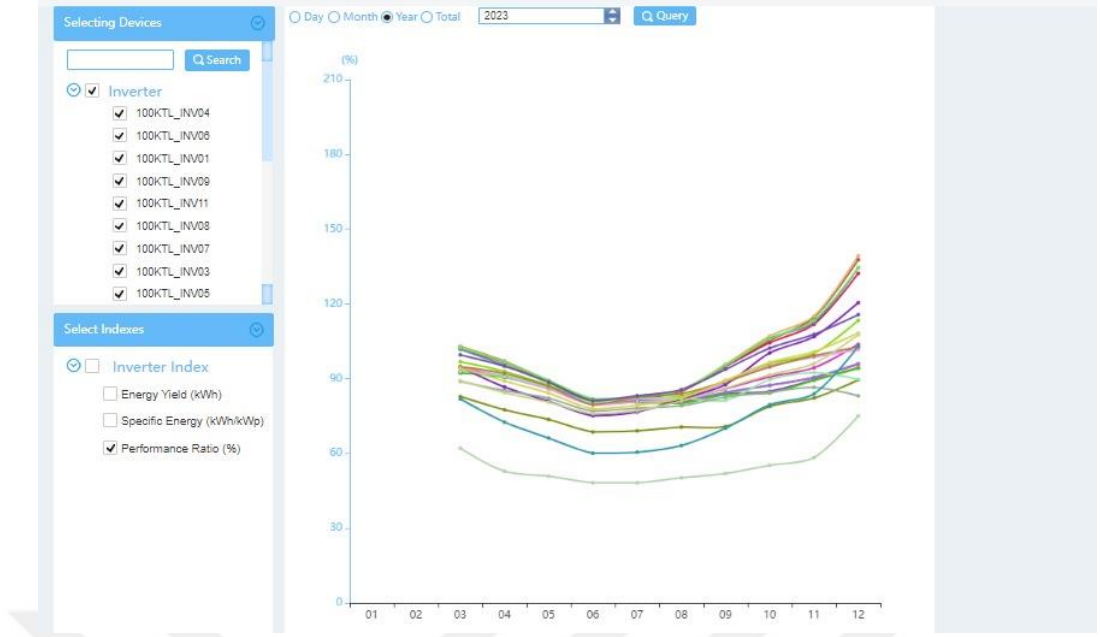
Ortalama güneşlenme süresi ve üretim grafikleri karşılaştırıldığında aralarında doğru orantı olduğu gözlemlenmektedir. Fakat orantı olmasına rağmen artış miktarları aynı oranda değildir. Bunun sebebi güneş harici verimi etkileyen diğer durumlardır. Verimi etkileyen durumlar genel olarak panele invertör sıcaklığı, panel yüzey temizliği ve hava şartlarıdır.

3.3.1 Panel Yüzey Temizliğini Elektrik Üretimine Etkisi

Farikada bulunan GES yüzeyinde (fotoğraf 3.5)'de gözüktüğü üzere yoğun toz nedeniyle yüzeylerde katman oluşturarak güneş ışınların soğurulmasını engellemektedir.



Fotoğraf 3.5 Tozlu Paneller



Şekil 3.12 İnvertörlere Bağlı Panel Performans değerleri.

Yüzeyde toz katmanı oluşturmuş paneller aralık (12. ay) ayı başında yıkanmıştır. Yıkama işlemi soncu tozlu yüzeylere bağlı olan invertörlerde performans değerlerinde yüksek artış gözlemlenmiştir. Performans değerleri invertör üzerinden alınmakta olup yazılım ile 7/24 takip edilebilmektedir.

4. TARTIŞMA

4.1 BASINÇLI HAVA SİSTEMİ ENERJİ TASARRUF MİKTARLARI

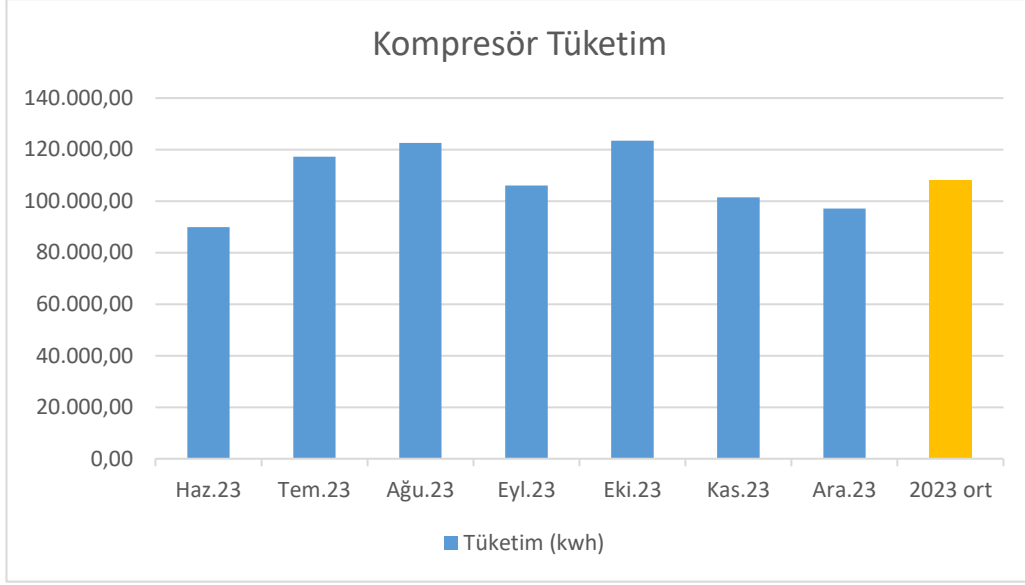
Basınçlı hava sistemine dahil edilen 2 adet invertörlü kompresör sonucu, enerji analizörleri ile alınan verileri ışığında ortalama eski sistem ve yeni sistem karşılaştırıldığında tüketim miktarlarında **%28** azalma gözlemlenmiştir. Yeni sistemde kurutucu devreden çıkarılmasıyla da saatlik 3 kWh enerji tasarrufu edilmiştir.

4.1.1 Kompresör verileri karşılaştırılması sonucu tasarruf miktarı

Enerji analizörlerinden alınan verilere göre kompresör tüketim verileri aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4.1 Kompresör Tüketim Verileri (2023)

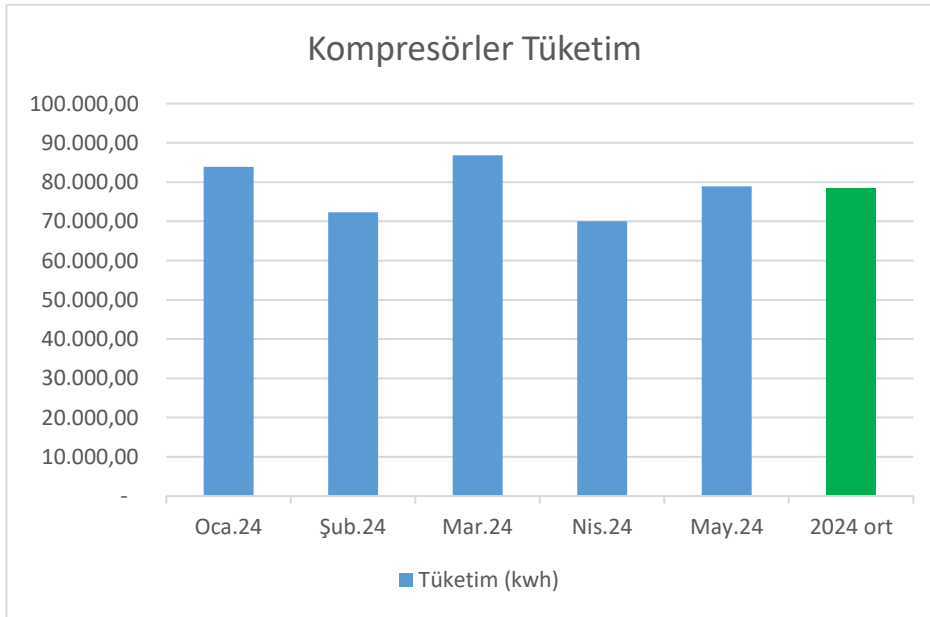
Tarih	Tüketim (kwh)
Haz.23	89.850,95
Tem.23	117.193,07
Ağu.23	122.596,74
Eyl.23	106.079,92
Eki.23	123.462,44
Kas.23	101.496,80
Ara.23	97.168,95
2023 ort	108.264,12



Şekil 4.1 Kompresör Tüketim Grafiği (2023)

Tablo 4.2 Kompresör Tüketim Verileri (2024)

Tarih	Tüketim (kWh)
Oca.24	83.902,70
Şub.24	72.348,66
Mar.24	86.872,64
Nis.24	70.072,52
May.24	78.891,25
2024 ort	78.417,55



Şekil 4.2 Kompresör Tüketim Grafiği (2024)

2023 yılı verileri 7 aylık ortalamaları **108.264,12 kWh** (eski basınçlı hava sistemi)

2024 yılı verileri 5 aylık ortalamaları **78.417,55 kWh** (yeni basınçlı hava sistemi)

Aylık ortalama tasarruf miktarı 29.846,57 kWh

Yıllık ortalama tasarruf miktarı 358.158,84 kWh

1 kWh enerji bedeli = 2,30 tl (ortalama)

Yıllık ortalama tasarruf miktarı 823.765,34 TL/Yıl

4.1.1.1 KURUTUCU VERİLERİ KARŞILAŞTIRILMASI SONUCU TASARRUF MİKTARI

Yeni kompresörlerin kendinden kurutuculu olması nedeniyle harici kurutucu kullanım dışı bırakılarak yedeklenme yapılmıştır.

Aylık ortalama tasarruf miktarı 2.160 kwh

Yıllık ortalama tasarruf miktarı 25.920 kwh

1 kWh enerji bedeli = 2,30 tl (ortalama)

Yıllık ortalama tasarruf miktarı 59.616 TL/Yıl

4.1.1.2 BASINÇLI HAVA SİSTEMİ TOPLAM TASARRUF

Yıllık ortalama tasarruf miktarı 384.079 kWh

Yıllık ortalama tasarruf miktarı 883.381 TL/Yıl

1kwh elektrik = 0,478 Kg CO₂

Yıllık ortalama CO₂ tasarruf miktarı 183.590 Kg CO₂/Yıl



4.2 BUHAR HATLARINDA YALITIM SONUCU TASARRUF

Yapılan ön araştırmada 127 adet vana ve ekipman tespit edilmiş olup hesaplama sonucu tabloda veriler oluşturulmuştur.

Tablo 4.3 Yalıtımsız Isıl Kayıp Tablosu

Vana Tipi	Adet	Eş Değer Boru Uzunluğu	Sıcaklık	Ortam sıcaklığı	Isı İletim Katsayısı	Yalıtımsız Vana Isı Kaybı	Yalıtımlı Vana Isı Kaybı	Isıl Kazanç(kcal/h)
Dn 50 buhar vana	4	2,50	190,00	25,00	0,04	774,30	100,77	2.694,12
Dn 20 buhar vana	3	2,50	190,00	25,00	0,04	432,48	72,00	1.081,44
Dn 125 buhar vana	2	2,50	190,00	25,00	0,04	1.809,86	181,94	3.255,84
Dn 100 buhar vana	1	2,50	190,00	25,00	0,04	1.467,22	155,53	1.311,69
Dn 32 buhar vana	1	2,50	190,00	25,00	0,04	544,28	81,68	462,60
Dn 20 oransal vana	1	2,50	190,00	25,00	0,04	432,48	72,00	360,48
Dn 50 oransal vana	1	2,50	190,00	25,00	0,04	774,30	100,77	673,53
Dn 65 globe vana	4	2,50	190,00	25,00	0,04	936,93	113,91	3.292,08
Dn 50 globe vana	2	2,50	190,00	25,00	0,04	774,30	100,77	1.347,06
Dn 50 buhar vana	1	2,50	190,00	25,00	0,04	774,30	100,77	673,53
Dn 150 buhar vana	4	2,50	190,00	25,00	0,04	2.160,17	208,73	7.805,76
Dn 80 buhar vana	2	2,50	190,00	25,00	0,04	1.141,12	130,09	2.022,06
Dn 100 buhar vana	3	2,50	180,00	25,00	0,04	1.378,29	146,10	3.696,57
Dn 80 buhar vana	5	2,50	180,00	25,00	0,04	1.071,96	122,20	4.748,80
Dn 25 buhar vana	4	2,50	180,00	25,00	0,04	406,27	67,64	1.354,52
Dn 80 oransal vana	2	2,50	180,00	25,00	0,04	1.071,96	122,20	1.899,52
Dn 100 buhar vana	1	2,50	180,00	25,00	0,04	1.378,29	146,10	1.232,19
Dn 40 buhar vana	5	2,50	120,00	25,00	0,04	357,03	50,71	1.531,60
Dn 65 buhar vana	1	2,50	120,00	25,00	0,04	539,45	65,59	473,86
Dn 65 küresel vana	2	2,50	120,00	25,00	0,04	539,45	65,59	947,72
Dn 65 kelebek vana	4	2,50	120,00	25,00	0,04	539,45	65,59	1.895,44
Dn 40 küresel vana	3	2,50	110,00	25,00	0,04	319,45	45,37	822,24
Dn 50 küresel vana	1	2,50	110,00	25,00	0,04	398,88	51,91	346,97
Dn 50 oransal vana	1	2,50	110,00	25,00	0,04	398,88	51,91	346,97
Dn 80 kelebek vana	4	2,50	110,00	25,00	0,04	587,85	67,02	2.083,32
Dn 65 kelebek vana	3	2,50	110,00	25,00	0,04	482,66	58,68	1.271,94
Dn 65 globe vana	6	2,50	110,00	25,00	0,04	482,66	58,68	2.543,88
Dn 50 oransal vana	1	2,50	110,00	25,00	0,04	398,88	51,91	346,97
Dn 80 globe vana	2	2,50	75,00	25,00	0,04	345,79	39,42	612,74
Dn 80 kelebek vana	3	2,50	75,00	25,00	0,04	345,79	39,42	919,11
Dn 125 kelebek vana	28	2,50	75,00	25,00	0,04	548,44	55,13	13.812,68
Dn 80 küresel vana	3	2,50	75,00	25,00	0,04	345,79	39,42	919,11
Dn 150 kelebek vana	2	2,50	75,00	25,00	0,04	654,60	63,25	1.182,70
Dn 65 küresel vana	8	2,50	75,00	25,00	0,04	283,92	34,52	1.995,20
Dn 150 kelebek vana	5	2,50	75,00	25,00	0,04	654,60	63,25	2.956,75
Dn 80 buhar vana	2	2,50	170,00	25,00	0,04	1.002,80	114,32	1.776,96
Dn 25 buhar vana	2	2,50	170,00	25,00	0,04	380,06	63,27	633,58
Toplam	127							75.331,53

Yalıtımsız olan ekipmanlara yalıtım yapılması saatlik 75.331,53 kcal enerji geri kazandırabilir. Kazan verimi %90 alınmıştır.

Saatlik doğalgaz kazancı = $75.331,53 / (9.155 \times 0,9)$

Saatlik doğalgaz kazancı = $9,143 \text{ sm}^3/\text{h}$

Yıllık doğalgaz kazancı = $9,143 \times 7920$

Yıllık doğalgaz kazancı = $72.411 \text{ sm}^3/\text{yıl}$

$1 \text{ sm}^3 \text{ doğalgaz} = 12,5 \text{ TL}$

Yıllık tasarruf miktarı= $905.130 \text{ TL}/\text{yıl}$

Ekipmanların yalıtılmasında vana ceketleri kullanılması durumunda yatırım maliyeti yaklaşık 150.000tl dir.

Buna göre yalıtım yatırımın amortisman süresi 2 aydır.

4.2.1.1 YALITIM SONRASI ENERJİ TASARRUFU

Tesiste termal kayıp oluşturan buhar ve sıcak su hatları yapılan ön analizler sonucu yalıtımı yapılmıştır.2023 yılı sonunda yalıtımlar yapılmıştır. Yalıtım sonrası tahmin edilen enerji tasarrufu sağlanması incelenmiştir. Yapılan incelemeler ve karşılaştırmalar (tablo 4.4) de ki gibi dir.

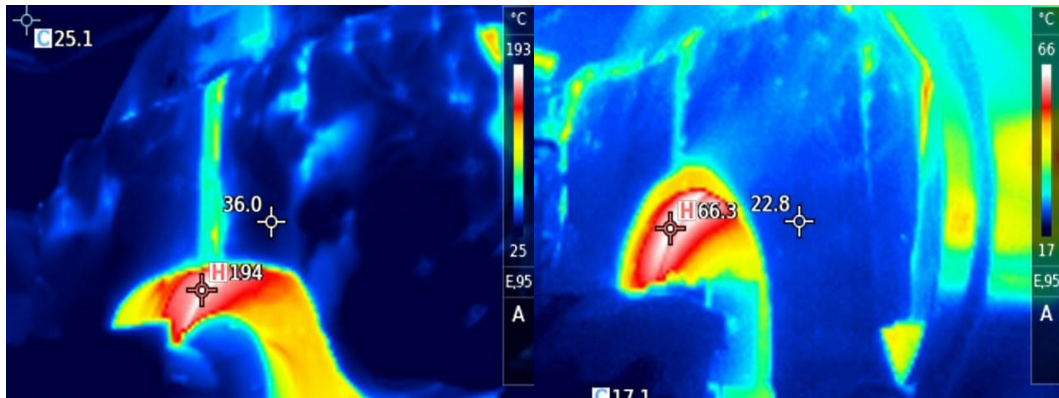


Fotoğraf 4.1 Kazan Kapak Yalıtımı

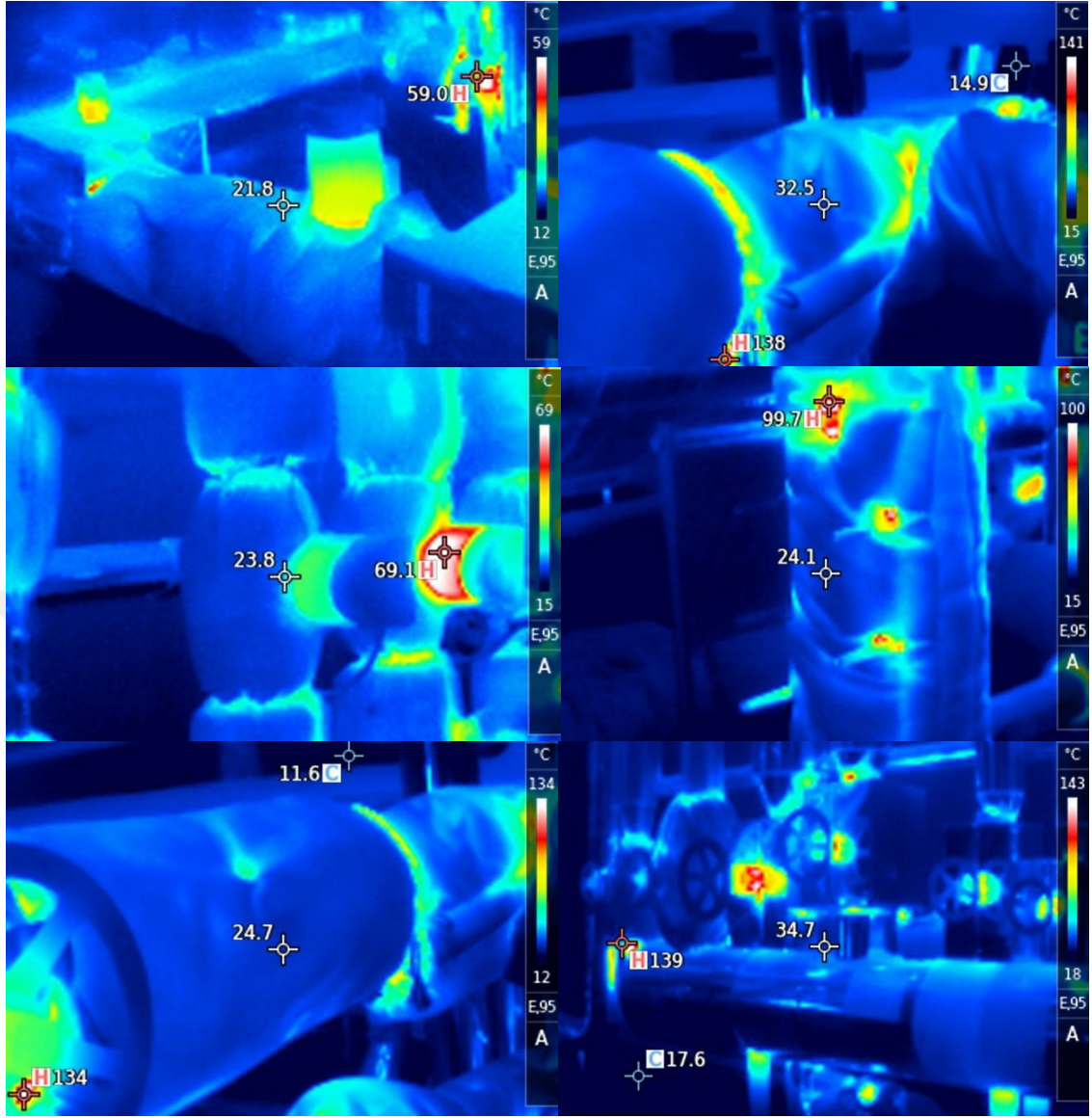


Fotoğraf 4.2 Vana Ve Ekipman Yalıtımı

Yapılan yalıtım işlemi sonrası termal kamera ile tekrar ölçüler yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde yalıtım üstünden alınan sıcaklık verilerine bakıldığında sıcaklığın ortalama 25 C⁰ olduğu görülmektedir.



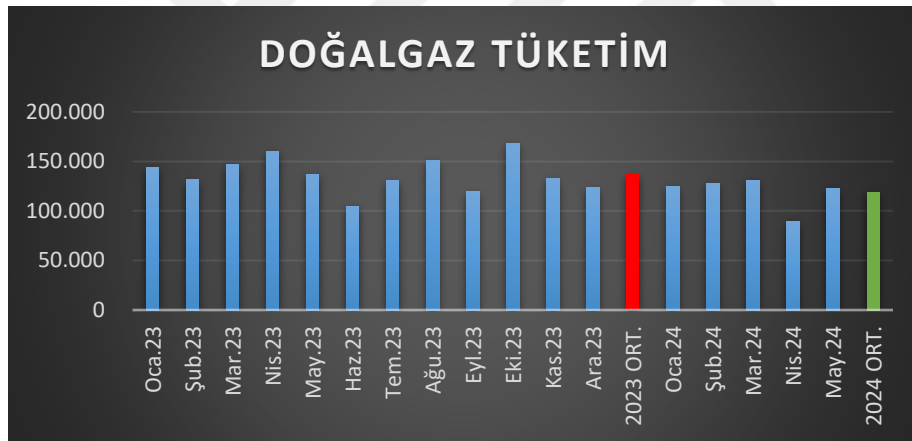
Şekil 4.3 Kazan Kapak Yalıtımı Sonrası Sıcaklık



Şekil 4.4 Yalıtım Sonrası Vana Ve Ekipman Sıcaklıkları

Tablo 4.4 Doğalgaz Tüketim

AY	TÜKETİM(SM3)
Oca.23	143.804
Şub.23	131.480
Mar.23	146.777
Nis.23	160.361
May.23	136.973
Haz.23	104.939
Tem.23	130.395
Ağu.23	150.478
Eyl.23	119.161
Eki.23	167.984
Kas.23	132.760
Ara.23	123.920
2023 ORT.	137.419
Oca.24	124.695
Şub.24	127.686
Mar.24	131.056
Nis.24	89.565
May.24	122.792
2024 ORT.	119.159



Şekil 4.5 Doğalgaz Tüketim Değişim Grafiği

2023 verileri ve 2024 verileri incelendiğinde ortalama aylık 18.260 sm³ doğalgaz tasarruf edilmektedir.

4.2.1.2 TOPLAM DOĞALGAZ TASARRUFU

Yıllık ortalama tasarruf miktarı 219.120 sm³

Yıllık ortalama tasarruf miktarı 2.739.000/Yıl

1sm³ doğalgaz = 2,1857 Kg CO₂

Yıllık ortalama CO₂ tasarruf miktarı 478.930Kg CO₂/Yıl



4.3 GES TOPLAM FAYDA TASARRUF

GES tarafından üretilen elektrik iç tüketim ve şebekeye gönderim olarak 2 noktada harcanmaktadır. Bu iki noktanın birim fiyatları aylık olarak güncellenmekte ve güncel birim fiyatlar üzerinden hesaplanmaktadır. Fabrika içi tüketim hesabı yaparken birim fiyat olarak alış fiyatı referans alınmakta şebekeye gönderim kısmında da faturada satış olarak gözüken birim fiyat baz alınmaktadır. 2023 yılı aylara göre fayda miktarları (tablo 4.5)'de gösterilmiştir.

Tablo 4.5 GES Toplam Fayda 2023

Ay	GES Toplam Fayda
Ocak.23	469.796,11 ₺
Şubat.23	450.623,79 ₺
Mart.23	530.460,50 ₺
Nisan.23	702.757,29 ₺
Mayıs.23	910.315,53 ₺
Haziran.23	880.243,16 ₺
Temmuz.23	1.187.989,14 ₺
Ağustos.23	1.116.603,06 ₺
Eylül.23	777.899,20 ₺
Ekim.23	671.093,63 ₺
Kasım.23	365.815,32 ₺
Aralık.23	312.703,52 ₺
Toplam	8.376.300,23 ₺

2023 yılı tasarruf miktarı 3.019.522,19 kwh

2023 yılı tasarruf miktarı 8.376.300,23 TL/Yıl

1kwh elektrik = 0,478 Kg CO₂

2023 yılı CO₂ tasarruf miktarı 1.443.331,61Kg CO₂/Yıl



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji dünyada birçok şekilde bulunabilen dönüştürülebilen bir kaynaktır. Bu kaynak zamanla yenilenemez kaynakların azalmasıyla daha çok önem arz etmektedir. Kaynakların azalması ile birlikte tüm dünyada yeni enerji kaynakları ayışına girilmiştir. Enerji kaynakların hızlı azalışı yenilenebilir kaynaklara dönüşü ve var olan enerjinin verimli şekilde kullanılmasına neden olmuştur. Enerji kullanımı her alanda verimli ve tasarruflu olarak harcanması amaçlanmaktadır. Sanayi sektörü enerji kullanmada diğer sektörlerden daha fazla öne çıkmaktadır. Sanayide üretimde kullanılan tüm ekipmanlar verimliliği yüksek enerji kaybı minimum düzeyde seçilmelidir. Fabrikada genel olarak enerji tüketimleri incelendiğinde enerjinin taşınmasında ya da dönüştürülmesinde kayıpların olduğu görülmüştür. Bu tezde enerji kayıplarına, daha verimli sistemlere ve yenilenebilir enerji kaynaklarından olan GES sistemi incelenmiştir.

İlk olarak basınçlı hava üretim sistemi olan kompresörler ve basınçlı hava taşınım hatları incelenmiştir. Basınçlı havanın üretilmesinde birçok sistem vardır. Bu sistemler hareket ile bir hacime alınan havayı daha küçük hacime itirmesi ve sıkıştırması ile hava basınçlanmaktadır. Bu sistemlerde elektrik ya da fosil kaynaklar kullanılarak hareket enerjisine sonra da basınçlı havaya dönüşmektedir. Kompresörler belli basınç değerlerinde set edilerek kullanılmaktadır. İnvertör bulunmayan kompresörler alt ve üst basınç değerleri tanımlanarak basınç değerleri arasında çalışmaktadır. İnvertörlü kompresörlerde ise tek basınç değeri tanımlaması yapılarak üretilen havanın debisi değiştirilmektedir. İnvertörlü kompresörlerde motor çalışıp durma işlemi yapmadığı için enerjiyi daha verimli daha az kullanmaktadır. Kompresörlerde üretilen basınçlı havanın taşınmasında bulunan her ekipman hava üzerinde direnç oluşturarak kayıplara yol açmaktadır. Hava taşınması yapılırken en az kayıpla taşınacak hatlar tasarlanmalıdır. Kurutu kayıplarına ve kurutucu kullanımına dikkat edilmelidir. Taşınan havanın içinde su bulunmamalı kuru olmalıdır, bunun için hat bağlantılarında deve boynu ve su tahliye noktaları oluşturulmalıdır. Yeni kurulan fabrikalarda tezde belirtilen hat şeklinde döşemesi yapılmalı ve gerekli hava debisi belirlenerek uygun (kullanım debisinde düşük enerji tüketim set değeri) kompresör seçilmelidir.

Fabrikada enerji tüketimi konusunda ikinci incelediğimiz konu doğalgazdır. Doğalgaz buhar üretiminde önemli olan enerji kaynaklarından. Doğalgaz kazanlarda yakılması sonucu çıkan yüksek ısı ile suyu buharlaştırmada ve buhar oluşturmaktadır. Doğalgaz temiz bir enerji kaynağı olmasının yanı sıra yenilemez enerji kaynağı olması ve ithal edilmesi nedeniyle önemli bir enerji kaynağıdır. Buhar üretiminde ve taşınım hatlarında ısı kaybının önlenmesi, enerji tasarrufunda sistem verimliliği için önemlidir. Hatlarda buhar taşınım sırasında ısının boru ya da diğer ekipmanlarla ortama aktarılmasının minimum düzeye indirilmesi için yalıtım yapılması gerekmektedir. Tezde incelediğimiz yalıtımlı ekipmanlar ve yalıtımsız ekipmanların ısı kaybına olan etkisidir. Hatlarda borunun yalıtılması kadar ekipmanların yalıtılmasında gerekmektedir bu ekipmanlar vana, flanş, basınç düşürücü vb. ekipmanlardır. Bu ekipmanlar normal aynı çapta bulunan borunun 2,5 katı kadar ısı kaybına neden olabilmektedir. Tezde incelediğimiz yalıtımsız hatlar termal kamera ile tespit edilmiş olup yaklaşık ısı kayıpları hesaplanmıştır. Isı kayıpları toplanıp yalıtım yapılması durumunda olan ısı kaybından çıkartılarak tasarruf miktarı bulunmuştur. Yalıtım maliyetinin hesaplanması ve tasarruf miktarının hesaplanması ile birlikte amortisman süresi tespit edilmiştir. Yalıtımlar yaptırılarak teoride olan hesaplama ile gerçek tüketimler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar neticesinde tasarruf miktarları yaklaşık olarak doğru olduğu ve enerji kaybını büyük ölçüde önüne geçilmiş doğalgaz tüketimi azaltılmıştır. Yeni kurulacak buhar hatları ve tüm ekipmanlar yalıtımı ortama göre uygun kalınlık ve dayanımda seçilmeli, yeterli miktarda kondenstop konup hatlar eğim verilerek döşemesi yapılmalıdır.

Enerji tüketimini takip edilerek daha verimli sistemlere geçilse de sonuç olarak enerji harcanması olmaktadır. Harcanmakta olan enerjilerden elektrik enerjisi, yerinde üretim ve kullanım prensibine göre birkaç şekilde üretimi olmaktadır. Günümüzde bunun en yaygın kullanım alanlarından biri de GES sistemi ile elektrik üretimidir. GES güneşten gelen foton ile elektrik üretimini sağlamaktadır. Üretilen elektrik iki şekilde kullanılmaktadır. Bunlar; şebekeden bağımsız sistemler ve şebeke ile bağlantılı sistemlerdir. Tezde incelediğimiz şebeke ile bağlantılı sistemde GES panelinde üretilen elektrik, panellerin seri ve paralel bağlanması ile belirli voltaj ve akımlarda invertöre elektrik gönderilir. İnvertörler gelen dc akımı ac akıma çevirerek duruma göre fabrika içinde kullanım oluşur ya da elektrik

aldığımız firmaya gönderilir. GES pv panellerinde elektrik üretimini birçok etkene göre üretim değişmektedir. Bunlar sıcaklık, güneşlenme süresi, panel açısı, güneşin düşüş açısı ve tozlanma gibidir. Elektrik üretimini negatife yönde etkileyen faktörlerden tozlanma yıkama ile müdahale edilerek panel ile üretilen elektrik miktarının artışı sağlanabilmektedir, diğer faktörler meteorolojik etken ya da kurulum aşamasında yapılan yanlışlıklardan kaynaklanmaktadır. Tez de GES ile güneşlenme süresinin paralel etkisini, GES'in bir senede ki üretim maliyetini ve tozlanmanın üretimine etkisini inceledik. GES güneşlenme süresine bağlı olarak elektrik üretimini yapmaktadır fakat yaz aylarında üretim fazla olsa da panel verimliliği sıcaklığın etkisi ile düşmektedir. Diğer bir düşüşte tozlanma miktarına ve bölgesine bağlı olarak ya panelde üretim azalır ya da belli bölgesinde üretim yapamaz ve panel ısınarak verim kaybı oluşur. Yıkamanın verime etkisi göz önünde bulundurulduğunda her sene panel verimine göre yıkama yapılmalıdır. Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda elektrik ve doğalgaz miktarlarında azalma ya da yenilenebilir enerji (GES) ile elektrik üretilmesiyle CO₂ salınımında büyük miktarda düşüşler meydana gelmiştir. ISO 14001 Çevre Yönetimi Sistemi kapsamında yapılan çalışmalar ile fabrikanın tüketim miktarı düşürülerek çevreye verilen emisyon ve diğer zararlarda azalmalar sağlanmıştır. (TS EN ISO 14001, 2015)

6. KAYNAKÇA

- (2019, Ekim 19). Enerji Gazetesi: <https://www.enerjigazetesi.ist/gunes-sistemleri-nde-neden-mono-veya-polikristal-panel-tercih-etmeliyim/> adresinden alındı
- (2022, 08 26). T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> adresinden alındı
- (2023, 12 03). Kasım 2024 tarihinde T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı: <https://enerji.gov.tr/evced-enerji-verimliliği-egitim> adresinden alındı
- (2024, 03 28). T.C. Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı: <https://enerji.gov.tr/haber-detay?id=21270#:~:text=Türkiye%27nin%20Şubat%20ayı%20sonu,12%20bin%20425%20MW%20oldu.> adresinden alındı
- (2024, Kasım). MGM: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=ANKARA> adresinden alındı
- Attia, S., Shadmanfar, N., & Ricci, F. (2020). *Developing two benchmark models for nearly zero energy schools. Applied Energy*, 263, 114614.
- Aydın, M. (2016, Ekim 31). Enerji Verimliliğinin Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Türkiye Değerlendirmesi,. Cilt:14 Sayı:28, s: 409-441.
- Bayraktar, B. (2021). *Maden Sektöründe Enerji Verimliliği: Bir Maden İşletmesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, . Kocaeli.
- Çankaya, B. (2022). Yıllık Enerji Tüketimi 1.000 Tep Üzeri Bir Sanayi İşletmesinin Enerji Etüdü.
- Ertem, G., Çelik, B., & Yeşilyurt, S. (2008). Endüstriyel tav Fırınlarında Isı Denkliği Hesaplamaları ve Enerji Verimliliğinin Belirlenmesi,. *IV. Ege Enerji Sempozyumu*, (s. 21-23). İzmir.
- Gençoğlu,, M. (2005). 'İç Aydınlatmada Enerji Tasarrufu', III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, . Ankara.
- Global Electricity Review*. (2022). EMBER: <https://ember-climate.> adresinden alındı
- Günay,, F. (2021). *Ticari Binalara Örnek Özel Sektördeki Bir Otel İşletmesinin Enerji Etüt Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, . KONYA.
- Hadra, M. (2018). *Çubuk Haddehanesi Tav Fırınında Enerji Etüdü ve Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli*, 1-54.
- Haydaroğlu, C. (2006). Türk Sanayisinde Enerji Verimliliği ve Yoğunluğunun Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,. Eskişehir,.
- Hepbaşlı ,, A. (2003). Sanayide Enerji Verimliliği İyileştirme Önlemleri, Türkiye 8. Enerji Kongresi,, (s. 1-12). Ankara.
- Karataş, S. (2009). Türkiye’de Yenilenebilir Kaynaklar İçerisinde Rüzgâr ve Güneş Enerjilerinin Yeri. İstanbul.
- Karen. (2022). Enerji Verimliliği Uygulama ve Araştırma Merkezi, Enerji Yöneticiliği ve Etüt- Proje Sertifika Eğitimi Ders Notları,. Ankara.

- Kaya, D., & Güngör,, C. (2002). Sanayide enerji tasarruf potansiyeli-I. Mühendis ve Makina,.
- Kirschen M., R. V. (2009). Energy Efficiency and the Influence of Gas Burners to the Energy Related Carbon Dioxide Emissions of Electric Arc Furnaces in Steel Industry. *Energy*, 1065-1072.
- Kıyılmaz, M. (2019). Sanayide Enerji Yönetimi Esasları ve Enerji Verimliliğinin Araştırılması. Muğla.
- Koç, A., Yağlı, H., Uğurlu, I., & Koç, Y. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel. cilt 59, sayı 692, s. 86-114.
- Koçak. (2020). Türkiye’de Sektörel Bazda Enerji Yönetim Sistemi Uygulamalarının Enerji Verimliliğine Etkileri. Kocaeli.
- Küçükyavaşlıoğlu, G. (2020). Bir otomotiv yan sanayi tesisinin basınçlı hava sisteminde enerji tasarrufu uygulaması,Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi.
- Özer, V. (2009). *Akrilik elyaf üreten tekstil fabrikasının enerji etüdü,Yüksek lisans tezi,Yıldız teknik üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü*,. İstanbul.
- Öztemir, H. (2010, Ekim 31). Basınçlı Hava Sistemleri. http://deneysan.com/content/images/documents/ey-08_76162715.pdf adresinden alındı
- Öztürk, C. (2020, Ocak). Güneş Enerji Sistemlerinde Verim Analizi Ve Enerji Kayıplarının Tespiti. Gaziantep.
- Patange,, G., & Khond,, M. (2015). Energy efficiency in small and medium scale foundry industry,.
- Prashanth,, M., & ve diğerleri. (2014). A multi faceted approach to energy conservation in foundries, Elsevier,.
- Ruşen, S. E., & Çevik, M. S. (2020). Bir Gıda Fabrikasında Enerji Verimliliğinin İyileştirilmesi, . *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, , 539-552.
- Sapmaz, S., & Kaya, D. (2017). Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği ve Emisyon Azaltım Fırsatlarının İncelenmesi. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 18(689), 23-26.
- Taner,, T. (2002). *Sanayide Enerji Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,. Denizli.
- Taşdemir, B. (2019). *Muhtelif altyapı ürünleri üreten bir döküm fabrikasının enerji etüdü,Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri*. Konya.
- Toköz, N., & Özgün, Ö. (tarih yok). Atık Isı Geri Kazanım Sistemlerine Yönelik Literatür Araştırması ve Sanayiden Örnek Vaka İncelemesi,. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 57-72.
- TS EN ISO 14001. (2015, EYLÜL). *Cevre yönetimi sistemleri-Şartlar ve kullanım kılavuzu*.
- Turan, O. (2022). 1 MWp Kapasiteli Çatı Tipi Dağıtık Güneş Enerji Santralinin Tasarımı ve Simülasyon Uygulaması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 34(2), 609-626.
- Uzun, E. (2021). Endüstriyel işletmelerde enerji izleme sistemleri ve ISO 50001 enerji yönetim sistemine katkıları (Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Yıldız, A., Akgöl, S., & Güvercin, S. (2018). Sanayide enerji verimliliği ve uygulamaları. . *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 16-22.
- Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 33-54. https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000064 adresinden alındı
- Yuan, v. (2006). A Decision-based Analysis of Compressed Air Usage Patterns in Automotive, Manufacturing', *Journal of Manufacturing Systems*,. 293-300.



7. EKLER

EK 1 TEP Hesap Tablosu

Miktar	Enerji Kaynağı	Alt Isıl Değer	Birim	TEP ÇEVİRİM KATSAYISI
1	ton	Taş kömürü	kcal	0.61
1	ton	Kok Kömürü	kcal	0.72
1	ton	Briket	kcal	0.5
1	ton	Linyit Teshin ve	kcal	0.3
1	ton	Linyit Santral	kcal	0.2
1	ton	Elbistan Linyiti	kcal	0.11
1	ton	Petrokok	kcal	0.76
1	ton	Prina	kcal	0.43
1	ton	Talaş	kcal	0.3
1	ton	Kabuk	kcal	0.225
1	ton	Grafit	kcal	0.8
1	ton	Kok tozu	kcal	0.6
1	ton	Maden	kcal	0.55
1	ton	Elbistan Linyiti	kcal	0.11
1	ton	Asfaltit	kcal	0.43
1	ton	Odun	kcal	0.3
1	ton	Hayvan ve Bitki Artığı	kcal	0.23
1	ton	Ham Petrol	kcal	1.05
1	ton	Fuel Oil No:4	kcal	0.96
1	ton	Fuel Oil No:5	kcal	1.003
1	ton	Fuel Oil No:6	kcal	0.986
1	ton	Motorin	kcal	1.02
1	ton	Benzin	kcal	1.04
1	ton	Gazyağı	kcal	0.829
1	ton	Siyah Likör	kcal	0.3
1	ton	Nafta	kcal	1.04
bin	m ³	Doğalgaz	kcal	0.825
1	ton	Kok gazı	kcal	0.822
bin	m ³	Kok gazı	kcal	0.403
1	ton	Yüksek Fırın Gazı	kcal	0.054
bin	m ³	Yüksek Fırın Gazı	kcal	0.069
bin	m ³	Çelikhane Gazı	kcal	0.15
bin	m ³	Rafineri Gazı	kcal	0.878
bin	m ³	Asetilen	kcal	1.423
bin	m ³	Propan	kcal	1.02
1	ton	LPG	kcal	1.09
bin	m ³	LPG	kcal	2.7
bin	kWh	Elektrik	kcal	0.086
bin	kWh	Hidrolik	kcal	0.086
bin	kWh	Jeotermal	kcal	0.086