



**T. C.  
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KIZGIN YAĞLI ISITMA KAZANLARININ BACALARINDAN ÇIKAN  
ATIK ISININ ELEKTRİK ENERJİSİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Hakan AKBULUT  
166501114

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi- İbrahim Timuçin İnce

Ocak – 2020



T. C.  
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KIZGIN YAĞLI ISITMA KAZANLARININ BACALARINDAN  
ÇIKAN ATIK ISININ ELEKTRİK ENERJİSİNE  
DÖNÜŞTÜRÜLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan: **Hakan AKBULUT**

## KABUL VE ONAY

Makine Mühendisi Hakan AKBULUT tarafından hazırlanan “ Kızgın Yağlı Isıtma Kazanlarının Bacalarından Çıkan Atık Isının Elektrik Enerjisine Dönüştürülmesi” başlıklı bu çalışma, savunma sınavı tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından kabul edilmiştir.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi- İbrahim Timuçin İnce

(Danışman)

Üye:

Üye:

Üye:

Yukarıda imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve şekillerin kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi projesi olarak sunduğum “Kızgın Yağlı Isıtma Kazanlarının Bacalarından Çıkan Atık Isının Elektrik Enerjisine Dönüştürülmesi” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurla doğrularım.

Hakan AKBULUT

## ONAY

Tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim sadece İstanbul Arel Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin ..... Yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

Hakan AKBULUT

## ÖZET

# KIZGIN YAĞLI ISITMA KAZANLARININ BACALARINDAN ÇIKAN ATIK ISININ ELEKTRİK ENERJİSİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

**Hakan AKBULUT**

**Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Timuçin İNCE**

**Ocak 2020**

Bu tez çalışmasında ortaya koymaya çalıştığımız konu enerji verimliği yani enerji tasarrufu yaparak atık ısıdan elektrik üretiminin nasıl gerçekleştirilebileceğini ortaya koymaktır.

Tez çalışmasında Asfalt Üreten fabrikalarda bulunan kızgın yağlı ısıtma kazanlarının verimleri ve bacalarından çıkan atık gazlardan nasıl elektrik enerjisi elde edebiliriz çalışmak olacaktır.

Bu bağlamda çalışmamız neticesinde İSFALT AYDINLI Fabrikasında bulunan 1.250.000 kcal/h' lik kızgın yağ kazanı incelenecektir. Bu kızgın yağ kazanı 2000 tonluk 2 adet bitüm tankını ısıtmaktadır. Bütün yıl boyunca 7 gün 24 saat çalışmaktadır. Kızgın yağ kazanı sonrasında bacadan atılan atık ısının nasıl elektrik enerjisine dönüştürüleceği ve işletmeye ne kadar katma değer getireceği hesaplanacaktır. Asfalt fabrikası için yapılan bu çalışma neticesinde çıkacak sonuçlar firmaya yol gösterici olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Atık Isı, Baca, Kazan, Asfalt, Bitüm

## **ABSTRACT**

# **CONVERSION OF WASTE HEAT FROM THE CHIMNES OF HEATING BOILERS WITH THERMAL OIL TO ELECTRICAL ENERGY**

**Hakan AKBULUT**

**Master Thesis, Department Of Mechanical Engineering Supervisor**

**Assistant Dr. İbrahim Timuçin İNCE**

**January 2020**

In this thesis, the subject we are trying to reveal is to reveal how energy production can be realized from waste heat by saving energy.

In the thesis study, the efficiency of the hot oil boilers in the asphalt producing factories and how to obtain electrical energy from the waste gases from the chimneys will be studied.

In this context, 1.250.000 kcal / h hot oil boiler in the İSFALT AYDINLI Factory will be examined. This hot oil boiler heats 2000 tons of 2 bitumen tanks. It works 24 hours a day, 7 days a year. How the waste heat thrown from the chimney will be converted into electrical energy after the hot oil boiler and how much added value it will bring to the business will be calculated. The results to be obtained as a result of this work for the asphalt plant will guide the company.

**KeyWords: WasteHeat, Chimney, Boiler, Asphalt, Bitumen**

## ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca değerli önerileri ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Timuçin İNCE' ye gerek yüksek lisans öğrenimim sırasında, gerekse tez konusunun seçilmesi ve hazırlanması süresince anlayışından, bana olan teknik bilgi katkılarından ve yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin projelendirilmesi, hazırlanması ve değerlendirilerek incelenmesi sonucu eksiklerimin giderilmesi konusunda bilgi birikimlerini, önerilerini ve yol gösterici fikirlerini benden esirgemeyen İSFALT Ailesine çalışma arkadaşım Burhan MANTAR ile manevi desteğini sürekli hissettiğim eşim Nazlı AKBULUT 'a teşekkür ederim.

İSTANBUL, 2020 Hakan AKBULUT



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	vi
ABSTRACT .....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR LİSTESİ .....	xiii

### 1.BÖLÜM

GİRİŞ.....	1
------------	---

### 2.BÖLÜM

LİTERATÜR.....	5
----------------	---

### 3.BÖLÜM

ASFALT ÜRETİMİ .....	7
3.1. Asfalt .....	8
3.2. Agrega .....	9
3.3. Plentler.....	10
3.4. Batc - Mix Plent.....	12

### 4. BÖLÜM

KIZGIN YAĞ KAZANI .....	20
4.1. Kazan .....	20
4.2. Genleşme Tankı .....	21
4.3. Yağ Rezerv Tankı .....	21
4.4. Sirkülasyon Pompası .....	21
4.5. Tesisat Armatürleri .....	22

### 5. BÖLÜM

BRÜLÖR .....	25
--------------	----

## 6. BÖLÜM

YANMA.....	26
------------	----

## 7.BÖLÜM

ATIK ISIDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ.....	27
7.1. Atık Isının Değerlendirilmesi Yöntemleri.....	27
7.1.1. Kojenerasyon ve Trijenerasyon Yöntemi.....	27
7.1.1.1. Kojenerasyon.....	27
7.1.1.2. Trijenerasyon.....	28
7.1.1.3. Stirling Motoru.....	28
7.1.1.4. Organik Rankine Çevrimi (ORC).....	29
7.1.1.5. Termofotovoltaik Teknolojisi.....	29

## 8. BÖLÜM

ATIK ISIDAN ELEKTRİK ÜRETİM TASARIMI.....	30
8.1. Atık Isıdan Elektrik Üretimi İçin Gerekli Buharın Eldesi İçin Kızgın Yağ Kazanı Hesabı.....	31
8.2. Atık Isıdan Elektrik Üretimi İçin Gerekli Buharın Eldesi İçin Ekonomizer Hesabı.....	38
8.3. Atık Isıdan Elektrik Üretimi İçin Buhar Türbini Hesabı.....	40
<b>SONUÇLAR</b> .....	42
<b>KAYNAKÇA</b> .....	44

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Dünya’da 2017 yılı birincil enerji kullanımı.....	4
Şekil 3.1. Sıcak Bitüm.....	8
Şekil 3.2. Soğuk Bitüm.....	8
Şekil 3.3. Kırılmış Agregta Örnekleri .....	9
Şekil 3.4. Taş Ocağı.....	10
Şekil 3.5. Taş Ocağı.....	10
Şekil 3.6.Batch – mix plant.....	11
Şekil 3.7.Continues – Mixplant.....	11
Şekil 3.8.Drum – Mixplant.....	12
Şekil 3.9.Soğuk Silolar.....	12
Şekil 3.10.Bantlar.....	13
Şekil 3.11Drayer.....	13
Şekil 3.12. Brülör.....	14
Şekil 3.13. Filtre.....	15
Şekil 3.14.Elevatör.....	15
Şekil 3.15. Elek.....	16
Şekil 3.16. Sıcak Agregta Siloları.....	16
Şekil 3.17. Agregta, Bitüm, Filler Kantarları.....	17
Şekil 3.18. Mikser.....	18
Şekil 3.19. Mikser ve Mikser Kolları.....	18
Şekil 4.1.Kızgın Yağ Kazanı Şematik Resmi.....	21
Şekil 4.2. Kızgın Yağ Kazanı Tesisat Şeması.....	23
Şekil 4.3. Kızgın Yağ Kazanı Yardımcı Donanımları.....	24
Şekil 5. Brülör.....	25

Şekil 7.1.Kojenerasyon Sisteminin Şematik Görünüşü.....	27
Şekil 7.2.Trijenerasyon Sisteminin Şematik Görünüşü.....	28
Şekil 7.3. Gama Tipi Serbest Pistonlu Stirling Motoru Mekanizması.....	28
Şekil 7.4. ORC Sistem Şeması.....	29
Şekil 8.1. Sistem Tasarım Şeması.....	31
Şekil 8.2. Kızgın Yağ Kazanı ( İSFALT AYDINLI 2020).....	32
Şekil 8.3. Kızgın Yağ Kazanı ( İSFALT AYDINLI 2020).....	32
Şekil 8.4. Kızgın Yağ Kazanı Etiketleri.....	33

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 6.1. Yakıtların Isıl Değerleri.....	26
Tablo 8.1. Kızgın Yağ Kazanı Özellikleri.....	33
Tablo 8.2. Kızgın Yağ Kazanı Ölçüm Tablosu.....	33
Tablo 8.3. Kızgın Yağ Kazanı Yüzey Sıcaklığı Tablosu.....	35
Tablo 8.4. Kızgın Yağ Kazanı Yüzey Isı Kayıpları.....	36
Tablo 8.5. Kızgın Yağ Kazanı Brülör Min. ve Max. Seviye Yakıt Değerleri.....	37

## KISALTMALAR LİSTESİ

$L_{KBG}$ :	Kazan verimi
$K$ :	Isıl katsayı
$L_{NBG}$ :	Baca gazındaki nem nedeniyle ısı kaybı oranı
$L_{COBG}$ :	Baca gazında yanmış karbon monoksit nedeniyle ısı kaybı oranı
$L_{RK}$ :	Kazan yüzeyinden radyasyonla olan ısı kaybı oranı
$Q$ : kcal/h	Ekonomizerde kazanılan ısı miktarı
$B$ : Nm <sup>3</sup> /h	Kullanılan yakıt miktarı
$C_p$ : Kcal/Nm <sup>3</sup> °C	Isınma ısısı
$V_g$ : Nm <sup>3</sup> /kg	Özgül duman gazı miktarı
$\Delta t_m$ : °C	Sıcaklık farkı
$B''$ : Nm <sup>3</sup> /h	Ekonomizerde kullanılan yakıt miktarı
$\eta_k$ :	Verim
$H_u$ : kcal	Yakıtın alt ısıl değeri
$h_{giriş}$ :kj/kg	Giren ısının entalpisi
$h_{çıkış}$ : kj/kg	Çıkan ısının entalpisi
$\eta_{Türbin}$ :	Türbinin izentropik verimi
$W_{gerçek}$ : kW	Türbinin yaptığı iş
$m_{buhar}$ : kg	Buharın kütlesi

## 1.BÖLÜM

### GİRİŞ

Dünya enerji ihtiyacı buna bağlı olarak gelişen hızlı nüfus artışı, insanların kaynaklarıplansız kullanılması ve benzeri sebeplerden dolayı hızla artmaktadır. Bu plansız kullanımdan dolayı enerji kullanımını olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır.[ 1 ]

Ülkemizde ve dünyada artarak devam eden enerji kullanımı sayesinde sürekli gelişim ve değişim sağlanmaktadır.

Artık birçok alanda yakıt olarak kullanılan gaz ve sıvı yakıtlar olduğu gibi çevreye salınmaktadır. Tasarruflu kullanmak zorunda olduğumuz enerji hammaddelerimiz tekrar sanayiye geri kazandırılmalıdır. Hem ekonomik kazanç sağlanacaktır, hem de çevre kirliliği azalacaktır.[ 2 ]

Atık ısıyı geri kazanabilmek için ana ekipmana bazı komponentler eklemek gereklidir. Burada entegrasyonu sağlamak için akışkan olan gaz ve sıvı yakıtların debisi, sıcaklığı, nem, basınç, hız gibi veriler önemlidir. Bu parametreler ışığında eklenecek olan komponentin ekonomik olmalıdır. Bu süreleri kısa tutabilmek işletmelere büyük kazanç sağlayacaktır. [ 3 ]

120 °C altındaki sıcaklıklarda daha çok ortam ısıtması için kullanılır. Bunun üzerindeki sıcaklıklarda atık ısı çeşitli yöntemlerle geri kazanılır. [ 3 ]

Atık ısının geri kazanılması ekonomikliği çeşitli unsurlara bağlıdır. Atık ısı için aynı tesiste kullanma alanı ve yeterli miktarda optimum sıcaklıkta atık ısı mevcut olmalıdır. Ayrıca ısı kaynağı ile kullanım yeri arasındaki uzaklığın

fazla olması atık ısı kullanımını gereksiz hale sokabilir. Bunların yanı sıra ısı geri kazanma sistemlerinin iç enerji ihtiyacı da ihmal edilmemelidir.[ 3 ]

Dünya üzerinde oluşan küresel ısınma sonucu iklim değişiklikleri oluşmaktadır. Küresel ısınmada en büyük sebebin insanoğlunun faaliyetlerinin sebep olduğu bilinmektedir. Bu sebepten dolayı iklim değişiklikleri tüm canlıların yaşamını tehdit etmektedir. Bütün dünyada ve ülkemizde iklim değişikliği ve küresel ısınmanın etkilerini azaltmak için çalışmalar başlatılmıştır.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun; “yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılmasını, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılmasını, kaynak çeşitliliğinin artırılmasını, sera gazı emisyonlarının azaltılmasını, atıkların değerlendirilmesini, çevrenin korunmasını ve bu ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesini amaçlamaktadır”. [ 4 ]

2007 yılında kabul edilen Enerji Verimliliği Kanunu (ENVER); “enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasını amaçlamaktadır. Enerji Verimliliği Kanunu; enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usul ve esasları kapsamaktadır”. [ 5 ]

Enerji Verimliliği Kanunu (ENVER) kapsamında enerji Bakanlığı bu kapsamda enerjinin daha verimli kullanılabilmesi için sunulan projelere destek vermektedir. Bu manada 500 TEP (TÜKETİM EŞDEĞER PETROL)

kullanımı olan işletmeleri takip altına almıştır. Yılda bir defa olmak üzere tüketilen enerji miktarlarını doğalgaz, elektrik, motorin, benzin....vb gibi bir çok yakıtın harcanan miktarlarını Enerji yöneticileri sayesinde kayıt altına alınmasını sağlar. Bu şekilde Türkiye’de tüketilen enerji miktarlarını ve çeşitliliğinin kayıtları tutulmuş olur.

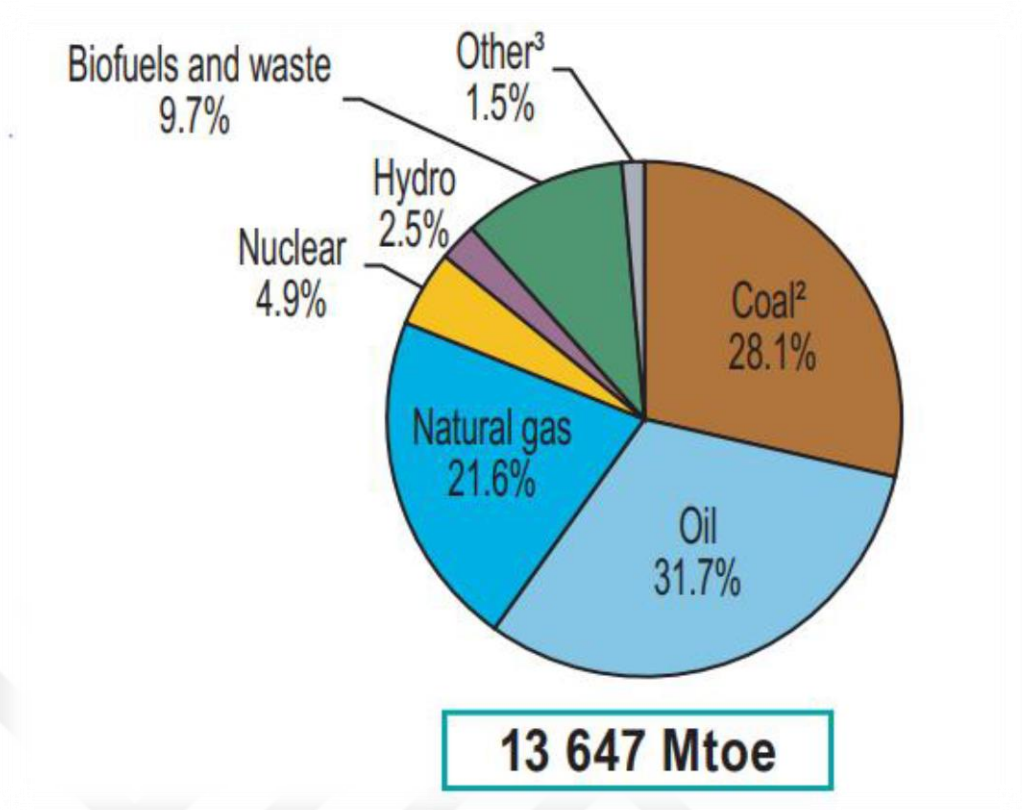
Teknolojinin araştırılması ve geliştirilmesi, teknolojik olarak ihtiyaç duyulan konularda finans ve maddi destek sağlanması, sosyo-ekonomik ve ekolojik sistemlerin esnekliğinin ekonomik çeşitlendirme ve doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi gibi metotlarla inşa edilmesi gerekmektedir. [ 6 ]

Kyoto protokolünde bazı politika ve önlemleri geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bunlara göre, “ulusal ekonominin ilgili sektörlerinde enerji verimliliğinin artırılması, sera gazlarının salınımlarını sınırlayan ya da azaltan politikaların ve önlemlerin teşvik edilmesi ve yenilenebilir enerji türleri, karbondioksiti gideren teknolojiler ile çevre dostu ileri ve yenilikçi teknolojilerin araştırılması ve teşvik edilmesidir”. [ 7 ]

Dünya enerji ihtiyacının büyük bir kısmını sağlayan birincil enerji kaynaklarının 2017 yılı verilerine göre kullanım miktarı 13647 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) olmuştur. Şekil 1’de dünya birincil enerji ihtiyacını karşılaştırmaları görülmektedir.[ 8 ]

Bu proje kapsamında Kızgın yağ ısıtmalı Kazanların bacalarından çıkan yanma gazlarında faydalanarak elektrik üretimi analizi çalışılacaktır.





Şekil 1. Dünya’da 2017 yılı birincil enerji kullanımı. [ 9 ]

## 2.BÖLÜM

### LİTERATÜR

Genel olarak enerji ihtiyacımızı petrol ve doğalgaz çıkan ülkelerden ithalat yoluyla almaktayız. Ülkeye giren ithal edilen bu enerjinin büyük bir bölümü elektrik enerjisine çevrilmektedir. Elektrik enerjine çevrilen ya da yakma yoluyla enerjiye çevrilen bu hammaddeleri daha verimli kullanmak zorunda olduğumuz için enerji verimliliği ve atık ısının geri dönüşümü çok önemlidir. Enerji verimliliği ve Atık ısının geri kazanımı Türkiye ekonomisini daha verimli kılacak ve bu işletmeleri üretecekleri ürünler açısından daha rekabetçi kılacaktır. [ 10 ]

Bu projede, yapılan incelemeler sonucunda genel olarak atık ısı enerjisinden elektrik enerjisi üretimine yönelik çalışmalara yer verilmiştir.

1924 yılında Carnot ilk olarak ısı pompaları çalışmalarını ortaya koymuştur. Daha sonra William Thomson ısı pompalarının soğutmak dışında ısıtma amaçlıda kullanılabileceğini ispatlayan kaynak olarakta dış ortam havasını kullanarak çalışmalar yapmaya başlamıştır. Bu çalışmalar Avrupa ülkelerinde çok uzun yıllardır kullanılmaktadır.[ 11 ]

Aslı Tarakçıoğlu 2006 yılında yaptığı “Sanayide atık ısıdan yararlanma yöntemleri” çalışmasında Enerji tasarrufu, pahalı yatırımlardan daha çabuk ve ucuza elde edebilen bir enerji kaynağıdır. Enerji verimliliğinin artırılması için atık ısıların geri kazanımlarıyla yeni öneriler ve sistem verimliliğini artırıcı önermeler ortaya konmuştur.[ 3 ]

Sevgi Fettah2010 yılında yaptığı tez çalışmasında “Katı oksit yakıt pilinin atık ısısından elektrik enerjisi üretim sisteminin deneysel analizi” katı oksit pilinden çıkan atık ısının seebeck yöntemiyle elektrik enerjisine dönüştürülmesi ve bir çok kritik alanda kullanılması hedeflenmiştir. [ 12 ]

Hurşit Emre DÖŞKAYA 2010 yılında yaptığı tez “ Güneş enerjisi ve atık ısı kullanılarak termoelektrik modül ile deneysel elektrik üretimi” çalışmasında Termoelektrik modülün yüzeylerinden geçen elektrik akımının

oluşturduğu atık ısının tekrar geri kazanılması ile ilgili olarak çalışmışlardır.[ 13 ]

Samet Giray TUNCA Bu tez çalışmada “Sinter manyezit üretimi dönel fırınlarındaki atık ısının elektrik üretiminde değerlendirilmesi” atık ısının bacadan alınarak buhara çevrilmesiyle,kojenerasyon sistemine gönderilerek enerji elde edilme aşamaları incelenmiştir. [ 14 ]

Turgay KANKILÇ bu tez çalışmasında “Belediye düzenli depolama sahalarında kullanılan gaz motoru atık ısısından elektrik enerjisi üretimi“ Malatya ilin de depolanan çöplerden elde edilen enerjinin gaz motoru atık ısısından elektrik enerjisi üretimi incelenmiştir.[ 15 ]

Semih AKIN bu tez “Demir çelik endüstrisinde ergimiş cüruftan elde edilen atık ısının geri kazanımı” çalışmasında demir çelik endüstrisi için yakıt maliyetlerinin çok yüksek olduğubu maliyetleri daha aşağılara çekebilmek için yeni yöntemler tasarlayıp maliyet ve ticari yönden incelemeleri yapılmıştır.[ 16 ]

Koray GÖKTEKİN bu tez çalışmasında ”Gaz yakıcı cihazlardaki atık ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi”hermetik kombilerin bacasından atmosfere atılan ısı enerjisinden faydalanarak termoelektrik jeneratörler ile elektrik enerjisi üreten ve ürettiği enerji ile kombilerin enerji ihtiyacını karşılamayı amaçlayan Termoelektrik Baca Sistemi (TBS) tasarlanarak imalatı yapılmıştır. TBS ile yazın kullanım sıcak suyu konumunda, kışın ise hem kalorifer hem de kullanım sıcak suyu konumunda deneyler yapılmıştır. [ 2 ]

### 3.BÖLÜM

## ASFALT ÜRETİMİ

Günümüze kadar Asfalt (Bitüm) Tarih öncesi devirlerde olmak üzere birçok uygarlık tarafından kullanılmıştır. İlk olarak asfalt kelimesini Akadlar “asfaltik” olarak kullanmış ve daha sonra başka uygarlıklarda bu hammaddenin faydasını keşfederek kullanmışlardır.

Asfalt insanların çok eski bir mühendislik malzemesidir. M.Ö. kullanan uygarlıklardan Sümerler ve Mısırlılar bu hammadde ile birçok inşaat yapmışlar ve günümüze kadar bu kalıntılar kalmıştır.

Çok eski dönemlerde Asfalt jeolojik tabakalardan gün yüzüne çıkan kısımlarda elde edilirken, bu gün ise petrol kuyularından çıkan petrolün rafinasyon yöntemi ile elde edilmektedir. Asfalt (Bitüm) petrolün en sona kalan türevlerinden biridir.

Bu endüstri 1900’lü yıllardan itibaren yaşantımıza girmeye başlamış ve daha uygun ve ekonomik kullanımı için çalışmalar başlamıştır. Bu çalışmalar ikinci dünya savaşıyla birlikte büyük önem kazanmaya başlamıştır.

İkinci dünya savaşı ile uçakların kalkıp ineceği pistler çok kısa zamanlarda bozuluyordu. Bunu önlemek ve serilen asfaltı daha dayanıklı ve kalıcı hale getirmek için çalışmalar başlamıştır.

Bu konuda istenilen sonuçları karşılamakta büyük sonuçlar kaydeden Bruce Marshall yaptığı deneysel çalışmalar sonucunda uçak tekerlek izlerine karşı tasarım çalışmaları büyük başarı sağlamış ve tasarım yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntem günümüzde de bu tasarım yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. [ 17,18 ]

### 3.1. Asfalt

Asfalt teknik adıyla Bitüm olarak adlandırdığımız hammadde doğada hazır halde bulunabildiği gibi birde çıkarılan petrolün rafinasyonu yöntemi ile elde edilebilir. İstanbul ve çevresi için bitüm temini Kocaeli'nde TÜPRAŞ'tan yapılmaktadır. Bu Bitümler içindeki moleküler dağılımlarına ve sertliklerine göresınıflamaları bulunmaktadır. Bu sınıflandırmalar coğrafi şartlara ve uygulamanın yeterliliğine yani performansına göre değişir. [ 17,18 ]



Şekil 3.1. Sıcak Bitüm



Şekil 3.2. Soğuk Bitüm



**Şekil 3.3.**Tüpraş

### **3.2. Agrega**

Agrega diye tabir ettiğimiz diğer hammaddemiz birçok noktadan temin edilir. Bu temin edilen yerler Taş Ocakları, Nehir, göl ve denizlerden elde edilebilir. Bu malzemelere ek olarak birde yapay agregalar vardır bunları birçoğu sanayi atığı malzemelerdir. Bu malzemeler bertaraf edilmesi ve çevreye zarar vermemesi için asfalt hammaddesi olarak kullanılır. Bu hammadde asfalt tesislerinde stoklanarak üretime hazır hale getirilir. [ 17,18 ]



**Şekil 3.4.** Kırılmış Agrega Örnekleri



**Şekil 3.5.** Taş Ocağı

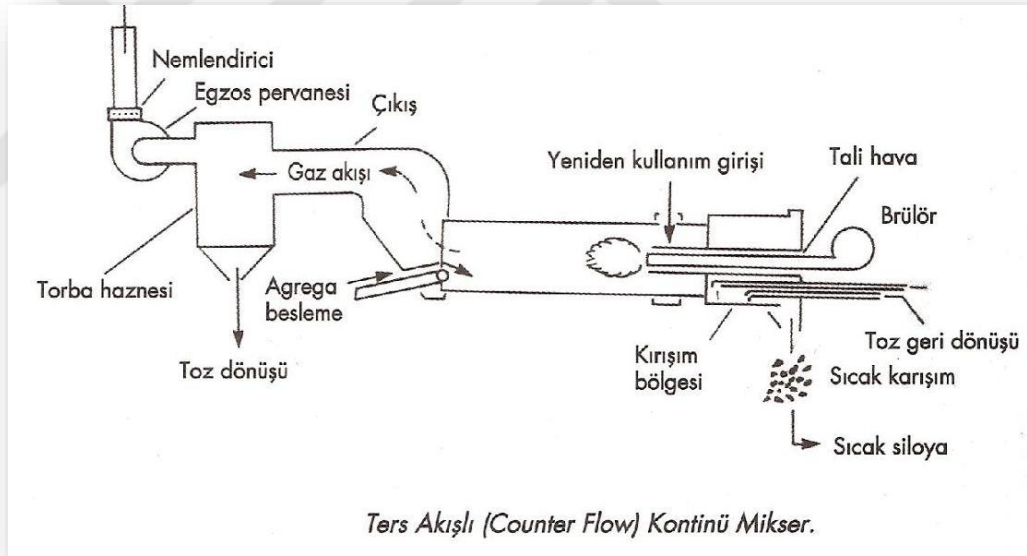
### **3.3. Plentler**

PLENT adını verdiğimiz makinalar yollarımıza serilen sıcak asfaltı üreten makinalardır. Bu makinalar mekanik ve onları kontrol eden otomasyon sistemiyle harekete geçirilen makinalardır.

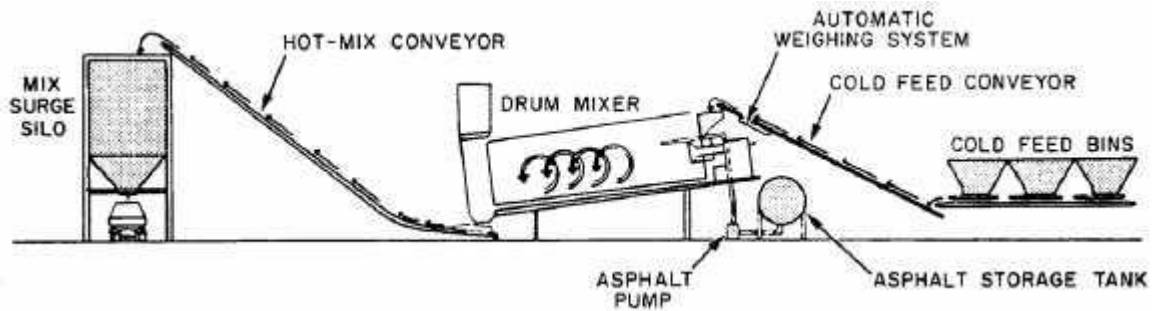




Şekil 3.6. Batch – mix Plant [ 19 ]



Şekil 3.7. Continues–Mixplant

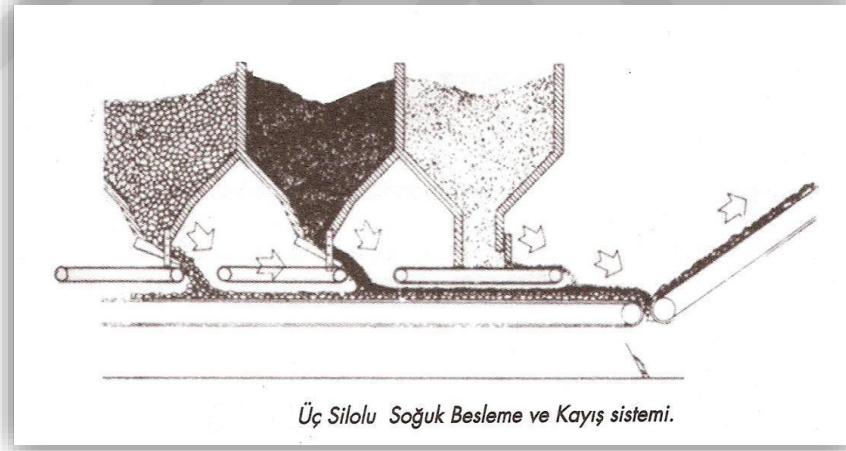




Şekil 3.8.Drum–MixPlent [ 20 ]

### 3.4. Batc-MixPlent

PLENT adını verdiğimiz makinalar yollarımıza serilen sıcak asfaltı üreten makinalardır. Bir plent ilk olarak soğuk silolardan agregayı alarak hareketli bantlar yardımıyla kurutucuya ( Drayer ) getirir. Kurutucuda ısıtılan agregaya elevatör yardımıyla eleklere gelir. Eleklere gelen malzeme uygun şekilde elenerek sıcak agregaya silolarında depolanarak karışıma hazır hale getirilir. Aynı zamanda hazır hale gelen Filler, Agregaya, bitüm mikserde uygun zamanda karışarak hazır mamul silosuna asfalt indirilir. Biriktirilen asfalt yüklemeye tonajına gelince kamyonlara yüklenerek serim yapılacak bölgeye kantar irsaliyesiyle gönderilir. Bu şekilde yollarımıza sıcak asfalt serilmiş olur.



Şekil 3.9. Soğuk Silolar

Silo altındaki Uzun bant üzerine akan tüm malzemeler kurutucu girişindeki kısa bant kadar gelir. Kurutucu girişinde ısıya dayanıklı özel bir bant ile malzeme kurutucu içine nakledilir.



**Şekil 3.10.**Bantlar

Kurutucu Agreganın kurutulup istenilen sıcaklığa kadar ısıtıldığı yerdir. Asfalt plantindeki en önemli ünedir. Kurutucu ünitesini etkileyen faktör çok fazladır. Agreganın rutubeti, agreganın aşındırma özelliği, kullanılan yakıt, agreganın dryere giriş sıcaklığı, dane boyutu, kanat yapısı, kanat açıları, Kurutucu boyu, çapı gibi.



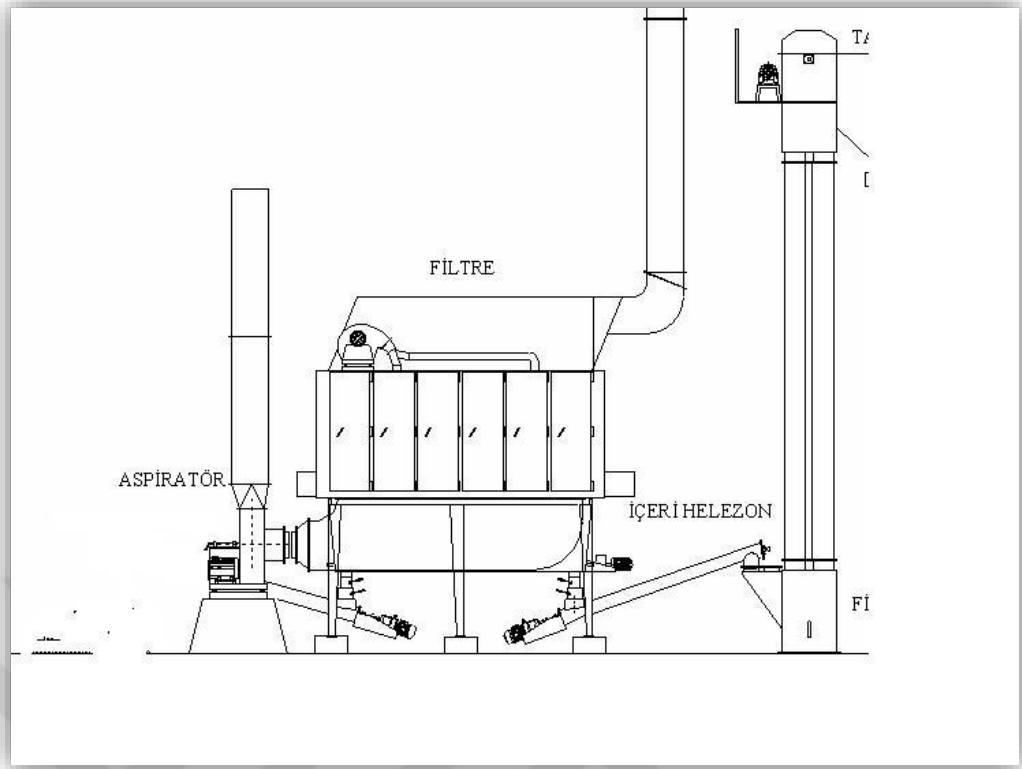
**Şekil 3.11**Drayer

Agreganın ısıtılmasında kullanılan brölür doğal gaz, lpg, fueloil vb. yakıtlar kullanılır.



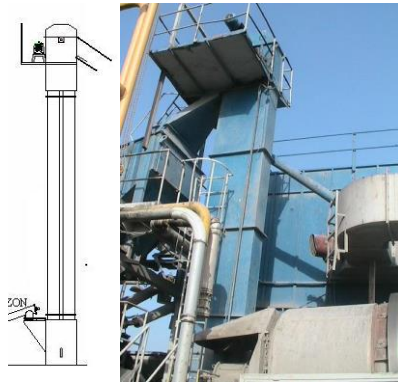
**Şekil 3.12. Brülör**

Filtrenin görevi dışarı atılan havanın içindeki mikron düzeyindeki toz parçalarını tutmaktır. Kurutucu ve elek üstünden emilen tozu filtre ederek tutulan tozun karışım içindeki tekrar değerlendirilmesini sağlamaktadır. Kaset (Atmosferik tip) ve Kafes torbalı (jet plus) olmak üzere iki tür filtreleme sistemi vardır.



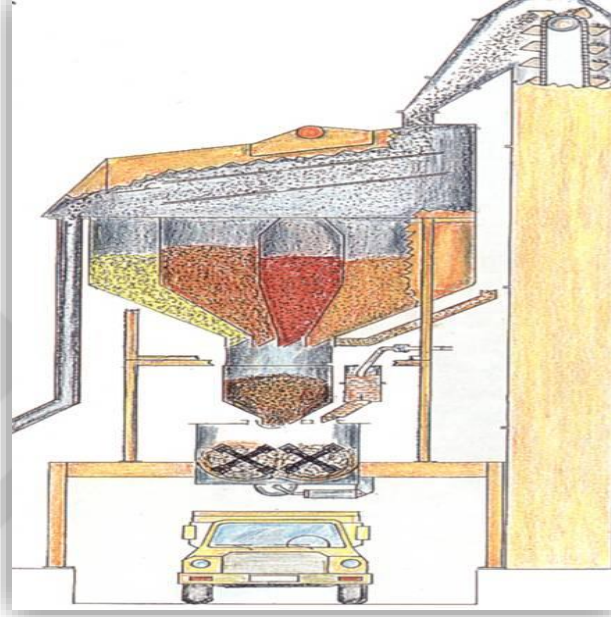
**Şekil 3.13. Filitre**

Kurutucu çıkan brülör tarafından ısıtılmış taze agrega elevatör yardımıyla eleklerle taşınır. Elek ünitesi plant kapasite ve verimliliğini doğrudan etkiler. Elek normalde, limitlerin içindeki malzemenin geçişine yol verir. Eğer normalin üstünde bir yükleme ile karşılaşırsa normalde elekten geçip ilgili siloya gidecek malzeme o silodan taşıp diğer siloya gidecektir. Bunları önlemek için elek kontrol sisteminin sağlıklı olması gerekir.

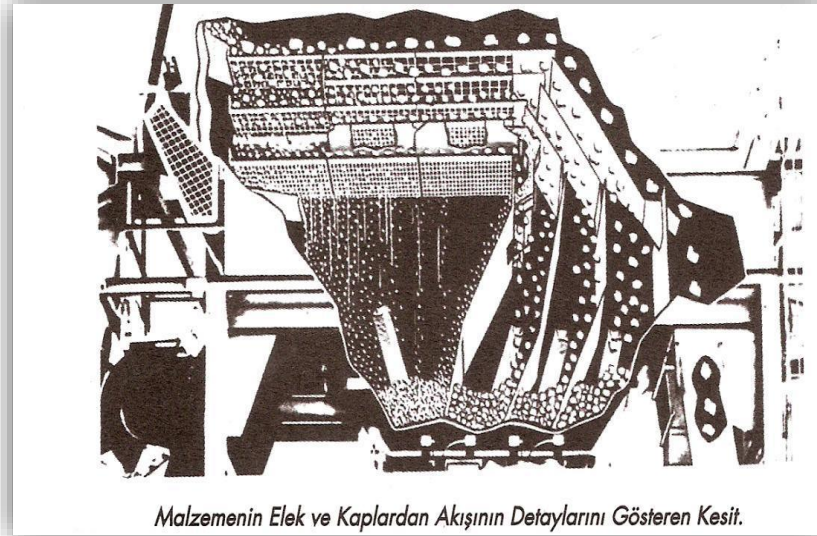


**Şekil 3.14. Elevatör**

Elek ünitesi plant kapasite ve verimliliğini doğrudan etkiler. Elek normalde, limitlerin içindeki malzemenin geçişine yol verir. Eğer normalin üstünde bir yükleme ile karşılaşırsa normalde elekten geçip ilgili siloya gidecek malzeme o silodan taşıp diğer siloya gidecektir. Bunları önlemek için elek kontrol sisteminin sağlıklı olması gerekir.



Şekil 3.15. Elek



Şekil 3.16. Sıcak Agrega Siloları



Sıcak Agregası Siloları, Kurutucudan kurutulmuş ve eleklerden elenmiş sıcak agreganın istenen miktarlarda mikserine alınması için beklediği depolardır. Bu depoların agreganın ısını kaybetmemesi için izole edilmiş olması gerekmektedir. Plentin kapasitesine göre bu depoların sayısı ve de stok miktarları da değişmektedir.



**Şekil 3.17.** Agregası, Bitüm, Filler Kantarları [ 21 ]

Agregası kantarı, elenmiş ve ısıtılmış agreganın mikser öncesinde belirlenen miktar kadar tartılması işlemini gerçekleştirmektedir. Kantarların belli sürelerde kalibre edilmesi, üretimin kalitesi açısından zorunludur. Ayrıca ölçümleme dışında bu kantarların sürekli kontrol edilmesi gerekir.

Asfalt üretiminin ana hammaddelerinden olan bitüm, ısıtıldıktan sonra mikserde agregası ile karıştırılmadan önce bitüm kantarında tartılması gerekmektedir. Agregası kantarında olduğu gibi bitüm kantarının da kalibrasyonunun sürekli yapılması gerekmektedir. Kalibrasyon dışında zaman zaman üretimden alınan örnekler üzerinde de tartı doğruluğu yapılması gerekmektedir.

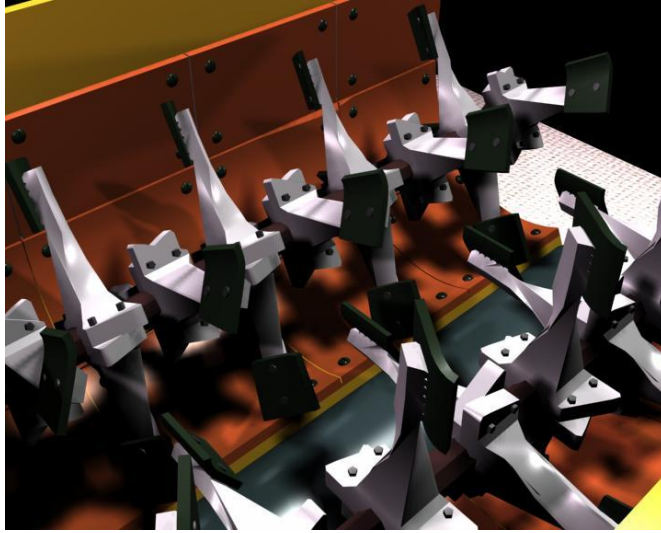
Bunlara ek olarak birde filler kantarı bulunmaktadır. Yapılacak olan asfaltın ince kısmı buradan mikserine aktarılır. Kalibrasyon dışında zaman zaman üretimden alınan örnekler üzerinde de tartı doğruluğu yapılması gerekmektedir.

Bu üç malzeme otomasyonda alınması gerekli olan miktarları aldıktan sonra mikserde aktarılır ve asfalt karışımı başlamış olur. Mikser içine silo ambarlarından karışım gradasyonuna uygun kilolarda çekilen agrega ve filler üzerine sıcak bitüm püskürtülerek karışım yapılmakta ve sıcak karışım hazırlanmaktadır. Karışım süresi istenilen miktar kadar ayarlanabilmektedir.



Şekil 3.18. Mikser [ 22 ]

<https://www.ammann.com/tr/plants/asphalt-plants/continuous-asphalt-mixing2020>)



Şekil 3.19. Mikser ve Mikser Kolları [ 22 ]

Vagon veya raylı araba yardımıyla bir çok plentte bulunur fakat her plentte bulunması gereken plent ekipmanı değildir. Plent konstrüksiyonuna bağlı olarak mikserden direk kamyonu boşaltılabilir veya sıcak silo mikser altında olabilir.



#### **4. BÖLÜM**



## KIZGIN YAĞ KAZANI

Isı Transferi denilince ilk akla gelen su olmuştur. Fakat su 100 °C'ye kadar ideal bir ısı transfer aracı olabilir. Yüksek sıcaklıklarda ısı transferi için ise daha farklı malzemeler kullanılmıştır.

Su 100 °C'den sonra buhar fazında olacağından sıkıştırılmaz ve basınçlandırılmaz. Bu sebepten dolayı basınçlandırılacak ısı transfer yağı gibi maddeler kullanılır.

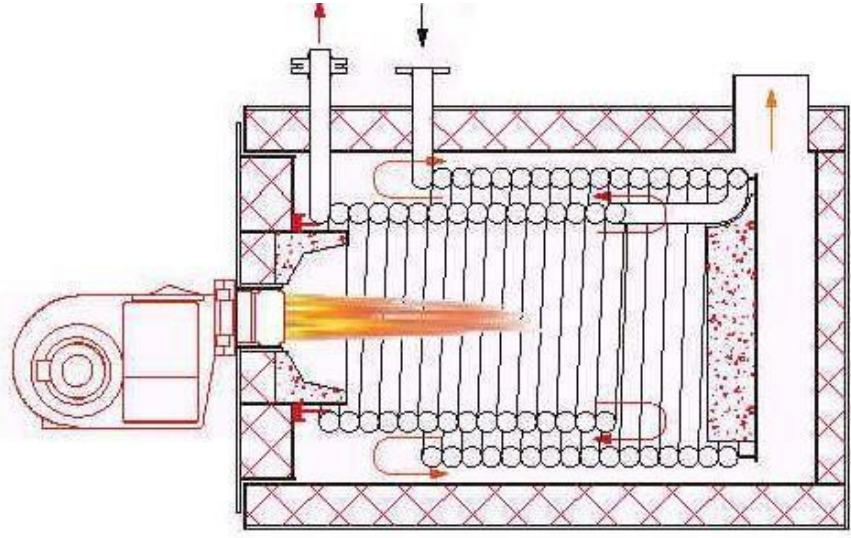
Asfalt üretiminde kızgın yağ kazanları önemli bir yer tutmaktadır. Asfalta birleştirici, bir arada tutucu özelliği veren petrol türevi ürün olan bitüm-zift malzemesi sürekli olarak 150 °C'de olmalıdır.

Asfaltı sürekli olarak 150 °C'de tutabilmek için bitüm servis tanklarında bitüm tanklarının içinde çelik çekme borulardan yapılan serpantinler bulunur. Bu serpantinlere kızgın yağ kazanı sirkülasyon pompası yardımıyla ısıtılmış termik yağ gönderilir. Giden termik yağ bitümün aynı sıcaklıkta kalmasını sağlar.

Kızgın yağ kazanları brülörün yanmasıyla ve serpantin ( spiral şeklinde kıvrılmış ) boruların içinden geçen ısı transfer yağı ile kazanın yanma dası içindeki ısıyı alan ve daha sonra servis tanklarında bu ısıyı bitüme vererek sıcak kalmasını sağlayan basınçlı kaplardır. [ 23,24,25,26 ]

### 4.1.Kazan

Kızgın yağ kazanları TÜPRAŞ'tan gelen Bitümü ısıtmak ve sürekli olarak akışkan kalmasını sağlamak için kullanılır. Bu ısıtmayı bir yakma odası sayesinde yapar. Brülör özelliklerine göre kazanda yakıt olarak katı, sıvı ve gaz yakıtlar kullanılabilir. Üretim aşamasında kullanılacak olan bitümün ısıtılarak üretimde kullanılması ve sürekli kullanım için sıcak halde tutulmasında kazanlardan faydalanılır. Kazan gövdesi basınca dayanıklı malzemedен yatay ve dikey olarak imal edilirler. Kazan içi serpantin boruları istenilen maksimum basınca dayanıklı olarak çelik çekme borulardan imal edilmiştir. Kazanlar gaz ve sıvı yakıt yakabilecek özellikte imal edilirler. [ 23 ]



Şekil 4.1.Kızgın Yağ Kazanı Şematik Resmi[ 25 ]

#### 4.2. Genleşme Tankı

Genleşme tankının görevi, sıcaklıkla hacmi artan termik yağın, artan hacmini karşılamak, sistemdeki degazör vasıtası ile termik yağdan ayrıştırılan gaz ve buharları atmosfere atmak için kullanılır. Genleşme tankının hacmi tesisattaki toplam ısı transfer yağının en az % 20-30 kadar hacimde olmalıdır.[ 25,26 ]

#### 4.3. Yağ Depolama Tankı

Depolama tankı, tesisattaki toplam yağ hacminden % 50 fazla hacimde olmalıdır. Sistemdeki Isı Transfer yağının cebri olmayan akışla bu tanka dolabileceği bir yere monte edilmeli. [ 25,26 ]

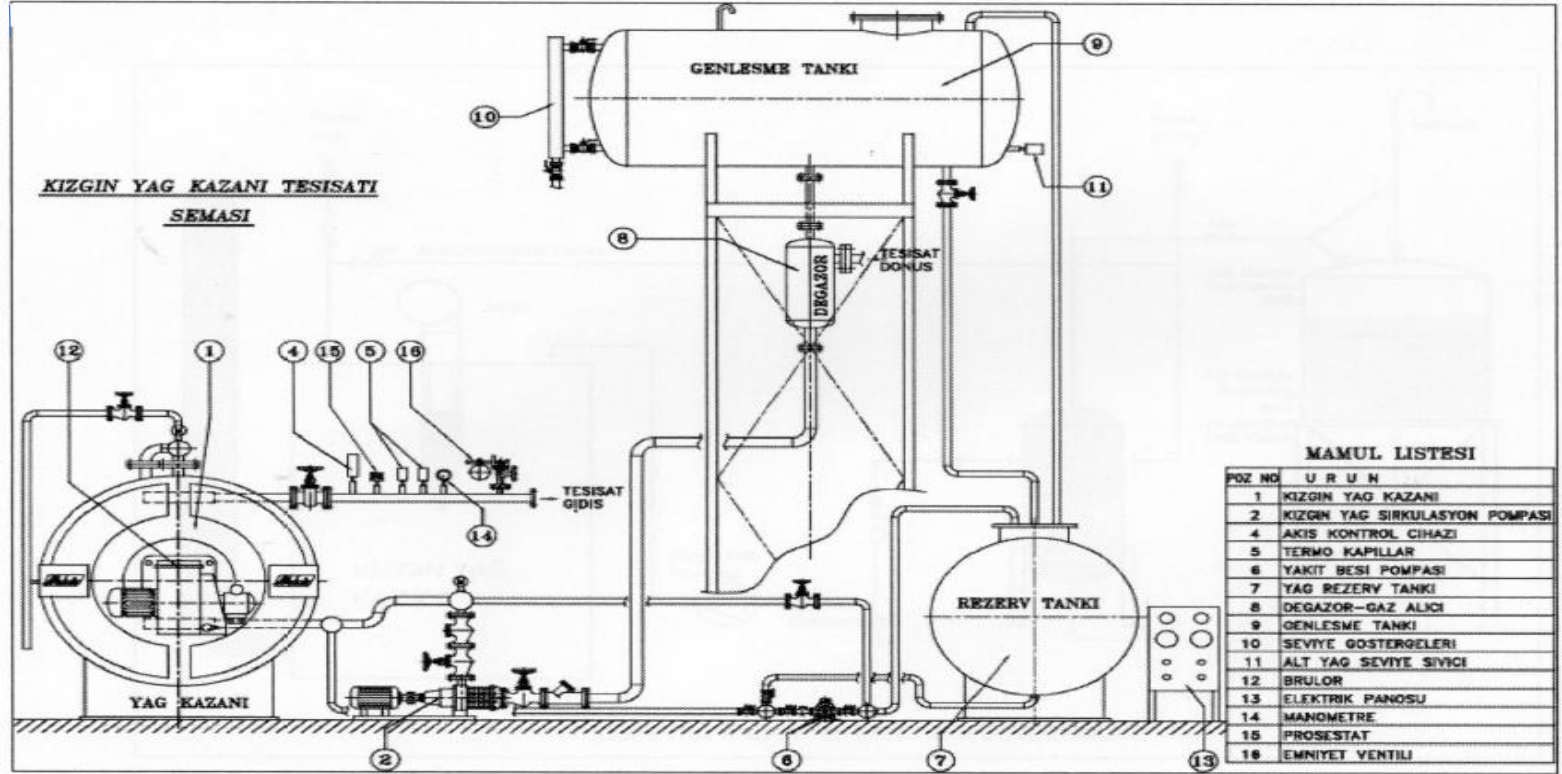
#### 4.4. Sirkülasyon Pompası

Dolaşım pompaları, yüksek sıcaklıktaki yaklaşık 300 - 350 °C ısı transfer yağını dolaştırabilecek, santrifüj tipte, mekanik salmastralı, yatakları tercihen Cebri hava soğutmalı olmalıdır. Pompa giriş ve çıkışına uzama ve titreşim önleme için Kompanzatorler konulmalıdır. [ 25,26 ]

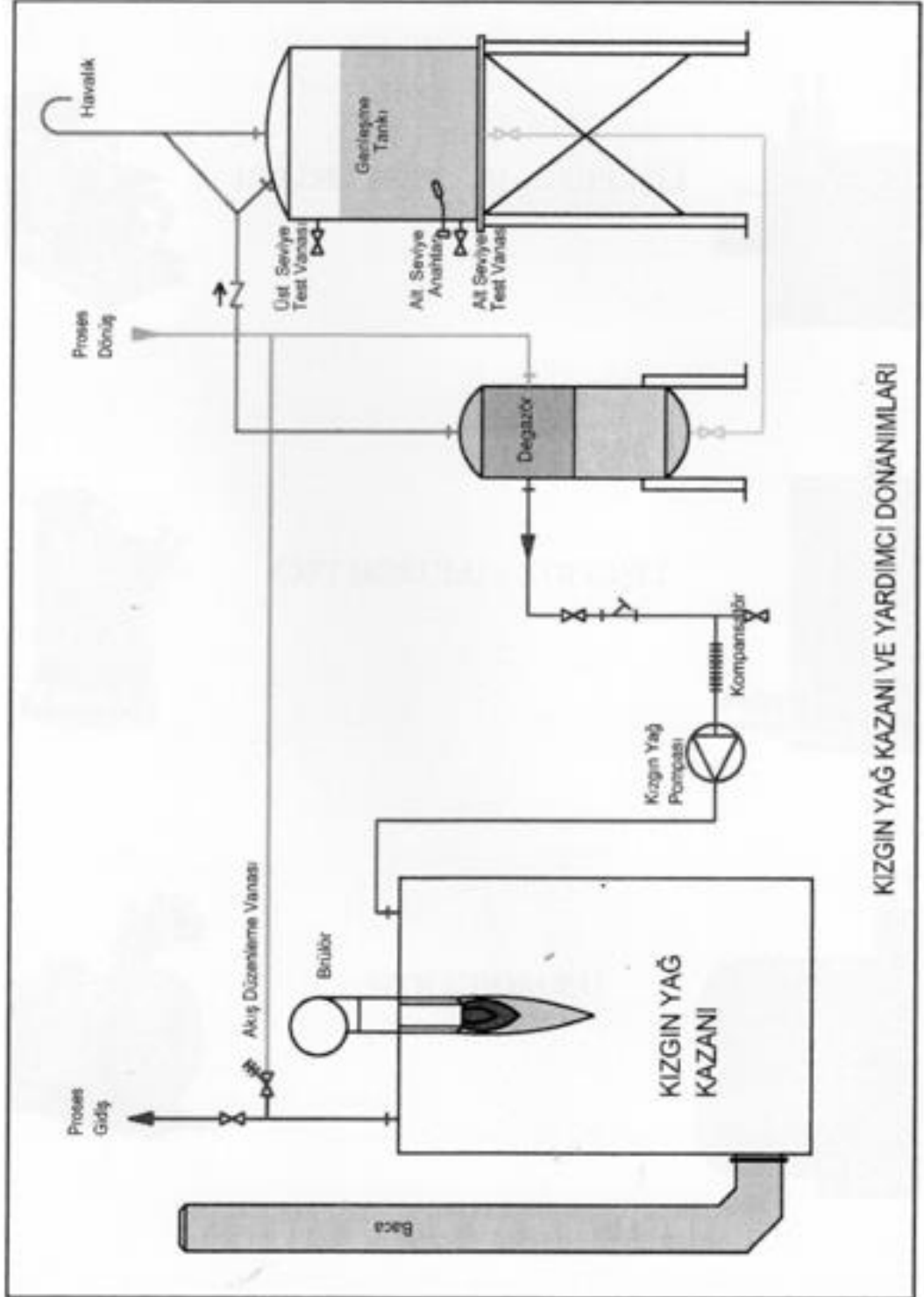
#### 4.5. Tesisat Armatürleri

Vanalar, Filtreler, ısı transfer yağı seviye göstergesi, Borular, Redüksiyonlar, Flanşlar, Sönümleyiciler, Kompanzatörler, Hava tahliye elemanları, Isı transfer yağı doldurma pompaları, Otomatik kontrol elemanları, Isıölçerlerden oluşur.[ 25,26 ]





Şekil 4.2. Kızgın Yağ Kazanı Tesisat Şeması[ 25,26 ]



KIZGIN YAĞ KAZANI VE YARDIMCI DONANIMLARI

Şekil 4.3. KızgınYağ Kazanı Yardımcı Donanımları[ 25,26 ]

## 5. BÖLÜM

### BRÜLÖR



Şekil 5. Brülör (<https://www.teknoasfalt.com/benninghoven-brulorleri-ve-yatik-verimliliği/> 2020)

Enerjinin farklı formlara dönüştürülmesi dediğimiz zaman aklımıza gelen cihazlardan biri brülördür. Bu makinalar ısıyı her yerde aynı oranda yaydığı ve kontrolü kolay olduğu için tercih sebebidir. Bu makinalarda yanan alev ısıyı bir yakma odasında enerji transferi yaptığı için tercih sebebi olmuşlardır. [ 26 ]

## 6. BÖLÜM

### YANMA

Günümüzde birçok alanda enerji dönüşümü yanma yoluyla sağlanmaktadır. Bir yakıtın oksijenle girdiği hızlı tepkime sonucunda ısı ve ışık yaydığı bir tepkimedir. Yanma belli parametrelere bağlıdır. Bunların en başında Yanma Süresi, Isıl Verim, Yanma Verimi gibi parametreler gelir. Bu parametrelere en uygun olarak gerçekleşen kimyasal tepkime en verimli yanmadır.[ 25,26 ]

**Tablo 6.1.** Yakıtların Isıl Değerleri Görülmektedir. [ 25,26 ]

Yakıtların ısı değerleri		
Yakıt	Alt Isıl Değeri (kcal/kg)	Üst Isıl Değeri (kcal/kg)
Ham Petrol	9300-10400	9800-10700
Motorin	10120	10800
Marin Diesel	10050-10200	10650
Fuel - Oil S	9650-9800	10250
Fuel - Oil 6	9500-9700	10000
Linyit Zifti	9600	10300
Taş Kömürü	9000	9300
Gaz Yağı	10000	10350
Benzin	10300	11200
Taş Kömürü (Normal)	6200-7000	
Taş Kömürü (iyi)	6900-7500	
Linyit Kömürü (Normal)	2500	
Linyit Kömürü (Iyi)	5000-5250	
Odun	3000-3500	
Doğalgaz	1 1740 (8250 kcal/Nm <sup>3</sup> )	13025

## 7.BÖLÜM

### ATIK ISIDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ

#### 7.1.Atık Isının Değerlendirilmesi Yöntemleri

##### 7.1.1. KojenerasyonveTrijenerasyon Yöntemi

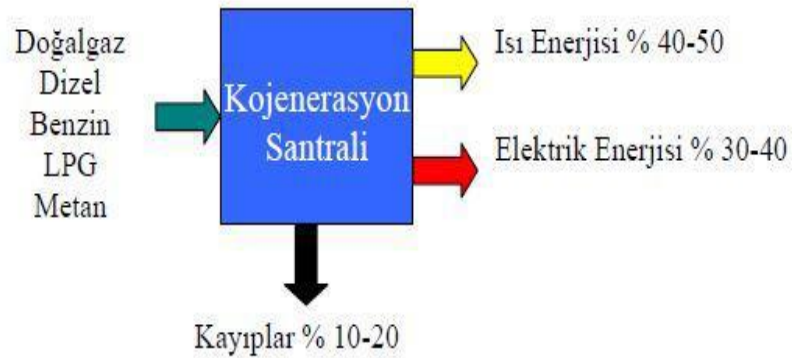
###### 7.1.1.1. Kojenerasyon

Kojenerasyon, enerjinin hem elektrik hem de ısı formlarında kombine yani birleşik olarak aynı sistemden üretilmesidir ve iki enerji formunun da tek tek kendi başlarına ayrı bir şekilde üretilmesinden daha verimlidir.

Bir kojenerasyon santralinin başlıca ekipmanlarını şöyle sıralanmaktadır;

- Kompresör
- Yakma Odası
- Gaz Türbini
- Jeneratör/Alternatör
- Atık Isı Değerlendirme Kazanı
- Buhar Türbini

[ 27 ]

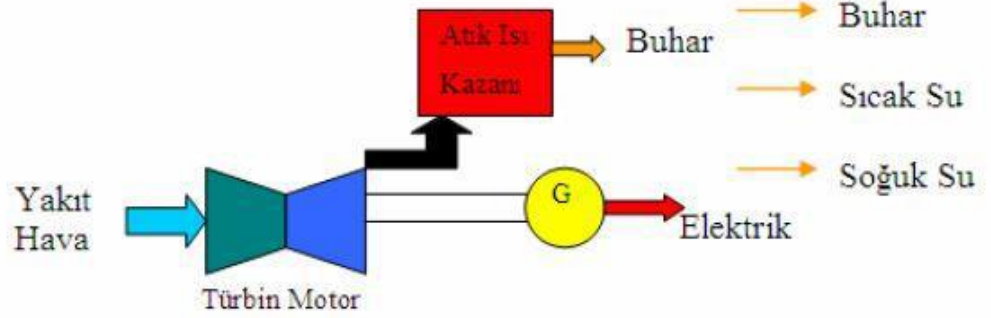


Şekil 7.1.KojenerasyonSisteminin Şematik [ 28 ]



### 7.1.1.2. Trijenerasyon

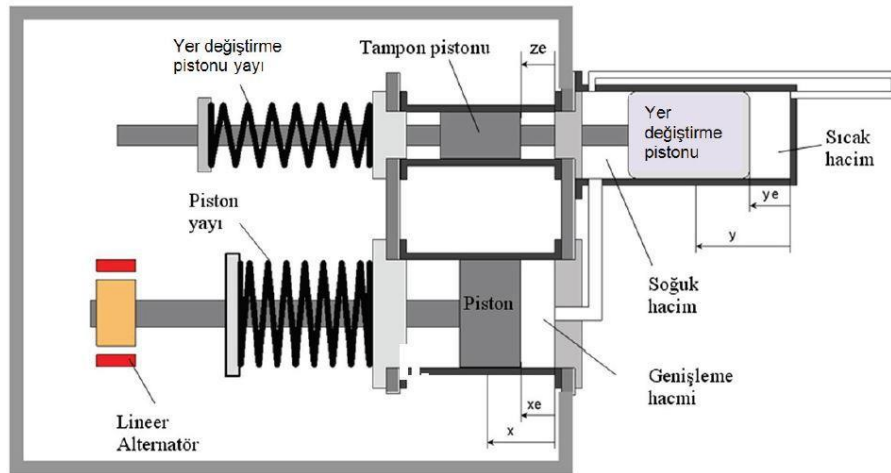
Uygulamalarında çıkan sıcak akışkan çıkışı ile ısı ve elektrik enerjisi yanında birde soğuk akışkan elde edilmesidir.



Şekil 7.2.Trijenerasyon Sisteminin Şematik Görünüşü [ 28 ]

### 7.1.1.3. Stirling Motoru

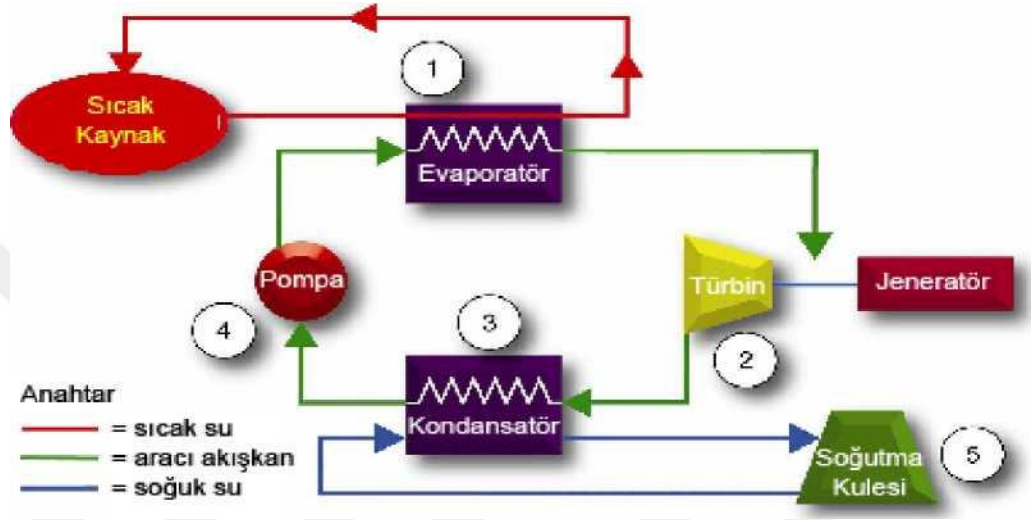
Bu motorlara sıcak hava motorları da denir. Yeteri kadar sıcaklıktaki sıcak akışkanın genişletilmesi ve sıkıştırılması işlemlerinin sonucunda kapalı ve rejeneratif bir çevrim olan stirling çevrimi boyunca tekrarlandığı termal bir sistemdir. Yüksek verime sahiptirler.[ 29 ]



Şekil 7.3.Gama Tipi Serbest Pistonlu Stirling Motoru Mekanizması [ 30 ]

#### 7.1.1.4. Organik Rankine Çevrimi (ORC)

Organik Rankine çevrimi Rankine çok benzemektedir. Bu çevrimde su yerine daha düşük sıcaklıkta buharlaşan akışkan kullanılarak daha yüksek basınçlara ulaşabilen çevrimdir.



Şekil 7.4. ORC Sistem Şeması [ 31 ]

#### 7.1.1.5. Termofotovoltaik Teknolojisi

Termofotovoltaik sistemler, yüksek sıcaklıklı atık ısılarından ve güneş radyasyonundan ısı enerjisi ve elektrik enerjisi üreten sistemlerdir. Fotovoltaik hücre üzerine gelen güneş ışınları hücre tarafından absorbe edilerek ısı enerjisini elektrik enerjisine çevirirler. (Ferraria, C., and Melinob, F. 2014)

Termoelektrik etki tanımı üç tane ifadeyi içinde barındırır. Bunlar;

- Seebeck Etkisi
- Peltier Etkisi
- Thomson Etkisi olarak adlandırılır. [ 32 ]

## 8. BÖLÜM

### ATIK ISIDAN ELEKTRİK ÜRETİM TASARIMI

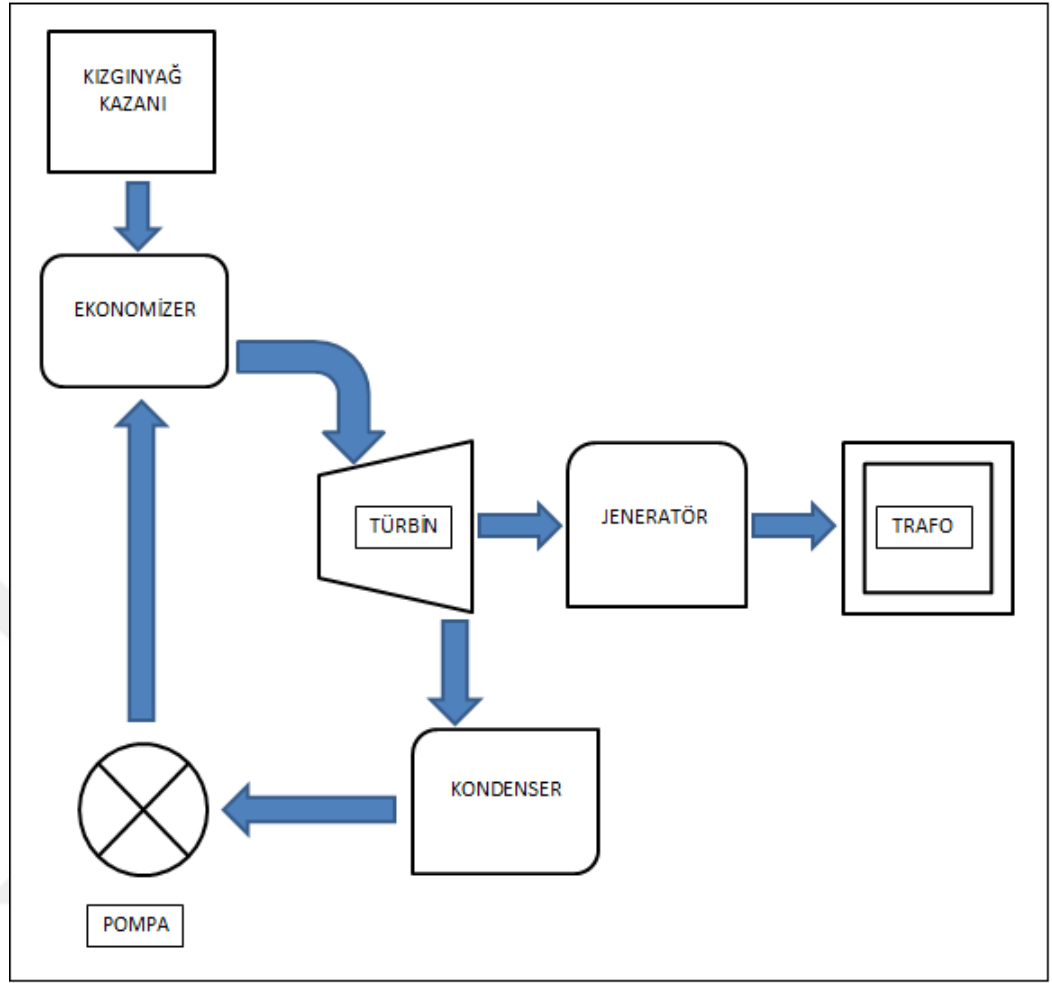
Bu tez çalışmasında kojenerasyon yöntemiyle hem ısı üretirken hem de elektrik üretimi için sistem tasarımı yapılacaktır.

İSFALT AYDINLI Fabrikamızda bulunan Kızgın yağ kazanı 1.250.000 kcal/h'lik bir kızgın yağ kazanıdır. Kızgın yağ kazanının brülörü ise Cuenod marka min. 1200kW – 2300kW arasında ısı değerine sahip brülördür. Kızgın yağ kazanının verim hesabı mutlaka yapılmalıdır. Bu hesap sayesinde dışarıya ne miktarda atık ısı atıldığı belirlenecektir. Bu sebepten dolayı kızgın yağ kazanının birçok noktasından sıcaklık ölçümleri alınmalıdır. Ardından kazanın bütün boyutları yapılarak kazan verimi hesaplanmalıdır.

Mevcut durumda kızgın yağ kazanına atık ısıdan faydalanmak için bir komponent bağlı değildir. Bu bağlamda bakıldığında kazan atık ısı baca yoluyla atmosfere salınmakta ve sera gazı çıkışı yapmaktadır. Çevreye ve işletmeye daha faydalı olabilmesi için atılan atık ısının enerjiye çevrilmesi gerekmektedir. Buradan atık ısı enerjisini elektrik üretiminde kullanabilmesi için ENTA A.Ş. ile görüşülmüştür. Firma yetkilileri görüşmeler sonucunda Ekonomizer kullanılmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Ekonomizer kızgın yağ kazanı bacasından aldığı atık ısı enerji ile Ekonomizerde sirküle edilen akışkanı maksimum verim alacak şekilde dolaştırmalıdır.

Ekonomizerde dolaşan akışkan uygun giriş ve çıkış sıcaklıklarına eriştiğinde buhar üretimi başlayacaktır. Üretilen buhar yüksek basınç ve sıcaklıkta buhar türbinine girer ve kademeli türbin dönmeye başlar. Mil çıkışındaki jeneratör yardımıyla elektrik üretimi yapılmış olur.

Buhar tribününden çıkan düşük basınç ve sıcaklıktaki akışkan kondensere gelerek tekrar yoğuşur. Eksilme varsa bir miktar besleme suyu eklenir ve tekrar ekonomizere giderek dolaşıma sokulmuş olur. Sistem bu şekilde kendini sürekli olarak yeniler ve elektrik üretimi yapılmış olur.



**Şekil 8.1.**Sistem Tasarım Şeması

### 8.1. Atık Isıdan Elektrik Üretimi İçin Gerekli Buharın Eldesi İçin Kızgın Yağ Kazanı Hesabı

Tesiste üretim hatlarının ihtiyacı olan 2 adet 2000 ton kapasiteli Bitüm tankı, üretim esnasında bitümün istenilen sıcaklığa getirilmesi amacıyla 1 adet 1.250.000 kcal/h kapasiteli kızgın yağ kazanı bulunmaktadır. Kızgın yağ kazanı üretim başlamadan belirli bir süre önce devreye alınarak bitümün 145-170°C set değerlerine getirilmesi amacıyla kullanılmaktadır.



**Şekil8.2.**KızgınYağ Kazanı ( İSFALT AYDINLI 2020)

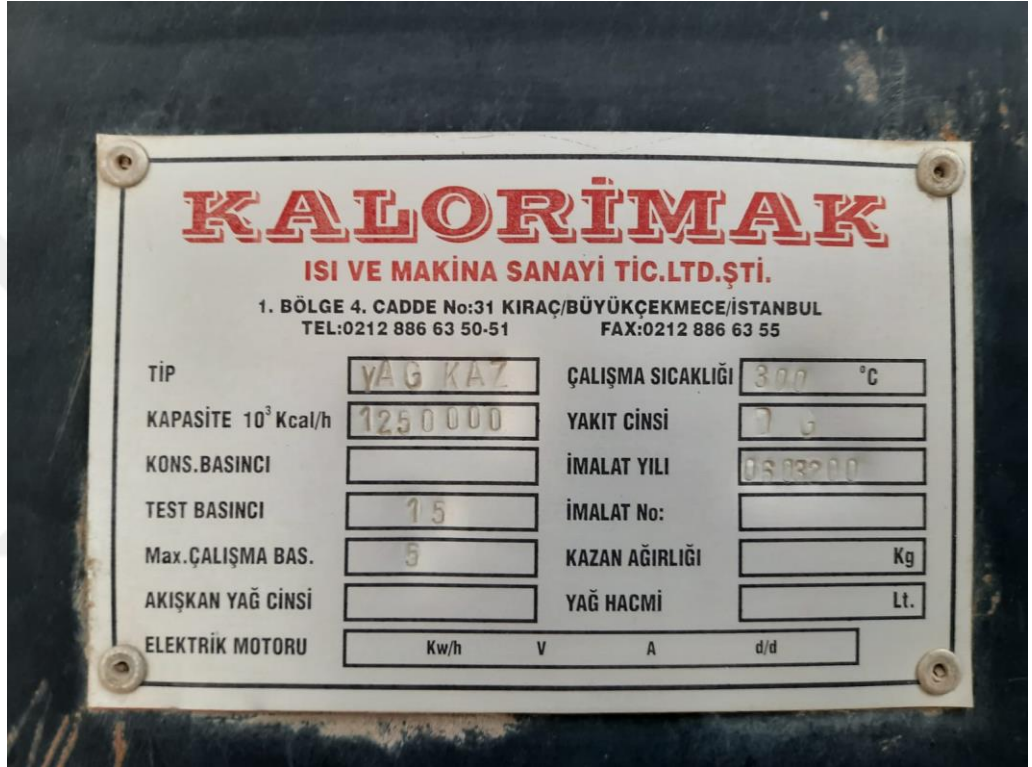


**Şekil8.3.**KızgınYağ Kazanı ( İSFALT AYDINLI 2020)

Kızgın yağ kazanı ve brülörün teknik özellikleri

Kızgın Yağ Kazanı Özellikleri **Tablo 8.1.**' de görülmektedir.

KIZGIN YAĞ KAZANI VE BRÜLÖR ÖZELLİKLERİ	
KAZAN MARKASI	KALORİMAK
KAZAN KAPASİTESİ (kcal/h )	1 250 000
KAZAN İŞLETME BASINCI ( bar)	0 - 10
BRÜLÖR MARKASI VE MODELİ	CUENOD
BRÜLÖR KAPASİTESİ Min-Max (kW)	1200 - 2300
BRÜLÖR FAN MOTORU (kW)	2,6



**Şekil8.4.** Kızgın yağ kazanı etiketi

Kızgın Yağ Kazanı Ölçüm Tablosu **Tablo 8.2.**'de görülmektedir.

Kızgın Yağ Kazanı	Baca Gazı Sıcaklığı (°C)	CO (ppm)	O2 (%)	Ortam Sıcaklığı (°C)
Ölçüm -1	302	10	4	12
Ölçüm -2	306	10	4,5	6
Ölçüm -3	307	10	4,5	9
<b>Ortalama</b>	<b>305</b>	<b>10</b>	<b>4,33</b>	<b>9</b>

Ölçümler neticesinde kazan bacasından çıkan gazların çıkış sıcaklıkları, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO, Yanma verimi ve o andaki ortam sıcaklığı ölçülür. Baca gazı ideal emülsiyon değerleri aşağıda verilmiştir.

O<sub>2</sub> (%) : 1 - 4,5

CO (%) : 9,5 - 11,5

Baca Gazı Sıcaklığı: 305°C

### **Kazan verimi hesaplama**

$$L_{KBG} = (K \times (T_{BG} - T_0) / CO_{2BG}) \times (YAKIT_{Üst \text{ ısı} \text{ değeri}} / YAKIT_{Alt \text{ ısı} \text{ değeri}})$$

$$CO_{2BG} = (1 - (O_{2BG} / 21)) \times CO_{2MAX}$$

$$CO_{2MAX} = \% 11,74$$

$$CO_{2BG} = (1 - 4,33/21) \times 11,74$$

$$CO_{2BG} = 9,31$$

$$K = (69,7 \times C_{Yakit} \times (YAKIT_{Alt \text{ ısı} \text{ değeri}})^2) / (YAKIT_{Üst \text{ ısı} \text{ değeri}})^3$$

$$K = 69,7 \times 73,90 \times (11.935,00)^2 / (12.991,90)^3$$

$$K = 0,335$$

$$L_{KBG} = (0,335 \times (305 - 9) / 9,31) \times (13.459,13 / 12.132,35)$$

$$L_{KBG} = \% 11,9$$

### **Baca gazındaki nem nedeniyle olan ısı kaybı oranı (L<sub>NBG</sub>)**

$$L_{NBG} = ((9 \times H_{yakit}) \times (50,00 - T_0 + (0,50 \times T_{BG})) / YAKIT_{Üst \text{ ısı} \text{ değeri}}) \times$$

$$(YAKIT_{\text{Üst ısı değer}}/YAKIT_{\text{Alt ısı değer}})$$

$$L_{NBG} = ((9 \times 24,57) \times (50,00 - 9 + (0,50 \times 305)) / 12.991,90) \times (13.459,13 / 12.132,35)$$

$$L_{NBG} = \%3,6$$

**Baca gazındaki yanmamış karbon monoksit nedeniyle olan ısı kaybı oranı (L<sub>COBG</sub>)**

$$L_{COBG} = (K \times CO_{BG} / CO_{2BG} + CO_{BG}) \times (YAKIT_{\text{Üst ısı değer}} / YAKIT_{\text{Alt ısı değer}})$$

$$K = 32 \text{ (Doğalgaz için)}$$

$$L_{COBG} = (32 \times 0,0006 / 9,31 + 0,0006) \times (13.459,13 / 12.132,35)$$

$$L_{COBG} \cong \% 0,00$$

**Kazan yüzeyinden radyasyon ve konveksiyonla olan ısı kaybı oranı (L<sub>RK</sub>)**

$$L_{RK} = L_{RK}' / \text{Yakıt tarafından verilen ısı}$$

$$L_{RK}' = (U_r + U_c) \times A \times (T_{\text{yüzey}} - T_{\text{Ortam}})$$

Kızgın yağ kazanının mevcut durumda yüzey sıcaklıkları,

Kızgın Yağ Kazanı Yüzey Sıcaklığı Tablosu **Tablo 8.3.**'de görülmektedir.

Yüzey	Alan (m <sup>2</sup> )	Ort. Yüzey Sıcaklığı (°C)	Ortam Sıcaklığı (°C)
Ön yüzey	3,61	43	9
Sol yan yüzey	6,95	35	9
Sağ yan yüzey	6,95	35	9
Arka yüzey	3,61	135	9



$$U_r = ((E \times 5,67 \times 10^{-8}) / (T_{\text{yüzey}} - T_{\text{Ortam}})) \times ((T_{\text{yüzey}})^4 - (T_{\text{Ortam}})^4)$$

$$E = 0,98$$

$$U_r = ((0,98 \times 5,67 \times 10^{-8}) / (43 - 9)) \times ((316)^4 - (282)^4)$$

$$U_r = 5,96 \text{ Watt/m}^2\text{K}$$

$$U_c = B \times (T_{\text{yüzey}} - T_{\text{Ortam}})^{0,25}$$

$$B = 1,45$$

$$U_c = 1,45 \times (43 - 9)^{0,25}$$

$$U_c = 3,5 \text{ Watt/m}^2\text{K}$$

$$L_{RK}' = (U_r + U_c) \times A \times (T_{\text{yüzey}} - T_{\text{Ortam}})$$

$$L_{RK}' = (5,96 + 3,5) \times 3,61 \times (43 - 9)$$

$$L_{RK}' = 1161,12 \text{ Watt}$$

Kızgın yağ kazanının mevcut durumda yüzey ısı kayıpları **Tablo 8.4.**'de görülmektedir.

Yüzey	Alan (m <sup>2</sup> )	U <sub>r</sub> (Watt/m <sup>2</sup> K)	U <sub>c</sub> (Watt/m <sup>2</sup> K)	L <sub>RK</sub> ' (Watt)
Ön yüzey	3,61	5,96	3,5	1161,12
Sol yan yüzey	6,95	7,8	3,27	2245
Sağ yan yüzey	6,95	7,8	3,27	2245
Arka yüzey	3,61	1,6	4,85	2934
<b>TOPLAM</b>				8585.12

$$L_{RK}'=8585.12 \times 0,860$$

$$L_{RK}'=7383.2\text{kcal/h}$$

$$L_{RK}=L_{RK}' / \text{Yakıt tarafından verilen ısı}$$

Brülörün ortalama yakıt tüketimi;

**Tablo 8.5.** Kızgın Yağ Kazanı Brülör Min. ve Max. Seviye Yakıt Değerleri

	Min.	Max.
Tüketim değeri ( $\text{Sm}^3/\text{h}$ )	124	236

$$\text{YAKIT ortalama tüketimi} = ( 124 + 236 ) / 2$$

$$\text{YAKIT ortalama tüketimi} = 180 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

Yakıt tarafından verilen ısı=Yakıt tüketimi x Yakıtın alt ısıl değeri

$$\text{Yakıt tarafından verilen ısı} = 180 \text{ Sm}^3/\text{h} \times 8250 \text{ kcal/Sm}^3$$

$$\text{Yakıt tarafından verilen ısı} = 1.485.000 \text{ kcal/ h}$$

$$L_{RK} = ( 7383,2 / 1.485.000 ) \times 100$$

$$L_{RK} = \% 0,50$$

**Toplam ısı kaybı ( $L_{\text{Toplam}}$ )**

$$L_{\text{Toplam}} = L_{KBG} + L_{N BG} + L_{COBG} + L_{RK}$$

$$L_{\text{Toplam}} = 11,9 + 3,6 + 0 + 0,5$$

$$L_{\text{Toplam}} = \% 16$$

**Kazan verimi(%);**

$$\text{Verim}=100-L_{T\text{oplam}}$$

$$\text{Verim}=100-16$$

**Verim= % 84**

**Fazla hava oranı (%);**

$$\text{Fazla hava oranı}=\frac{O_2}{(21-O_2)}\times 100$$

$$\text{Fazla hava oranı}=\frac{4.33}{(21-4.33)}\times 100$$

$$\text{Fazla hava oranı}=\% 27,97$$

## **8.2. Atık Isıdan Elektrik Üretimi İçin Gerekli Buharın Eldesi İçin Ekonomizer Hesabı**

6 t/h'lik, 10 bar basınçta buhar kazanı için ekonomizer teknik değerleri

Doğalgaz Gaz Alt Isıl Değeri : 8250 kcal/Nm<sup>3</sup>

Kazan Isıl Kapasitesi : 1.250.000 kcal/h

Kazan Buhar Kapasitesi : 6.000 kg/h

Kazan Verimi : % 84

Yakıt Miktarı : 168,35 Nm<sup>3</sup>/h

Duman Gazı Miktarı : 2020.2 Nm<sup>3</sup>/h

Duman Gazı Giriş Sıcaklığı : 305 °C

Duman Gazı Çıkış Sıcaklığı : 110 °C

Duman Gazı Sıcaklık Farkı : 195 °C

Ekonomizer Su Giriş Sıcaklığı : 90 °C

Ekonomizer Su Çıkış Sıcaklığı : 140 °C

Ekonomizer Sıcaklık Artışı	: 50 °C
Ekonomizer Logaritmik Sıcaklık	: 76,3 °C
Ekonomizer Isıtma Yüzeyi	: 140 m <sup>2</sup>
Ekonomizer Kapasitesi	: 133939,26 kcal/h
Özgül Duman Gazı Miktarı	: 4,45 Nm <sup>3</sup> /kg
Isınma Isısı Cp	: 0,34 Kcal/Nm <sup>3</sup> °C
Isı İletim Katsayısı	: 25 Kcal/m <sup>2</sup> h°C

$$\Delta t_m = (t_2 + t_3) = (305 - 110) = 195 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = B \times V_g \times \Delta t \times C_p$$

$$Q = 168,35 \times 4,45 \times 195 \times 0,34 = \underline{49669,14} \text{ kcal/h kazanç sağlanır.}$$

Ekonomizerden elektrik elde edebilmek için sirkülasyon yaptığımız besi suyuna 49669,14kcal/h'lik enerji geçişi olmaktadır. Buharlaşan bu miktar uygun koşullarda basınçlandırılarak türbine gönderilmesi sağlanacaktır.

Buradan elde edilen buhar sayesinde kazadan dışarıya atılan ısı farklı bir forma dönüşerek elektrik üretimi için kullanılacaktır. Bu aşamada Ekonomizer kullanılarak yapılacak tasarruf miktarı ise aşağıda verilmiştir.

$$B = Q / (H_u \times \eta_k) = 49669,14 / (8250 \times 0,90) = 6,69 \text{ Nm}^3/\text{h Doğalgaz tasarrufu olur.}$$

Ekonomizerle yapılan tasarruf

$$6,69 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 24\text{h}/\text{Gün} \times 360 \text{ Gün} \times 0,8 \text{ TL} = 46.241,28 \text{ TL/YIL}$$

### 8.3. Atık Isıdan Elektrik Üretimi İçin Buhar Türbini Hesabı

Ekonomizer ve Buhar Türbini için konuştuğumuz firma yetkilileri bize oluşan buharın aşağıdaki basınç ve sıcaklıkta şartlandırılmasını uygun görmüşlerdir.

Buhar girişi 25 bar 370 °C'ye, buhar çıkışı ise 2 bar 270°C'ye şartlandırılan Türbinin kısılmış buhar akışı 6 t/h olacaktır. Buhar türbini tarafından üretilen, mil gücüne izentropik verim hesaplanacaktır.

Şartlandırma esnasında komresörde 5,5 kW elektrik motoru kullanılmaktadır.

Gerçek Türbin:

$h_{giriş} = 3.201,5 \text{ kJ/kg}$  (25 bar ve 375°C için)

$h_{çıkış} = 3.007,3 \text{ kJ/kg}$  (2 bar ve 271°C için)

İdeal Türbin:

$h_{giriş} = 3.201,5 \text{ kJ/kg}$  (25 bar ve 375°C için)

$h_{çıkış} = 2.719 \text{ kJ/kg}$  (2 bar ve giriş koşullarıyla aynı entropi)

Buhar türbin verimi için elde edilen veriler, yukarıda entalpi farkı cinsinden verilen verim denkleminde konulur:

$$\eta_{Türbin} = (h_{giriş} - h_{çıkış})_{gerçek} / (h_{giriş} - h_{çıkış})_{ideal}$$

$$\eta_{Türbin} = (3.201,5 - 3007,3) / (3.201,5 - 2719) = 0,4025$$

Türbinin izentropik verimi %40,25 hesaplanmıştır. Bu şartlara bağlı kalarak türbin milinin jeneratöre vereceği elektrik üretimi için kW cinsinden değeri bulacak olursak;

$$W_{gerçek} = m_{buhar} (h_{giriş} - h_{çıkış})_{gerçek}$$

$$W_{gerçek} = (6000/3600) \times (3.201,5 - 3007,3) = 323,667 \text{ kW}$$

$$W_{ideal}=m_{buhar}(h_{giriş} - h_{çıkış})_{ideal}$$

$$W_{gerçek}=(6000/3600) \times (3180,9 - 2719)=804,167 \text{ kW}$$

Olarak bulunmuştur. Bu veriler izinden gidecek olursak sistemin bize kazanç olarak vereceği elektrik üretimini bulmuş olacağız.

$W_{gerçek}$  ile Kompresörde harcanan işi birbirinden çıkarırsak;

$323,667 \text{ kW} - ( 5,5 \text{ kW} \times 24 ) = \mathbf{191,667 \text{ kW}}$  günlük elektrik üretimi sağlanmış olacaktır.

$191,667 \text{ kW} \times 360 \text{ gün} = \mathbf{69000,12 \text{ kW}}$  YIL Elektrik üretimi yapılmış olur.



## SONUÇLAR

Değişen ve gelişen dünyamızda enerji verimliliği ve enerji tasarrufu insanlığın geleceği için büyük önem taşımaktadır. Bunun bir parçası olan bizlerde bu sorumluluğun bir parçası olarak yerimizi almış durumdayız.

Bu tez çalışmasında ortaya koymaya çalıştığımız konu enerji verimliliği yani enerji tasarrufu yaparak atık ısıdan elektrik üretiminin nasıl gerçekleştirilebileceğini ortaya koymak.

Tez çalışmasında Asfalt Üreten fabrikalarda bulunan kızgın yağlı ısıtma kazanlarının verimleri ve bacalarından çıkan atık gazlardan nasıl elektrik enerjisi elde edebiliriz'i çalışıldı.

Bu bağlamda çakışmamız neticesinde İSFALT AYDINLI Fabrikasında bulunan 1.250.000 kcal/h' lik kızgın yağ kazanı incelenmiştir. Bu kızgın yağ kazanı 2000 tonluk 2 adet bitüm tankını ısıtmaktadır. Bütün yıl boyunca 7 gün 24 saat çalışmaktadır. Kızgın yağ kazanı sonrasında ekonomizer ve buhar türbini bulunmamaktadır.

Bu çalışmada bacadan atılan atık ısının nasıl elektrik enerjisine dönüştürüleceği ve işletmeye ne kadar katma değer getireceği hesaplanmıştır.

Bu tez çalışması sonucunda fabrikada çalışan Kızgın yağ kazanı verimi %84 olarak bulunmuştur.

Daha sonra ekonomizerde buhar üretimi eldesi ile **49669,14 kcal/h** kazanç sağlanmıştır.

En son olarak türbin yardımıyla elektrik üretimi hesabı yapılmış ve günlük olarak **191,667 kW elektrik üretimi sağlanmıştır.**

AYDINLI Asfalt fabrikasında aynı kızgın yağ kazanından 2 tane daha bulunmaktadır. Bu kazanları da hesaba katarsak yıllık bazda fabrika için elektrik üretimi **69000,12 kW YIL Elektrik üretimi yapılmış olur.**

Bu veriler ışığında Ekonomizer ve Türbin kurulumu üst yönetimin tasarrufuna bırakılmıştır.





## KAYNAKÇA

1. Koray GÖKTEKİN Gaz yakıcı cihazlardaki atık ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi (2018) Koç, E., ve Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu – Genel Değerlendirme. Mühendis ve Makina, 54(639), 32-44.
2. Koray GÖKTEKİN Gaz yakıcı cihazlardaki atık ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi (2018) Kılıç, A. M., ve Kılıç, Ö. (2014). Türkiye’de Elektrik Üretiminde Kömür Kullanımı ve Stratejik Önemi. Madencilik Türkiye, 40, 74-83.
3. Tarakçıoğlu A., (2006), Sanayide Atık Isıdan Yararlanma Yöntemleri Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (Çengel Y. Boles A.M. 1996; Tarakçıoğlu A. 2006).
4. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun. (10 Mayıs 2005). Resmi Gazete, 9385-9390.
5. Enerji Verimliliği Kanunu. (18 Nisan 2007). Resmi Gazete, 10059-10072.
6. Özlüer, I. Ö., Turhan, E. ve Özlüer, F. (Editörler). (2016). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nin 21. Taraflar Konferansı-COP 21 Paris Anlaşması, Ankara: Ekoloji Kolektifi Derneği, 1-27.
7. United Nations. (2015). Adaption of the Paris Agreement, Paris, France, 9-25.
8. United Nations Framework Convention on ClimateChange (UNFCCC). (1998). Kyoto Protokolü.

9. IEA (International Energy Agency). (2017). Key World Energy Statistics, Paris, France.
10. (<https://www.termodinamik.info/teknik/kazan-baca-gazlarindan-atik-isi-geri-kazanimi> 2019)
11. Thomson, W. 1852. On the Economy of Heating or Cooling of Buildings by means of Currents of Air. Glasgow Phil. Soc. Proc. 72-269.
12. Fettah S. 2010 “Katı Oksit Yakıt Pili'nin Atık Isısından Elektrik Enerjisi Üretim Sisteminin Deneysel Analizi.”
13. Döşkaya H. E. 2010 “Güneş Enerjisi ve Atık Isı Kullanılarak Termoelektrik Modül ile Deneysel Elektrik Üretimi”
14. Tunca S.G. 2015 “Sinter Manyezit Üretimi Dönel Fırınlarındaki Atık Isının Elektrik Üretiminde Değerlendirilmesi”
15. Kankılıç T. 2016 “Belediye Düzenli Depolama Sahalarında Kullanılan Gaz Motoru Atık Isısından Elektrik Enerjisi Üretimi”
16. Akın S. 2016 “Demir Çelik Endüstrisinde Ergimiş Cüruftan Elde Edilen Atık Isının Geri Kazanımı”
17. KGM 2013 Karayolu teknik şartnamesi. Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
18. KGM 2008. Türkiye'de Asfaltın Tarihçesi. [http://www.asmud.org.tr/usr\\_img/asfalt/turkiye\\_asfalt\\_endustrisi\\_raporu.pdf](http://www.asmud.org.tr/usr_img/asfalt/turkiye_asfalt_endustrisi_raporu.pdf)
19. Batch – mix plant (<https://www.solid1972.com/batch-mix-plant/> 2020)
20. Drum–Mix plant (<http://enginemechanics.tpub.com/14080/css/Drum-Mix-Asphalt-Plant-180.htm> 2020 )

21. <http://andromedamakina.com/asfalt-plenti/>
22. <https://www.ammann.com/tr/plants/asphalt-plants/continuous-asphalt-mixing>
23. Kaya Ö. 2018, Prof. Dr. Kenan YAKUT “ Asfalt plentlerinde enerji yönetimi ve enerji verimliliği “
24. Şen, N., 2006. Asfalt plenti kurs notu. Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara
25. MMO 2014 Kazancı Kursu Ders Notları
26. Böke E. 2004 Endüstri Kazanları
27. <https://www.enerjiportali.com/kojenerasyon-nedir-nerelerde-kullanilir/>
28. Yenice, O. T. (2005). Kırsal Kesimde Kurulabilecek Doğalgaz Yakıtlı Otoprodüktör Kojenerasyon Santralleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 5-12
29. (Akhan, H. 2007)
30. Karabulut, H., Solmaz, H., Okur, M., ve Şahin, F. (2013). Gama Tipi Serbest Pistonlu Bir Stirling Motorunun Dinamik Ve Termodinamik Analizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(2), 265-273
31. Şahin, C. (2016). Düşük Sıcaklıklı Jeotermal Sahalarda Organik Rankin Çevrimi (Orc) İle Elektrik Enerjisi Üretiminde Afyon Jeotermal Elektrik Üretim A.Ş. Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 32
32. . Ferrara, C., and Melinob, F. (2014). Thermo – Photo – Voltaic Generator Development. *Science Direct*, 45 (2014), 150-159.



---



