



**GEMİ ANA MAKİNELERİ VE BAKIM
TEKNİKLERİ**

**2023
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

Bayram BULDUK

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. İsmail ESEN**

GEMİ ANA MAKİNELERİ VE BAKIM TEKNİKLERİ

Bayram BULDUK

**Tez Danışmanı
Prof.Dr. İsmail ESEN**

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2023**

Bayram BULDUK tarafından hazırlanan “GEMİ ANA MAKİNELERİ VE BAKIM TEKNİKLERİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof.Dr.İsmail ESEN

.....

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 02/06/2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr.Selami SAĞIROĞLU (KBÜ)

.....

Üye : Prof. Dr. İsmail ESEN (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ramazan ÖZMEN (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Bayram BULDUK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GEMİ ANA MAKİNELERİ VE BAKIM TEKNİKLERİ

Bayram BULDUK

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. İsmail ESEN

Haziran 2023, 66 sayfa

Bu çalışmada, gemi ana makineleri incelenerek genel yapısı hakkında bilgi sahibi olunması, bakım konusunda incelemeler yapılarak, kullanılan bakım sistemleri hakkında bilgi sahibi olunması, bakım maliyetleri incelenerek bakım sisteminin geliştirilebilmesi için gerekli iyileştirme çalışmalarının yapılması amaçlanmıştır. Yapılacak çalışmalar sonucunda gemilerde kullanılan bakım yöntemlerinin gemi ana makinelerinin idamesi/işletilmesi hususları araştırılarak üzerindeki etkileri tespit edilecektir. Bakım yöntemleri hakkında uygulanabilecek geliştirme çalışmaları ortaya koyulacaktır.

Geminin hareket etmesi için gerekli itme kuvvetini sağlamak ana tahrik sisteminin görevidir. Bu sistemin bileşenleri arasında ana tahrik motoru ya da motorları, motorun ürettiği gücü pervaneye ileten parçalar ve geminin hareketini sağlayan pervane bulunmaktadır.

Gemilerde kullanılan ana makineleri iki başlıkta toplanabilir; bunlar gaz türbinleri ve dizel motorlardır. Savaş gemilerinde kullanılmaya başlandığı 2. Dünya Savaşı döneminde popüler hale gelen gaz türbinleri, gemi ana tahrik makinası için dizel motor ve bu iki motorun kombinasyonlarına göre birim güç başına düşen ağırlık ve hacim değerleri, arıza oluşma sıklığı, bakım tutumu ve operasyonel kolaylık açısından daha kullanışlıdır. Ancak, yüksek yakıt maliyetleri sebebiyle ticari gemilerde kullanımları sınırlıdır. Günümüzde ana tahrik sistemleri için dizel motorların kullanımı daha yaygın olsa da, gaz türbini motorları bazı donanma gemilerinde kullanılabilir. Dizel motorların ise yüksek yakıt verimi, geniş uygulama yelpazesi ve yüksek tork değerleri gibi avantajları, bu motorların son yüz yıldaki modern medeniyetin gelişmesinde önemli bir rol oynamasını sağlamıştır.

Bakım bir cihazı, parçayı veya nesneyi istenilen seviyeye getirmek üzere yapılan faaliyetlere denir. Bakım Tutum Mühendisliği cihazın veya sistemin çalıştığı süre boyunca etkin şekilde bakı desteği sağlanması amacıyla, bakım kavramlarının oluşturulması, kriterlerin ve teknik isterlerin belirlenmesi ile bunların cihaz veya sistem ömrü boyunca idame ettirilmesi işlemleridir. Dizel motor üzerinde uygulanan planlı bakımlar incelenecektir.

Gemi Dizel Motor yapısı, işlevi, bakım yöntemleri, kullanılan yakıt ve yağ bilgileri hakkında bilgi toplanıp, gemi motorlarına yapılan planlı bakımlar ve bunların maliyete etkisi incelenecek, bu bilgiler ışığında bakım sistemi kullanılan malzemeler ve malzemelerin maliyete etkisi azında incelenip alınacak önlemler belirlenecektir.

Anahtar Sözcükler : Dizel motor, Gaz türbini, Bakım yönetim sistemi, Planlı bakım, İş emri, İş talebi.

Bilim Kodu : 92607

ABSTRACT

Master

SHIP MOTORS AND MAINTENANCE TECHNIQUES

Bayram BULDUK

Karabük University

Institute of Graduate Programs

Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. İsmail ESEN

May 2023, 66 pages

In this study, it is aimed to have information about the general structure of the ship's main engines by examining the maintenance, to have information about the maintenance systems used, to examine the maintenance costs and to make the necessary improvement studies in order to develop the maintenance system. As a result of the studies to be done, the maintenance methods used on the ships will be investigated and their effects on the maintenance/operation of the ship's main engines will be determined. Implementable development studies on maintenance methods will be revealed.

It is the duty of the main propulsion system to provide the necessary thrust for the ship to move. Among the components of this system are the main propulsion engine or engines, the parts that transmit the power produced by the engine to the propeller, and the propeller that provides the movement of the ship.

The main machines used in ships can be grouped under two headings; these are gas turbines and diesel engines. Gas turbines, which became popular during the Second World War when they were used in warships, are more useful in terms of weight and volume values per unit power, frequency of failure, maintenance attitude and operational convenience compared to the diesel engine for the ship main propulsion machine and the combination of these two engines. However, their use in commercial ships is limited due to high fuel costs. Gas turbine engines can be used on some navy ships, although diesel engines are more common today for main propulsion systems. The advantages of diesel engines such as high fuel efficiency, wide application range and high torque values have enabled these engines to play an important role in the development of modern civilization in the last century.

Maintenance is the activities performed to bring a device, part or object to the desired level. Maintenance Attitude Engineering is the process of establishing maintenance concepts, determining criteria and technical requirements, and maintaining them throughout the life of the device or system in order to provide effective maintenance support during the operation of the device or system. Planned maintenance on diesel engine will be examined.

Information about the structure, function, maintenance methods, fuel and oil used will be collected, the planned maintenance of the ship engines and their effect on the cost will be examined.

Key Word : Diesel engine, Gas turbine, Maintenance management system, Scheduled maintenance, Work order, Work request.

Science Code : 92607

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve biilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller üzerine kurduran sayın hocam ve danıőmanım Prof. Dr. İsmail ESEN'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca attığım her adımda yanımda olan, manevi desteklerini esirgemeyen, bu hayattaki en büyük destekçim annem, babam, kız kardeşlerim ve değerli niőanlıma sevgi, saygı ve őükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	6
GEMİ TAHRİK SİSTEMLERİ	6
2.1. GEMİ ANA TAHRİK SİSTEMİ BİLEŞENLERİ	6
2.2. GEMİ DİZEL MOTOR ÖZELLİKLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ....	10
2.3. GEMİ DİZEL MOTOR PARÇALARI VE GÖREVLERİ	14
2.4. GEMİ ANA TAHRİK KOMBİNE SİSTEM TÜRLERİ.....	20
2.4.1 CODAD Ana Tahrik Sistemi Kombinasyonu	22
2.4.2 COGAG Ana Tahrik Sistemi Kombinasyonu	23
2.4.3 CODOG Ana Tahrik Sistemi Kombinasyonu	24
2.4.4 CODAG Ana Tahrik Sistemi Kombinasyonu	24
2.4.5 CODELAG Ana Tahrik Sistemi Kombinasyonu	25
BÖLÜM 3	27
DİZEL MOTORLARDA BAKIM MÜHENDİSLİĞİ	27

Sayfa

3.1. BAKIM VE TUTUM MÜHENDİSLİĞİ İLE İLGİLİ TANIMLAR.....	27
3.2. BAKIM YÖNETİMİ VE KONTROLLERİ.....	28
3.3. BAKIM DEPARTMANLARININ GÖREV VE ORGANİZASYONLARI.	29
3.4. BAKIM YÖNETİMİ PRENSİPLERİ	30
3.4.1. EFEKTİF BAKIM YÖNETİMİ ELEMANLARI	30
3.5. KORUYUCU BAKIM.....	32
3.5.1 Koruyucu Bakım Kavramının Alt Bileşenleri	32
3.5.2. Koruyucu Bakım Programı Hazırlarken Dikkat Edilecek Noktalar	33
3.5.3. Koruyucu Bakım Avantaj ve Dezavantajları	34
3.6. DÜZELTİCİ BAKIM.....	34
3.6.1 Düzeltici Bakım Çeşitleri	35
3.6.2 Düzeltici Bakım Evreleri	35
3.7. BAKIMDA ENVANTER KONTROLÜ	37
3.7.1. Envanterin Amaçları ve Tipleri	37
3.7.2. Bakım Envanter Kontrolünde “A,B,C” Sınıflandırması.....	38
3.7.3. “A,B,C” Olarak Sınıflandırılmış Malzemeler için Kontrol Yöntemleri.	38
BÖLÜM 4	40
BAKIMLAR İÇİN İŞ EMİRLERİ.....	40
4.1. İŞ EMRİ NUMARASI	41
4.2. İŞ EMİR FORMLARI.....	42
4.2.1. İş Talebi Tanımı.....	43
4.2.2. İş Emri Programlama.....	43
4.2.3. Bilgiler	43
4.3. İş Emri Formunun Kullanılması.....	43
4.4. Tamamlanmış İş Emri Bilgilerinin Kullanımı.....	44
BÖLÜM 5	46
BİLGİSAYAR DESTEKLİ BAKIM YÖNETİM SİSTEMLERİ.....	46

	<u>Sayfa</u>
5.1. Bilgisayar Destekli Bakım Yönetimi	46
5.1.1. İş Emri Planlanma.....	47
5.1.2. İş Emirlerinin Planlanması	49
5.1.3. Cihaz Sicil Bilgileri	50
5.1.4. Takvime Alma ve Programlama.....	51
5.2. BAKIM ONARIM SEVİYELERİ	51
5.2.1. Gemi Seviyesi Bakım Onarımlar.....	51
5.2.2. Onarım Kademesi Seviyesi Bakım Onarımlar	52
5.2.3. Üretim Kademesi Tarafından Yapılan Bakım Ve Onarımlar	52
BÖLÜM 6	53
GEMİ MOTORLARINA UYGULANANAN BAKIMLAR	53
6.1. PLANLI BAKIMLAR	53
6.2. ANA MAKİNE BAKIM MALİYETLERİ	56
6.3. ANA MAKİNELERDE MEYDANA GELEN ARIZALAR.....	58
BÖLÜM 7	61
SONUÇLAR	61
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Gemi ana tahrik sistemi bileşenleri.....	6
Şekil 2.2. LM2500 Model gaz türbini.....	7
Şekil 2.3 Dört stroklu gemi dizel motorunda çalışma evreleri.....	11
Şekil 2.4 Dizel motorlarında yanma safhaları.....	11
Şekil 2.5. Dolaylı enjeksiyonlu bir dizel motorun türbülans odası kesiti	12
Şekil 2.6. Doğrudan enjeksiyonlu bir dizel motorun kesit görüntüsü.....	13
Şekil 2.7. Gemi dizel motoru genel görünümü	14
Şekil 2.8. Makina temeli	15
Şekil 2.9. Dizel Motorun Soğutma Sistemi.....	16
Şekil 2.10. Gemi dizel motoru yakıt devresi.....	18
Şekil 2.11. Gemi dizel motoru yönetim otomasyon sistemi	19
Şekil 2.12. Gemi dizel motoru yüksek basınçlı egzoz turboşarjeri.....	20
Şekil 2.13. Fırkateyn ve destroyerlerde tahrik sistemi kullanılabilirliği.....	21
Şekil 2.14. CODAD ana tahrik sistemi T ve U düzeni	22
Şekil 2.15. COGAG Sistemi Şematik Diyagramı	23
Şekil 2.16. CODOG ana tahrik sistemi	24
Şekil 2.17. CODAG ana tahrik sistemi	25
Şekil 2.18. CODELAG ana tahrik sistemi	26
Şekil 4.1. Örnek İş Emri Formu	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Basınçlı hava sisteminde bakım-tutum periyotları	3
Çizelge 2.1 Gaz türbini ve dizel motor temel özelliklerinin karşılaştırılması.....	7
Çizelge 6.2 Ana makinelere uygulanan 300 saatlik bakımlar.....	54
Çizelge 6.3 Ana makinelere uygulanan 1500 saatlik bakımlar.....	55
Çizelge 6.4. Ana makinelere uygulanan 4500 saatlik bakımlar.....	55
Çizelge 6.5. Ana makine saatli bakım seti fiyatları	56
Çizelge 6.6 Ana makine saatli bakım seti fiyatları	56
Çizelge 6.7. Ana Makine toplam yağlama yağı harcaması	57
Çizelge 6.8. Son 10 yılda ana makinelerde meydana gelen arızalar.....	60
Çizelge 6.9. Ana makinelerde meydana gelen arızaların onarım süreleri.....	61

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Al	: Alüminyum
CO	: Karbonmonoksit
HC	: Hidrokarbon
H ₂	: Hidrojen
K	: Kelvin
MW	: Megawatt
NO _x	: Azot oksit
n	: Devir (d/d)
NM	: Deniz Mili
T	: Tork (Nm)

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AÖN	: Alt Ölü nokta
BDBYS	: Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi
CODAD	: Dizel Motorların Kombinasyonu
CODAG	: Dizel Motor ve Gaz Türbini Kombinasyonu
CODELAG	: Dizel Elektrik Motor ve Gaz Türbini Kombinasyonu
CODOG	: Dizel Motor veya Gaz Türbinin Kullanıldığı Kombinasyon
COGAG	: Gaz Türbinlerinin Kombinasyonu
CPP	: Pitch Kontrollü Pervane
DDD	: Devir Düşürücü Dişli
DWD	: Deadweight Tonnage (Gemi Tonajı)
Hp	: Horse Power (Beygir Gücü)
ISO	: Uluslararası Standartlar Teşkilatı
İ/E	: İş Emri
İ/T	: İş Talebi
MARPOL	: Marine Pollution (Deniz Kirliliği)
ÜÖN	: Üst Ölü Nokta
Y/Y	: Yağlama Yağı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dünyanın dörtte üçü su yüzeyi ile kaplı olması ve kara parçaları arasında birçok göl, nehir ve kanal bulunması nedeniyle, tarih boyunca su yoluyla taşımacılık hem zorunlu hem de ekonomik olmuş ve bu nedenle sürekli gündemde kalmıştır. İnsanlar, kendilerini veya mallarını taşımak için tek araç olarak gemileri kullanmışlardır. Ayrıca tarih boyunca, uluslar varlıklarını sürdürmek ve ekonomik ve siyasi açıdan güçlü bir konumda olmak için her zaman denizlere açılmak için çaba göstermişlerdir.

Kıyıları olan devletler, denizlerde ticari filolar oluşturmanın yanı sıra kendi güvenliklerini sağlamak için harp filolarını da tutmak zorundadırlar. Ekonomik, ticari ve savunma alanlarındaki önemli yeri nedeniyle gemiler barış için kaçınılmaz savaş için zorunlu platformlardır.

İşletmelerin hedefleri, en uygun miktar, kalite, zaman ve maliyetle üretim yapmaktır ve bu hedefi gerçekleştirirken ellerindeki kaynakları en iyi şekilde kullanmak zorundadırlar. Tersane işletmeleri de gemi inşa etmek ve inşa edilmiş gemilerin bakım ve onarımlarını yapmak amacıyla kurulmuşlardır.

Makine ve cihazların bakımı, Sanayi Devrimi'nden bu yana gelişen bakım araçlarına rağmen büyük ölçüde maliyet, karmaşıklık ve rekabet gibi faktörlere bağlı bir yarış halini almıştır. Bu nedenle, güvenlik, ürün kalitesi, hız, fiyat, fayda ve güvenli sevkiyat gibi kritik başarı faktörlerini olumlu yönde etkileyecek etkili bir yönetim ve bakım stratejisine ihtiyaç vardır. Bu sebeple zamanla bakım stratejileri ve bakım mühendisliği gibi kavramlar ortaya çıkmıştır.

Bakım ve tutumun önemi günümüzdeki modern savaş gemilerinde oldukça farklı gerekliliklerle karşılaşmaktadır. Savaş, seyir, elektronik ve makine sistemleri açısından ileri teknolojiye sahip olan bu gemiler için, personelin amacı platformdan en üst seviyede yararlanmak ve performansı sürekli olarak artırmaktır.

1.1 ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmada, gemi ana makineleri incelenerek genel yapısı hakkında bilgi sahibi olunması, bakım konusunda incelemeler yapılarak, kullanılan bakım sistemleri hakkında bilgi sahibi olunması, bakım maliyetleri incelenerek bakım sisteminin geliştirilebilmesi için gerekli iyileştirme çalışmalarının yapılması amaçlanmıştır. Yapılacak çalışmalar sonucunda gemilerde kullanılan bakım yöntemlerinin gemi ana makinelerinin idamesi/işletilmesi hususları araştırılarak üzerindeki etkileri tespit edilecektir. Bakım yöntemleri hakkında uygulanabilecek geliştirme çalışmaları ortaya koyulacaktır. Gemi ana makineleri üzerinde en çok arızalanan sistem cihazlar tespit edilerek, arızanın önlenmesi konusunda uygulanacak tedbirler belirlenecektir.

Hedefler;

- Gemi Dizel Motor yapısı, işlevi, bakım yöntemleri, kullanılan yakıt ve yağ bilgileri hakkında bilgi toplamak,
- Bakım ve bakım yönetim sistemlerini inceleyerek gemi motorlarına yapılan planlı bakımlar ve bunların maliyete etkisi incelemek,
- Bu bilgiler ışığında bakım sistemi kullanılan malzemeler ve malzemelerin maliyete etkisi azında incelenip alınacak önlemler belirlemek,
- Bakım yöntemleri hakkında uygulanabilecek geliştirme çalışmaları ortaya koymaktır.
- En çok arızalanan sistem cihazlar tespit edilerek, arızanın önlenmesi konusunda uygulanacak tedbirler belirlenecektir.

1.2. LİTERATÜR ÖZETİ

Barış Polat ve arkadaşları gemi motor ve dahili sistemlerinde (soğutma, egzoz, yağlama, yakıt, hava sistemi vb.) meydana gelebilecek arızalar hakkında bilgi toplamış ve arıza

çözüm yöntemleri üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bakım yönetim sistemi çalışmalarına örnek olarak Tablo 1.1’de Basınçlı hava sisteminde bakım-tutum işlemleri planı sunulmuştur. [1]

Çizelge 1.1. Basınçlı hava sisteminde bakım-tutum periyotları

Bakım Tutum Açıklaması	Periyot
Boruların birleşme noktalarında ayrılma veya sızıntı olup-olmadığının gözlenmesi	Her gün
Boru hattında sarkma veya boru eksenlerinde sapma olup olmadığının kontrolü ile boru desteklerinin durumlarının gözden geçirilmesi	Her gün
Donanımı oluşturan her bir elemanda sızıntı kontrolü	Her gün
Sızdırmazlık amacıyla konulan contalarda veya salmastralarda sızıntı kontrolü	Her gün
Vanaların çalışma koşullarına göre uygunluğunun (tam açık, yarı açık veya kapalı olup olmadığının) kontrol edilmesi	Her ay

Ceyhun Deniz ve arkadaşları tarafından yapılan Gemi Makineleri İşletmeciliğinde Yakıt Ekonomisi çalışması,

Gemilerde dizel motorların en büyük yakıt tüketimini gerçekleştirdiğini ortaya koymaktadır. Güçleri ve yakıt tüketimleri yüksek olan gemi dizel motorlarında, yakıt ekonomisine en büyük etkiyi yanma olayları yapmaktadır. Bu sebeple çalışma, dizel motorların teorik ve gerçek çevrimlerini ve bu çevrimlerin verimlerini etkileyen faktörleri inceleyerek, verimler ile ideal yanma arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. İdeal yanmanın gerçekleşmemesi, hem yakıt tüketimini artırmakta, hem de motor parçalarının hizmet ömürlerini önemli ölçüde azaltarak işletme maliyetlerini yükseltmektedir. Yanmayı oluşturan aşamalar arasında en önemli konum tutuşma gecikmesi fazına aittir. Tutuşma gecikmesi fazının belirlenen süreden daha uzun sürmesi, diğer aşamaları da etkileyerek, yanmanın genel verimliliğinde düşüşe neden olur. Tutuşma gecikmesi süresi boyunca, yakıt enjektör nozul deliklerinden püskürtülerek demet haline gelir, damlacıklara ayrılır ve kimyasal reaksiyonlar

sonucunda kendiliğinden yanma gerçekleşir. Her bir safhada ideal durumdan sapmalar, tutuşma gecikmesini ve yanmanın tamamını olumsuz etkiler. İşletme koşulları ve yakıt özellikleri, tutuşma gecikmesi sırasında oluşan bu aşamalar üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Örneğin, düşük püskürtme basıncı ve yüksek yakıt püskürtme viskozitesi, yakıtın hava ile temas eden toplam yüzeyini azaltır. Bu durumda buharlaşma için gereken süre artar ve tutuşma gecikmesi süresi uzar.

Ayrıca, yakıtın tutuşma kalitesi ve uçuculuğunun düşük olması, dolgu havası basıncının istenen değerlerin altında olması durumunda, havayakıt karışımı ideal şekilde gerçekleşmeyeceğinden, buharlaşma ve tutuşma gecikmesi süresi uzar. Yanmanın ideal olarak gerçekleşmemesi sonucunda, yanma odasına püskürtülen yakıtın enerjisinin tamamı işe dönüştürülemez. Ayrıca, tamamlanmamış yanma nedeniyle ortaya çıkan sorunlar, motor parçalarının servis ömürlerinin azalmasına neden olur. Yetersiz hava, dolayısıyla yetersiz oksijen, eksik yanmaya yol açar. Eksik yanma sonucunda oluşan karbon monoksit, yakıtın önemli bir kısmının dışarı atılmasına neden olur. Ayrıca, makinenin yetersiz veya yetersiz soğutulması nedeniyle ekonomik kayıplar ortaya çıkar. Makinelerin ekonomik olarak işletilebilmesi, sadece imalatçı firmanın belirlediği yakıt özelliklerine ve çalışma değerlerine uyulmasıyla mümkündür.

Özellikle ucuz yakıt kullanarak görünüşte belli bir ekonomi sağlanabilir düşüncesiyle hareket edilse de, yakıtın yanmaya hazırlanması, yanma sırasında ortaya çıkabilecek problemler ve makina parçalarına vereceği zararlar göz önüne alındığında, aslında bu tür bir işletmecilik daha pahalıya mal olmaktadır. Bu nedenle, düşük özgül yakıt tüketimine sahip dizel motorlar tercih edilmekte ve uygun yakıt kullanımı ile bilgili ve deneyimli işletmecilerin çalıştırılması, yakıt ekonomisi konusunda yapılacak en önemli adımlardır. [2]

İbrahim Tari ve ekibi tarafından gerçekleştirilen "Gemi Bakım-Onarımının Ekonomik Maliyetinin Modellenmesi" çalışmasında,

Gemi bakım-onarım işlemlerinin ekonomik açıdan tahmini bir yaklaşımla değerlendirilebilmesi için 2001 ile 2013 yılları arasında belirli coğrafi bölgelerde

yapılan gemi bakım-onarım faturalarının maliyet verileri kullanıldı. Gemi bakım-onarım maliyeti denklemleri, geminin havuzlandığı ülkeye göre oluşturuldu.

Bu veriler temel alınarak, gemi bakım-onarım maliyetlerinin hesaplanması için 71 geminin 2001-2013 yılları arasındaki bakım-onarım faturaları kullanılarak denklemler oluşturuldu. Bu gemilere ait bakım-onarım fatura maliyetleri Excel dosyasına aktarıldı ve ABD Dolarının yıllık değer kaybına bağlı olarak 2013 yılına dönüştürülerek gemi bakım-onarım maliyet analizi yapıldı.

71 adet bakım-onarım faturası incelenerek, maliyet kalemleri ve toplam fatura tutarları elde edildi. Bu veriler kullanılarak, her bir gemi için DWT (Taşıma Kapasitesi Ton) başına düşen maliyet kalemleri oranları hesaplandı ve toplam maliyet içerisindeki 10 ana grubun oranları belirlendi. En büyük yüzde %26 ile raspa ve boya kalemi tarafından oluşturulmaktadır. Ardından %13 ile tank, kargo alanı ve yaşam mahalli ile havuzlama kalemleri gelmektedir. Bu üç kalem, gemi bakım-onarım faturasının yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Sac işçiliği ve ana makine bakım-onarım kalemleri %10 ve %9 oranlarıyla sıralanmaktadır. En az miktardaki fatura kalemleri ise dümen bakım-onarımı ve baş itici pervane işlemleri olup %3 oranında bulunmaktadır.

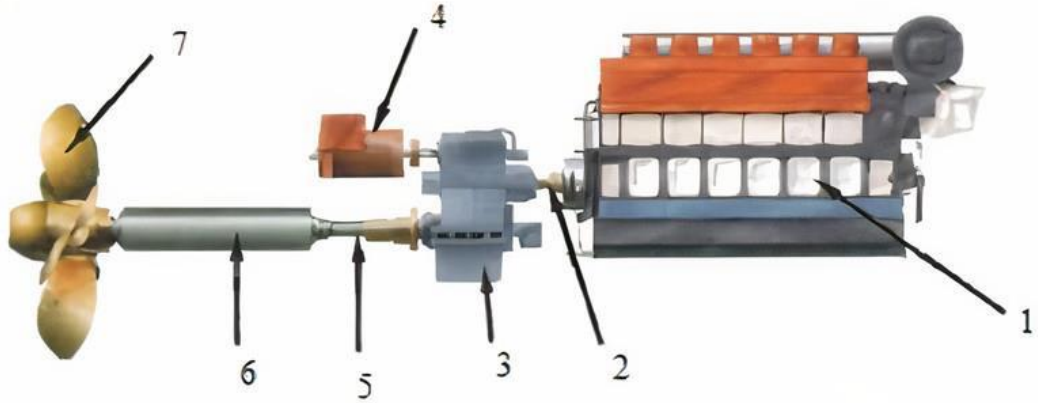
Model sonucunda elde edilen denklemle hesaplanan bakım-onarım fatura tutarı ile gerçek fatura tutarları karşılaştırıldığında, Model 1'e göre hata oranları %10,4 ile %47,9 arasında, Model 2'ye göre ise hata oranları %11 ile %32,7 arasında değişmektedir. Bu programda maliyet girdileri değiştirilerek güncel gemi bakım-onarım maliyetleri elde edilebilmektedir. Örneğin, AGE, BDI, GDP, CO ve 64 OP değerlerindeki değişikliklere bağlı olarak gemi bakım-onarım maliyetleri değişebilmektedir. Gemi bakım-onarım maliyetleri, her armatör için önemli bir konudur. Bu nedenle, tez çalışmasında elde edilen bu model sayesinde, gemi bakım-onarımını yapmak isteyen armatörler, bakım-onarım işlemi öncesi maliyet analizini inceleyerek, güncel parametreleri kullanarak kendi gemilerini bakıma almak istedikleri ülkede kolaylıkla bakım-onarım etüdlerini yapabileceklerdir. [3]

BÖLÜM 2

GEMİ TAHRİK SİSTEMLERİ

2.1. GEMİ ANA TAHRİK SİSTEMİ BİLEŞENLERİ

Geminin hareket etmesi için gerekli itme kuvvetini sağlamak ana tahrik sisteminin görevidir. Bu sistemin bileşenleri arasında ana tahrik motoru ya da motorları, motorun ürettiği gücü pervaneye ileten parçalar ve geminin hareketini sağlayan pervane bulunmaktadır. Şekil 2.1'de bu bileşenler görülebilir.



Şekil 2.1 Gemi ana tahrik sistemi bileşenleri

- | | |
|-------------------------|--------------|
| 1- Dizel Motor | 5- Stern Tüp |
| 2- Motor Şaftı | 6- Şaft |
| 3- Devir Düşürücü Dişli | 7- Pervane |
| 4- Şaft Jeneratörü | |

Savaş gemilerinde kullanılmaya başlandığı 2. Dünya Savaşı döneminde popüler hale gelen gaz türbinleri, gemi ana tahrik makinası için dizel motor ve bu iki motorun

kombinasyonlarına göre birim güç başına düşen ağırlık ve hacim değerleri, arıza oluşma sıklığı, bakım tutumu ve operasyonel kolaylık açısından daha kullanışlıdır. Ancak, yüksek yakıt maliyetleri sebebiyle ticari gemilerde kullanımları sınırlıdır [4]. Havacılıkta kullanılan jet motorlarının modifiye edilmesiyle geliştirilen gaz türbini motorları, örneğin dünya genelinde 33 donanmanın kullandığı GE Aviation firmasının LM2500 model gaz türbini motoru (Şekil 2.2) gibi CF6-6 model uçak motorlarının belirli özelliklerinin değiştirilmesiyle üretilmektedir. Ancak, günümüzde ana tahrik sistemleri için dizel motorların kullanımı daha yaygın olsa da, gaz türbini motorları bazı donanma gemilerinde kullanılabilir. Gaz türbinleri ve dizel motorların temel özellikleri Çizelge 2.1'de karşılaştırılmaktadır.



Şekil 2.2. LM2500 Model gaz türbini

Çizelge 2.1 Gaz türbini ve dizel motor temel özelliklerinin karşılaştırılması

Gaz Türbini	Dizel Motor
Ağırlık ve hacim olarak daha hafiftir.	Ağır malzemeden hacim olarak daha fazla yer kaplar
İlk alım maliyeti yüksektir.	İlk alım maliyeti düşüktür.
Yüksek hızlarda yakıt tüketimi daha uygundur.	Düşük ve orta hızlarda daha uygundur.
Operatör ihtiyacı azdır.	Operatör ihtiyacı daha fazladır.
Bakım maliyetleri düşüktür.	Yüksek bakım maliyetleri gerektirir.
Egzoz ısısının yüksek olmasından kaynaklı olarak kızılötesi izi fazladır.	Titreşim değerlerinden dolayı suda bıraktığı akustik iz fazladır.

Birim hacimde en yüksek gücü sağlar.	Hacim güç oranı daha düşüktür.
Zararlı emisyon oranı daha azdır	Zararlı emisyon oranı daha fazladır

Gemi ana tahrik sistemleri, motor ve pervane arasındaki güç aktarımını üç farklı yöntemle gerçekleştirir: doğrudan tahrik, devir düşürücü dişli ile tahrik ve elektrikli tahrik yöntemleri. Doğrudan tahrik yöntemi, ana makinenin direkt şaft aracılığıyla pervaneye bağlı olduğu bir yöntemdir. Devir düşürücü dişli ile tahrik yöntemi ise pervane devri ile makine devri arasındaki farklılıkların bulunduğu durumlarda kullanılır. Elektrikli tahrik yöntemi ise pervaneyi elektrikli motorla döndürerek ana makine ile pervane arasında dolaylı bir bağlantı sağlar [5].

Ana tahrik sistemlerinde, genellikle ana makinenin ardından DDD (Direct Drive Diesel) sistemi yer almaktadır, özellikle düşük devirli dizel motorların kullanıldığı sistemler haricinde. DDD sistemi, orta veya yüksek devirli bir makine ile düşük devirli ve büyük hacimli bir pervanenin birlikte çalışmasını sağlayarak yüksek güç/hacim ve güç/kütle oranları sunmaktadır [6]. Kaplinler, makine şaftı ile DDD sistemi arasındaki bağlantıyı sağlayan parçalardır. Güç iletimi sırasında meydana gelebilecek titreşimler ve diğer hareket bozulmaları, kaplinler aracılığıyla diğer parçalara aktarılmaz ve bu sayede mekanik arızaların önlenmesine yardımcı olur [7].

Stern tüp, pervane şaftının gemi gövdesine temas ettiği son bölümüdür ve pervane şaftının tolerans dahilinde doğru bir şekilde konumlandırılması ve geminin iç bölmesi ile deniz suyu arasında sızdırmazlık sağlanması önemlidir. Pervane şaftı, stern tüpten sonra gelir. Pervane arasındaki şaft mesafesinin mümkün olduğunca kısa olması ve yatak sayısının minimize edilmesi, motor gücünün pervaneye aktarılırken kayıpların azaltılmasına yardımcı olur [8].

Ana tahrik sisteminde, güç aktarımı pervanelere şaftlar aracılığıyla gerçekleştirilir. Pervaneler, sevk sistemi elemanları arasında en yaygın olarak kullanılan bileşenlerdir ve 1800'lerin ortalarından günümüze kadar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Pervaneler, dönme hareketinden kaynaklanan itme kuvvetiyle geminin hareketini

sağlarlar. Pervaneler, bir vida bir oduna girerken ilerlemesi gibi çalışır ve her dönüşünde belirli bir mesafe kat eder, bu mesafeye hatve denir. [9].

Pervane türleri çeşitlilik göstermektedir ve sabit hatveli pervaneler, kanal içine yerleştirilmiş pervaneler, istikamet açılı pervaneler, karşılıklı dönen pervaneler, üst üste binen pervaneler, ardışık pervaneler ve ayarlanabilir hatveli pervaneler gibi çeşitli tipleri mevcuttur.

Bunun yanı sıra, gemilerde itici sevk sistemi olarak su jetleri, sikloidal itici sistemleri, yan çarkı, magnehidrokinamik itici sistemleri ve süperiletken motorlar da kullanılabilir [10]. Ayarlanabilir hatveli pervaneler (CPP: Controllable Pitch Propeller), hatve mesafesinin hidrolik sistem ile pervane bıçaklarının açılarının değiştirilmesi sayesinde ayarlanabilen pervanelerdir.

CPP sisteminin faydaları şu şekildedir: Pervaneler, gemi seyirlerinde belirli durumlarda fazladan dirençle karşılaşabilirler. Pervaneye etkiyen yükün motorun dönme hızına etki etmemesi ve motorun parça ömrünün kısalması için CPP sistemi kullanılabilir. Ayrıca, gaz türbini ve dizel motorlarının birlikte kullanıldığı kombine ana tahrik sistemlerinde geminin pervanelerine aktarılan güçler arasında fark olabilmektedir. Bu farka rağmen, pervanelerden birinin hatvesi değiştirilerek pervanelerin aynı itme kuvvetini uygulaması ve geminin doğru istikamette gitmesi sağlanabilir. İlave olarak, ayarlanabilir hatveli pervane sistemleri manevralar için de avantaj sağlamaktadır.

Ayarlanabilir hatveli pervane sistemlerinin dezavantajları arasında, karmaşık hidrolik sistemlerinin olması nedeniyle oluşabilecek olumsuz durumlar bulunmaktadır. Bu sistemlerde potansiyel bir yağ sızıntısı durumunda çevresel zararlar meydana gelebilir ve aynı zamanda parça sayısının fazla olması, bakım ve onarım maliyetlerini artırabilir. Bununla birlikte, ayarlanabilir hatveli pervanelerin avantajlarına ek olarak manevralar için faydalıdır. Ancak, karmaşık hidrolik sistemler nedeniyle bazı

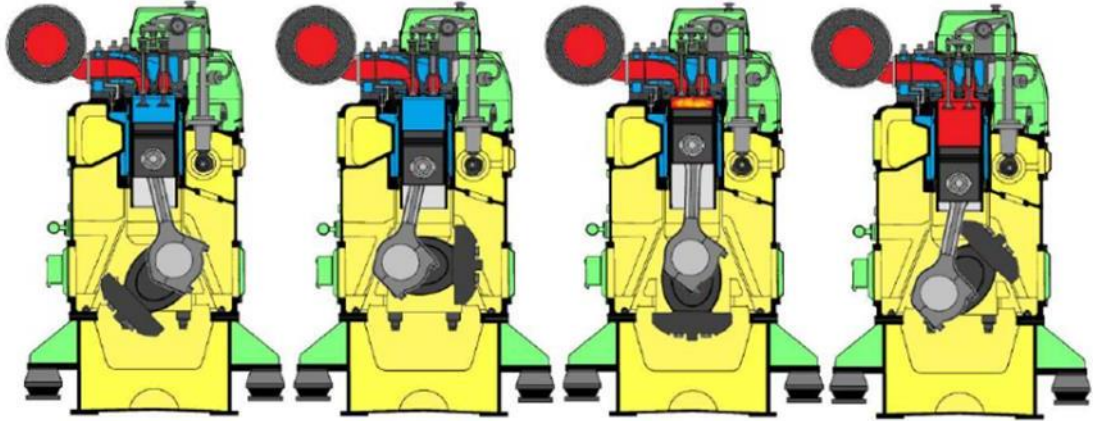
dezavantajları da bulunmaktadır, örneğin potansiyel bir yağ sızıntısı durumunda çevresel zararlar ve yüksek bakım onarım maliyetleri gibi.

Ayarlanabilir hatveli pervane sisteminde genellikle yardımcı hidrolik yağ tankı yüksek bir konumda yerleştirilir. Bu sayede, sistem çalışırken 1 numaralı ana hidrolik yağ devresinin yeterli basıncı sağlayamaması durumunda, 2 numaralı tanktaki yağın potansiyel enerjisinden faydalanılarak çalışma basıncı sağlanabilir.

2.2. GEMİ DİZEL MOTOR ÖZELLİKLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

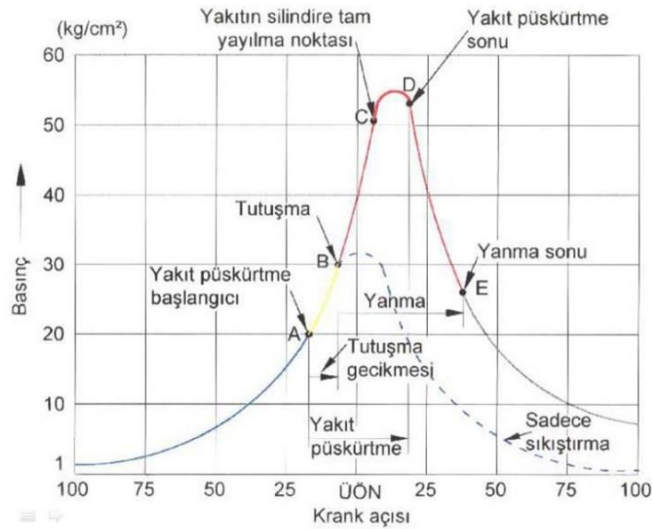
Dizel motorların yüksek yakıt verimi, geniş uygulama yelpazesi ve yüksek tork değerleri gibi avantajları, son yüz yıldaki modern medeniyetin gelişmesinde önemli bir rol oynamalarını sağlamıştır. Ayrıca, dizel motorlar farklı özelliklere sahip birçok yakıt türünü kullanabilme yeteneğine de sahiptir. Ancak, çevresel faktörler olarak NOx emisyonu, partikül emisyonu ve gürültü gibi nedenlerle dizel motorların kullanımı kalabalık şehirlerde azaltılmış ve son yirmi beş yılda bu konuda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.

Dizel motorları, Rudolf Diesel'in icadıyla 1892 yılında patenti alınmıştır ve başlangıçta kara araçlarında kullanılmıştır. Daha sonra gemiler ve lokomotiflerde de kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise dizel motorlar, gemilerde ana makine olarak kullanıldığı gibi jeneratörleri tahrik ederek elektrik üretimi sağlayan yardımcı makineler olarak da kullanılmaktadır. Ana makine seçim kriterleri gemi özelliklerine bağlı olarak değişebilir, ancak dizel motorlar, gemiler için kullanışlı ve tercih edilen bir seçenek olarak kabul edilmektedir. [11]



Şekil 2.3 Dört stroklu gemi dizel motorunda çalışma evreleri

Dizel motorları, emme, sıkıştırma, yanma ve egzoz olmak üzere dört çalışma evresiyle çalışır. Bu evreler, Şekil 2.3'te sol taraftan sağa doğru sıralanmış şekilde görülebilir. Teorik olarak, dizel motorların verimlilikleri %40-50 aralığındadır. Ancak, gerçek çalışma koşullarında yüksek hızlarda evrelerin tamamlanamaması, emme ve egzoz evrelerinde güç kaybı ve sürtünme etkisi ile soğutma suyuna olan ısı transferi gibi nedenlerden dolayı verim kaybı yaşanabilir. [12].



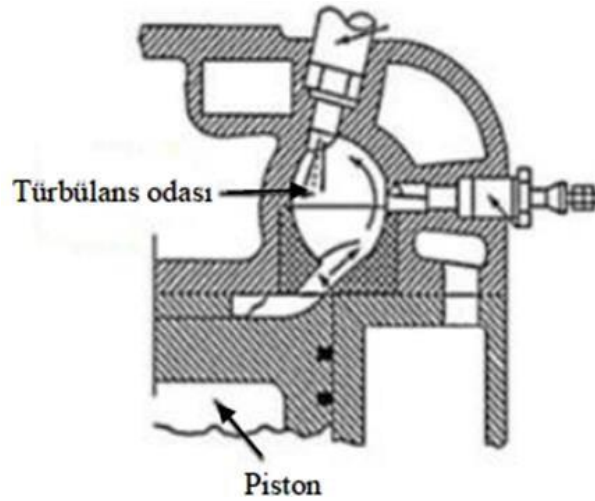
Şekil 2.4 Dizel motorlarında yanma safhaları

Oksijen, sıcaklık ve yakıt üçlüsü yanma evresi için gereklidir. Dizel motorlar, sıkıştırma ateşlemeli motorlardır ve yanma için gerekli olan hava, silindir içinde

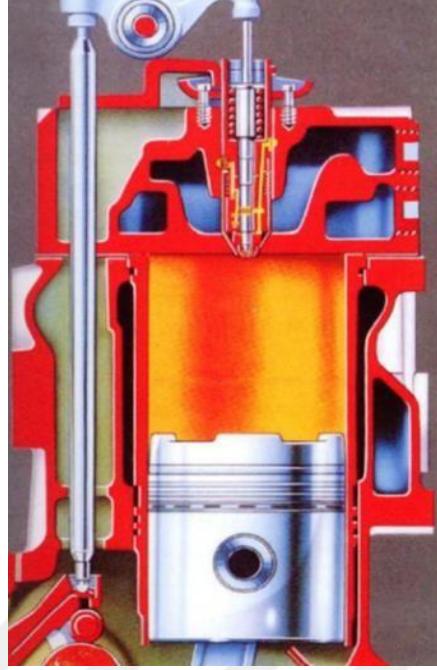
sıkıştırılır. Sıkıştırma etkisiyle artan hava sıcaklığı, yakıtın silindir içinde yanması için uygun sıcaklıklara ulaştığında, yakıt silindir içine püskürtülür [13].

Dizel motorlarında, yanma safhaları Şekil 2.4'te gösterilmiştir. Yanma süreci dört aşamadan oluşur: tutuşma gecikmesi, ani (kontROLSÜZ) yanma, kontrollü yanma ve artık yanma. Yakıt damlacıkları silindir içine püskürtüldüğünde, temas yüzeyleri boyunca buharlaşmaya başlar ve yanma gerçekleşmez. Yakıtın belirli bir miktarı buharlaştıktan sonra, yaklaşık 750 Kelvin sıcaklıkta yanma süreci başlar. Sıcak hava 950 K, soğuk yakıt 350 K, HC, CO ve partiküller gibi zengin yanma ürünleri 1.600 K, NO_x ise 2.700 K sıcaklığa sahiptir. Bu değerler yaklaşık olarak verilmiştir.

Dizel motorları, enjeksiyon sistemi tipine göre temel olarak iki şekilde sınıflandırılır. Bu sınıflandırma, dolaylı enjeksiyonlu dizel motorlar (Şekil 2.5) ve doğrudan enjeksiyonlu dizel motorlar (Şekil 2.6) olarak gerçekleşir. Doğrudan enjeksiyon yöntemi, dolaylı enjeksiyona göre daha düşük özgül yakıt tüketimine neden olur. Dolaylı enjeksiyon sistemi için 400 bar basınç yeterliyken, doğrudan enjeksiyon sistemi 1.200-2.000 bar basınç gerektirir. Bu yüksek basınç, yanma başlangıcında motorun gürültü seviyesinin artmasına yol açar [14].



Şekil 2.5. Dolaylı enjeksiyonlu bir dizel motorun türbülans odası kesiti



Şekil 2.6. Doğrudan enjeksiyonlu bir dizel motorun kesit görüntüsü

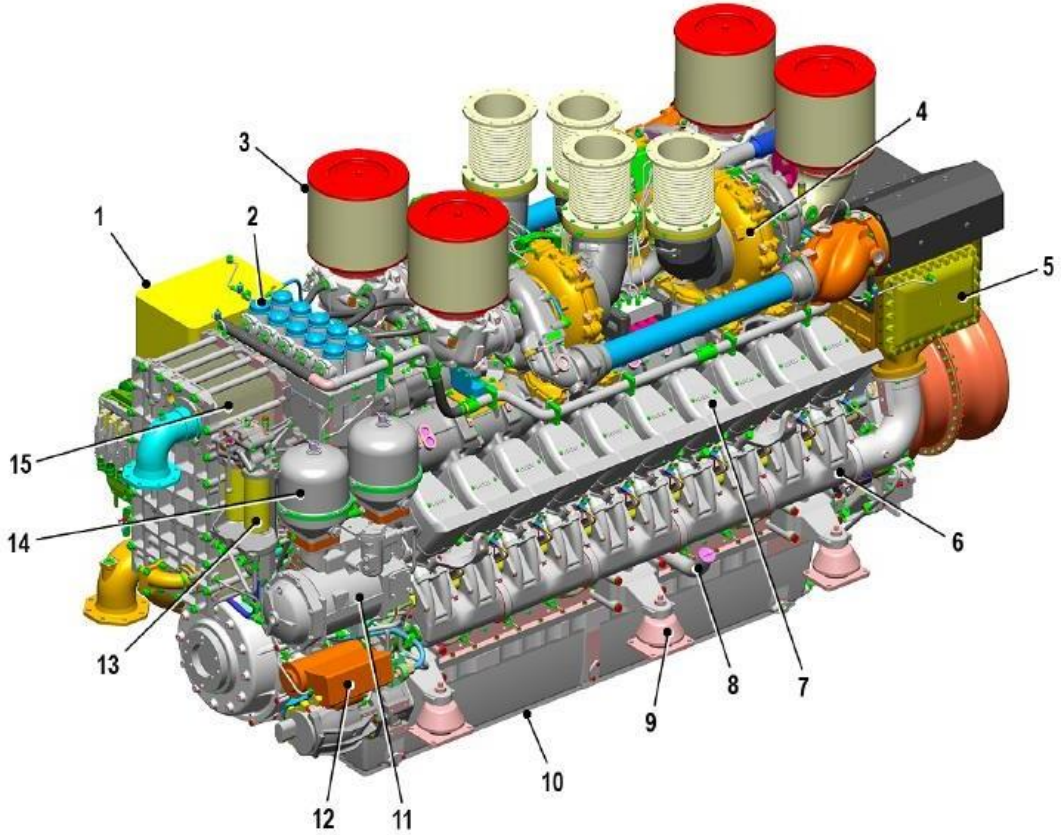
Dizel motorlar, strok sayılarına göre iki stroklu ve dört stroklu olarak sınıflandırılabilir. İki stroklu motorlar, krank şaftının tek dönüşünde çalışma evrelerini tamamlarken, dört stroklu motorlar için krank şaftının iki dönüşü gereklidir. Ayrıca, hızlarına göre düşük, orta ve yüksek hızlı olarak da gruplandırılırlar.

Dizel makineler ayrıca silindir düzenlemeleri, piston tipleri, güç çıkışı, yakıt püskürtme ve ateşleme yöntemleri, çalışma döngüleri gibi faktörlere bağlı olarak da sınıflandırılırlar. Kuru yük gemileri gibi yüksek yük taşıyan ve stabil hızda seyreden gemilerde genellikle iki stroklu dizel motorlar tercih edilirken, ana tahrik sistemi için ise dört stroklu, orta veya yüksek hızlı motorlar tercih edilir. Dizel motorlar, özelliklerine ve kullanım amaçlarına bağlı olarak farklı sınıflandırma yöntemleriyle ele alınabilir [15].

2.3. GEMİ DİZEL MOTOR PARÇALARI VE GÖREVLERİ

Motor, yapısal parçalar ve hareketli parçalar olmak üzere ana parçalara ayrılabilir. Yapısal parçalar, hareketsiz parçalardır, hareketli parçalar ise yanmanın silindir içinde mekanik enerjiye dönüşmesini sağlayan parçalardır. Sistemler, yanmanın gerçekleşmesini mümkün kılar, oluşan ısıyı en aza indirir ve dağıtılmasını sağlar. Bu nedenle, motorun hava ve yakıt sağlayan sistemlere ihtiyacı vardır.

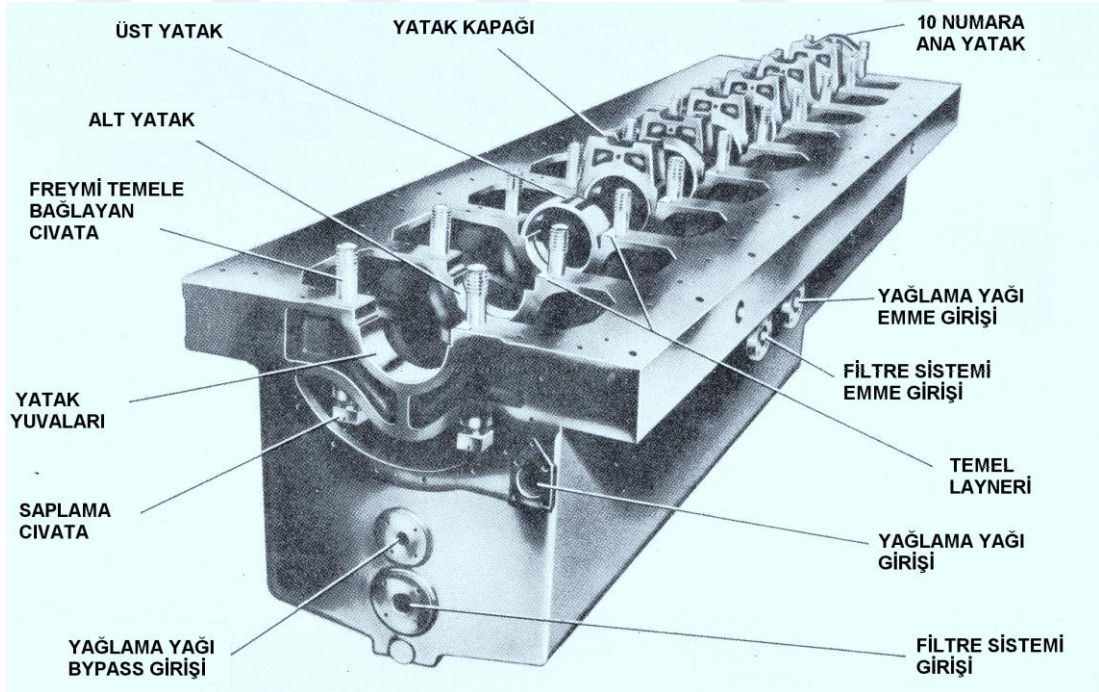
Motorun gövdesi olan şasi, silindir bloğunu, krank mili, yatak plakalarını, yağ haznesini ve son plakaları içerir. Silindir bloğu, silindir gömleklerini ve silindir kafalarını destekleyen bir yapıdır. Genellikle kaynaklı konstrüksiyon tipinde olan silindir blokları, büyük makinelerde kullanılır. Ancak, küçük yüksek devirli makinelerde monoblok döküm olarak üretilir. Şekil 2.7'de gemi dizel motorunun genel görünümü verilmiştir.



Şekil 2.7. Gemi dizel motoru genel görünümü

- | | | |
|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| 1.Yağ soğutucu | 6.Şarj havası borusu | 11.Otomatik yağ filtresi |
| 2.Karter havalandırma | 7. Silindir kafası | 12.Yüksek basınç yakıt pompası |
| 3.Hava filtresi | 8.Yağ doldurma ağzı | 13. Yakıt filtresi |
| 4.Turboşarj | 9.Motor montaj kısmı | 14.Santrifüj yakıt filtresi |
| 5.Ara soğutucu | 10.Yağ karteri | 15.Soğutma suyu soğutucu |

Makinanın doğru şekilde çalışabilmesi için, yağlama sistemi hayati bir öneme sahiptir ve bu nedenle makina yapısında bir yağ haznesi bulunması ve doğrudan makineyle bağlantılı olması gerekmektedir. Şekil 2.8'deki makina temelinde, yağ haznesi entegre bir parça olarak yer almaktadır. Bazı makinelerde, silindir bloğunun sonlarına çelik levhalar yerleştirilir ve bu levhalara son levhalar denir. Son levhalar, makinenin katılığını artırır ve dişliler, hava üfleyicileri, pompa ve jeneratör gibi parçaların bağlantısını sağlar.

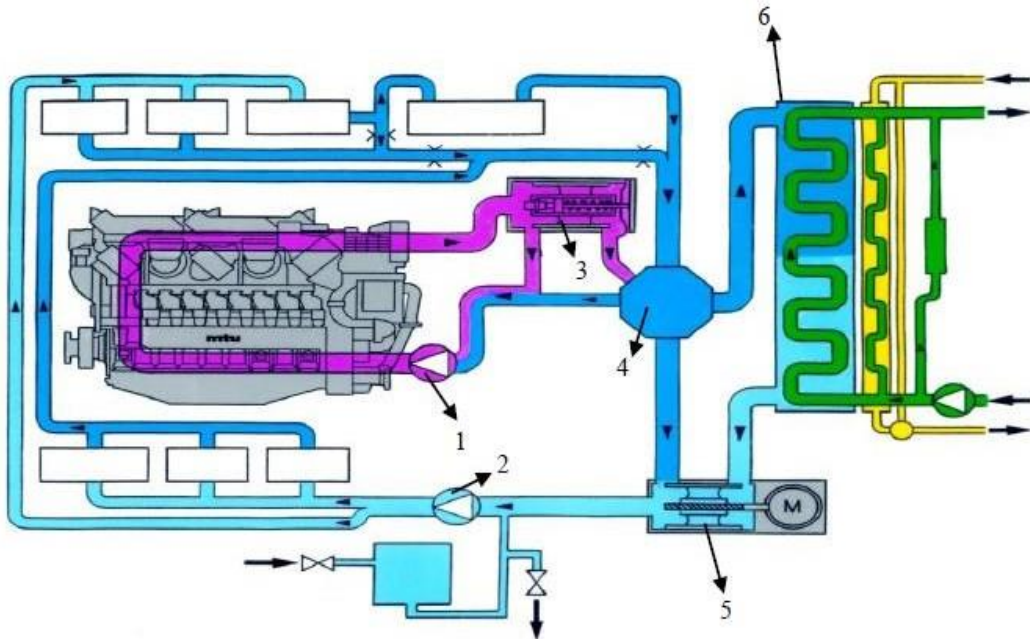


Şekil 2.8. Makina temeli

Silindir donanımı, makinanın yapısal bütünlüğünü tamamlayan son parçadır ve silindir kafası, silindir gömleği, cıvatalar ve contalardan oluşur. Silindir donanımı parçalarının tasarımı, makineler arasında farklılık gösterir, ancak tümünün ortak görevi gaz ve sıvı geçirmez bir hacim oluşturmaktır.

Silindir boşluğu, makinanın pistonunun yukarı-aşağı hareket ettiği alanı ifade eder ve silindir bloğunun bir parçası olabileceği gibi ayrı bir gömlek şeklinde de olabilir. Benzinli motorlarda genellikle bir parça halinde ve değiştirilemez olarak kullanılırken, tüm dizel motorlarında değiştirilebilir silindir gömlekleri kullanılır.

Silindir gömlekleri, yanma odalarını oluşturarak gaz sızdırmazlık sağlar. Bu sızdırmazlık, silindir kafası tarafından oluşturulan ve silindirin yanma bölgesinde yer alan hacmi içerir. Bu nedenle, silindir kafası ve yanma odası, makina işletimi için önemli olan birçok parçaya ev sahipliği yapar. Silindir kafası, emme ve egzoz supapları, supap kılavuzları, supap yatakları gibi parçaların yanı sıra yakıt püskürtme supapı veya buji gibi ilgili parçaları da içerebilir. Ayrıca, silindir kafası külbütör mekanizması gibi diğer parçalara da bağlanabilir. Dizel motorlarda, hava ile çalıştırma supapları, endikatör alıcıları ve güvenlik supapları gibi ek parçalar da silindir kafasına yerleştirilebilir.



Şekil 2.9. Dizel Motorun Soğutma Sistemi

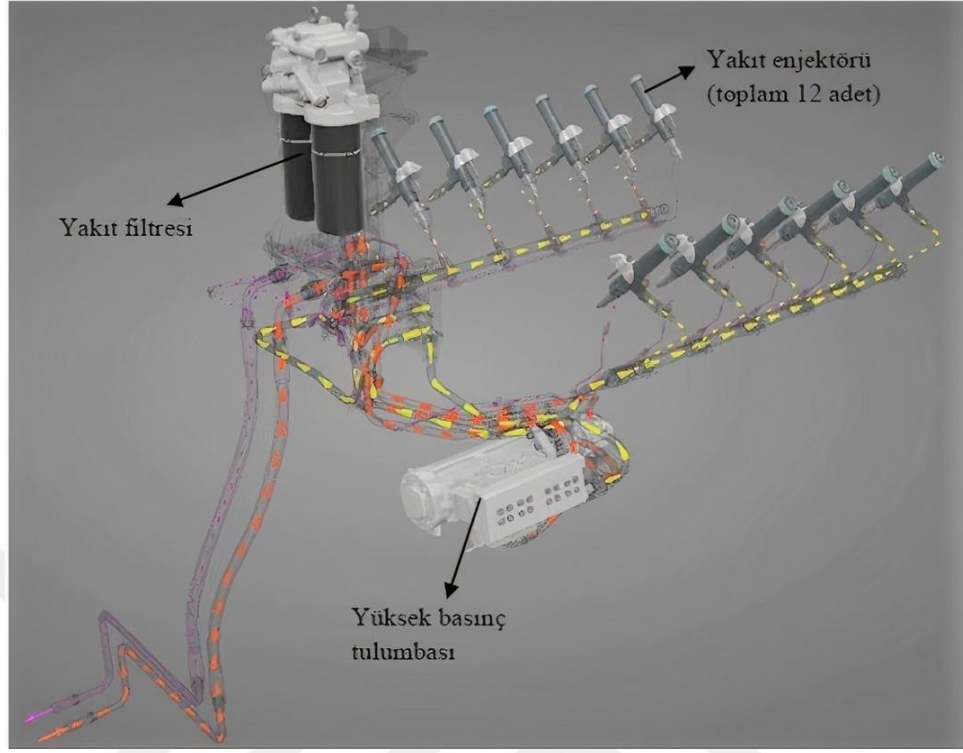
- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1. Soğutma pompası | 4. Karışım odası |
| 2. Şarj havası soğutma pompası | 5. Düşük sıcaklık termostatu |
| 3. Yüksek sıcaklık termostatu | 6. Soğutma suyu kuleri |

Şekil 2.9'da, tam yükte çalışan bir dizel motorunun soğutma suyu sistemi gösterilmektedir. Soğutma suyu sistemi, sarı renkli devrede yakıt, yeşil renkli devrede deniz suyu, mavi renkli devrede soğutma suyu ve mor renkli devrede ise sıcak motor soğutma suyu bulunmaktadır. Isı transferi, devreler ve bölgeler arasında temel mantık olarak kullanılmaktadır.

Yağlama devrelerinin amacı, motor içerisindeki hareketli parçalar arasındaki sürtünmenin azaltılması ve verimli bir güç aktarımının sağlanmasıdır. Gemi dizel motorlarından periyodik zamanlarda yağ örnekleri alınarak teste gönderilir. Yapılan partikül analizi, sürtünmenin istenen değerden fazla olduğu sonucuna ulaşılması durumunda motora müdahale edilmesi gerektiğini gösterir.

Yakıt sistemleri, yanma odasına yakıtın uygun kalitede, termal değeri uygun, miktarı uygun, geometri ve zamanlaması uygun şekilde püskürtülmesini sağlar. Gemilerde yakıt, motorlara gelmeden önce sarnıçlarda muhafaza edilir. Sarnıçlardan boru devreleri kullanılarak yakıt, seperatörden geçirilerek servis sarnıçlarına alınır. Test edilen yakıt, servis sarnıçlarından motora gönderilir. Motorlar, aldıkları bu yakıtı, bünyesindeki devrelerde gerekli aşamalardan geçirirler. Yakıtın yanmasıyla motorlar, kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürürler.

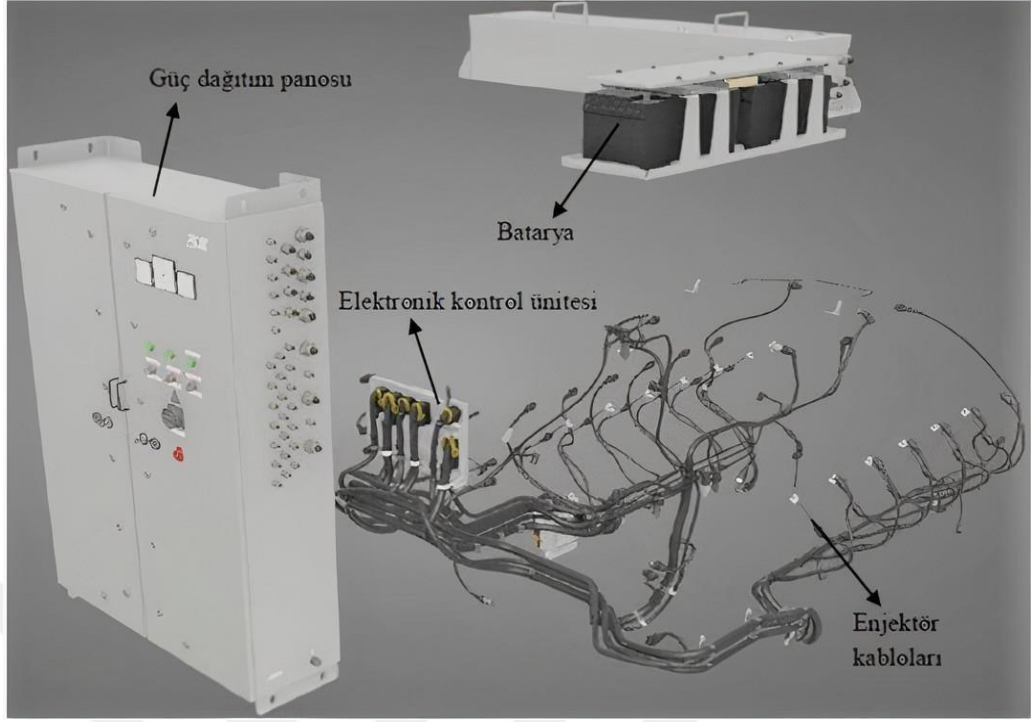
Gemi dizel motorunun yakıt devresi Şekil 2.10'da gösterilmektedir. Bu motor, 12 silindirli V tipi bir gemi dizel motorudur ve "commonrail" yakıt enjeksiyon sistemine sahiptir. Her bir silindir için birer adet enjektör, 2 adet yakıt filtresi, ve yüksek basınç tulumbası şekilde gösterilmiştir. Şekil üzerindeki kırmızı renkli bölüm, düşük basınç devresini; sarı renkli bölüm, yüksek basınç devresini; mor renkli bölüm ise kullanılmadan geri dönen yakıt devresini temsil etmektedir.



Şekil 2.10. Gemi dizel motoru yakıt devresi

Şekil 2.11.'de gemi dizel motoru yönetim otomasyon sistem temel bileşenleri gösterilmektedir. Bu sistemde, güç dağıtım panosu, batarya, elektronik kontrol ünitesi, enjektör kabloları, termostatlar ve sensörler gibi bileşenler bulunur. Motor yönetim ve otomasyon sistemi, istenen çalışma koşullarına göre diğer sistemlerin nasıl çalışacağını veya hangi devredeki belirlenen sıcaklık ve basınç devrelerinde alarm verileceğini belirler. Ayrıca, sistemdeki sensörler sayesinde motorun çalışma durumu izlenebilir.

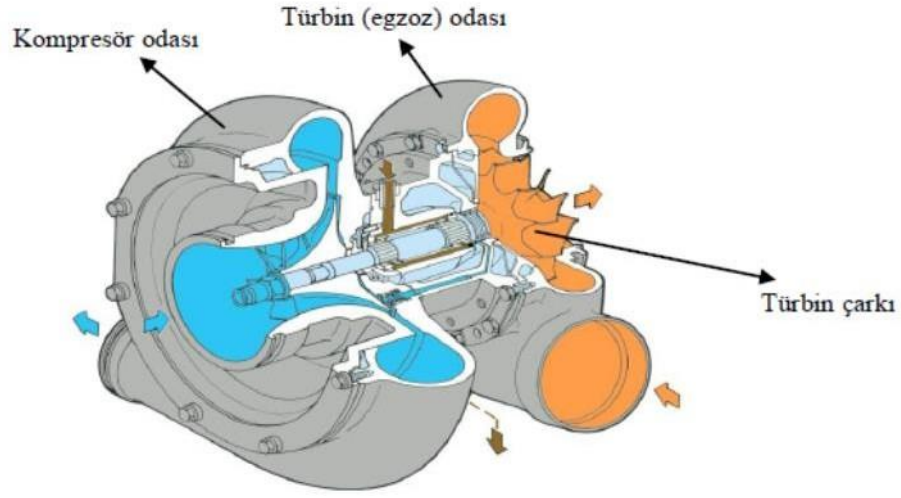
Bu sistem sayesinde ölçüm noktalarında meydana gelecek olan limit aşımalarında sistem operatörünü görülür ve duyulur şekilde alarm vererek uyarır. Gelen sinyalleri ilgili grafik ortamda görüntülemek gibi işlevleri yerine getirir. Sistem üzerine yerleştirilmiş sensörler sayesinde sistemin içinde, voltaj, akım veya binary sinyale dönüştürülerek kullanılır.



Şekil 2.11. Gemi dizel motoru yönetim otomasyon sistemi

Sistem üzerine monte edilen hareket, hız, basınç, aç-kapa, seviye sensörlerinden aldığı sinyalleri değerlendirir ve anormal durumlarda operatörü alarm getirerek uyarır. Alarm özet sayfasında tüm alarmlar görüntülenir, operatör görmek istemediği alarmları iptal edip sonrasında tekrar aktif hale getirebilir. Alarm sistemi bağlı olan sinyallerde kopma olması durumunda operatörü uyarır.

Sistem belirli zaman aralıklarında meydana gelen alarmların çıktısını alarak fiziki ortamda muhafaza edilmesini sağlar. Sistem bazı durumlarda gelmesi gereken alarmları anlamsız olduğu için iptal eder. Bu duruma bloklama denir.



Şekil 2.12. Gemi dizel motoru yüksek basınçlı egzoz turboşarjeri

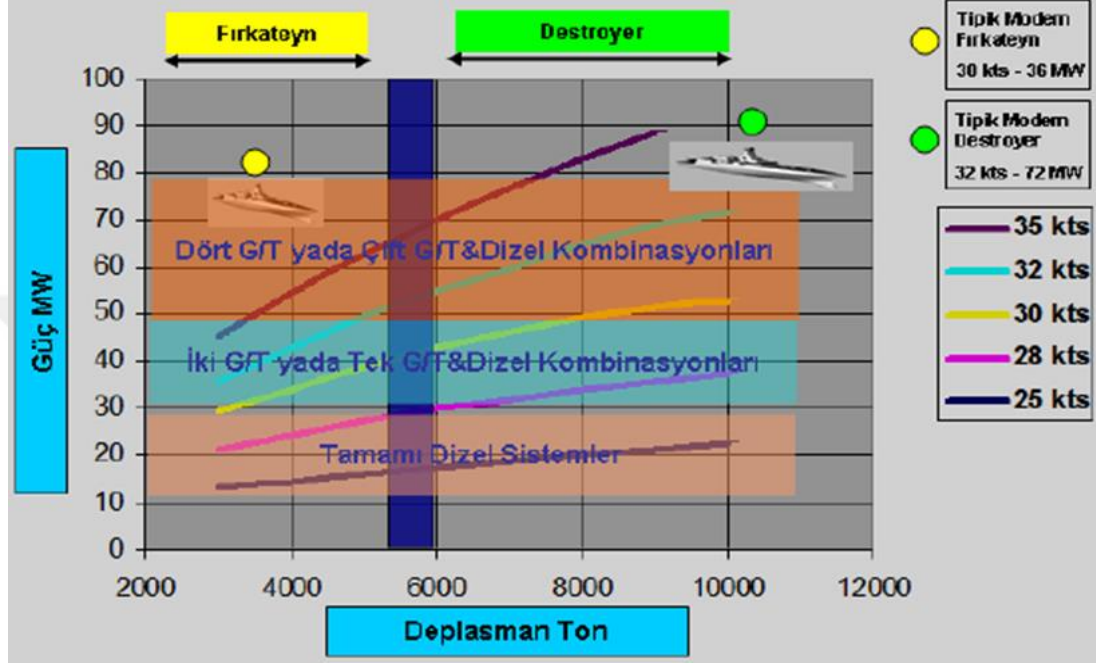
Şekil 2.12.'de gösterilen Turboşarjerdeki mavi bölüm hava devresini, turuncu bölüm egzoz devresini, kahverengi bölüm ise yağlama devresini temsil eder. Yanma sırasında egzoz gazının oluşturduğu basınç turboşarjer türbininde etki gösterir ve daha fazla hava emilerek aşırı doldurma sağlanır. Bu sayede gemi dizel motorlarından daha yüksek güç çıkışı elde edilir ve yanma verimi artar. Tezde kullanılan tüm gemi dizel motorları, aşırı doldurma sistemi ile donatılmıştır. Ayrıca, gelişmiş elektronik kontrol sistemine sahip motorlarda, belirli devir ve güç değerlerinin ardından kademeli olarak turboşarjerler devreye girer.

2.4. GEMİ ANA TAHRİK KOMBİNE SİSTEM TÜRLERİ

Bir gemi ana tahrik sisteminin toplam gücü belirlendikten sonra, geminin operatif kriterleri ve tasarımsal yeterlilikleri dikkate alınarak hangi kombine sistemle bu güce ulaşılacağı belirlenir.

Dizel motorları ve gaz türbinlerinin avantajları ve dezavantajları göz önünde bulundurularak optimum bir sistem tasarlanır. Dizel-elektrik tahrik sistemleri de bu bölümde ele alınır. Ancak bazı durumlarda, ana tahrik sistemi seçimi yapılırken tüm kriterler göz ardı edilebilir. Örneğin, Güney Kore'nin gemi ana tahrik sisteminde elektrikli motorları fazla tercih etmesi, denizde bıraktığı akustik izin çok düşük olması

nedeniyle Kuzey Kore'nin üstün denizaltı teknolojisi karşısında gemilerinin kolay saptanmasını engellemek için stratejik bir zorunluluktan kaynaklanmaktadır. Bu örnek, ekonomik, teknik veya operatif etkinliklerin önemini ikinci plana atarak stratejik bir zorunluluğun söz konusu olduğu bir durumu özetlemektedir.



Şekil 2.13. Fırkateyn ve destroyerlerde tahrik sistemi kullanılabilirliği

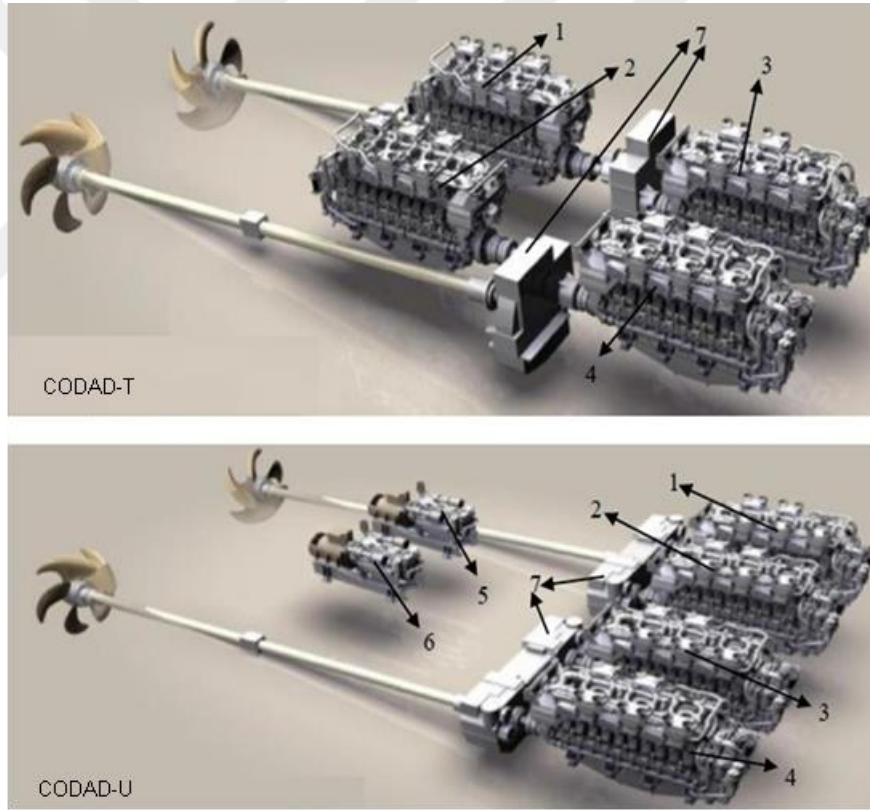
Ana tahrik sistemi seçimi, geminin operasyonel kriterleri ve tasarım yeterlilikleri dikkate alınarak belirlenen toplam güç kapasitesine ulaşmak için hangi kombinasyonun kullanılacağına karar verilmesiyle gerçekleştirilir. Örneğin, Şekil 2.13.' de belirtilen Renk Transmisyon Sanayi A.Ş.'nin verilerine dayanarak, 3.000 ton deplasman ağırlığına sahip bir fırkateyn tipi savaş gemisinin 30 deniz mili maksimum seyir hızına ulaşması için yaklaşık 30 MW güç kapasitesine sahip bir ana tahrik sistemi gereklidir.

Bu güç seviyesine ulaşmak için en optimum yöntem, istatistiksel olarak iki gaz türbininden oluşan bir ana tahrik sistemi ya da bir gaz türbini ile gerekli güç kapasitesine ulaşacak sayıda dizel motorun kombinasyonunu içeren bir ana tahrik sistemidir. Seçilen ana tahrik sistemi, uygun devrelerin tasarımı ve ana tahrik sistemiyle uyumlu olan elemanların seçimi ile desteklenir, örneğin DDD kutusu.

2.4.1 CODAD Ana Tahrik Sistemi Kombinasyonu

"Combination of Diesel and Diesel" olarak bilinen bir sistemdir. Şekil 2.18'de, hem "U" hem de "T" tipi CODAD (Combined Diesel and Diesel) ana tahrik sistemi dizilimi gösterilmektedir. Bu sistem, tamamen dizel motorlardan oluşur ve tüm dizel motorlar birbiriyle entegre bir şekilde çalışabilir.

Dizel motorları, hareketli parça sayılarının fazla olması nedeniyle sık bakım gerektirebilir. Bu sistemin başlangıç maliyeti düşüktür, ancak bakım ve işletme masrafları yüksektir. Ayrıca, bu sistemde düşük kızılötesi iz ve yüksek akustik iz değerleri gözlemlenebilir.



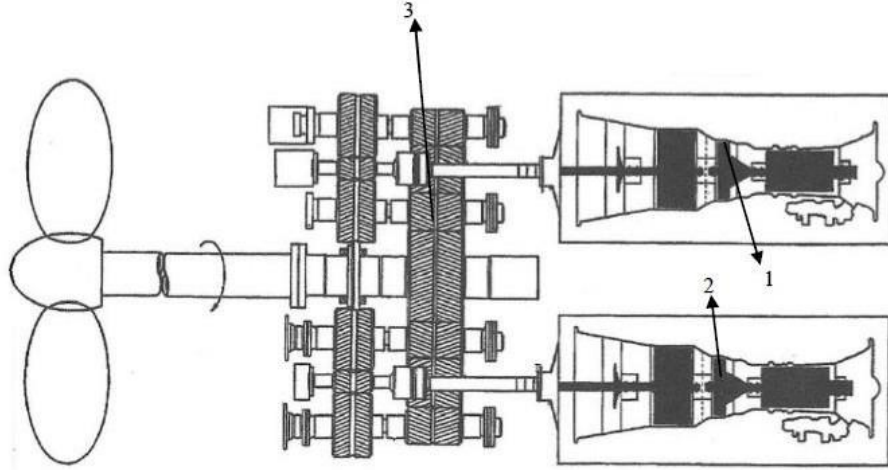
Şekil 2.14. CODAD ana tahrik sistemi T ve U düzeni

Şekil 2.13'te, hem "U" hem de "T" tipi CODAD (Combined Diesel and Diesel) ana tahrik sistemi dizilimi görülmektedir. Bu dizilim, geminin içindeki yağ, yakıt, su, egzoz devrelerinin geçişi, geminin ağırlık merkezi ve motorların bulunduğu donatım

alanındaki ekipmanların yerleşimi gibi tasarım parametrelerini etkileyen önemli bir faktördür. Her iki sistemde 1, 2, 3 ve 4 numaralı motorlar ana tahrik dizel motorlarıdır ve "U" dizilimindeki 5 ve 6 numaralı motorlar yardımcı dizel motorlar olarak görev yapar. "U" ve "T" diziliminde 7 numara ile gösterilen motorlar ise DDD (Diesel and Diesel and Diesel) sistemini temsil eder.

2.4.2 COGAG Ana Tahrik Sistemi Kombinasyonu

COGAG sistemi, "Combination of Gas and Gas" ifadesinin açılımıdır ve bu sistemde yalnızca gaz türbinleri kullanılır. Bu sistemin en önemli avantajı, ana tahrik motorlarına nadiren bakım yapılması gerekliliği ve motorların düşük akustik iz bırakmasıdır. Ancak, yüksek egzoz sıcaklığı nedeniyle yüksek kızılötesi iz bırakması ve yüksek hız haricindeki seyirlerde, özellikle manevralarda özgül yakıt tüketiminin yüksek olması gibi dezavantajları bulunmaktadır. COGAG sistemi şeması Şekil 2.15'te görülebilir. Şekildeki 1 ve 2 numaralı bölümler ana tahrik gaz türbinlerini temsil ederken, 3 numaralı bölüm DDD (Diesel and Diesel and Diesel) sistemi olarak adlandırılmaktadır.

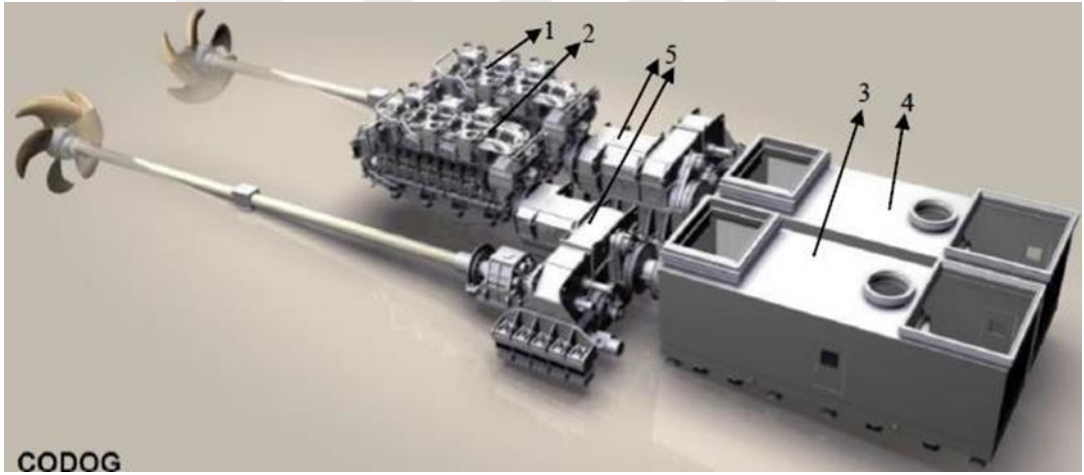


Şekil 2.15. COGAG Sistemi Şematik Diyagramı

2.4.3 CODOG Ana Tahrik Sistemi Kombinasyonu

CODOG sistemi, "Combination of Diesel or Gas" ifadesinin açılımına sahiptir ve hem dizel motorlarını hem de gaz türbinlerini içermektedir. Bu sistemde, yüksek hızlarda gaz türbini kullanılırken, düşük hızlarda dizel motorları kullanmak mümkündür. Ancak, sistemde hem dizel motorlarını hem de gaz türbinlerini aynı anda kullanma imkanı olmaması, sistemin toplam güç potansiyelinden en yüksek verimi elde edememesi anlamına gelir.

CODOG ana tahrik sistemi, Şekil 2.16'da gösterilmektedir. Şekildeki 1 ve 2 numaralı bölümler ana tahrik dizel motorlarını temsil ederken, 3 ve 4 numaralı bölümler ana tahrik gaz türbinlerini temsil eder. 5 numaralı bölüm ise DDD (Diesel and Diesel and Diesel) sistemini temsil etmektedir.

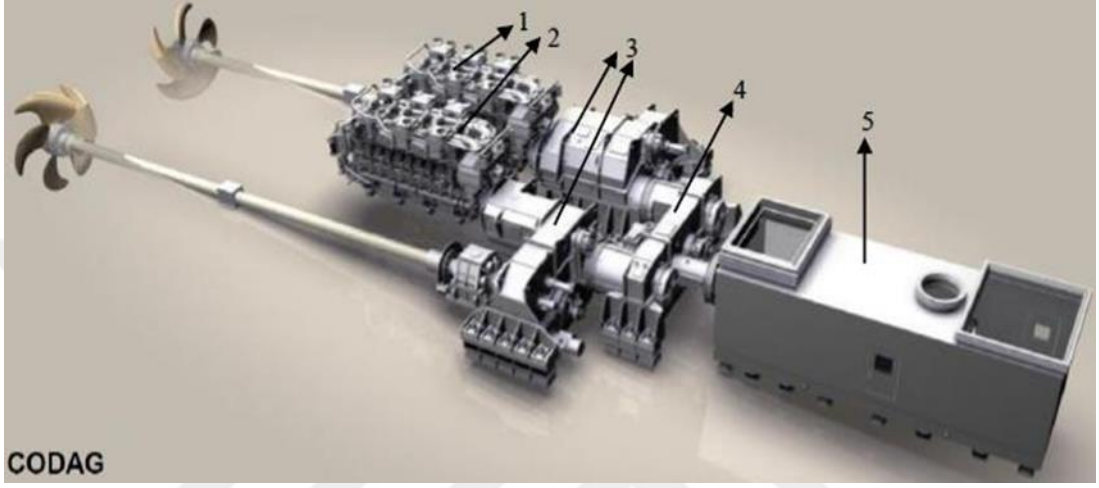


Şekil 2.16. CODOG ana tahrik sistemi

2.4.4 CODAG Ana Tahrik Sistemi Kombinasyonu

CODAG sistemi, CODAD (Combination of Diesel and Diesel) sistemiyle karşılaştırıldığında, dizel motorların yanı sıra gaz türbinlerinin de kullanılmasına olanak sağlayarak daha avantajlı bir sistemdir.

Şekil 2.17'de, 1 ve 2 numaralı bölümler ana tahrik dizel motorlarını, 5 numaralı bölüm ise ana tahrik gaz türbinini temsil etmektedir. 3 numaralı bölüm DDD (Diesel and Diesel and Diesel) sistemi ve 4 numaralı bölüm ise çapraz bağlantı dişli sistemini göstermektedir. Bu sistemde, gaz türbini ve dizel motorları aynı anda çalışarak gücü pervaneye iletebilmek için çapraz bağlantı dişli sistemi kullanılmaktadır.



Şekil 2.17. CODAG ana tahrik sistemi

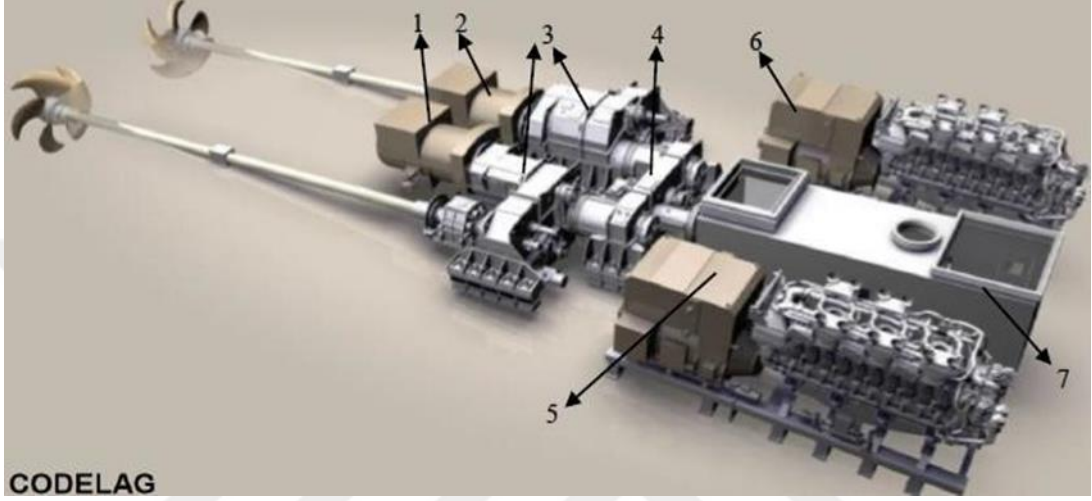
2.4.5 CODELAG Ana Tahrik Sistemi Kombinasyonu

CODELAG sistemi, "Combination of Diesel Electric and Gas" kelimelerinin kısaltmasıdır ve dizel jeneratörlerle beslenen elektrik motorları ve gaz türbini kombinasyonundan oluşur. Bu sistemde, düşük hızlarda elektrikli motorlar, yüksek hızlarda ise gaz türbini kullanılarak güç aktarımı sağlanır.

Elektrik motorları, DDD (Diesel Electric and Diesel) olmaksızın şaftta multi disk glaç bağlantısıyla bağlanır. CODELAG sisteminin avantajları arasında düşük su altı akustik izi ve ani tork sağlayabilme imkanı bulunurken, dezavantajı ise elektrik motorlarının birim hacim ve ağırlıktaki güç miktarlarının düşük olmasıdır.

CODELAG sistemi, COGAG sistemiyle karşılaştırıldığında denizaltı savunma harbi gemileri için ana tahrik sisteminin yedeklenebilirliği açısından daha kullanışlıdır. Şekil 2.18'de, CODELAG ana tahrik sistemi gösterilmektedir. Şekildeki 1 ve 2 numaralı

makineler ana tahrik elektrik motorlarını, 3 numaralı sistem DDD (Diesel Electric and Diesel) sistemini, 4 numaralı bölüm çapraz bağlantı dişli sistemini, 5 ve 6 numaralı makineler dizel jeneratörlerini, 7 numaralı makine ise ana tahrik gaz türbinini temsil etmektedir. CODELAG sistemi, çapraz bağlantı dişli sistemiyle birlikte çalışır ve COGAG sistemi gibi yedeklenebilirlik sağlar.



Şekil 2.18. CODELAG ana tahrik sistemi

Elektrikli motorların bir diğer avantajı, gemilerin art arda ileri ve geri manevra yapması gereken durumlarda, elektrik motorunun dönüşünün dizel motoru ya da gaz türbini kullanmaktan daha kolay gerçekleştirilebilmesidir. İlk kullanımı, sadece geri manevra yapmak için pervaneye bağlı bir elektrikli motorla başlamıştır.

Dizel-elektrik tahrik sistemi, CODELAG sistemi gibi elektrik motorunun avantajlarına ve dezavantajlarına sahip olmakla birlikte, aynı anda itici güç üretme yeteneğine sahip olmaması açısından farklılık gösterir. Dizel-elektrik tahrik sistemleri genellikle büyük ve lüks yolcu gemilerinde tercih edilir, çünkü elektrik motorlarının birim kütle ve hacimdeki güç kapasiteleri düşüktür. Elektrik motorları, dizel-elektrik sistemlerinde de CODELAG sisteminde olduğu gibi dizel jeneratörler tarafından beslenir.

BÖLÜM 3

DİZEL MOTORLARDA BAKIM MÜHENDİSLİĞİ

Sanayi devriminden beri, makine ve cihazların bakım tutumu, bakım tutum araçlarındaki gelişme ve değişimlere rağmen büyüklük, maliyet, karmaşıklık, rekabet gibi faktörlere bağlı olarak bir yarışa dönüşmüştür. Bu sebeple, kritik başarı faktörleri olan güvenlik, ürün kalitesi, sürat, fiyat, fayda ve güvenli sevkiyat kriterlerini olumlu yönde etkileyebilecek efektif bir yönetim ve bakım yöntemine gereksinim duyulmaktadır. Bu yüzden geçen zaman içinde bakım-tutum ve bakım tutum mühendisliği kavramları gün yüzüne çıkmıştır.

Bakım tutum mühendisliği bakım faaliyetleri için gerekli kaynakların belirlenmesine yardımcı olmak, planlanmış bakımı yapmak ve tamamlamak üzere kullanılacak olan kaynaklar için plan, proje ve prosedürleri belirlemektir.

Buna karşılık bakım tutum faaliyetleri de, kaynakların bakım faaliyetleri boyunca test, servis, onarım, kalibrasyon, overhol, modernizasyon gibi işlemler için kullanımı olarak da denebilir.

3.1. BAKIM VE TUTUM MÜHENDİSLİĞİ İLE İLGİLİ TANIMLAR

Bakım: Bir cihazı, parçayı veya nesneyi istenilen seviyeye getirmek üzere yapılan faaliyetlere denir.

Bakım Tutum Mühendisliği: Cihazın veya sistemin çalıştığı süre boyunca etkin şekilde bakım desteği sağlanması amacıyla, bakım kavramlarının oluşturulması, kriterlerin ve teknik isterlerin belirlenmesi ile bunların cihaz veya sistem ömrü boyunca idame ettirilmesi işlemleridir.

Koruyucu Bakım: Cihaz/sistem üzerinde çeşitli arıza ve problemlerin oluşmasından sonra yapılacak bir bakım yerine, karakteristiğine uygun şekilde planlı, periyodik bir şekilde belirli bakımların bir düzen dahilinde yapılması böylece sistemi devamlı istenen çalışma aralığında tutma işlemleridir.

Düzeltilici Bakım: Operatör ya da bakım personelinin farketmediği arıza veya kusurların giderilmesi ve cihazın yeniden çalışır hale gelmesi için yapılan plan dışı bakım veya onarım işlemlerine denir.

Önleyici Bakım: Cihaz/sistemin çalışması sırasında modern ölçüm ve sinyal işleme metotları kullanılarak cihaz/sistemin durumunu gözleme ve teşhis işlemidir.

Bakım Planı: Cihaz/sistemin işletilebilirliğini sağlamak üzere üzerinde yapılacak olan bakımların belirli bir düzen dahilinde işletildiği sistemdir.

Güvenilirlik: Detaylı tanımlanmış koşullar altında çalıştırıldığında sistemin beklenen performansı gösterme olasılığıdır.

Overhol: Sistem/cihaz üzerinde yapılan kapsamlı araştırma ve onarım faaliyetidir.

Gemi Seviyesi Bakım: Gemi personeli tarafından icra edilebilecek bakımlara denir.

Tersane Seviyesi Bakım: Gemi imkan ve kabiliyetlerini aşan tersane tarafından yapılan bakım ve onarımlardır.

3.2. BAKIM YÖNETİMİ VE KONTROLLERİ

Bakım yönetimi, bakım tutum faaliyetleri için rehber oluşturmaya ek olarak bakım tutum programlarını teknik ve yönetsel olarak denemektir. Bakım yönetimi ve kontrol bakımı yapmakla eşit oranda önemlidir.

Genel olarak, bakım faaliyetleri yada bakım yapacak grup büyüdükçe daha iyi yönetim ve kontrole olan ihtiyaç da artmaktadır.

3.3. BAKIM DEPARTMANLARININ GÖREV VE ORGANİZASYONLARI

Bir bakım organizasyonunun oldukça geniş bir yelpazeye sahip olan şu görevleri yerine getirmesi beklenir. [16]

- Cihaz tesisatlarının onarımını ve onarım planlamasını yapmak
- Ana problemlerin önlenmesi için koruyucu bakım yapmak ve bir çalışma programı hazırlamak
- Gerçekçi bütçeler hazırlamak, bakım için gereken personel ve malzemeleri kapsayan
- Bakım için gerekli malzemeleri envanterde her zaman hazır bulundurmak
- Cihaz veya sistemlere ait kayıtları tutmak
- Bakım personelinin faaliyetlerini takip etmek için etkili yöntemler geliştirmek
- Operatörleri, üst düzey yöneticileri ve ilgili diğer kişileri etkili tekniklerle bakımdan haberdar etmek
- Bakım personelinin eğitmek, becerilerini artırmak ve etkili çalışmalarını sağlamak
- Yeni cihaz/tesisat planlarını gözden geçirmek
- İşyeri güvenliğini artırmak için bakım personeli için yöntemler geliştirmek ve uygulamak
- Bakım organizasyonunun büyüklük, karmaşıklık ve ürün gibi faktörlere bağlı olarak yer ve konumunu etkileyen unsurlarını dikkate almak. Bakım organizasyonu oluştururken dört rehber konu: yetki çalışmasını en aza indirmek ve açıkça tanımlanmış bölümler oluşturmak, yetkili kişi sayısını optimize etmek, organizasyonun görevlerle uyumlu olmasını sağlamak ve yönetimin sorumluluklarını azaltmaktır.

Bakım organizasyonu oluşturulurken göz önünde bulundurulacak ilk konu merkezi ya da merkezi olmayan bir organizasyondan hangisinin avantajlı olacaktır. Genellikle merkezi bakım organizasyonları küçük ve orta çaptak işletmeler ile kendi servis binası bulunan ulaşım için herhangi bir vasıta gerektirmeyen tesisler için uygundur. Merkezi bakım organizasyonunun bazı avantaj ve dezavantajları şu şekildedir. [17]

- Merkezi olmayan organizasyon, merkezi bir organizasyona göre daha etkilidir.
- Daha az bakım personeline ihtiyaç duyulur.
- İş alanı yönetimi daha iyi sağlanır.
- Özel ekipman ve uzman personel kullanımı daha fazla gerektirir.
- Görev başı eğitim imkanı daha etkili sağlar.
- Buna karşılık;
- Çalışma alanına ulaşmak ve geri dönmek için daha uzun süre gereklidir.
- Karmaşık cihaz veya yazılım konularında tam bir uzmanlık sağlayamaz.
- Yüksek taşıma masrafları ortaya çıkar.

3.4. BAKIM YÖNETİMİ PRENSİPLERİ

- Mevcut eksikliklerin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilir.
- Bakım hedeflerinin oluşturulması görevi yerine getirilir.
- Önceliklerin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilir.
- Performans ölçüm parametrelerinin belirlenmesi görevi yerine getirilir.
- Kısa ve uzun vadeli planların belirlenmesi işlemi gerçekleştirilir.
- Kısa ve uzun vadeli planların yazılması ve ilgili bölümlere dağıtılması işlemi gerçekleştirilir.
- Planın uygulanması görevi yerine getirilir.
- Durumun açıklanması işlemi gerçekleştirilir.
- İşlemin yıllık olarak gözden geçirilmesi işlemi gerçekleştirilir.

3.4.1. EFEKTİF BAKIM YÖNETİMİ ELEMANLARI

Bakım faaliyetinin başarısını etkileyen ve anahtar rol oynayan efektif bakım yöntemine ait birçok eleman vardır. Bunlardan bazıları:

- Bakım Poliçesi: Bakım yönetiminin önemli bir unsuru olarak, bakım organizasyonunun faaliyetlerinin devamlılığını sağlamak için açık bir şekilde

anlaşılması gereken bir programdır. Bu poliçe, bakım organizasyonunun büyüklüğünden bağımsız olarak gereklidir.

- **Malzeme Kontrolü:** Bakım maliyetinin %30-40'ını malzeme harcamaları oluşturur. Malzeme koordinasyonunun iyi sağlanması, personelin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar. Malzeme tedariğiyle ilgili sorunlar, fazla maliyetlere, gecikmelere ve hatalı başlangıçlara neden olabilir. İşlerin planlanması, satın alma birimleri ve depolarla koordinasyon, malzeme kaynaklı sorunların giderilmesinde önemli bir rol oynar.
- **İş Talebi ve İş Emri Sistemi:** Sistemde meydana gelen arızaların kullanıcılar tarafından onarım kuruluşlarına bildirilmesini sağlayan iş talebi, onarım kuruluşu tarafından işin ayrıntılı olarak nasıl yapılacağını açıklayan iş emri sistemiyle birlikte kullanılır. İş emri, personeli veya bir fabrika grubunu belirli bir işi yapmak için yönlendirir. İyi tanımlanmış bir iş emri, tek seferlik veya tekrar eden işlerin düzgün ve hatasız bir şekilde yapılmasını sağlar. Her organizasyonda farklılık gösterse de, iş emirleri işin başlangıcını ve bitişini, yapılış şeklini ve nedenlerini, işçi ve malzeme maliyetlerini ve etkilenecek cihazları kapsayan iş kategorilerini içerir.
- **Cihaz Kayıtları:** Cihaz kayıtları, bakım organizasyonlarının etkinliğinde önemli bir rol oynar. Bu kayıtlar, yapılan bakımları, bakım masraflarını, envanteri ve dosyaları içerir. Yapılan bakımlar bölümünde, cihazın servis ömrü boyunca gerçekleştirilen tüm bakımlar yer alır. Bakım masrafları ise işçilik, malzeme ve yedek parça masraflarını kapsar. Envanter kısmı genellikle malzeme depoları tarafından tutulurken, dosya bölümünde teknik kitaplar, kullanım kılavuzları, garanti belgeleri, teknik resimler vb. yer alır.
- **İş Planlama ve Programlama:** Bakım yönetiminin önemli ve gerekli bir aşamasıdır. İş planlama kadar önemli olan bakım programlama, programın etkinliği açısından planlamanın güvenilirliğine bağlıdır.

- Koruyucu ve Düzeltici Bakım: Koruyucu bakım, sistem veya cihazı erken fark edilecek arızalara karşı sürekli olarak çalışır halde tutmayı amaçlar. Koruyucu bakım, güvenilir, ekonomik ve standartlara uygun olmayı hedefler. Ancak bir bakım sisteminin çoğunluğu düzeltici bakımlarla geçer. Bu nedenle düzeltici bakım, bakım organizasyonunun etkinliği açısından önemli bir faktördür.
- Yedek/Destek Kontrolü ve Öncelik Sistemi: Yedek ve desteklerin bilinmesi, işgücü ve iş yükünün dengelenmesi açısından önemlidir. Her işe aynı gün başlanmasının mümkün olmadığı durumlarda iş öncelikleri belirlenmelidir. İş önceliği belirlemede sistem veya cihazın önemi, bakım şekli ve ihtiyaç duyulan faktörler dikkate alınır.

3.5. KORUYUCU BAKIM

Bakım faaliyetlerinin en önemli bileşeni olarak gösterilebilir. Toplam bakım faaliyetlerinin büyük bir bölümü bakım organizasyonunda koruyucu bakım faaliyetlerine ayrılır. Koruyucu bakım cihaz veya tesisin bakım personeli tarafından yapılan periyodik incelemeler, gözlemler ile başlangıçta tespit edilen ve büyüme ihtimali olan ufak arızaların giderilmesi, cihaz veya tesisin planlı bakımlarının yapılması olarak tarif edilebilir. Koruyucu bakımın ana hedefleri ise cihazın üretim ömrünü uzatmak, kritik öneme haiz cihazların arızalarını azaltmak, cihaz arızasına bağlı üretim kayıplarını azaltmak, bakım yapan personelin sağlık ve güvenliğini artırmaktır.

3.5.1 Koruyucu Bakım Kavramının Alt Bileşenleri

- Araştırma: Cihaz ve sistemlerin periyodik araştırmalar ile performanslarının ölçülüp mekanik, elektrik ve fiziksel özelliklerinin karşılaştırılmasıdır.
- Servis: Periyodik aralıklarla cihaz ve sistemlerin yağlanması, temizlenmesi, şarj edilmesi ve muhafaza edilmesi gibi başlangıç halindeki ufak sorunların ortadan kaldırılması işlemidir.
- Kalibrasyon: Sistem ve cihazların periyodik olarak standartlar ile karşılaştırılmasıdır.

- Test: Periyodik testlerle cihaz veya sistemin çalışmasının kontrolü ve elektriksel veya mekaniksel problemlerin ortadan kaldırılması işlemidir.
- Değiştirme/Ayarlama: Cihaz veya sistem üzerinde optimum performans elde etmek için uygun değişiklikler yapmaya denir.
- Kurma/Değiştirme: Cihaz veya sistem üzerinde yer alan ömürlü parçaların ya da ömrü dolmadan toleransını dolduran parçaların değiştirilmesidir.

3.5.2. Koruyucu Bakım Programı Hazırlarken Dikkat Edilecek Noktalar

Etkin bir koruyucu bakım programı için birçok koşul gereklidir. Bu koşullardan bazıları şunlardır; cihaza ait doğru bir tarihçe, üretici firma tavsiyeleri, bilgili ve eğitimli bakım personeli, muadil cihazların geçmiş kayıtları, servis kitapçıkları, uygun test alet ve gereçleri, yönetim desteği ve operator işbirliği, sarf edilebilir ve değiştirilebilir parça desteği, açık bir şekilde yazılmış talimat ve kontrol listeleridir. [18]

Oldukça etkin bir koruyucu bakım planlanması için aşağıda belirtilen basamaklar takip edilmelidir:

- Alanların Tanımlanması ve Seçilmesi: Koruyucu bakımın yoğun olarak uygulanacağı bir ya da iki alanın belirlenmesidir. Bu alanlar, sistem veya cihazın başarısı için kritik öneme sahip olmalıdır.
- Koruyucu Bakım İhtiyaçlarının Tanımlanması: Koruyucu bakım ihtiyaçları belirlendikten sonra günlük ve periyodik koruyucu bakım olmak üzere iki tür koruyucu bakım programlanmalıdır. Günlük bakım genellikle kullanıcı tarafından yapılabilirken, periyodik bakımlar genellikle bakım personeli tarafından gerçekleştirilir.
- Bakım Periyotlarının Belirlenmesi: Bu işlemde, cihazın durumu ve kayıtlarının incelenmesi gerekmektedir. Normalde, periyot belirleme sürecinde, cihaz hakkındaki deneyimler ve üretici firma tavsiyeleri dikkate alınmalıdır.
- Koruyucu Bakım Usullerinin Hazırlanması: Günlük ve periyodik bakımlar ayrıntılı bir şekilde açıklanmalı ve onay sürecine gönderilmelidir.
- Yıllık Koruyucu Bakımların Programlanması: Belirlenmiş koruyucu bakımlar, 12 aylık bir dönemi kapsayacak şekilde planlanmalıdır.

3.5.3. Koruyucu Bakım Avantaj ve Dezavantajları

Koruyucu bakım yöntemlerinin avantajları şu şekildedir:

- Cihaz ömrünün artırılması sağlanır.
- İş yükü dengelenir.
- Üretim gelirleri artırılır.
- Kalitede tutarlılık sağlanır.
- Yedek stoktaki cihaz ihtiyacı azaltılır.
- Önceden müdahaleyi teşvik ederek sonradan müdahale ihtiyacını azaltır.
- Envanter sistemi yükünü azaltır.
- Gelişmiş güvenlik sağlanır.
- Standart prosedürler uygulanır.
- Kar/maliyet optimizasyonu artırılır.

Koruyucu bakım yöntemlerinin dezavantajları ise şunlardır:

- Cihazları olası hasarlara maruz bırakabilir.
- Parça sarfiyatını artırabilir.
- Başlangıç maliyetlerini artırabilir.
- Yeni parçalarda hata/arıza ihtimalini artırabilir.
- Cihazın daha sık incelemeye ihtiyaç duymasını gerektirebilir.

3.6. DÜZELTİCİ BAKIM

Tasarımdan itibaren amaç sistemleri güvenli duruma getirmek olsa da, bu çalışma sistem veya cihazların ömrü boyunca koruyucu bakım türleri ve benzer uygulamalarla desteklense bile, sistem veya cihazlar yine de arızalanırlar. Bu sebeple cihazlar çalışma limitlerine ulaşmaları için onarırlar. Bu bakış açısından bakıldığında düzeltici bakım, bakım faaliyetleri arasında önemli bir konuma sahiptir. Arıza yada koruyucu bakım esnasında belirlenen hataların giderilmesi ve sistem veya cihazın tekrar faal hale getirilmesi için yapılan faaliyetler olarak tanımlanabilir. Düzeltici bakım programlanamaz bir faaliyettir, temel olarak önceden tahmin edilemeyen, önceden

planlanamayan yada programlanamayan arızalar sonucu ortaya çıkan bakım ihtiyacıdır. Bakım acil önlem ve müdahale gerektirir ve öncelik olarak planlanmış bakım faaliyetlerinin önüne geçer.

3.6.1 Düzeltici Bakım Çeşitleri

Düzeltici bakım 5 ana kategoride açıklanabilir.

- Arıza Onarımı, sistem veya cihazların arızalandıktan sonra tamir edilerek faal hale getirilmesi işlemidir.
- Kurtarma, tamir edilemeyen parçalar arasında sağlam olanların çıkarılarak diğer sistem veya cihazların onarımında veya yeniden düzenlenmesinde kullanılması amacını taşır.
- Tekrar Yapmak, sistem veya cihazların ömrünü, fiziksel özelliklerini ve performansını standartlara en yakın şekilde geri kazanmak için yapılan bakım işlemidir. Bu işlemler arasında parçalara ayırma, tüm parçaların kontrol edilmesi, ihtiyaç duyulan parçaların değiştirilmesi, tekrar birleştirme ve test etme yer alır.
- Overhol, sistem veya cihazların toplam çalışma özelliklerini yeniden kazandırmak için uygun onarım yöntemlerinin uygulanması işlemidir.
- Servis, düzeltici bakım faaliyetleri sırasında veya sonrasında ihtiyaç duyulan hizmetlerin sunulmasını ifade eder.

3.6.2 Düzeltici Bakım Evreleri

Düzeltici bakım için aşağıda verilen beş basamak sayılabilir. Bunlar;

- Arızanın lokalizasyonu (tanımlanması)
- Yerinin belirlenmesi
- Tanılama
- Onarım
- Kontrol

Düzeltici bakım süresince sistem gayrifaal kalacaktır. Atıl kalma süresi aşağıdaki faktörlere bağlıdır. [19]

- Hazırlık aşamasında geçen süre
- Arızanın yerini belirlemede geçen süre
- Yedek parça temininde geçen süre
- Arıza onarım faaliyetlerinde geçen süre
- Ayarlama ve kalibrasyon süresi
- Test ve kontrol için geçen süre
- İdari ve lojistik faaliyetler için geçen süre
- Gecikmeler

Düzeltilici bakım için harcanan zamanı kısaltmak bakım etkinliği açısından yararlıdır. Bu süreyi azaltmak için uygulanacak yöntemler şu şekildedir:

Arıza Tanıma, Yerini Belirleme ve Arızayı Gidermede Etkinlik: Elektronik sistem veya cihazlarda, en büyük zaman kaybı arıza tespit ve yerini belirleme aşamasında yaşanır. Mekanik sistem veya cihazlarda ise en büyük zaman kaybı onarım sürecinde yaşanır. İyi yerleştirilmiş ve tasarlanmış arıza göstergeleri, iyi eğitilmiş bakım personeli ve doğru uygulanan bakım prosedürleri, bu süreyi kısaltmaya yardımcı olur.

Kolay Değiştirilebilir Parçalar: Parçaların fiziksel ve kondisyonel olarak kolayca değiştirilebilmesi, bakım süresini azaltırken yedek parça yönetimini de kolaylaştırır.

Fazlalık: Tasarım sürecinde eklenen fazla parçalar sayesinde, bakım sırasında belirli kısımlar devre dışı bırakılarak sistem veya cihazın belirli bir kapasiteyle çalışmaya devam etmesi sağlanabilir. Bu, iş yükü açısından bir avantaj sağlamasa da, sistemin veya cihazın bakım süresince çalışabilir durumda kalmasını sağlar.

Erişim Etkinliği: Bakım sürecinde harcanan zamanın büyük bir kısmı, arızalı sistem veya cihaza erişmek için harcanır. Tasarımda kolay değiştirilebilirlik gibi faktörler göz önünde bulundurularak, bakım süresinde önemli düşüşler sağlanabilir.

İnsan Faktörü: Bakım esnasında insan faktörü de dikkate alınmalıdır. Parçaların yerleştirilmesi, şekli, ağırlığı, boyutları, kapakların giriş-çıkış bölgeleri gibi

ergonomik faktörler göz önünde bulundurularak, bakım sırasında zaman kayıplarının önüne geçilebilir.

3.7. BAKIMDA ENVANTER KONTROLÜ

Bakım personellerine göre bakımda yaşanan en büyük sorun ihtiyaç duyulan malzemelerin ihtiyaç duyulduğu anda bulunamamasıdır. Sistem ve cihazlar günümüz teknoloji ilerlemeleri ile daha da karmaşık hale gelmekte ve yedek parça maliyelerini hatırı sayılır miktarlarda artırmaktadır.

Bazı bakım organizasyonlarında, malzeme masrafı bütçenin %30-50'sini kapsamaktadır. Bakım işlemleri ihtiyaç duyulan her türlü malzemenin karşılanmasına güvenmektedir.

İyi bir şekilde yönetilen envanter kontrolü bakım maliyetlerini azaltır, iş gücü kazandırır, sistem veya cihazların atıl kalma sürelerini azaltır ve üretimi artırır. Envanter kontrolünün bakım faaliyetlerine önemli bir etkisi vardır. Günümüzde envanter kontrolü planlama tedarik gibi alanlarda ciddi sorumluluk üstlenmektedir.

3.7.1. Envanterin Amaçları ve Tipleri

Envanter organizasyonlara birçok yönde yardımcı olur. Envanter sisteminin amaçları şunlardır:

- Malzeme tedarik sürecinde firma inidirmelerinden yararlanmak
- Enflasyon ve fiyat artışına karşı tedbirler almak
- İhtiyaçlara zamanında cevap vermek
- Gelecekte stoklarda yaşanabilecek eksikleri önlemek
- Faaliyetlerin kesintisiz devam etmesini sağlamak

Sıkça kullanılan envanter tipleri şunlardır:

- Hammadde Envanteri: Üretim sürecinde kullanılmak üzere tedarik edilen hammadde stoklarıyla ilgilenir.

- Bitmiş Ürün Envanteri: Üretimi tamamlanmış, ancak henüz müşterilere gönderilmemiş ürünlerin stoklarıyla ilgilenir.
- İkmal Envanteri: Üretim sürecini desteklemek için gereken yedek parça stoklarıyla ilgilenir.
- Üretim Malzemesi Envanteri: Üretimi başlamış, ancak tamamlanması için üretim sürecinin devam etmesi gereken ürünlerin stoklarıyla ilgilenir.
- Nakliye Envanteri: Ürünlerin tüketiciye ulaştırılmasıyla ilgilenen envanterdir.
- Yedek Parça Envanteri: Üreticinin sahip olduğu sistem veya cihazlarda bulunan değiştirilebilir parça stoklarıyla ilgilenir.

3.7.2. Bakım Envanter Kontrolünde “A,B,C” Sınıflandırması

Bir bakım organizasyonunda rutin olarak kullanılan kullanılan malzemeler her zaman hazır bulundurulmalıdır. Rutin olmayan bakımlar için de sistem öyle kontrol edilmelidir ki envanter yatırımı en etkin biçimde olmalıdır.

ABC sınıflandırma yaklaşımı rutin ve rutin olmayan bakımlarla malzemelerin göreceli önemine göre farklı kontrol seviyelerine olanak verir. ABC Yaklaşımı eldeki envanteri yıllık dolar hacminde 3 kategoriye ayırır. Envanter malzemelerinin yüzdesi ile dolar cinsinden yıllık maliyet yüzdesi arasındaki ilişki şöyledir. [20]

- A: Malzemelerin %20’si, harcamaların %80’ini kapsamaktadır.
- B: Malzemelerin %30’si, harcamaların %15’ini kapsamaktadır.
- C: Malzemelerin %50’si, harcamaların %5’ini kapsamaktadır.

3.7.3. “A,B,C” Olarak Sınıflandırılmış Malzemeler için Kontrol Yöntemleri

- A Sınıfı Malzemeler: Yüksek öneme sahip malzemelerdir. Bu malzemelerin ihtiyaç miktarları sık sık kontrol edilir, kayıtları doğru bir şekilde tutulur ve yönetim tarafından periyodik olarak gözden geçirilir ve yakından takip edilir.
- B Sınıfı Malzemeler: Orta derecede öneme sahip malzemelerdir. Bu malzemeler için iyi kayıt tutma ve normal düzeyde dikkat gereklidir.

- C Sınıfı Malzemeler: Düşük öneme sahip malzemelerdir. Bu malzemeler için basit kontrol yöntemleri yeterlidir, ancak her zaman ihtiyaç karşılanabilecek miktarlarda bulunmasına dikkat edilmelidir.



BÖLÜM 4

BAKIMLAR İÇİN İŞ EMİRLERİ

Bir bakım organizasyonu, bilgisayar sistemine geçmeden önce bilgi toplama yöntemlerini belirleyip uygulamaya koymalıdır. En uygun araç, bir organizasyonun bu bilgileri toplaması ve değerlendirmesi için iş emirleri kullanmaktır. İş talebi, bakım işinin başlatılması için kullanılan bir formdur ve onaylandığında iş emri halini alır. İş emirleri, belirli konular hakkında bilgi vermelidir. [21]

- Bakım performansı
- Bakım maliyetleri
- Cihaz Tarihçesi

Bu bilgiler ışığında bütçe tahminleri yapılabilir. Tüm bunlara ilave olarak iş emirleri şunları da sağlamalıdır:

1. Uygun bir yöntem bakım isteklerini karşılamak için kullanılır.
2. Bakım başlangıç ve bitiş saatlerinin rahatlıkla takip edilmesini sağlayan bir yöntemdir.
3. Yapılacak işin tipini belirlemek için bir yöntem kullanılır.
4. Yapılacak bakımın her adımını için detaylı bilgi sağlamak amacıyla bir yöntem kullanılır.
5. Harcamalar belirli bir seviyeyi aştığında işe devam etmek için bir yöntem kullanılır.
6. İşin planlanabilmesini sağlamak için bir yöntem kullanılır.
7. İş bölümünü kolaylaştıran bir yöntem kullanılır.
8. Kullanılan yedek parça, araç ve gereçlerin kaydı için bir yöntem kullanılır.
9. İşçi ve malzeme maliyet kaydı için bir yöntem kullanılır.

10. İşçi ve denetim etkinliğinin ölçülmesi için kullanılacak raporların oluşturulması için bir yöntem kullanılır.
11. Tüm bakım faaliyetlerinin maliyet analizinde kullanılacak raporların oluşturulması için bir yöntem kullanılır

4.1. İŞ EMRİ NUMARASI

İş emri sisteminin başarısı, iş emri numarasının doğru kullanımına bağlıdır. Bu numara, özel bakım isteklerini belirler ve tüm özel görevlendirmeler bu numarayla tanımlanır. Her iş emri için bir numara verilerek, acil, koruyucu, plan dışı veya planlı olsun, iş emri en uygun şekilde kullanılabilir.

Planlı işler, önceden planlanabilen ve gecikmeye yer vermeden tamamlanabilen iş talepleridir. Plan dışı işler ise, aynı yerde başka bir işte çalışan personel tarafından kısa bir sürede tamamlanan iş talepleridir ve hemen tedbir alınmazsa acil bir duruma neden olabilirler. Acil işler ise arızalanan ya da arıza yapma potansiyeli olan sistemlerde yapılan işlerdir. İş emri yazmak için işe başlamadan önce yeterli zaman olmayabilir, ancak sistemin tam olarak çalışabilmesi için iş emri en kısa sürede yazılmalıdır.

Koruyucu bakım iş emirleri, planlı iş emirleri ile aynı kategoride yer alır ve koruyucu bakım maliyetlerinin doğru bir şekilde izlenebilmesi için ayrı bir şekilde kaydedilmelidir. Sabit veya tekrarlayan iş emri numaraları, koruyucu bakım işleri için kullanılabilir.

Bu yöntem, belirli bir koruyucu bakım görevinin izlenmesini kolaylaştırarak koruyucu bakım işlerinin maliyet etkinliğinin görülmesini sağlar. Ayrıca, belirli periyotlarla tekrarlanan faaliyetler de sabit veya tekrarlayan iş emri numaraları alır. Bu sistem, yöneticinin belirli işler için iş emri maliyetlerini izlemesine ve fazla zaman harcanmasını önlemesine yardımcı olur.

4.2. İŞ EMİR FORMLARI

İş emir numaralandırma yönteminden sonra iş emir formları düşünülmelidir. Bakım bölümü kendi hazırladığı formu kullanabileceği gibi çeşitli kullanıcılar tarafından hazırlanan formları da kullanabilir. Örnek İş emri formu Şekil 5-1’de sunulmuştur.

İş Emri Formu

Döküman No: DN01-12

İş Emri Listesi

İş Emri No	Açıklama	Görevli	Başlangıç Tarihi	Teslim Tarihi
P1-014	Tedarik edilecek ürün miktarı belirlenmesi ve lojistik planının kararlaştırılması	Metin Demir	12/02/2020	18/02/2020
P1-015	İş gücünün belirlenmesi ve işçilerin vardiyalara atanması	Kemal Aktaş	14/03/2020	19/03/2020
P1-016	Operasyonların tahmini sürelerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi	Ali Can Ögüt	24/04/2020	02/05/2020

Açıklama
Proje, üretim bandındaki model değişikliği nedeni ile yeni tedarikçilerin belirlenmesi, operasyon iş gücü ve sürelerinin tahmininin tamamlanmasını kapsar.
Teslim tarihinde değişiklik olması durumunda yetkili amir, tarihlerin revize edilmesinden sorumludur.

Firma/Bölüm ABC - Üretim Bandı 3	Firma Proje Sorumlusu Kemal Özkan	

Arge Proje Sorumlusu Aytaç Yılmaz	Atölye Proje Sorumlusu Mehmet Demir	Genel Müdür Çetin Fırat

Şekil 4.19. Örnek İş Emri Formu

4.2.1. İş Talebi Tanımı

İş emri formunda, tek veya ayrı bir iş emri numarası sağlanmalıdır ve ayrıca cihaz numarasının veya etiket bilgilerinin girildiği bir alan bulunmalıdır, böylece bakım maliyetleri izlenebilir. Muhasebe işleri için ise proje numarası veya maliyet bilgilerinin yazılabileceği bir alanın da olması gerekmektedir. İş talebini detaylandırmak için iş emirleri:

- Öncelik derecesi
- Yapılacak işin tipi
- İş talebinin tanımı konularını da içermelidir.

Bazı uygulamalarda, öncelik derecesi ve iş tipleri kodlanmıştır, yani genelde yapılan işler ve öncelik dereceleri sınıflandırılmış ve kodlanmıştır. Kayıtları uygun tutabilmek için her iş talebi için önem derecesi ve iş tipi kodu almaktadır.

4.2.2. İş Emri Programlama

İş talebinin uygun şekilde planlanması için, işin yapılabilmesi için gereken adam saat malzeme ve diğer ihtiyaçların belirtmesi için uygun bir yer olmalıdır. İş emrinin plana dahil edilmesinde bu husus yardımcı olacaktır.

4.2.3. Bilgiler

İş emri formunda yeterli alana sahip olunmalıdır, böylece güncel malzeme ve personel görevlendirmeleri girilebilir ve bu bilgiler daha sonra etkinliğin ölçülebilmesi için tahmin edilen değerlerle karşılaştırılabilir. İş emrinde yapılacak işin anlatıldığı bir bölüm de olmalıdır. Zaman tasarrufu maksadıyla bu bölümde kodlar kullanılabilir.

4.3. İş Emri Formunun Kullanılması

İş emrinin uygulaması ile ilgili genel adımlar şu şekildedir. [22]

1.Adım : İş emir bakım bölümüne gelir. Gelen iş emrine tüm sistem boyunca anahtar görevi gören iş emir numarası verilir. Eğer kopya sayısı birden fazlaysa her bir kopyada bu numara okunaklı şekilde bulunmalıdır.

2.Adım: Talebi yapan kişi iş emrinde belirtilmelidir.

3.Adım: Sistem veya cihaza neden iş talebi yapıldığı iş emrinde belirtilmelidir.

4.Adım: İş talebi kısa, anlaşılır ve açıklayıcı bir biçimde iş emrine yazılır. İş emir formunda yer tasarrufu için kodlar kullanılabilir. Kodlanabilecek bazı alanlar ve işler:

- Yetkili
- Denetimci
- İş Tipi
- Statü
- Cihaz

5. Adım: Talep yapan kişi iş için bir önem derecesi belirler

6. Adım: Talep yapan kişi başlangıç ve bitiş tarihlerini yazar. Daha sonra bir nüsha kendisinde kalcak şekilde ilgili bakım birimine gönderir.

7. Adım: Planlamacı iş talebini alır ve plan sürecini başlatır. Eğer sorun varsa talep eden kişi ile görüşerek değişiklikler yapılır.

8.Adım: Planlamacı, iş için izin verildikten sonra işi plana dahil eder ve malzemelerin ve cihazların hazır olduğundan emin olduktan sonra iş emrini planlar. Eğer iş emri planlanamıyorsa, tamamlanmış iş dosyasında saklanır.

9.Adım: İş emir planlandıktan sonra bir kopyası denetimciye verilir. Denetici işin başlamasından önce son ayarlamaları yapar.

10.Adım: Denetimci personelini yapılacak iş için görevlendirir. İş süresince işçiler şu raporları verecektir:

- Bakım süresince kullanılan malzemeler
- Çalışılan süre
- Yapılan iş hakkında güncel bilgi

11. Adım: Denetimci iş emrindeki bilgileri doğrular ve planlamacıya geri verir.

12.Adım: Planlamacı iş emrindeki bilgileri tamamlar ve iş emir cihazın tarihçe defteri ve sicil kartlarına işlenir.

4.4. Tamamlanmış İş Emri Bilgilerinin Kullanımı

Tamamlanmış iş emrindeki bilgiler, bölüm harcamalarının ve bakım maliyetlerinin izlenmesi için kullanılabilir. İzlenebilen iki harcama türü işçilik ve malzeme harcamalarıdır. İşçilik masrafları, denetimciler ve işçiler tarafından rapor edilen

sürelerin iş emirlerine yazılmasıyla bulunur. Süre bilgileri, her işçi için hazırlanan bordrolarda da kullanılabilir.

Malzeme masrafları, kullanıldığı rapor edilen ve iş emrine giren malzeme miktarından denetimler ve işçiler tarafından bulunur. Malzemelerle ilgili tipik bilgiler, kullanılan parçaların, parça numaralarının ve maliyet bilgilerinin bulunmasıdır. Bu bilgiler, kritik malzemelerin belirlenmesinde kullanılabilir.

Yönetim tarafından ne kadar bilgi istendiği iş emir formu büyüklüğü ve şeklini etkiler. Başarılı bir sistem yönetime maliyetlerin analizi için ihtiyaç duyduğu şu bilgilerin bulunmasına imkan tanır:

- İş
- Cihaz
- Personel
- Öncelik dereceleri
- Bölümler

Personelin doğru bilgi girmesi veya kayıtların uygun şekilde tutulması konusunda eğitilmesi gerekmektedir ki iş emri sistemi yararlı olsun. Aksi takdirde sistem yeterli ve etkin bir şekilde kullanılamaz. Özellikle planlama ve programlama bölümlerinde nitelikli elemanların görevlendirilmesi ile bakım bölümü daha etkin bir şekilde faaliyet gösterebilir. Uygun, gerçekçi ve akılcı bir planlama sonucunda bakım iş gücü %80-90 oranında planlı işleri ve %10-20 oranında acil işleri yapabilir. Ayrıca, uygun geri bildirimler ile yönetim bakım fonksiyonlarını gerektiğinde düzenleyebilir veya geliştirebilir.

BÖLÜM 5

BİLGİSAYAR DESTEKLİ BAKIM YÖNETİM SİSTEMLERİ

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemleri, el ile işletilen bakım sistemleriyle benzer bir mantıkla çalışır ancak bilgisayarın hızı en büyük avantajıdır. Bu sistemler, iş emri sistemini kullanır ve el ile işletilen sistemlerde yaşanan büyük dosyalama ve eksik iletişim gibi problemleri ortadan kaldırır. Bilgisayar destekli sistemler, çok az kağıt israfı ve dosyalama gerektirerek zaman kazandırır.

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemleri, bir işletmenin veya organizasyonun varlıklarını yönetmek, bakımını yapmak ve bakımını planlamak için kullanılan yazılım sistemleridir. Bu sistemler, bakım planlaması, iş emri yönetimi, varlık yönetimi, envanter yönetimi, çalışan yönetimi ve raporlama gibi çeşitli özellikler içerir.

Bu sistemlerin avantajları arasında hız, doğruluk, verimlilik, kaynak yönetimi ve maliyet tasarrufu yer alır. Bilgisayar destekli bakım sistemleri, bir işletmenin bakım faaliyetlerinin zamanında gerçekleştirilmesini sağlayarak üretkenliği artırabilir ve ekipmanların ömrünü uzatabilir.

5.1. Bilgisayar Destekli Bakım Yönetimi

Bilgisayar Destekli Bakım Yönetimi aşağıda belirtilen avantajları sağlamaktadır.

1. Bakım etkinliklerini artırmak
2. Bakım masraflarını azaltmakta
3. Koruyucu bakımları planlayarak cihazların arızalanmasının önüne geçmek
4. Cihaz kullanım ömrünü uzatmak
5. Bakım planlama ve bütçe çalışmalarına destekleyecek kayıtları tutmak
6. Bakım raporlarını sağlamak

Genellikle, bir kuruluşun bütçesinin önemli bir bölümü tesis ve cihaz bakımı için harcanır. Cihazların ömrünü mümkün olduğunca uzatmak, yüksek parça değişim maliyetleri nedeniyle önemlidir. Bu amaçla, cihaz bakımları doğru şekilde planlanmalı, etkili bir şekilde uygulanmalı ve gerekli kayıtlar tutulmalıdır. Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemleri, tüm bakım ve cihaz onarımlarını takip etmek için kullanılır. Bu işlem, iş emirlerinin takibi yoluyla gerçekleştirilir. İş emirlerinin uygun planlanması ve maliyetlerinin takibi sayesinde onarım maliyetleri izlenebilir. Bu şekilde, bakım bütçesi planlama çalışmalarında yönetim için gerekli bilgiler sağlanmış olur.

Envanter ve satın alma izleme, maliyet kontrolünün diğer bir yöntemidir ve her bir cihaz için parça maliyetleri izlenir. Bu işlem, fazla envanterden kaçınmayı sağlar. Satın alma izleme ise, tedarikçi seçimi ve tedarik zamanının takibi için faydalıdır. Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemlerinin bir diğer özelliği ise koruyucu bakım planlaması yapabilesidir. Koruyucu bakımın uygun şekilde planlanması, fazla bakımların azaltılmasını, çalışma süresinin ve cihaz ömrünün artmasını sağlar. Sistem kurulumu sırasında ilave maliyetler çıkabilir ancak toplam bakım masrafları bir süre sonra azalacaktır. Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemleri bu görevleri dört ana başlık altında yapar:

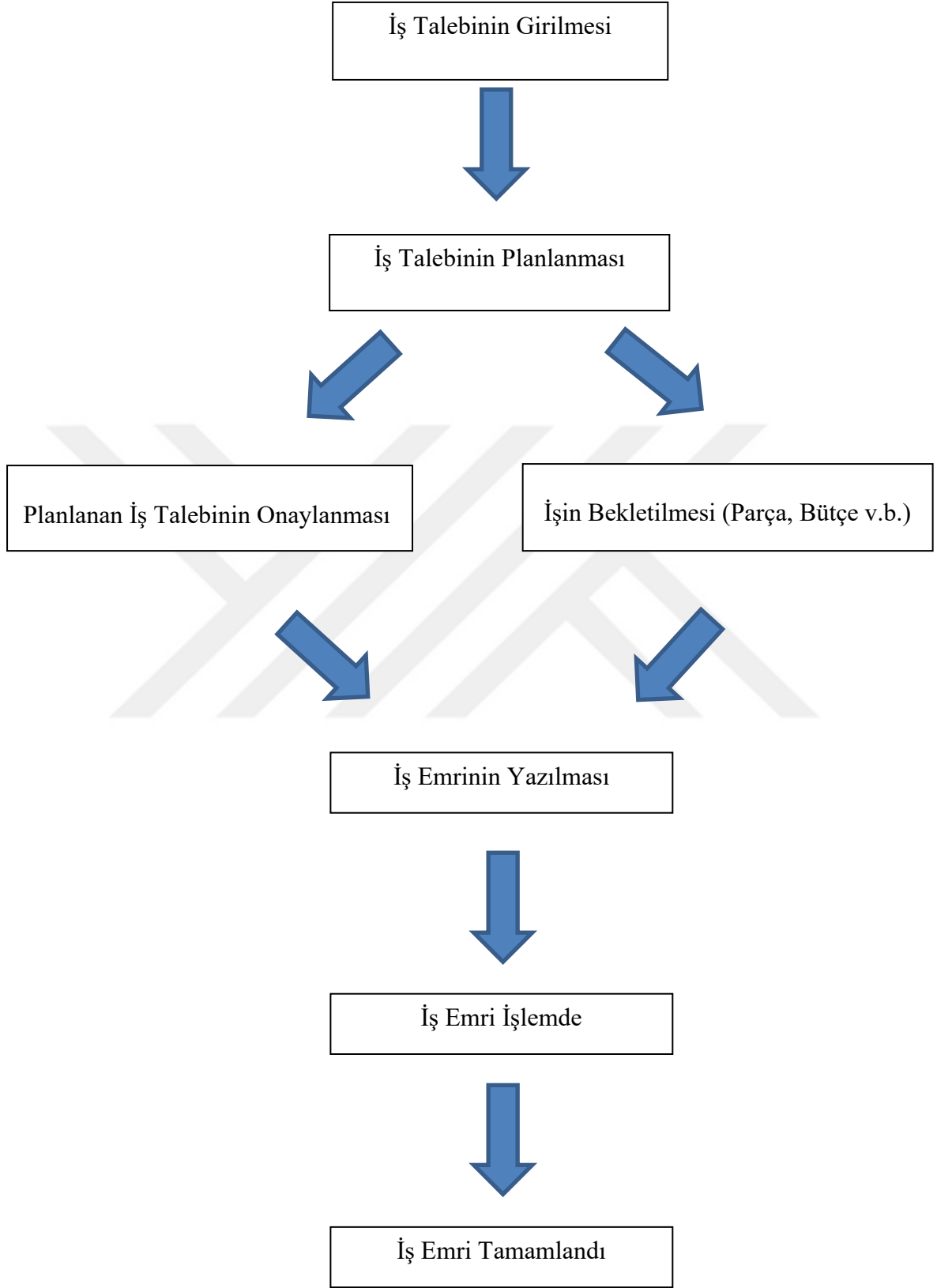
1. İş emir planlama
2. Ambar Kontrolleri
3. Koruyucu Bakım
4. Bakım Raporları

5.1.1. İş Emri Planlanma

Bilgisayar kullanılarak hazırlanan iş emirleri, bakım işlerini detaylandıran dökümanlardır. Bunların içeriği olarak:

- İş emir numarası
- İşlem yapılacak cihaz
- İşin tarifi-tipi

İş emir akışı şu şekildedir:



İş emirleri, el ile doldurulan iş emirleriyle aynı özellikleri taşıyan iş emri giriş ekranı kullanılarak sisteme girilir. Kullanıcı, üzerinde işlem yapılacak olan cihazı belirtmek zorundadır ve öncelik derecesi ile işin tarifini de eklemelidir. Tahmini maliyeti içeren bir bölüm de bulunabilir.

Karmaşık ve birden fazla işlemi içeren bazı işler ise birden fazla parçaya ve iş emrine bölünebilir. İş emri, birden fazla küçük parçaya ayrıldığında, her bir iş emri ayrı olarak sınıflandırılmalıdır.

Bir iş emri girildikten sonra, zaman zaman iş gücü, malzeme veya başka ilgili işleri gerektiren beklenmedik durumlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle, kullanıcının iş emrindeki bilgileri kontrol etmesine olanak sağlayan ve gerekirse değişiklik veya güncelleme yapabilmesine izin veren bir fonksiyon mevcut olmalıdır. Bu fonksiyonlar arasında bir bağlantı kurulabilir.

Programın, karmaşık ve büyük işler için iş emrinin birden fazla küçük ve bağımsız parçalara ayrılması gerektiğinde, bu parçalanmış iş emirlerini görüntüleme imkanı sağlaması gerekmektedir.

5.1.2. İş Emirlerinin Planlanması

Bilgisayar destekli bakım sisteminin planlama fonksiyonu iş planı için gerekli bilgileri sağlar. İş planlama fonksiyonunun dört ana amacı vardır:

1. Bakım personeli tarafından icra edilecek iş için yeterli bir yöntem sağlamalıdır.
2. Bakım masraf tahmini ve sonrası için gerçek bakım masraf kaydı için bir yöntem sağlamalıdır.
3. Yönetim raporlarında kullanılacak bilgilerin bir araya getirilmesi için bir yöntem sağlamalıdır
4. İşin yapılması için gerekli prosedürlerin aktarılması için bir yöntem sağlamalıdır.

İşin tam yapılabilmesi iş emirleri belirli bilgilere ihtiyaç duyar. Bilgisayar destekli bakım sisteminin iş planlama aşamasında şu bilgileri girilebilmesi için alan sağlar:

- İş gücü ihtiyaçları
- Malzeme ihtiyaçları
- Alet ihtiyaçları
- İş emri talimatları

İş emir planlaması yapan kişi bu bilgilerin sisteme girilmesinden sorumludur. İş emir planlama, yapılacak işin detayları, gerekli iş gücü, aletler ve malzemeler gibi bilgiler ile alakalıdır ve işin gerektiği gibi planlanması ve bitirilmesi bu bilgilere bağlıdır.

Yapılacak işin türüne göre farklı türlerde iş gücü planlanmasına ihtiyaç duyulabilir. İş emrinin ilgili kısmı planlayıcıya işin özelliğine göre iş gücü görevlendirmesi yapar.

Şu bilgiler girilebilir:

- Personel
- Personel Sayısı
- Planlanan Süre

Bu bilgiler ışığında doğru sayı ve özellikteki personel işte görevlendirilir ve iş etkin biçimde yapılabilir.

5.1.3. Cihaz Sicil Bilgileri

Kullanıcılara, cihazların geçmiş kayıtlarına erişim sağlayan bir bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi mevcuttur. Bu kayıtlar, cihazlarla ilgili kararların verilmesine yardımcı olabilir ve bütün halinde ya da parçalar halinde bulunabilirler. Bu parçalar şu şekilde olabilir:

- Acil onarım kayıtları
- Koruyucu bakım kayıtları
- Normal onarım kartları

Cihaz sicil kartlarından tekrarlayan arızalar tespit edilebilir ve çözüm için yöntemler geliştirilebilir. Sicil kartı ayrıca cihaza yapılan masrafların da takip edilmesini sağlar.

Toplanabilecek bazı masraf kalemleri:

- İş gücü
- Malzeme
- Diğer harcamalar
- Toplam

5.1.4. Takvime Alma ve Programlama

İş emri programlama, iş emri havuzuna giren iş emirlerinin programlanmasında kullanılır. İş emirleri programlama personeli tarafından takvimde belirlenecek gün ve öncelik derecelerine göre seçilir. Normal işleyişte, iş emirleri Programlanmaya Hazır İş Emirleri listesine eklenir. Bu liste, yapılacak iş emirlerinin bulunduğu listedir. Programlama personeli, iş emirlerini takvimde belirlenecek gün ve öncelik derecelerine göre seçerek takvime alır.

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi, gerekli parçaların depoda mevcut olup olmadığını kontrol eder ve eğer mevcutsa programlama görevlisini bilgilendirir. Eğer parçalar depoda mevcut değilse, programlama görevlisini parçaların sipariş edilmesi konusunda uyarır. Bazı sistemler, ambarların günlük olarak kontrol edilmesiyle iş emri ile ilgili malzemelerin depoya giriş yapması durumunda programlama görevlisini uyarmak üzere sistem üzerinden mesaj gönderme özelliğine sahiptir.

İş emri kapatma fonksiyonu kullanıcıya biten iş emirlerin kapatıp yürürlükte olan iş emir dosyasından kaldırmasını sağlar. Bilgisayar destekli bakım sistemi iş emir üzerine çalışılan gerçek sürenin, iş emrinden yazılanlar haricinde kullanılan malzeme ve iş gücünün girilmesine imkan verir.

5.2.BAKIM ONARIM SEVİYELERİ

5.2.1. Gemi Seviyesi Bakım Onarımlar

Herhangi bir sınırlama olmadan geminin kendi imkan ve kabiliyetleri ile gemi üzerinde yapılan bakımlardır. Gemi yedek malzeme ambarlarında bulunan malzemelerle gemi personeli tarafından teknik destek almadan yapılan bakım ve

onarım işlemleridir. Gemi onarım imkan ve kabiliyetini aşan durumlarda uygulanacak bakımlar Onarım kademesince uygulanır.

5.2.2. Onarım Kademesi Seviyesi Bakım Onarımlar

Gemi personelinin yapabileceği imkan ve kabiliyetlerin aşılması durumunda geminin yapacağı talebe istinaden arızalı sistem/cihazın gemi üzerinde veya gemiden sökülerek tersane ortamına alınarak yapılan bakım ve onarımlardır.

Daha önceki bölümlerde anlatıldığı gibi gemi personeli tarafından iş talebi girilir, iş emrinin yazılmasının ardından ilgili tersane personeli arızaya müdahale eder.

Bakım onarımı tamamlanan sistem cihaz tersane personeli tarafından gemi üzerine montaj işlemi yapılarak teslim edilir.

Overhol gemilerin mevcut teknik ve istatistiki verilere göre belirlenen periyot ve sürelerde onarım kademelerine alınarak, sistem ve cihazlarının belirlenmiş onarım yöntemleri ile onarımlarının yapılması işlemine denir.

Çalışma saatli bakımlar gemi imkan ve kabiliyeti ile yapılamayan, onarım kademelerince icra edilen ve planlı olarak yürütülen overhaul ve ara sörvey dışında kalan bakımlardır. Sistem cihazın dökümanında belirtilen çalışma saatleri/kullanım süreleri esas alınarak motor vb. sistemlerin bakımlarının yapılmasıdır. Tersane tarafından yapılabileceği gibi üretici firma tarafından da yapılabilir.

5.2.3. Üretim Kademesi Tarafından Yapılan Bakım Ve Onarımlar

Kullanıcının talebi göz önüne alınarak sistem veya cihazı üretici firmasına gönderilmesiyle veya yetkili servisin gemi üzerinde yapmış olduğu bakımlardır.

Üretim kademesi tarafından yapılan bakım ve onarımlar Garanti süresi, kullanım saati vb. etmenlere bağlıdır.

BÖLÜM 6

GEMİ MOTORLARINA UYGULANAN BAKIMLAR

Bu bölümde, dört adet geminin ana makinelerine yönelik bakım yöntemleri, “Bakım Tutum Mühendisliği” ve “Bakım Tutum” kavramı örnek alınarak incelenmiştir. İlk olarak, üretici firma tarafından önerilen çalışma saatlerine bağlı olarak yapılması gereken bakımların listesi hazırlanmıştır.

6.1. PLANLI BAKIMLAR

Ana makinelere, üretici firmanın tavsiye ve direktiflerine uygun olarak belirlenen çalışma saatlerine göre bakımlarının yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda, her 150, 300 ve 1500 çalışma saati sonunda bakım uygulanması gerekmektedir. Ayrıca, 4500 çalışma saati sonunda, diğer bakımlara ek olarak onarım kuruluşları tarafından çeşitli test ve bakımlar yapılmaktadır ve 9000 çalışma saati sonunda ana makineler değiştirilmektedir. Ana makinelerde yapılan bakımların içerikleri, aşağıdaki çizelgelerde belirtilmiştir.

Çizelge 6.1. Ana makinelere uygulanan 150 saatlik bakımlar

Sistem Adı	Yapılacak Bakım
Hava Sistemi	Emercensi hava klepesi fonksiyon kontrolü
	Hava emiş devrelerinin emniyet ve hasar kontrolü
Turbo Sistemi	Egzoz ve emme klepelerinin fonksiyon kontrolü
Soğutma Suyu Sistemi	Numune alınması ve analizinin yapılması
Yağlama Yağı Sistemi	Numune alınması ve analizinin yapılması
	Yağ değiştirilirken filtrelerin boşaltılması ve filtrelerde metal parça kontrolü

Çizelge 6.2. Ana makinelere uygulanan 300 saatlik bakımlar

Sistem Adı	Yapılacak Bakım
Turbo Sistemi	Turbo kontrol ünitesinin ve solenoid valfların ayarlanması kontrolü
Soğutma Suyu Sistemi	Makine tatlı su seviye alarmı fonksiyon kontrolü
Yağlama Yağı Filtreleri	Filtre elemanlarının ve contalarının değiştirilmesi
Praying Yağ Filtreleri	Filtre elemanlarının ve contalarının değiştirilmesi
Yağlama Noktaları	Makine üzerindeki yağlanacak aksamaların sökülmesi
Yağlama Yağı Sistemi	Her 300 çalışma saatinde yağlama yağının değiştirilmesi
İlk Hareket Sistemi	İlk hareket sisteminin fonksiyon kontrolü
	Pilot ünitesi filtre temizliğinin yapılması
Valf Dişli Grubu	Yağlama yağı beslemesinin göz kontrolü
	Makine Valf ayarlanması
Egzoz Sistemi	Egzoz sisteminin ve boşaltma devrelerinin tıkanıklık kontrolü
	Egzoz boru devreleri sıklık ve sağlamlık kontrolü
Yakıt Sistemi	Yakıt ön filtresinin temizlik bakımı
	Dublex filter boşaltılması ve filtre elemanlarının değiştirilmesi
Deniz Suyu Sistemi	Deniz suyu beslemesinin kontrolü
	Alıcı filtre temizlenmesi
Şarj Hava Sistemi	Valflerin Kontrolü
	Geri dönüşsüz valflerin kontrolü

Çizelge 6.3. Ana makinelere uygulanan 1500 saatlik bakımlar

Sistem Adı	Yapılacak Bakım
Hava Sistemi	Şarj hava basıncının kontrolü
	Yoğuşma suyu boşaltma devrelerinin kontrolü
Soğutma Suyu Sistemi	Tatlı su sisteminin yıkanması ve tatlı su değiştirilmesi
	Strayner temizliğinin yapılması
Valf Dişli Grubu	Valf dişli grubu parçalarının kontrolü
Yakıt Sistemi	Enjektör testleri ve ayarının yapılması
	Yakıt boru devreleri ve contalarının yenilenmesi
Genel	Şok mauntların ve yayların kontrolü
	Şok mauntların ve yayların klerens kontrolü
Makine İzleme Sistemi	İzleme sistemi ve sensörlerin fonksiyon ve ayar kontrollerinin yapılması
Şarj hava ön ısıtma kontrol valfi	Valfin fonksiyonun kontrolünün ve ayar değerlerinin yapılması
Makine Kontrol Sistemi	Makine kontrol sistemi gecikme sürelerinin kontrolü

Not: Uygulanan 150, 300 saatlik bakımlara ilave olarak yukarıda belirtilen bakımlar yapılır.

Çizelge 6.4. Ana makinelere uygulanan 4500 saatlik bakımlar

Sistem Adı	Yapılacak Bakım
Yakıt Pompası	Pompa fabrika testi
Tatlı Su pompası	Pompa fabrika testi
Deniz Suyu Pompası	Pompa fabrika testi
Yağlama Yağı Pompası	Pompa fabrika testi
Yağlama Yağı Termostatı	Pompa fabrika testi

Tatlı Su Termostatı	Pompa fabrika testi
Isı Değiştiriciler	Isı değiştirici fabrika testleri
Kaverler	Sökülerek fabrikada testi
Silindirler	Silindir içi osiloskop testleri

NOT: Uygulanan 150, 300, 1500 saatlik bakımlara ilave olarak yukarıda belirtilen bakımlar tersane veya fabrikalar tarafından yapılır.

6.2. ANA MAKİNE BAKIM MALİYETLERİ

Sadece birinci derecede önem arz eden sistemlerin, örneğin yağlama, soğutma ve deniz suyu sistemleri gibi, test edilmesi ve bazı elemanlarının değiştirilmesi ile birlikte makine yerleşimini ilgilendiren parçaların fiziksel kontrolünü kapsamaktadır.

Tıpkı ana makinelerde olduğu gibi geminin elektrik ihtiyacını karşılayan yardımcı makinelerde de benzer bakım usulleri mevcuttur. Ana makine çalışma saatleri, makinenin tamamen değiştirilmesi gerektiren durumlar haricinde, eşit tutulmaya çalışılır ancak yardımcı makineler için bu geçerli değildir.

Çizelge 6.5. Ana makine saatli bakım seti fiyatları

Ana Makine Saatli Bakım Setleri	Bakım Seti Fiyatları(\$)
150 saatlik bakım seti	318
300 saatlik bakım seti	78
1500 saatlik bakım seti	475
Yağlama yağı(\$/t)	1,268

Ana makinelere uygulanan saatli bakım setlerinin ve makinelerde 300 saatte bir değiştirilen yağlama yağının fiyatı Çizelge 6.5'teki gibidir. Tüm bu bilgiler ışığında geminin 4 adet ana makinesi için sadece planlı bakımları için yapılan masraflar şu şekildedir:

Çizelge 6.6. Ana makineler için saatli bakım seti maliyetleri

Ana Makineler	1	2	3	4	TOPLAM
150 saatlik bakım seti	27,666	27,666	27,666	27,666	110,664
300 saatlik bakım seti	3,354	3,354	3,354	3,354	13,416
1500 saatlik bakım seti	3,800	3,800	3,800	3,800	15,200
Ana Makineler için Planlı Bakım Seti Maliyet Toplamı (\$)					139,220

Görüldüğü gibi, sadece bakım setlerine dayalı maliyetler bile gemi başına 130.000 dolardan daha yüksektir. Ayrıca, ana makinelerde 300 çalışma saatinden sonra 1.200 kilogram yağın değiştirilmesi gerektiği göz önüne alındığında, toplam yağ tüketimi ve bunun maliyeti Çizelge 6.7.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.7. Ana makine toplam yağlama yağı harcaması

Ana Makineler	Değiştirilen Yağ Miktarı	Litre Fiyatı	TOPLAM
1	51,600	1,268	65,4288
2	51,600	1,268	65,4288
3	51,600	1,268	65,4288
4	51,600	1,268	65,4288
TOPLAM	206,400	1,268	261,715

Çizelgeler karşılaştırıldığında ne kadar çok kullanılırsa kullansın, saatli bakım seti maliyetleri yağlama yağı değişim maliyetinin yaklaşık beşte biri kadar tutmaktadır. Bakım ve yağlama yağı masrafları haricinde göz önünde bulundurulması gereken nokta ise işçilik maliyetleridir. Ancak makinelerin bakımları gemi personeli tarafından yapıldığı için gözardı edilmiştir.

6.3. ANA MAKİNELERDE MEYDANA GELEN ARIZALAR

Her ne kadar yapılan bakımlarla önlenilmeye çalışılsa da gemilerde kullanılan ana makineler uzun çalışma süreleri, operatör hataları, orjinal parça kullanılmaması vb. sebeplerden dolayı arızalanabilirler.

Bu kısımda 2 adet gemide bulunan ana makineler incelenerek bu ana makinelerin sık arızalanan sistem ve cihazlarına yönelik çalışmalar ve analizler yapılmıştır. 10 yıllık süreç boyunca her bir gemi ve sistem bazında ana makinelerde meydana gelen arızalar incelenmiş, elde edilen sonuçlar Çizelge 6.8.'de sunulmuştur.

Çizelge 6.8. Son 10 yılda Ana makinelerde meydana gelen arızalar

S.No	Arıza Tipi	Arıza Sayısı		
		Gemi-1	Gemi-2	Toplam
1	Kaver, Layner, Piston Arızaları	14	6	20
2	Tatlı Su Sistemi	12	13	25
3	Deniz Suyu Sistemi	10	1	11
4	Gavarnör Arızası	7	1	8
5	Turbo Arızası	5	3	8
6	Reduction Gear Arızası	1	0	1
7	Karter Blok Arızası	2	0	2
8	Kuler Arızaları	1	0	1
9	Yağlama Yağ Tulumbası Arızaları	2	0	2
10	Tatlı Su Harareti	1	8	9
11	Termostat Arızası	1	0	1
12	Kemşaft Blok Arızası	0	1	1

Çizelge 6.8. incelendiğinde ana makinelerde en çok görülen ilk 3 arızanın sırasıyla “Kaver-Layner Arızası (20 adet)” olduğu, “Tatlı Su Sistemi Arızası (25 adet)”, “Deniz Suyu Sistemi Arızaları (11 Adet)” olduğu görülmüştür. Bahse konu arızalar

incelendiğinde genelde tatlı su ve deniz suyu tulumbalarının dağılması sonucu meydana geldiği, kaver-layner arızalarının ise farklı nedenlerden (orjinal olmayan yedek parça kullanımı, ısıl titreşimler vb.) sebeplerden kaynaklandığı görülmüştür.

Yağlama yağında oluşan kurum, layner yüzeylerindeki honlama çizgilerinin bozulmasına ve layner yüzeyi yağlama yağ filminin yeterli derecede oluşmamasına yol açtığı ve buna bağlı olarak pistonun laynere sürtünmesinden kaynaklı arızaların meydana geldiği öngörülmektedir.

Makine üzerinde devamlı devrede olan sistem ve cihazların, yardımcı sistem cihazlara nispeten daha fazla arıza verdikleri tespit edilmiştir. Ayrıca makinelerde sıklıkla görülen “Tatlı Su Harareti Yükselmesi (9 Adet)” arızasının ise tulumbaların emiş hattında meydana gelen böceklenmelerden ve tulumba termostat ayarının bozulmasından dolayı meydana geldiği değerlendirilmiş ve termostat ayarının yapılması ve kimyasal temizleme yöntemlerinin kullanılması ile arızanın önlenebileceği değerlendirilmektedir.

Çizelge 6.8.’de belirtilen arızaların onarım işlemlerinin tamamlanmasında geçen süreler Çizelge 6.9.’de sunulmuştur.

Çizelge 6.9. Ana makinelerde meydana gelen arızaların onarım süreleri

S.No	Arıza Tipi	Onarım Süresi (Gün)		
		Gemi-1	Gemi-2	Toplam
1	Kaver, Layner, Piston Arızaları	22	15	37
2	Tatlı Su Sistemi	12	18	30
3	Deniz Suyu Sistemi	4	68	72
4	Gavarnör Arızası	30	70	100
5	Turbo Arızası	16	18	34
6	Reduction Gear Arızası	4	0	4
7	Karter Blok Arızası	20	0	20

8	Kuler Arızaları	8	0	8
9	Yağlama Yağ Tulumbası Arızaları	16	0	16
10	Tatlı Su Harareti	6	33	41
11	Termostat Arızası	2	0	2
12	Kemşaft Blok Arızası	0	15	15

Meydana gelen arızanın onarılmasında arızanın büyüklüğü, yedek parça ve envanter durumu, personelin bilgisi, onarım kademesi personelinin yetkinliği vb. etmenler etkili olmaktadır. Arıza onarım süresine etki eden durumlar aşağıda belirtilmiştir;

- Hazırlık aşamasında
- Arızanın yerini belirlemede
- Yedek parça temininde
- Arıza onarım faaliyetlerinde
- Ayarlama ve kalibrasyon
- Test ve kontrol için
- İdari ve lojistik faaliyetler için geçen süredir.

Üretici firma tarafından bildirilen teknik dökümanlarında makinelerin kullanım konseptlerine uygun olarak kullanılmasının, ana makinelerde kurum/karbon birikimine ve buna bağlı arızalara neden olmayacağı belirtilmektedir. Kullanım usulleri teknik dökümanlarda belirtilen usullere uygun olarak belirlenmesinin arıza önlemede önemli bir etken olacağı değerlendirilmektedir. Yanma odası/valf sitlerinde kurum birikmesi, silindir hararetlerinin anormalleşmesi vb. sebepler layner-kaver-piston arızalarına yol açabilen etkenleri ve dolayısıyla meydana gelecek arızaları azaltmak amacıyla makinelerin uzun süre yüksek/düşük sürat kademelerinde çalıştırılmaması, ani güç değişimlerinin uygulanmaması vb. kullanım usullerinin alışkanlık haline getirilmesi arızaları önlemede etken olacağı düşünülmektedir.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

Bu tezde öncelikle gemi ana makinelerinin yapısı, üzerinde bulunan parçalar ve çalışma prensibi, kombine tahrik sistemleri hakkında bilgi verilmiş, gemilerde uygulanan bakım-tutum işlemlerinin ne olduğu, bakım tutum faaliyeti çeşitleri ve uygulama şekilleri ve bilgisayar destekli bakım yönetim sistemleri açıklanmaya çalışılmış ve bu bilgiler ışığında gemi ana makinesine uygulanan bakımlar, bakım maliyetleri ortaya konulmuştur.

Burada incelenen ana makinelere Bölüm-6'da açıklandığı üzere belirli periyotlarda çalışma saatli bakımlar, koruyucu bakım-düzeltilici bakımlar uygulanmaktadır. Makinaların arıza nedeniyle işletme sürelerinin aksaması ve bu durumun işletmeye zarar vermesi engellenmek isteniyorsa, arıza sıklığı yüksek ve uzun süreli atıl bırakılan sistemlere fiziksel kontrol de dahil olmak üzere bakım ve kontrol işlemlerinin düzenli olarak bakım programlarına eklenmesi, arıza oranlarını azaltabileceği düşünülmektedir.

İncelenen ana makinelere, üretici firmanın tavsiye ve direktiflerine uygun olarak belirlenen çalışma saatlerine göre bakımlarının yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda, her 150, 300 ve 1500 çalışma saati sonunda bakım uygulanması gerekmektedir. Ayrıca, 4500 çalışma saati sonunda, diğer bakımlara ek olarak onarım kuruluşları tarafından çeşitli test ve bakımlar yapılmaktadır ve 9000 çalışma saati sonunda ana makineler değiştirilmektedir.

Bir ana makineden ne kadar çok yağ kullanılırsa kullansın, saatli bakım seti maliyetleri yağlama yağı değişim maliyetinin yaklaşık beşte biri kadar tutmaktadır. Bakım ve yağlama yağı masrafları haricinde göz önünde bulundurulması gereken nokta ise

işçilik maliyetleridir. Ancak makinelerin bakımları gemi personeli tarafından yapıldığı için gözardı edilmiştir.

Motorlardaki hareketli parça sayısı arttıkça, gemi dizel motorlarının arıza riski de artar ve güvenilirliği azalır. Bu durum, motorların bakım ve onarımını zorlaştırır ve gemi personelinin daha fazla çalışmasını gerektirir. En kötü senaryoda, gemilerin seyir planları değişebilir. Tüm bu maliyetler ve arıza riskleri göz önüne alındığında dizel makinelerin bakım maliyetlerinin fazla olması sebebiyle daha ekonomik bir yöntem olan gaz türbini motorlarının kullanımının daha uygun olacağı değerlendirilmektedir.

2 gemi ana makineleri üzerinde yapılan çalışmada; makinelerde en çok görülen ilk 3 arızanın sırasıyla “Kaver-Layner Arızası” olduğu, “Tatlı Su Sistemi Arızası”, “Deniz Suyu Sistemi Arızaları” olduğu görülmüştür. Bahse konu arızalar incelendiğinde genelde tatlı su ve deniz suyu tulumbalarının dağılması sonucu meydana geldiği, kaver-layner-piston arızalarının ise farklı nedenlerden (orjinal olmayan yedek parça kullanımı, ısıt titreşimler vb.) sebeplerden kaynaklandığı görülmüştür.

Yağlama yağında oluşan kurumun, layner yüzeylerindeki honlama çizgilerinin bozulmasına ve layner yüzeyi yağlama yağ filminin yeterli derecede oluşmamasına yol açtığı ve buna bağlı olarak pistonun laynere sürtünmesinden kaynaklı arızaların meydana geldiği öngörülmektedir. Bahse konu arızanın önlenmesinde makinede kullanılan yağın bakımının takip edilmesi ve aksaklığa mahal verilmemesi gerektiği değerlendirilmektedir.

Makine üzerinde devamlı devrede olan sistem ve cihazların, yardımcı sistem cihazlara nispeten daha fazla arıza verdikleri tespit edilmiştir. Ayrıca makinelerde sıklıkla görülen “Tatlı Su Harareti Yükselmesi” arızasının ise tulumbaların emiş hattında meydana gelen böceklenmelerden ve tulumba termostat ayarının bozulmasından dolayı meydana geldiği, termostat ayarının yapılması ve kimyasal temizleme yöntemlerinin kullanılması ile arızanın önlenebileceği değerlendirilmektedir.

Üretici firma tarafından bildirilen teknik dökümanlarında makinelerin kullanım konseptlerine uygun olarak kullanılmasının, ana makinelerde kurum/karbon

birikimine ve buna bağlı arızalara neden olmayacağı belirtilmektedir. Kullanım usulleri teknik dökümanlarda belirtilen usullere uygun olarak belirlenmesinin arıza önlemede önemli bir etken olacağı değerlendirilmektedir.

Yanma odası/valf sitlerinde kurum birikmesi, silindir hararetlerinin anormalleşmesi vb. sebepler layner-kaver-piston arızalarına yol açabilen etkenleri ve dolayısıyla meydana gelecek arızaları azaltmak maksadıyla makinelerin uzun süre yüksek/düşük sürat kademelerinde çalıştırılmaması, ani güç değişimlerinin uygulanmaması vb. kullanım usullerinin alışkanlık haline getirilmesi arızaları önlemede etken olacağı düşünülmektedir.

Tüm bu veriler göz önüne alındığında, bakım ve tutum faaliyetlerinin sadece gemiler için değil, kar amacı güden ya da amacı hizmet vermek olan tüm tesisler için vazgeçilmez bir işletme bileşeni olduğu sonucuna varmak mümkündür.

Her işletme, envanterinde bulunan cihazların ömrünü ve performansını artırmak için etkin ve düzenli bakımlar uygulayarak bu cihazların verimliliğini artırabilir. Cihazların sağlıklı kayıtlarını tutarak ve belirli periyotlarla arıza analizi ve bakım maliyet etkinliği analizi yaparak, bakım işlemlerini güncel, ihtiyaca cevap veren ve maliyet açısından etkin bir şekilde uygulamak en önemli noktadır.

KAYNAKLAR

1. Polat, B., “Gemi makineleri arızaları ve nedenleri”, *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 07-40 (2008).
2. Deniz, C., “Gemi Makine İşletmesinde Yakıt Ekonomisi” *Yüksek Lisans Tezi*, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul,(1994).
3. Tari, İ., “Dünyada Gemi Bakım-Onarım Sektörü Ve Gemi Bakım-Onarımının Ekonomik Maliyetinin Modellenmesi” *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2014).
4. Kalender, S., “Gemi Şaft Yatağı Boşluğunun Yapay Sinir Ağları ile Öngörüsü ve Havuz Bakım Planlaması”,Yüksek Lisans Tezi,*Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2019).
5. Akkoca, Ş. “Bir Geminin Pervane Şaftının Torsiyonel Titreşimlerinin Analizi”. Yüksek Lisans Tezi, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, (2017).
6. Göktürk, A. “Codag ile Tahrik Edilen Askeri Bir Geminin Sevk Sistemi Eksenel Burulma Titreşim Analizi.”Yüksek Lisans Tezi,*İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2016).
7. Vatandaş, S. “Gemi Şaft Sistemi Burulma Doğal Frekanslarının Holzer Metodu Algoritması ile Tespit Edilmesi”, Yüksek Lisans Tezi,*İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2017).
8. Yapıcı, M. “Türkiye’de Gemi Dizel Motor Üretiminin Uluslararası Kurallara Uygunluk Açısından Araştırılması”,Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü*, İstanbul,(2019) .
9. Baykuş, C. “Konvansiyonel Sevk Sistemli Gemilerde Şaft Yüğü Ölçümü ve Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli,. (2019).
10. Carlton, J. (2007)Marine Propellers and Propulsion, Second Edition,Elsevier Ltd.,Massachusetts, USA.
11. Lakshminarayanan, P., Agarwal, A. K. “Design and Development of Heavy Duty Diesel Engines”, Springer Nature Singapore Pte Ltd., Singapore (2020).
12. Sürmen, A., Karamangil, M. İ., Arslan, R. Motor Termodinamiği. Alfa Akademi Yayıncılık, İstanbul, 20-52, (2004).

13. Kenanoğlu, R. Dizel Motorlarda Alternatif Gaz Yakıt Kullanımının AVL Programı ile Simülasyonu.Yüksek Lisans Tezi,İskenderun *Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay, (2016)
14. Merker, G. P., Schwarz, C., Stiesch, G., Otto, F. “Simulating Combustion Simulation of combustion and pollutant formation for engine-development”,Springer- *Verlag Berlin Heidelberg*, Berlin, (2006).
15. Challen, B., Baranescu, R., “Diesel Engine Reference Book”, Second Edition,*Butterworth-Heinemann*, Massachusetts, USA. (1999).
16. Dhillon, B.S., “Human Reliability: With human Factors”,*Pergamon Pres*, New York (1986)
17. Niebel ,B.W. “Engineerın Maintenance Management, Marcel Dekker, New York (1994)
18. Patton,J.D. “Preventive Maintenance”, *Instrument Society of America*, Nort Carolina, (1983)
19. Navord OD 39223, “Maintenability Engineering Handbook, Department of Defence, Washington D.C. (1969)
20. Dickie, H.F. ABC Analysis, “Modern Manufacturing, Factory Management and Maintenance”,20-25, (1951)
21. Karaer, E., “Yüksek Hizli Motorlarla Tahrik Edilen Gemilerde Ana Ve Yardımcı Makinelerin Bakım Tutum Yöntemlerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, (2004)
22. Wireman, T. “Computerized Maintenance Management Systems”,*Industrial Pres*, New York, (1994)

ÖZGEÇMİŞ

Bayram BULDUK, 2013-2014 eğitim yılında Karabük Üniversitesi Yabancı Diller Yüksek Okulu'nda İngilizce hazırlık eğitimi aldı. 2014 yılında başladığı Raylı Sistemler Mühendisliğinden 2018 yılında onur öğrencisi olarak mezun oldu. 2018 yılından itibaren Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'nda Subay olarak görev yapmaktadır.

