

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEMİ BUHAR KAZANLI ISITMA SİSTEMİNDE ARIZA RİSK
DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şevki KUTAY

EKİM 2023
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEMİ BUHAR KAZANLI ISITMA SİSTEMİNDE ARIZA RİSK
DEĞERLENDİRMESİ

Şevki KUTAY

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"YÜKSEK LİSANS (GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 / 09 / 2023

Tezin Savunma Tarihi : 06 / 10 / 2023

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Betül SARAÇ

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Ticari gemiler dünya ticaretinin büyük bir oranını taşımaktadırlar. Bu büyük ticaret içinde gemiler de hem emniyetli hem de ekonomik olarak işletilmek zorundadırlar. Gemiler yüksek mühendislik ürünü sistemler ile donatılmışlardır. Bu sistemlerin eğitimli uzmanlar tarafından işletilmesi gereklidir. Bu çalışmada gemilerde ısıtma ve güç sistemleri olarak kullanılan buhar sistemleri arızaları araştırılmıştır. Buhar sisteminde yaşanan arıza kaydı veri tabanlı raporlar incelenerek sistem hakkında öngörülebilir bir risk yönetimi ve farkındalık sağlanması amaçlanmıştır.

Tez çalışmam sürecinde bana destek olan, vakit ayıran, çalışmalarında yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, danışman hocam Doç. Dr. Betül SARAÇ hocama, fikirleriyle yol gösteren Prof. Dr. Teoman AYHAN hocama teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamda büyük yardımı bulunan Baş Mühendis Burak LÖK ve destek veren tüm mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunmak isterim.

Ayrıca tüm eğitim ve öğretim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme ve değerli eşim Canan KUTAY'a teşekkür eder, bu çalışmanın bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Şevki KUTAY

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Gemi Buhar Kazanlı Isıtma Sisteminde Arıza Risk Değerlendirmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Betül SARAÇ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri / örnekleri kendim topladığımı, deneyleri / analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı / yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 06/10/2023

Şevki KUTAY

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Çalışmanın Amacı	3
1.2. Literatür Araştırması	4
1.3. Çalışmanın Özgün Yönü	11
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. Bayes Ağları Metodu.....	12
2.2. Bayes Ağı Metodunda Filo Gemilerinin Modeli.....	14
2.2.1. Filo Gemilerinin Buhar Sistemi	15
2.2.2. Filo Gemilerindeki Yakıt Ateşlemeli Buhar Kazanı.....	15
2.2.3. Filo Gemilerindeki Baca Kazanı.....	18
2.2.4. Filo Gemilerindeki Kondenser Ünitesi	20
2.2.5. Filo Gemilerindeki Besleme Suyu Pompaları.....	21
2.2.6. Filo Gemilerindeki Besleme Suyu Sirkülasyon Pompaları.....	21
2.2.7. Filo Gemilerindeki Besleme Suyu Transfer Pompaları	22
2.2.8. Filo Gemilerindeki Besleme Suyu Taşıntı Pompaları.....	22
2.2.9. Filo Gemilerindeki Buhar Basıncı Ayarlama Donanımı.....	22
2.2.10. Filo Gemilerindeki Sabit Sirkülasyon Kontrol Ünitesi.....	23
2.2.11. Filo Gemilerindeki Numune Suyu Soğutucusu	24
2.2.12. Filo Gemilerindeki Kimyasal Dozaj Ünitesi.....	24
2.3. Filodaki Gemilere Ait Buhar Sistemi Arıza Kayıtları.....	25
2.3.1. Filodaki Gemilere Ait Buhar Sistemi Arızaların Sınıflandırılması ve Sayısal Dağılımı	29

2.4. Gemilere Ait Buhar Sistemi Arızalarının Tanımlanması	31
2.4.1. Buhar Üretici Arızaları	32
2.4.2. Liman Kazanı Arızaları	32
2.4.3. Liman Kazanı Yapısal Arızaları	32
2.4.4. Liman Kazanı Ateşleme Mekanizması Arızaları	32
2.4.5. Liman Kazanı Emniyet Mekanizması Arızaları	33
2.4.6. Liman Kazanı Kontrol/Takip Sistemi Arızaları	33
2.4.7. Baca Kazanı Arızaları	33
2.4.8. Baca Kazanı Yapısal Arızaları	33
2.4.9. Baca Kazanı Emniyet Mekanizması Arızaları	34
2.4.10. Baca Kazanı Kontrol/Takip Sistemi Arızaları	34
2.4.11. Buhar Dolaşım Devre Donanımları Arızaları	34
2.4.12. Boru Devresi Arızaları	35
2.4.13. Boru Devresi Yapısal Arızaları	35
2.4.14. Boru Devresi Kontrol/Takip Sistemi Arızaları	35
2.4.15. Buhar Dönüşüm Ünitesi Arızaları	35
2.4.16. Kondenser Ünitesi Arızaları	35
2.4.17. Kondenser Ünitesi Yapısal Arızaları	36
2.4.18. Kondenser Ünitesi Kontrol/Takip Sistemi Arızaları	36
2.4.19. Kondenser Ünitesi Pompa Arızaları	36
2.4.20. Besleme Suyu Tankı Kontrol/Takip Sistemi Arızaları	36
2.4.21. Pompa Sistemleri Arızaları	36
2.4.22. Besleme Suyu Pompaları Pompa Arızaları	37
2.4.23. Besleme Suyu Sirkülasyon Pompaları Arızaları	37
2.4.24. Besleme Suyu Sirkülasyon Pompaları Yapısal Arızaları	37
2.4.25. Besleme Suyu Sirkülasyon Pompaları Kontrol/Takip Sistemi Arızaları	37
2.4.26. Besleme Suyu Sirkülasyon Pompaları Pompa Arızaları	38
2.4.27. Kazan Suyu Islah Sistemi Arızaları	38
2.4.28. Dozaj Ünitesi Pompa Arızası	39
2.4.29. Kazan Suyu Kalitesi Arızası	39
2.4.30. Otomatik Kontrol Sistemi Arızaları	40
2.4.31. Sabit Sirkülasyon Ünitesi Kontrol/Takip Sistemi Arızaları	40
2.4.32. Gemi Otomasyon Sistemi Arızaları	40
2.4.33. Gemi Otomasyon Sistemi Sistem Arızaları	41

2.4.34. Gemi Otomasyon Sistemi Elektrik Besleme Arızaları	41
2.4.35. Gemi Otomasyon Sistemi Elektronik Kart Arızaları	41
2.4.36. Buhar Basıncı Ayarlama Donanımı Kontrol Takip İstemi Arızaları	41
2.5. Filo Gemilere Ait Buhar Sistemi Arızaların Bayes Ağı Yapısı	41
2.6. Gemilere Ait Buhar Sistemi Arızalarının AHP Yöntemi ile Ağırlık Analizi	45
2.7. Gemilere Ait Buhar Sistemi Arızalarının Hassasiyet Analizi	50
2.8. Liman Kazanı Ateşleme Mekanizması Arızalarının İncelenmesi.....	52
2.8.1. Hata Ağacı Analizi Metodu (Fault Tree Analysis, FTA).....	52
2.8.2. Liman Kazanı Ateşleme Mekanizması Arızalarının FTA Modeli.....	56
3. BULGULAR VE İRDELEME	63
4. SONUÇLAR.....	67
5. KAYNAKLAR	69
6. EKLER.....	73
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GEMİ BUHAR KAZANLI ISITMA SİSTEMİNDE ARIZA RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Şevki KUTAY

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç.Dr. Betül SARAÇ
2023, 72 Sayfa, 75 Sayfa Ek

Gemiler, deniz taşımacılığının en önemli unsurlardır. Gemilerin emniyetle ve ekonomik olarak işletilmesi sektörün öncelikleridir. Bu amaçla, bu çalışmada gemiler üzerine donatılan buhar kazanlı ısıtma sistemi arızaları analizi ve risk değerlendirmesi yapılması amaçlanmıştır. Hali hazırda ticari faaliyetine devam etmekte olan 14 gemilik bir Ro-Ro filosuna ait 2002 ve 2022 yılları arasında kayıt altına alınan buhar sistemi arıza kayıtları derlenerek bir risk haritası elde edilmeye çalışılmıştır. Bu filoya ait 296 adet buhar sistemi arıza kayıtları planlı bakım sisteminden elde edilmiştir. Çalışmada bu veriler öncelikle Bayes Ağı modeli ve ardından Hata Ağacı Analizi modeli kullanılarak buhar sisteminde en yüksek oranda riskli donanımlar belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda gemi buhar sisteminin risk değeri %9 olarak ortaya konmuştur. Buhar sisteminin en riskli donanımının liman kazanı olduğu belirlenmiştir. Liman kazanı arızaları kendi içinde daha detaylı incelendiğinde ise arıza riski en yüksek donanımın liman kazanı ateşleme donanımı ve yüksek basınçlı yakıt pompası olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gemi makineleri, Buhar sistemi, Buhar kazanları, Risk değerlendirmesi, Bayes ağı, Hata ağacı analizi

SUMMARY

Master's Thesis

EVALUATION OF FAILURE RISK IN SHIP STEAM BOILER HEATING SYSTEM

Şevki KUTAY

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Naval Architecture and Marine Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc Prof.Dr. Betül SARAÇ
2023, 72 Pages, 75 Pages Appendix

Ships are among the most crucial components of maritime transportation.. Ensuring the safe and cost-effective operation of ships is a top priority for the sector. To this end, this study aims to analyze the failures of steam boiler heating systems installed on ships and assess the associated risks. For this purpose, an analysis of steam boiler system failures and risk assessment was conducted, focusing on a fleet of 14 Ro-Ro ships currently in commercial operation. Steam system defect records between 2002 and 2022 for this fleet were compiled to create a risk map. A total of 296 steam system defect records for this fleet were obtained from the planned maintenance system. In this study, these data were first analyzed using the Bayesian Network model and subsequently the Fault Tree Analysis model to identify the most high-risk components within the steam system. As a result of the study, the risk value for the ship's steam system was determined to be 9%. It was found that the most high-risk component of the steam system is the oil fired boiler. Further examination of oil fired boiler failures revealed that the burner equipment and high-pressure fuel pump within the oil fired boiler are the highest-risk components within it.

Key Words: Marine engineering, Steam systems, Steam boilers, Risk assessment, Bayesian network, Fault tree analysis

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Örnek Bayes ağı yapısı	13
Şekil 2. Yakıt ateşleme mekanizması (Oil fired burner)	16
Şekil 3. Yakıt ateşlemeli liman kazanı	16
Şekil 4. Ateşleme donanımı yakıt şeması	18
Şekil 5. Baca kazanı	19
Şekil 6. Kondenser ünitesi	21
Şekil 7. Buhar basıncı ayarlama donanımı ve Pnömatik aktüatör	23
Şekil 8. Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi	23
Şekil 9. Numune suyu soğutucusu	24
Şekil 10. Kimyasal dozaj ünitesi	25
Şekil 11. Buhar sistemi arızaları Bayes ağı yapısı.....	43
Şekil 12. Liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları FTA ağacı	58

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Buhar sistemi ekipman listesi	15
Tablo 2. Yakıt ateşlemeli liman kazanı donanımları	17
Tablo 3. Baca kazanı donanımları	20
Tablo 4. Gemiler ait bazı bilgiler	26
Tablo 5. Örnek arıza raporları.....	28
Tablo 6. Arızaların gemiler ve sistem kısımlarına göre sayısal dağılımları	29
Tablo 7. Arızaların önem ve talep durumları dağılımları	31
Tablo 8. Kazan suyu ve besleme suyu normal değerleri	39
Tablo 9. Bayes ağı yapısında kullanılan kısaltmalar	42
Tablo 10. Kök düğüm, ara düğüm ve sonuç düğümlerin olasılık değerleri.....	44
Tablo 11. Baca kazanı kök sebepleri ikili karşılaştırmalı matrisi	47
Tablo 12. Baca kazanı kök sebepleri ikili karşılaştırmalı matrisi normalizasyonu	47
Tablo 13. Baca kazanı kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	47
Tablo 14. Baca kazanı kök sebepleri ağırlık etki dereceleri	48
Tablo 15. APOAH değerlendirmesi sonuçları	48
Tablo 16. Buhar sistemi arızaları hassasiyet analizi	50
Tablo 17. Hata ağacı sembol ve kapı tablosu.....	53
Tablo 18. Boolean matematiği sembolleri ve farklı disiplinlerdeki karşılıkları	55
Tablo 19. Liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları sayısal dağılımı	57
Tablo 20. Hata ağacı olay diyagramı tablosu.....	58
Tablo 21. Liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları FTA olasılık tablosu	59
Tablo 22. Liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları öncelikli olay analizi.....	60
Tablo 23. Liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları Monte carlo simülasyon sonuçları.....	61

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Process)
APOAH	: Değerlendirilen etki oranı (Assessed Proportion of Affect)
BE	: Temel Olay (Basic event)
BN	: Bayes Ağı (Bayesian Network)
FTA	: Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis)
IE	: Ara Olay (Intermediate event)
IFO	: Uluslararası yağ yakıtı (International fuel oil)
ISM	: Uluslararası emniyetli yönetim sistemi (International safe management)
LTCW	: Düşük sıcaklık merkezi soğutma suyu
MGO	: Marin dizel yakıtı (Marine gas oil)
PMS	: Planlı bakım sistemi (Planned maintenance system)
TE	: Tepe Olay (Top event)
VLSFO	: Çok düşük sülfürlü yağ yakıtı (Very low sulphur fuel oil)

1. GENEL BİLGİLER

Deniz taşımacılığı dünya ticareti için vazgeçilmez bir yoldur. Dünya ticaretinde taşımacılık sektörünün %80'inden fazlası deniz taşımacılığı ile yapılmaktadır (UNCTAD, 2022). Deniz taşımacılığı, yüklerin yüksek tonajlı olması ayrıca yüksek tonajdaki bu yüklerin en ekonomik taşıma yolu ile taşınarak gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Deniz taşımacılığı yaşadığımız Covid-19 salgını döneminde dahi durmamış ve kilit sektör olarak görev yapmıştır.

Deniz yolu taşımacılığı gemiler, limanlardaki depolama alanları, terminaller ve bunlarla bütünleşmiş diğer ulaşım birimlerinden oluşmaktadır. Bu birimler içerisinde deniz taşımacılığı ticari gemiler tarafından karşılanmaktadır. Ticari gemiler de kendi içinde yük ve yolcu gemileri olarak incelenmektedir. Bu gemiler ister yük ister yolcu gemileri olsun geminin sevk edilmesi ve diğer teknik ve yaşamsal ihtiyaçlarının karşılanması ana makine ünitesi ve diğer mekanik cihazlar ve donatılarla karşılanmaktadır. Gemi makine dairesi; ana makine ve ana makine sistemleri, yardımcı makinelerle bütünleşmiş kapalı bir yaşam mahalidir.

Ana makineler geminin sevkini sağlayan bir güç üretim sistemidir. Günümüz ticari gemilerinde ana makine olarak çoğunlukla iki ve dört zamanlı dizel motorlar kullanılmaktadır. Geleneksel dizel motorları ister iki zamanlı ister dört zamanlı olsun yakıt olarak fosil yakıt harcamaktadır.

Yardımcı makine sistemleri ise geminin elektrik ihtiyacını karşılayan jeneratör sistemleri, ısıtma ihtiyacını karşılayan kazan sistemleri, dümen donanımı, yakıt koşturma ünitesi, sintine separatörü, tatlı su üretici, pis su elleçleme donanımı, yük elleçleme donanımı, manevra donanımları ve pompa sistemleri gibi donanımlardan oluşmaktadır. Dizel jeneratörler ve kazanlar da ana makineler gibi petrol türevi yakıtlar harcayarak elektrik ve ısı enerjisi açığa çıkarırlar.

Günümüzde yeni imal edilen birçok gemi karbon ayak izini azaltmak için alternatif (LNG: Metan, Etanol) yakıtlar kullansa da hali hazırda aktif deniz ticaret filosunun büyük bir oranı petrol türevi yakıtlar ile çalışmaktadır. Deniz yakıt türleri distile yakıtlar ve artık yakıtlar şeklinde üretilmektedir. Distile yakıtlar marin gazyağı (MGO, DMA, DMZ, DFA, DFZ) ve marin dizel yakıtı (MDO, DMB, DFB) olarak nitelendirilir. Artık yakıtlar ise viskozite olarak daha yüksek akma direncine sahip ve kullanılması ön işlem gerektiren

yakıtlardır. Gemide kullanılacak bu yakıtların türü ana makinenin büyüklüğüne ve yakıt sisteminin teknik yapısına bağlı olarak değişmektedir. Kullanılacak olan yakıt türünün sayısı donanımlara bağlı birden fazla olabileceği gibi tek tür de kullanılabilir.

Adı geçen bu yakıtların ana makine, dizel jeneratör ve kazanlarda yakılabilmesi için belirli viskoziteye sahip olmaları gerekmektedir. Fakat düşük viskoziteli yakıtlar, yüksek viskoziteli yakıtlara oranla daha pahalı bir yakıttır. Dünya piyasasında ortalama deniz yakıtı fiyatları MGO 852.0 USD/MT, VLSFO 631.0 USD/MT, IFO 380 495.5 USD/MT değerindedir (URL-1,2023). Yakıtın kalitesine bağlı olarak fiyatlar arasındaki farkın büyük olması sebebiyle ticari gemilerde çoğunlukla ağır yakıtlar kullanılmaktadır. Ağır yakıt kullanımı bir ticari geminin gider maliyetlerine düşürebilecek en etkili kalemdir. Ağır yakıtların depolaması, tanklar arsında transfer edilmesi, su ve diğer kirleticilerden arındırılması ve son olarak ana makine, dizel jeneratör ve kazanlarda yakılabilmesi için viskozitesinin uygun değere getirilmesi yani belirli oranlarda ısıtmaya ihtiyaç vardır.

Gemilerde ısıtma işlemi sıcak su sistemleri, buhar sistemleri veya termal yağ sistemleri ile sağlanır. Her üç sistemde de ısıtıcı akışkanın ısıtma işlemi kazan adı verilen kapalı kapta yapılmaktadır. Sistemler arasındaki fark ise ısının transferi için kullanılan akışkandan kaynaklanmaktadır. Yüksek ısı gerektirmeyen sistemlerde sıcak su kullanılırken, 100 °C üzeri sıcaklık gereken sistemlerde ise buhar ve ısıl yağ kullanılmaktadır. Burada ısıl yağ sistemi dolaşım sistemi içerisinde donmaya daha dirençli, yani sıfır santigrat derecenin altında donma sıcaklığına sahip olması nedeniyle kullanılmaktadır. Buhar sistemi ise daha yaygın kullanılan bir sistemdir.

Bu çalışmada buhar kazanlı gemi ısıtma sistemleri ve bu sistemlerde yaşanabilecek arızalar ve bu arızaların geminin seyir selameti üzerine yaratabileceği risklerin araştırılması, aynı zamanda yaşanacak bu arızaların istatistiksel olarak öngörülmesi hem zaman tasarrufu hem de gemi üzerinde sisteme dair yedek parça depolanması belirlenmesi çalışmanın önemini arttırmaktadır

1.1. Çalışmanın Amacı

Ticari gemi taşımacılığı oldukça ağır bir iş kolu olup, ticari yük gemileri günler hatta haftalarca denizler üzerinde tek başına yol alan ve seferler esnasında çokça ağır deniz şartları ile karşı karşıya kalan deniz ulaştırma vasıtalarıdır. Zorlu deniz şartlarında emniyetle sefer yapabilmenin en önemli şartlarından biri de geminin tüm sistemlerinin en üst seviyede etkili çalışması ile sağlanabilir. Bununla birlikte gelişen liman teknolojileri de işletme hızını oldukça arttırmaktadır. Bu durum hem gemi hem de gemi üzerindeki personel için zor çalışma şartlarının başlıca göstergesidir. Günümüz gemilerinde gelişen gemi teknolojileri denizcilerin işini hafifletiyor gibi gözükse de aynı zamanda gemide çalışan personelin azaltılmasına yol açmıştır. Azaltılan gemi personeli sayısı da gemi üzerindeki personelin iş yükünü ve sorumluluğunu arttırmaktadır. Azalan gemi personeli sayısı ve hızlanan gemi ticareti dinlenme ve bakım onarım için gerekli zamanı çok daha verimli kullanmayı mecburi kılmaktadır. Ayrıca, gemi işletmeciliği yüksek maliyetli bir işletmeciliktir. Gemilerin günlük kazancının yanı sıra birçok gider kalemi bulunmaktadır. Yakıt, yağlama yağı, yedek parça, kumanya, personel giderleri, liman giderleri, şirket giderleri ve sigorta giderleri gibi giderleri bulunmaktadır. Gemi işletmeleri ticari açıdan bu giderlerin asgari seviyede tutulmasını amaçlamaktadır. Hızlanan gemi ticareti, azalan personel sayısı, artan giderler ele alındığında gemilerin çok daha verimli çalıştırılması manasına gelmektedir. Gemileri verimli yönetebilmek birçok konuda yüksek öngörü sahibi olma ve yaşanabilecek sıkıntıları daha önceden tahmin edebilme yetisine sahip olmayı gerekli kılar. Gemilerin seyir emniyeti, personelin iş yükü ve işletme giderleri ele alındığında gemide yaşanacak arızalara karşı hazırlıklı olmak gerekmektedir.

Bu çalışmada ticari gemiler için en önemli sistemlerden biri olan buhar kazanlı ısıtma sistemlerin arızaları ele alınarak bir risk değerlendirmesi ve kök sebep araştırması ele alınmıştır. Yapılan çalışma sonunda gemi işletmecileri için buhar sistemleri üzerinde daha öngörülebilir arıza haritası oluşturulmuştur. Bu yol haritası ile sistem hakkında daha etkili bir bakım onarım prosedürü, arızalar konusunda bilgisi yüksek makine personeli ve seyir emniyeti için yeter sayıda yedek parça stoğu politikası farkındalığı kazanımının sağlanması amaçlanmıştır.

1.2. Literatür Araştırması

Gemi ısıtma sistemleri gemi üzerinde yüksek emniyetli ve aktif olarak nerdeyse hiç durmaksızın çalışması gereken bir sistem olmasına karşın, bu konu üzerinde yayınlanan akademik çalışmalar sınırlı sayıdadır. Basınçlı kap prensibiyle çalışması ve yüksek sıcaklıktaki buharın devir daimi sayesinde çalışması sebebiyle hem personel emniyeti hem de geminin seyir emniyeti açısından değerlendirmeye alınmıştır.

Gemi makineleri sistemlerini genel olarak ele aldığımızda ise başta ana makine verimliliği ve diğer yardımcı makine sistemleri işletmesindeki arıza ve risk araştırmaları güncelliğini korumaktadır. Gemi makineleri ve sistemleri üzerine birçok çalışma olmasına rağmen gemi buhar sistemleri ve buhar kazanları arızaları ve risk değerlendirmeleri hakkında araştırmalar çok az sayıdadır.

Başhan ve Demirel (2019), gemi kazanlarının en yaygın kritik operasyonel arızalarının bulanık DEMATEL (Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı) tekniğiyle değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında kazan üreticilerinin kullanma kitabında belirttiği 15 farklı kritik arıza üzerinde çalışmışlar ve bu belirtilen arızalar üzerinde uzman görüşlerine bağlı bir değerlendirme yapmışlardır. Kurdukları modelde sebep faktörlerinin birinci sırasında kazan basıncının oluşmasının uzun süre alması, ikinci sırada buhar basıncında dalgalanma, üçüncü sırada ise yüksek cehennemlik (ocak) sıcaklığı ve basıncı olarak belirtmişlerdir. Etki faktörü olarak ise birinci olarak devre ve valflerde kaçaklar, ikinci olarak genel korozyon sorunları ve üçüncü olarak besleme suyu pompası arızaları olarak belirlemişlerdir.

Ahmed ve Gu (2020) buhar sistemi üzerinde görülen 30 farklı arıza türünü inceleyerek bir risk belirleme çalışması yapmışlardır. Bu arızaların meydana gelme frekansları, olayın ciddiyeti ve gözlemlenemezliği uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Bulanık mantık risk değerlendirmesi metoduyla yapılan bu çalışmada en yüksek risk faktörü olarak yakıt/gaz borusu kaçakları belirlenmiştir. İkinci yüksek risk faktörü ise, kazanın su ve buhar taraflarında bölgesel oyuklanma ve korozyon olarak bulmuşlardır. Üçüncü yüksek risk faktörü ise kazanda kurum yangını olduğunu belirtmişlerdir.

Adumene ve Nitonye (2018), gemi buhar sistemi arızaları hakkında yaptıkları çalışmada sistemde meydana gelen ve tehlike unsuru oluşturan etmenleri incelemişlerdir. Bu arızalarda ana konu olarak kazanlarda meydana gelen kazalara ve kazan patlamalarına yönelmiş ve sebepler ortaya koymuşlardır. Çalışmalarında, uzman görüşlerine dayanarak

gemi kazanları operasyonları ve olasılık analizi tanımlamalarını ortaya koymuşlardır. Bu tehlikeleri personel ve ekipmanlarda oluşturabileceği etkiye göre afet, kritik, marjinal ve önemsiz olarak değerlendirmişlerdir. En yüksek olabilirlik yüksek kazan basıncı ve sensör hatası olarak belirtmişlerdir.

Hoang (2017), gemi sistemleri arızaları üzerine yaptığı çalışmada, gemi üzerine donatılmış tüm sistemleri ele almıştır. Uzmanlara danışarak bulanık mantık metoduyla yaptığı çalışmada bir tanker gemisinde meydana gelebilecek 17 farklı potansiyel sistem arızası belirlemiştir. Yapılan bu çalışmada kazan sistemi 17 sistem içerisinde gemi buhar sistemi bulanık mantık metodunda yedinci en büyük riskli, bulanık geometrik ağırlıklı sıralamada ise sekizinci en riskli sistem olarak belirlemiştir.

Ceylan (2023), gemi basınçlı hava sistemi üzerinde yaptığı çalışmada, basınçlı hava sistemi üzerinde meydana gelebilecek 33 ayrı kök sebebi ele almış ve 6 uzmanın görüşüne başvurmuştur. Elindeki verileri bulanık mantık (Fuzzy FMEA) metoduyla çalışmış ve sistemdeki risk sıralamasını elde etmiştir. Sonuçlara göre sistemde en yüksek risk sıralamasında birinci sıra kompresör segmanlarının kırılması, ikinci sıra piston-silindir aşınması, üçüncü sıra kompresörde vuruntu, dördüncü sıra daimi çalışan kompresör ve beşinci sıra ise kompresörün aşırı ısınması olarak belirlemiştir.

Çebi vd. (2009), gemi yardımcı makineleri arızalarını çözmede uzman görüşüne başvurma konulu çalışma (SHIPAMTSOLVER) yapmışlar ve sorunlara deha erken müdahale etmenin yolunu aramışlardır. Zamanın, arızaya müdahalede önemli rol oynadığını vurgulamışlardır. Uygulamada örnek olarak gemi buzluk sistemi ele almış ve uzman görüşüne dayalı olarak arızanın çözümünde gemi personeli için hatayı en aza indirmenin yollarını bildirmişlerdir.

Başhan ve Demirel (2018), gemi dizel jeneratörleri üzerine yaptıkları çalışmada DEMATEL (Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı) metodu kullanmışlardır. Uzman görüşlerine başvurarak 33 farklı arızayı ele alarak dizel jeneratörlerin gemiyi ve diğer donanımları atabileceği risklerin sebeplerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda arızaya sebep faktörleri en az bir silindirde ateşleme olmaması, govarnörün tüm yakıt indekslerini avansa alması ve üçüncü olarak yağlama yağının yüksek sıcaklığı olarak sıralamışlardır. Etki faktörü olarak ise yakıt püskürtme valfi (yakıt enjektörü) avans problemi, yakıt püskürtme olmaması ve düşük yakıt kalitesi ve üçüncü olarak soğutma suyu veya yağının filtresinin tıkalı olması olarak belirlemişlerdir.

Knežević vd. (2020), bir gemi ana makinesi turbo şarj sistemi üzerine yaptıkları çalışmalarında, iki zamanlı MAN B&W 6S50MC-C ana makinesinin turbo şarj arızalarını modellemişlerdir. Hata ağacı (FTA) modeli ile belirledikleri arızaları Transas-500 Makine dairesi simülatöründe uygulayarak ana makine yanma verimi ve turbo şarj arızalarının etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda kirlenen hava giriş filtresinin makine verimini düşürdüğü ve yakıt harcamasını arttırdığını, türbin tarafının kirlenmesinin egzoz sıcaklıklarını arttırdığını ve türbin kanatlarına hasar verebileceğini, hava soğutucu problemlerinin de dikkate değer olduğu ve kontrol ve bakımının göz ardı edilmemesine dikkat çekmişlerdir. Gemi personelinin tecrübesinin arızaların ve gerekli düzeltici aksiyonlarındaki etkisine dikkat çekmişlerdir.

Karatuğ ve Arslanoğlu (2022), “Denizcilik erken arıza teşhisinin önemi dizel motorları verimlilik üzerine bir vaka çalışması” isimli çalışmalarında gemi enerji verimliliği indeksine atıf yaparak yanma verimliliği üzerine bir araştırma yapmışlardır. Yaptıkları incelemeyi ©Kongsberg Maritime tam makine dairesi simülatöründe MAN B&W 5L90 MC model iki zamanlı dizel ana makinede denemişlerdir. Erken ateşleme zamanlaması, geç ateşleme zamanlaması, aşınmış enjektör nozulu, tıkanmış enjektör nozulu, egzoz valfi kaçacağı ve kirlenmiş süpürme havası portları senaryolarını deneyerek ana makine yanma verimini araştırmışlardır. Yaptıkları her denemede ideal yanmanın bozulduğuna işaret etmişlerdir. Sonuç olarak verimli bir gemi makine dairesi operasyonları için planlı bakım sisteminin önemine dikkat çekmişlerdir. Bu planlı bakım sistemine şirketler tarafından değişken stratejilerin eklenmesini tavsiye etmişlerdir.

Demirel (2021), “Gemi dizel motorları yardımcı sistemleri kritik arızaları için insan hatası olasılıklarının değerlendirilmesi” isimli çalışmada gemi personelinin dizel motorlar üzerinde insan hatası kaynaklı arızaları bilişsel güvenilirlik hata analizi metodu (CREAM) ile incelemiştir. CREAM metodunu uzman görüşleri ile genişletmiş ve insan hatasının etkisinin en yüksek olabileceği dizel motor yardımcı sistemlerini belirlemiştir. Buna göre turbo şarj mekanizması ve yüksek basınçlı yakıt püskürtme pompalarını en yüksek etki altında olduğunu belirlemiştir. En düşük etki altında olan sistemleri ise yakıt enjektörü problemleri ve yetersiz hava girişi olduğunu belirtmiştir. Geminin emniyetli bir şekilde seyir yapabilmesinin bakım ve onarım işlerinin eksiksiz yapılmasına bağlı olduğunu vurgulamıştır.

Bayes ağırları modelinin denizcilik alanında risk hesaplamasında sıklıkla kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda hem veriye dayalı hem de uzman görüşlerine dayalı

olarak yapılan çalışmalar görülmektedir. Normal olarak, bir BN'nin yapısı, uzman bilgisi veya genel duyu kullanılarak oluşturulur. Ancak böyle bir yaklaşım, zaman alıcıdır ve parametreler arasında hem yerel olasılığı hem de bağımlılığı sağlamak için uzmanlara büyük önem verilir. Alternatif olarak BN veriye dayalı olarak kurulabilir. Uzmanlara olan bağımlılık büyük ölçüde azalır ve bazı durumlarda modelin doğruluğu artar (Yang vd., 2018).

Yang vd. (2018) yaptıkları çalışmalarında yedi adet öncü Avrupa Birliği devleti limanında dökme yük gemilerine 2005 ve 2008 yılları arasında yapılan liman devleti denetimlerini incelemişlerdir. Ele aldıkları 6913 denetim raporunda bayrak devleti, denetime yetkili organizasyon, deadweight (DWT), gemi yaşı, denetimin türü, denetim yapılan liman, belirlenen uygunsuzluk, gemi grubu ve denetim grubu gibi risk değişkenlerini veri tabanlı Bayes ağı modellemişlerdir. Dökme yük gemilerinin tutuklanma oranının %4,57 olarak hesaplamışlardır. En önemli değişkenlerini ise büyükten küçüğe doğru denetim grubu, uygunsuzluk sayısı, denetim türü, gemi grubu, yetkili organizasyon ve gemi yaşı olarak belirlemişlerdir. En yüksek risk faktörü olarak ise sırasıyla uygunsuzluk sayısı, denetim türü, yetkili organizasyon ve gemi yaşı olarak ortaya çıkarmışlardır.

Zhao vd. (2021) Yangzte nehrinde otonom gemiler için bir kaza riski olasılık çalışması yapmışlardır. Çin Denizcilik Emniyet Yönetiminden derledikleri 2013 ve 2019 yılları arasında meydana gelmiş 225 adet deniz kazasının raporlarını Bayes ağları metodu kullanarak olası risk derecelendirmesini ortaya koymuşlardır. Çalışmaları esnasında Çatışma durumu, gemi gövde malzemesi, gemi tonajı, gemi boyutları, insan faktörü, gemi draftı, hava durumu mevsim, görüş gibi kazaya sebep olan faktörleri inceleyerek, bu faktörlerin otonom gemilerin kullanımında meydana gelebilecek kazalardaki etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Sonuç olarak vardıkları noktada, en yüksek kaza tipinin çatışma kazaları olduğu ve genellikle küçük otonom gemilerin kazaya karıştığını ortaya koymuşlardır. İkincil olarak otonom gemilerin kullanımının insan hatası, gün/gece durumu ve görüş mesafesi gibi etkenleri hafifleteceğini belirlemişlerdir. Bununla birlikte üçüncü olarak ise otonom gemilerin kullanımında, çatışma durumunda otonom gemilerin çapraz geçiş gibi hallerde kötü hava yağmur, ağır deniz koşulları gibi etkenler altında otonom gemilerin daha riskli olduğunu belirlemişlerdir.

Kamal ve Çakır (2022) İstanbul Boğazında meydana gelen deniz kazalarını araştırdıkları çalışmalarında 2016 ve 2021 yılları arasında rapor edilen 418 adet deniz kazasını incelemişlerdir. Kazalara neden olan faktörleri araştırırken kazanın tipi, gemi

tipi, gemi yaşı, gemi boyu, gemi gros tonajı, gemi bayrağı, kaza saati, mevsim, rüzgâr hızı, görüş mesafesi, yağmur, deniz akıntısı ve deniz trafik kontrol alanını değişkenleri Bayes ağları modellemesi kullanarak belirlemişlerdir. Meydana gelen kazaları olumsuz çevre koşulları, oturma ve batma senaryoları üzerinde incelemiş ve çeşitli sonuçlar elde etmişlerdir. Gemi kazalarını en çok etkileyen faktör olarak gemi büyüklüğü, gemi yaşı ve her kazanın kendi karakteristik durumu olarak belirlemişlerdir.

Sevgili vd. (2022) yaptıkları çalışmalarında Birleşik Devletler Sahil Güvenlik'ten (USCG) elde ettikleri 1997 ve 2015 yılları arasında meydana gelmiş geçmişe yönelik Amerikan bayraklı olmayan gemilere ait 2080 yakıt sızıntısı sebepli deniz kirliliği kazasını inceleyerek tanker gemilerinde oluşabilecek çevre kirliliği riskini araştırmışlardır. Bayes ağları metodu ile yaptıkları araştırmalarında deniz kirliliğine sebep olan kazalara etken olarak sızıntı olma durumu, geminin hasar alma durumu, kaza saati, kaz tipi, gemi yaşı, gemi büyüklüğü, gemi tipi, gemi boyu, gemi makine gücü, gövde malzemesi, gemi gövde tipi, gemi pervanesi tipi, gemi klas kuruluşu, kıyıya mesafe, mevsim, su yolu tipi, hava koşulları ve atmosferik basınç değişkenlerini ortaya koyarak kazaların olasılık değerlerine bakış açısı geliştirmeye çalışmışlardır. Vardıkları sonuçta deniz kirliliği kazasında en etkili faktör olarak kaza tipini belirlemişlerdir. Çatışma, yangın/patlama, oturma, sürüklenme ve batma durumunda yakıt sızıntısı olma riskinin en yüksek seviyede olduğunu tespit etmişlerdir.

Kaptan (2019), doktora tezinde yaptığı araştırmasında köprü üstü elektronik seyir cihazlarının kullanımı ile ilişkili insan faktörü kaynaklı hataların karaya oturma ve çatma/çatışma kazalarının oluşumundaki etkisi araştırmıştır. Bu kapsamda 2000 ve 2017 yılları arasında elektronik seyir yardımcısı kaza faktörü içeren 175 çatma/çatışma ve 115 karaya oturma kaza raporundan elde edilen uygunsuzlukları insan faktörleri analiz ve sınıflandırma sistemi (HFACS) metodu uyarınca nitel olarak incelemiş ardından Bayes ağı metoduyla uygunsuzluklar arası ilişkiler ve olasılıklar nicel olarak değerlendirilmiştir. Meydana gelen kazaların ciddi sonuçlar doğurmuş olmasına dikkat çekmiştir. Kazaların özellikle yoğun gemi trafiğinden dolayı Avrupa kıtasında meydana geldiğini tespit etmiştir. Kazaların meydana gelme zamanına bakıldığında ise çoğunlukla gece saatlerinde ve özellikle ikinci kaptan vardiyasında meydana geldiği görülmektedir. Gemi tipine bakıldığında ise genel kargo gemilerinin en çok kaza yapma oranına sahip olduğunu tespit etmiştir.

Cao vd. (2023) Deniz kazalarının ciddiyetini etkileyen faktörlerin analizi veri odaklı Bayes ağı çalışmalarında 2000 ve 2019 yılları arasında 1294 adet veri içeren gemi kazası

soruşturmasını incelemişlerdir. Gemi kazalarına etki eden faktörleri seviyeler şeklinde incelmışlerdir. Kaza, insan, gemi, çevre, işletme adı altında 5 ana faktör altında genişlettikleri etken faktörleri araştırmışlardır. Sonuç olarak etkili beş kaza faktörü olarak sırasıyla kaza tipi, gemi tipi, makine gücü, gemi gros tonajı ve mevki olarak belirlemişlerdir.

Li vd. (2023) küresel deniz kazaları risk analizi adlı çalışmalarında Küresel Entegre Gemicilik Bilgilendirme Sistemi (GISIS) üzerinden derledikleri 2017 ve 2021 yılları arasına ait 1105 adet kaza kayıt formunu kullanarak konuya açılama getirmeye çalışmışlardır. Kaza arşivine yaklaşımlarında Bayes ağı metodu kullanarak, kazaları; kaza tipi, operasyon türü, gemi tipi, gemi tonajı, gemi boyu gibi 24 adet kazaya ait veri değişkeni ile incelemişlerdir. Vardıkları sonuçta kazalarda riski büyüten faktörleri kaza tipi, operasyon türü, seyir türü, gemi tonajı, gemi boyu ve makine gücü olarak belirlemişlerdir.

Pristom vd. (2016) Ticari gemi operasyonlarının korsanlık ve hırsızlık değerlendirmeleri için esnek bir yaklaşım isimli çalışmalarında, Küresel Entegre Gemicilik Bilgilendirme Sistemi (GISIS) vasıtası ile elde ettikleri verileri ve uzman görüşlerini birlikte kullanarak dünya üzerinde belli başlı korsanlık riski yüksek bölgeler için bir yaklaşım elde etmişlerdir. 2007 ve 2014 yılları arasında Somali sahilleri, Batı Afrika sahilleri, Güney Doğu Asya bölgesi ve Güney Amerika kıtası bölgelerine ait korsanlık saldırılarını Bayes ağı ile incelemişlerdir. Korsan saldırılarının başarılı olma oranlarını, olaya dair değişkenlerin dört ayrı seviyede belirleyerek bu değişkenlerin olaya etkilerini ortaya koymuşlardır. Korsan saldırılarındaki başarı oranını yıllara göre belirlemiş ve saldırının bertaraf edilmesi için en etkili olacak tedbirleri ve değişkenleri rüzgâr ve hava durumu, gemi borda yüksekliği ve gemi hız gibi gemi karakteristik verileri, bölgede askeri güçlerin mevcudiyeti ve gemi personeli tarafından alınan güvenlik tedbirleri olarak saptamışlardır.

Kutay ve Kamal (2021) Marin dizel motorları krankşaft hasarı değerlendirmesi adlı çalışmalarında ticari gemilerde ana makine ve jeneratör olarak kullanılan dizel motorlarının krankşaftları üzerinde meydana gelen hasarların sebeplerini uzman görüşleri kullanarak Bulanık mantık Bayes ağları metodu ile incelemişlerdir. Arızaya sebep olan faktörleri uzmanlar yardımıyla ağırlıklandırarak arızaların yaşanmaması için tavsiyeler sunmuşlardır. Yaşanan arızalara sebep olarak en yüksek etkinin gemi personeli hatası olduğunu belirlemişlerdir. Gemi personelinin bakım tutum esnasında ve rutin operasyon esnasındaki hataları eşdeğer ağırlıkta hesaplayarak, personelin en çok yaptığı etken hatanın makine çalıştırma esnasında silindirin hidrolik kilitleme kontrolünün eksik yapılması makinenin

limiti üzerinde yükte çalıştırılması, aşınmaların kontrol edilmemesi ve yağlama yağı devresi bakımlarının yanlış yapılması olduğunu bildirmişlerdir.

Ahmed vd. (2023) bir yolcu gemisi azipod pervane sisteminin dinamik ve nicel risk değerlendirmesini yaptıkları çalışmalarında Norwegian Star isimli geminin yaşamış olduğu pervane gücünü kaybetmesi arızası ve bun bağlı kazadan yola çıkmışlardır. Yaptıkları araştırmada olaya sebep veren faktörleri bulanık mantıkla uzman görüşlerine bağlı olarak belirlemişlerdir. Ayrıca Bayes ağları metodu ve Bow-tie (Papyon) metodu kullanarak dinamik riski değerlendirmişlerdir. Pervane gücü kaybının meydana getirebileceği oturma, sürüklenme, deniz kirliliği gibi kazaların olasılıklarını inceleyerek, kazaya etken olabilecek riskli durumları ise sırasıyla ana motor arızası, tetikleyici modül arızası, tahrik sistemi arızası ve güç sistemi arızası olarak belirtmişlerdir. Tavsiye olarak, öngörülen emniyet standartlarını korumak ve operasyonel riskleri azaltmak adına planlı bakım sisteminin etkin kullanımını bildirmişlerdir.

Aydın vd. (2021), dar sularda meydana gelen gemi kazalarını incelerken Bayes ağı ve hata ağacı metodunu kullanmışlardır. Çatışmalarda en etkili kök sebeplerin ISM prosedürlerinin eksik uygulanması ve diğer gemilerle yetersiz haberleşmenin olduğu belirlemişlerdir. Ara olaylarda ise en yüksek etki seyir ve manevra aksiyon hataları ve çatışma riski belirleme hataları olarak ortaya koymuşlardır.

Saralioğlu vd. (2020) gemi makine dairesi yangınlarındaki insan faktörünü hibrit bir yaklaşımla incelerken hata ağacı analizi yönteminden de faydalanmışlardır. İnceledikleri 257 faktör içinde en yüksek etki faktörü olarak organizasyonel etkiler, operasyonel koşullar ve emniyetsiz aksiyonlar için alınan tedbirler olarak belirlemişlerdir.

Uğurlu vd. (2015) tanker tipi gemilerin çatışma ve oturma kazalarını araştırırken kazalara sebebiyet veren sebepleri hata ağacı analizi metodu ile incelemişlerdir. Kaza raporlarının GISIS (Global Integrated Shipping Information System) üzerinden derlemişler ve sonuç olarak kazalara en etkili faktörün insan hatası olduğu verisine ulaşmışlardır.

Töz vd. (2022) deniz taşımacılığında çatışma kazalarının hata ağacı analiz yöntemi ile analiz isimli çalışmalarında hata ağacı analiz metodu ile çalışmışlardır. Deniz kazaları araştırma dairesi tarafından raporlanan 62 adet deniz kazası üzerinde çalışmışlardır. Derledikleri verileri hata ağacı analiz metodu ile incelemişler ve seyir ekipmanlarının hatalı kullanımları ve yorgunluk sebeplerini en yüksek oranda etkili sebepler olarak belirlemişlerdir.

Ünver vd. (2019) iki zamanlı bir marin dizel motorunun karter patlaması sebeplerini araştırdıkları çalışmalarında bulanık mantık ile ortaya koydukları karter patlamasına sebep olan koşulları hata ağacı analizi metodu ile incelemişlerdir. Çalışmaları sonucunda patlamaya sebebiyet veren en etkili kök sebep olarak yatak sıcaklıklarının yükselmesi olarak belirlemişlerdir. Kartar patlamasını hatalar zinciri olarak ise yatak sıcaklıklarının yükselmesi, yatak sıcaklık sensörlerinin çalışmaması ve görevli personelin gerekli tedbirleri almaması olarak ortaya koymuşlardır.

1.3. Çalışmanın Özgün Yönü

Bu çalışma, ticari gemilerin verimli ve ekonomik biçimde işletilmesi amacıyla gemi üzerinde bulunan önemli sistemlerden biri olan buharlı ısıtma sistemine odaklanmaktadır. Araştırmada, bu sistemin bileşenlerinin arıza olasılıkları ve bu arızaların risk değerleri üzerine veri tabanlı bir inceleme gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında, aktif olarak faaliyet gösteren bir deniz ticari filosundaki 14 adet Ro-Ro tipi geminin Planlı Bakım Sistemi (PMS) kayıtlarından buhar sistemi arıza raporları toplanmıştır. Bu PMS kayıtları, Bayes ağı metodu kullanılarak incelenmiş ve sistem arızaları için bir olay ağacı oluşturularak risk haritası çıkarılmıştır. Daha sonra, Bayes ağı metodu ile belirlenen en yüksek riskli donanım arızalarının kök sebepleri, Hata Ağacı Analizi (FTA) metodu ile detaylıca analiz edilmiştir.

Çalışmada kullanılan filoya ait gemiler farklı yaş ve gros tonajda olmalarına rağmen, buhar sistemleri eş kapasitede olup birbirileri ile aynı özelliklere sahiptirler. Sistemlerin birbiriyle eşdeğer olmaları, olayların sınıflandırılmasını ve arızalar için hata ağacının oluşturulması hususunda net bir yaklaşıma olanak sunmuş olup, literatürde buhar sistemlerinin arızalarına dair risk analizlerinin arıza kayıtlarından doğrudan yapıldığına yönelik geniş çaplı bir çalışma bulunmamaktadır. Yapılan çalışmada gerçekte karşılaşılan arıza senaryoları ve bunların oluş sıklıkları üzerinden bir risk analizi yapıldığı için, bu tür veri tabanlı bir analizin, karşılaşılabilecek riskleri önceden belirleme ve bu risklere karşı etkili önlemler alma konusunda teknik personele yardımcı olması amaçlanmaktadır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Bayes Ağları Metodu

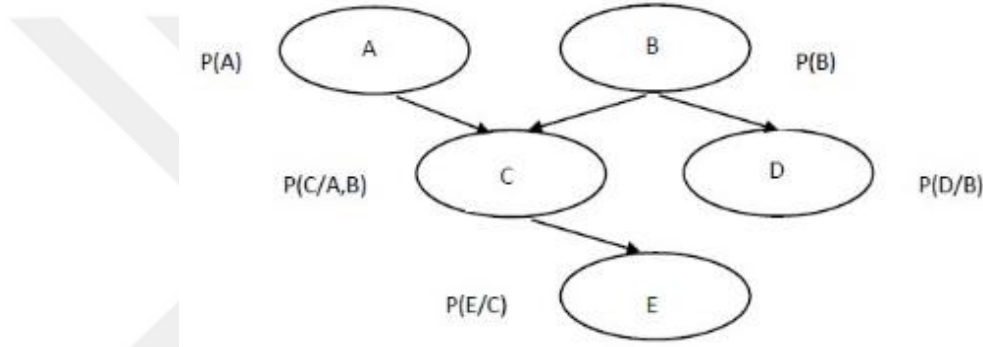
Risk araştırmaları çalışmalarında süreç, risklerin tanımının yapılması ve sebeplerinin ortaya çıkması ile başlar. Amaç sebepler ile sonuç arasındaki bağlantıyı tanımlayarak riskin en aza indirilmesi için bir yol bulmaktır. Riskin hesaplanabilmesi için sayısal değerlere çevrilmesi gerekmektedir (Haines, 2009). Bayes ağları ile olayların meydana gelişleri hakkında hem nedensel incelemeler hem de riskin sayısal değere dönüştürmeyi sağlayan nicel belirlemeler yapılabilmektedir. Buna bağlı olarak Bayes Ağları Analizi, risk çalışmaları için oldukça geçerli bir metot olup niteliksel ve niceliksel olarak iki kısımdan oluşmaktadır (Yaşlı, 2020).

Bayes ağlarının niteliksel kısmı, riski meydana getiren olaylar ve bu olaylar arasındaki ilişkilerin ortaya konduğu yapısal kurulum aşamalarından oluşur. Bayes ağları modeli uygulaması, bir sistemin tanımının yeteri kadar yapılamaması, sistemin yeteri kadar veriye sahip olmaması ya da sistemin bileşenlerinin rassal (rastgele) davranışlarda bulunması sebepli belirsizliğin var olması durumunda, sistem içindeki değişkenler arasındaki ilişkileri tanımlamaya yardımcı olur (Jones vd., 2010). Olaylar arasındaki bağıntılar, nedensellik ve olasılık kavramlarından faydalanarak ortaya konur ve olayların meydana gelmesindeki sınırlı sayıdaki verilerden güçlü sonuçlar elde edilebilir (Steyvers vd., 2003).

Bayes ağlarının niceliksel kısmı ise analizin parametreleri olan, değişkenlerin durumsal gerçekleşme olasılıklarını belirten olasılık dağılımlarını ve analizlerini sunar. Değişkenlerin aralarındaki ilişkilere göre bağımlılık ve duyarlılık analizleri gibi pek çok kapsamlı analizin gerçekleştirilmesine imkân sağlar (Kjærulff ve Madsen, 2013).

Bayes Ağları modeli değişkenlerin düğümler, düğümler arası olasılığa bağlı bağımlılık ilişkilerinin oklar vasıtasıyla gösterildiği çevrimsiz olasılığa bağlı ağlardır. Bayes ağları düğümler ve oklar vasıtasıyla değişkenler arası olasılıklar değerlerinin gösterildiği grafiksel kısmı ve düğümlere ait koşullu olasılık tabloları olmak üzere iki kısımdan meydana gelir. Düğümler ana soruna etki eden etkenlerdir. Yönlendirilmiş oklar doğrudan etkiyi gösterir ve rassal değişkenler arasında tutulması gereken bağımsızlık olasılıklarını belirler. (Kaptan, 2019).

Yönlendirilmiş oklar bir düğümden geliyorsa, bu düğümlere "ebeveyn düğümü" denir. Ebeveyn düğümden gelen okların birleşerek geldiği düğümlere "çocuk düğümü" denir. Herhangi bir düğümün, eğer hiçbir ebeveyn düğümü yok ise bu düğüme de kök düğüm adı verilir. Şekil 1'de A,B,C,D,E değişkenlerinden meydana gelen bir Bayes ağının örnek gösterimi verilmiştir. Bu ağda A ve B düğümleri C düğümünün ebeveyn düğümüdür ve aynı zamanda kök düğümlerdir. C düğümü ise E düğümünün ebeveynidir. Ayrıca şekilde görüldüğü üzere D düğümü B düğümünün çocuk düğümüdür. Şekilde değişkenlerin sahip oldukları koşullu olasılık dağılımları, $P(A)$, $P(B)$, $P(C/A,B)$, $P(D/B)$ ve $P(E/C)$ olarak belirtilmektedir.



Şekil 1. Örnek Bayes ağı yapısı

B ve D düğümleri birbirine koşullu olasılık bağıyla bağlı iki olay olsun. İki olayın birbirleriyle bağlantısı şu şekillerde ifade edilir. D olayı görüldüğünde B olayı görülüyor olsun. Bu durumda D olayı görüldüğünde, B olayının görülme olasılığı; $P(B|D)=p$ şeklinde ifade edebiliriz. Bu ifadede p : B olayının görülme olasılığı ($P(B)=P(B|D)$) olsun. Bu bilgilerden hareketle B olayı görüldüğünde, D olayının görülme olasılığı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$P(D)$ = D olayının gerçekleşme olasılığı

$P(B)$ = B olayının gerçekleşme olasılığı

$P(D|B)$ = B olayı gerçekleştiğinde D olayının gerçekleşme olasılığı

$P(B|D)$ = D olayı gerçekleştiğinde B olayının gerçekleşme olasılığı

$P(D \cap B)$ = D ve B'nin birlikte görüldüğü olasılıkların kesişim kümesi

$$P(D|B) = P(D \cap B) / P(B), P(B) > 0 \quad (1)$$

$$P(D \cap B) = P(D|B) \cdot P(B) = P(B|D) \cdot P(D) \quad (2)$$

Düğümelerin sahip olabileceği çocuk ya da ebeveyn sayısı için herhangi sınırlama bulunmamaktadır. Teoriyi birden çok olay için genişletirsek; bir B olayının birbiriyle ayırık D olaylarından $(D_1, D_2, D_3, \dots, D_n)$ biriyle birlikte gerçekleşebileceği durum için aşağıdaki denklem yazılabilir.

$$P(D_i|B) = \frac{P(D_i) P(B|D_i)}{P(B)}, i = 1, 2, 3, 4, \dots, k \quad (3)$$

$$\begin{aligned} P(B) &= P(D_1) P(B|D_1) + P(D_2) P(B|D_2) + \dots + P(D_x) P(B|D_x) \\ &= \sum_{j=1}^x P(D_j) P(B|D_j) \end{aligned} \quad (4)$$

Formül 3 ile değişkenlerin sahip oldukları koşullu olasılıklarının çarpımı ağın birleşik olasılık dağılımını oluşturur (Kaptan, 2019). Bayes Ağ modelindeki düğümlerin olasılık değerleri hesaplanırken iki ana yöntem mevcuttur. Bunların birincisi istatistiksel veridir veya daha önce yapılmış olan çalışmaları kullanarak koşullu olasılık değerlerini belirlemektir. İncelenen vakalar üzerinde daha önce herhangi bir çalışma yapılmamışsa veya ölçülmesi mümkün değilse ve ya istatistiksel veriler mevcut değilse; bu durumda koşullu olasılıklar uzman görüşlerine başvurarak belirlenebilir (Pristrom vd., 2016), (Matellini vd., 2013).

2.2. Bayes Ağı Metodunda Filo Gemilerinin Modeli

Bu çalışmanın yapılmasında 14 adet Ro-Ro tipi yük gemisinden oluşan bir filonun PMS'ye girilmiş olan arıza kayıtları Bayes ağı metodu ile çalışılarak modellenmiştir. Bu gemilere ait buharlı ısıtma sisteminin eşdeğer özelliklere sahip oluşu modelin güvenilirliğini arttırmıştır. Oluşturulan olay ağacı üzerinde çalışılarak gemi buharlı sistemi arızalarına ait bir risk analizi yapılmıştır. PMS'ye girilmiş olan 296 adet farklı arıza kaydı incelenerek buhar sistemi ve donanımları hakkında geniş bir çalışma elde edilmiştir.

2.2.1. Filo Gemilerinin Buhar Sistemi

Bu çalışmada kullanılan gemilere klasik liman kazanı ve baca kazanı kullanılan çift buhar üretici bulunan buhar sistemi donatılmıştır. Buhar sistemine ait ana ekipman ve kapasitelerine ait bilgi Tablo 1.'de verilmiştir.

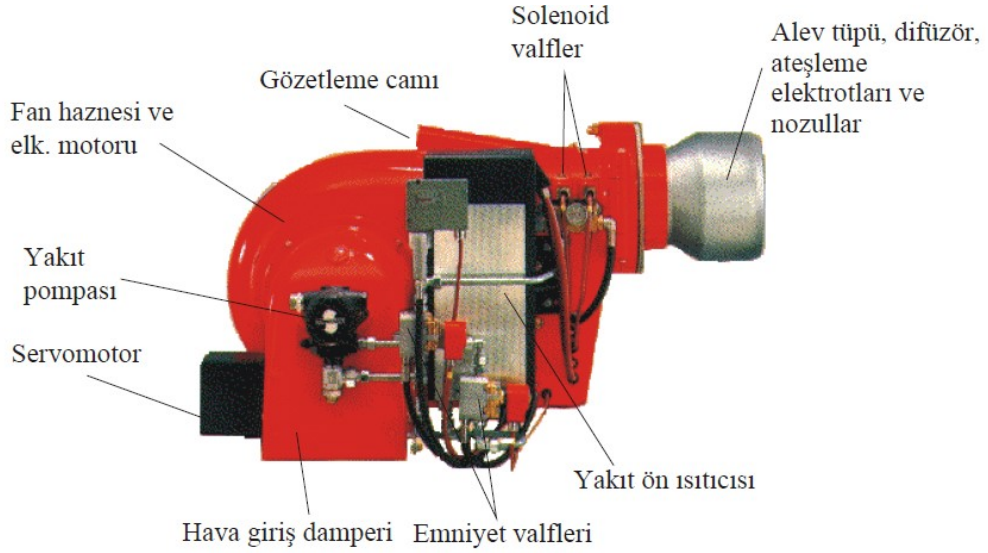
Tablo 1. Buhar sistemi ekipman listesi (Flensburger Schiffbau Gesellschaft, 1999)

Ekipman tanımı	Kapasite/Tip	Adet
Yakıt ateşlemeli liman kazanı	2000 kg/h, 7 Bar	1
Baca kazanı	2000 kg/h, 7 Bar	1
Besleme suyu pompaları	2,5 m ³ /h, 12 Bar	2
Besleme suyu sirkülasyon pompaları	10 m ³ /h, 3 Bar	2
Besleme suyu transfer pompası	2,5 m ³ /h, 3 Bar	1
Besleme suyu taşıntı pompası	2,5 m ³ /h, 3 Bar	1
Kondenser ünitesi		1
Sabit sirkülasyon suyu kontrolü	M33	1
Numune suyu soğutucusu	M25	1
Kimyasal dozaj ünitesi	M23	1
Fazlalık buhar kondenseri	1750 kg/h	1

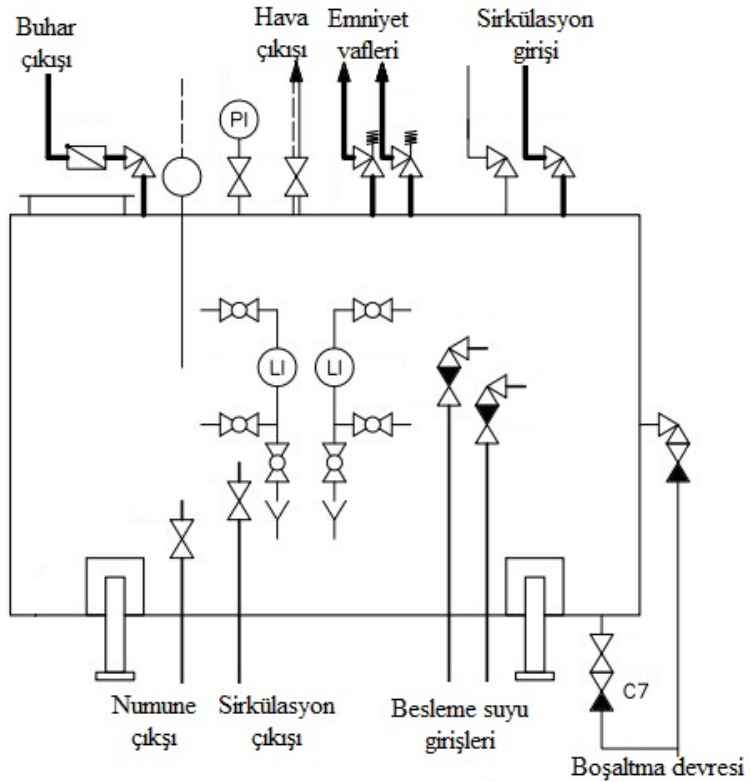
2.2.2. Filo Gemilerindeki Yakıt Ateşlemeli Buhar Kazanı

Filo gemilerinde kullanılan ana kazan yakıt ateşlemeli yatay duman borulu tipte bir deniz tipi buhar kazanıdır. Buhar üretim kapasitesi 7 bar işletme basıncında 2000 kg/h dır. Kazan üzerine donatılan yakıt ateşleme donanımı ise MDO, MGO ve HFO yakma kapasitesine sahip iki kademe ateşlemeli, 785 kW ile 2320 kW aralığında güç üretebilen basınçlı atomizör tip ateşleme mekanizmasıdır. Ateşleme mekanizması yakıt beslemesi sistemi kazandan harici olarak imal edilmektedir. Bu sistem MDO/MGO ve HFO servis tanklarından aldığı yakıtı kazan ateşleme mekanizmasına pompalar. Daimî olarak devrede kalarak servis tankı ve ateşleme mekanizması arasında sürekli sirkülasyon yaparak devrenin hazır olmasını sağlar. Özellikle kazan HFO ile çalıştırılıyor ise bu sirkülasyon devrenin sıcak

kalması için çok önemlidir. Bununla beraber kazan gövdesi üzerinde birçok donanım daha bulunmaktadır. Bu donanımlar aşağıda Tablo 2.'de verilmiştir. Filo gemilerine donatılmış olan yakıt ateşlemeli liman kazanına ait ateşleme mekanizması ve kazan gövdesini gösteren görseller Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Yakıt ateşleme mekanizması (Oil fired burner) (Alfa Laval, 2010)

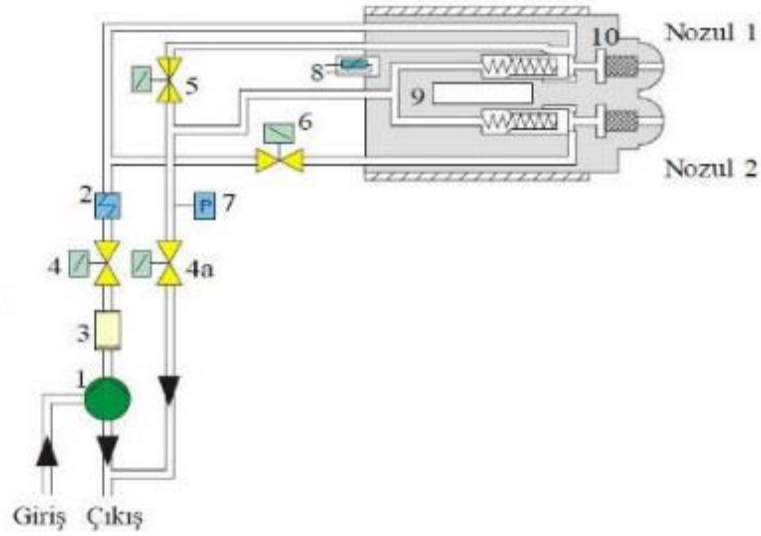


Şekil 3. Yakıt ateşlemeli liman kazanı (Alfa Laval, 2010)

Tablo 2. Yakıt ateşlemeli liman kazanı donanımları, (Flensburger Schiffbau Gesellschaft, 1999)

Kazan gövdesi üzerindeki donanımlar	Adet
Emniyet valfleri	2
Ana buhar valfi	1
Besleme suyu giriş valfleri	2
Besleme suyu girişi geri döndürmez valfleri	2
Köpük valfi	1
Köpük geri döndürmez valfi	1
Kazan suyu boşaltma valfi	1
Kazan suyu boşaltma geri döndürmez valfi	1
Numune suyu valfi	1
Hava firar valfi	1
Gösterge paneli valfi	1
Ana buhar geri döndürmez valfi	1
Su seviyesi göstergesi	2
Sirkülasyon giriş valfi	1
Sirkülasyon çıkış valfi	1
Basınç göstergesi valfi	1
Basınç göstergesi	1
Su seviyesi kontrolü	1

Ateşleme donanımı yakıt sistemi iki kısım olarak ele alınmadır. İlk kısım tersane tarafından gemi üzerine donatılan ve servis tankları ile ateşleme donanımı arsında yakıt sirkülasyonu yapan yakıt besleme devresi, ikinci kısım ise ateşleme mekanizması üzerinde bulunan ve kazanın faaliyeti esnasında devreye girerek yakıtı püskürtme basıncına ulaştıran kısımdır. Liman kazanı yakıt besleme sistemi kullanılan yakıtı servis tanklarından alarak iki adet yakıt sirkülasyon pompası yardımı ile ateşleme mekanizması ile tanklar arasında devir daim yapar. Bu arada yakıt filtrelerden geçerek temizlenir. Ateşleme mekanizması yakıt sistemi kazanın devreye girmesi ile otomatik olarak zaman ayarlı birçok solenoid ve sensörler ile kontrol edilen daha karmaşık bir sitemdir. Ateşleme mekanizması yakıt sistemi Şekil 4'te aşağıda verilmiştir.



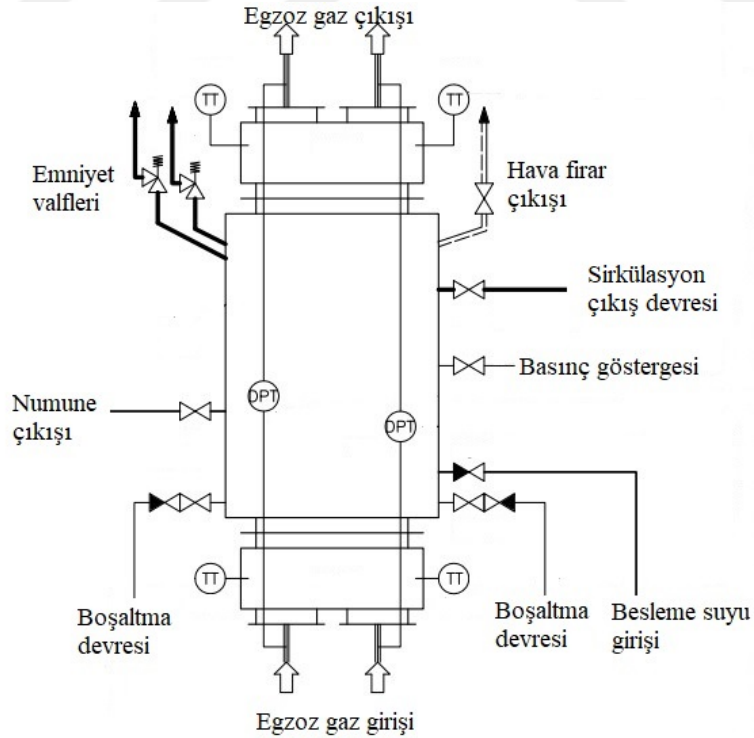
- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. Yakıt pompası | 6. Solenoid valf (normal kapalı) |
| 2. Yakıt ön ısıtıcısı | 7. Presostat |
| 3. Filtre | 8. Sıcaklık sensörü |
| 4. Emniyet solenoid valfi (normal kapalı) | 9. Isıtma kartuşu |
| 4a. Emniyet solenoid valfi (normal kapalı) | 10. Nozul başlığı ve kesme donanımı |
| 5. Solenoid valf (normal açık) | |

Şekil 4. Ateşleme donanımı yakıt şeması (Alfa Laval, 2010)

2.2.3. Filo Gemilerindeki Baca Kazanı

Filo gemilerinde kullanılan baca kazanı liman kazanı ile aynı prensipte çalışan alev borulu fakat dikey olarak tasarlanmış bir kazandır. Ana makinelerin egzoz gazları atmosfere atılması esnasında takip ettikleri baca yolu üzerine konumlandırılmaları sebebiyle genellikle baca kazanı olarak adlandırılırlar. Baca kazanında herhangi bir ateşleme donanımı bulunmamaktadır. Isı kaynağı olarak gemi ana makinelerinden gelen egzoz gazı kullanılmaktadır. Filo gemilerinin tümünde çift ana makine bulunmaktadır. Fakat her iki ana makineye birer baca kazanı donatılmamıştır. Bir adet baca kazanı her iki ana makineden gelen egzoz gazlarının geçişini kullanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Sancak ana makine egzoz gazları için baca kazanı giriş ve çıkış portları, iskele ana makine egzoz gazları için baca kazanı giriş çıkış portları farklı olacak şekilde tasarlanmış ve her iki ana makinenin aynı gövde içinde tek bir kazan suyunu buharlaştırması sağlanmıştır. Baca kazanı, yakıt ateşlemeli liman kazanı ile bir sirkülasyon devresi bağlantısı ile kullanılmaktadır. Doyma

sıcaklığındaki kazan suyu sirkülasyon pompaları vasıtası ile liman kazanından baca kazanına pompalanır. Kazan suyu kazan gövdesi içi ile ve alev boruları dışı arasında bulunur. Alev borularından geçen egzoz gazı konveksiyon yöntemi ile ısıtılır. Su haznesi içinde oluşan buhar/su karışımı baca kazanının üst noktasındaki buhar çıkış portundan geçerek liman kazanının buhar dramına ulaşır. Burada daha ağır olan su liman kazanında buhardan ayrışır. Üretilen buhar liman kazanı buhar dramının üst kısmındaki buhar çıkış devresinden geçerek buhar boru devresi yoluyla ısıtma donanımlarına ulaşır. Baca kazanının dış gövdesi silindirik bir yapıdadır. Bu silindirik yapının alt ve üst kısmında çok sayıdaki alev borusunu taşıyan boru taşıyıcı levhalar ile kapatılmıştır. Çok sayıda alev borusunun yanı sıra kazan içinde alev borularına nazaran daha büyük çapta gergi/destek boruları bulunmaktadır. Bu gergi/destek boruları kazanın mukavemet elemanlarıdır. Baca kazanı acil durumlarda düşük su seviyesinde hatta susuz durumda dahi ana makinenin çalıştırılabilmesine müsaade edebilecek ısıl dirençte imal edilmiştir. Fakat bu durumda baca kazanı basıncı kırılmış ve kazan iç mahal sıcaklığı 400 °C geçmemelidir. Filo gemilerine donatılan baca kazanı görseli Şekil 5'te verilmiştir. Ayrıca baca kazanı üzerine donatılan emniyet ve operasyon donanımları listesi Tablo 3.'te görülmektedir.



Şekil 5. Baca kazanı (Alfa Laval, 2010)

Tablo 3. Baca kazanı donanımları (Alfa Laval, 2010)

Kazan gövdesi üzerindeki donanımlar	Adet
Emniyet valfleri	2
Kazan suyu boşaltma valfi	2
Kazan suyu boşaltma geri döndürmez valfi	2
Numune suyu valfi	1
Hava firar valfi	1
Gösterge paneli valfi	1
Basınç göstergesi valfi	1
Geri döndürmez stop valfi	1
Sirkülasyon çıkış valfi	1
Diferansiyel basınç sensörü	2
Giriş sıcaklık sensörü	2
Çıkış sıcaklık sensörü	2
Duman giriş haznesi	1
Duman çıkış haznesi	1

2.2.4. Filo Gemilerindeki Kondenser Ünitesi

Filo gemilerine donatılan kondenser ünitesi, buhar yoğuşturucu kondenser ve yoğuşturucu su toplama tankı olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Buhar yoğuşturucu kondenser sistemde ısıtma işlemini tamamlayan buharın tekrar su fazına geçtiği kısımdır. Bu kısımda geri dönen buhar gemi düşük sıcaklık merkezi soğutma suyu LTCW ile soğutularak tekrar su haline gelir ve yoğuşturucu toplama tankına iner. Yoğuşturucu su toplama tankı üzerinde bir tuzluluk ölçer, bir yağ ölçer, sıcaklık sensörü ve birçok seviye şamandırası bulunduran kapalı bir tanktır. Örnek kondenser ünitesi Şekil 6’da görülmektedir.



Şekil 6. Kondenser ünitesi [URL-2]

2.2.5. Filo Gemilerindeki Besleme Suyu Pompaları

Filo gemilerinde kullanılan besleme suyu pompaları kademeli santrifüj tip pompalardır. Besleme suyu pompaları devre üzerine paralel olacak şekilde 2 adet donatılırlar. Bu pompalardan biri ana pompa olarak kullanılırken diğer pompa yedek bekletilmektedir. Ana pompanın arızalanıp devre dışı kalması durumunda yedek pompa otomatik olarak devreye girer. Bu pompalar elektrik motoru ile tahrik edilmektedir. Sızdırmazlık elemanı olarak mekanik salmastra ile donatılmışlardır. Bu pompaların kapasitesi $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$, maksimum çıkış basıncı 12 bardır.

2.2.6. Filo Gemilerindeki Besleme Suyu Sirkülasyon Pompaları

Filo gemilerinde kullanılan besleme suyu sirkülasyon pompaları, besleme suyu pompalarına benzer şekilde kademeli santrifüj tip pompalardır. Besleme suyu sirkülasyon pompaları devre üzerine paralel olacak şekilde 2 adet donatılırlar. Bu pompalardan biri ana pompa olarak kullanılırken diğer pompa yedek bekletilmektedir. Ana pompanın arızalanıp devre dışı kalması durumunda yedek pompa otomatik olarak devreye girer. Bu pompalar elektrik motoru ile tahrik edilmektedir. Sızdırmazlık elemanı olarak mekanik salmastra ile donatılmışlardır. Bu pompaların kapasitesi $10 \text{ m}^3/\text{h}$, maksimum çıkış basıncı 3 bardır.

2.2.7. Filo Gemilerindeki Besleme Suyu Transfer Pompaları

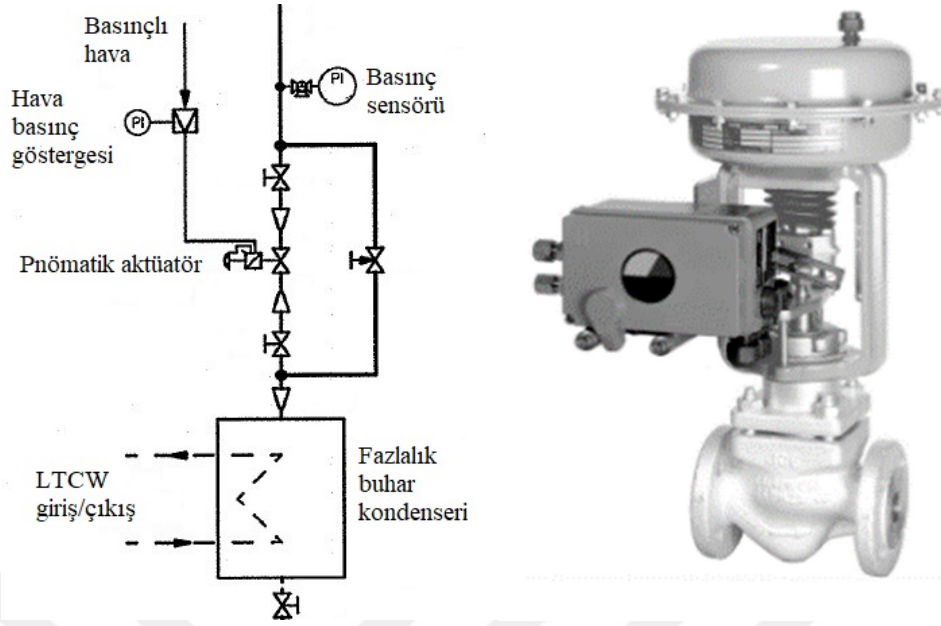
Besleme suyu transfer pompası, besleme suyu tankından yoğunlaşma suyu toplama tankına besleme suyu transferi için donatılan santrifüj tipte bir pompadır ve elektrik motoru ile tahrik edilmektedir. Transfer pompasının kapasitesi 2,5 m³/h, maksimum çıkış basıncı 3 bardır. Bu pompanın kontrolü seviye şamandıraları ile yapılmaktadır.

2.2.8. Filo Gemilerindeki Besleme Suyu Taşıntı Pompaları

Besleme suyu taşıntı pompaları yoğunlaşma suyu toplama tankında toplanan fazla suyu besleme suyu tankına transfer etmek için kullanılmaktadır. Santrifüj tipte ve elektrik motoru ile tahrik edilen bu pompanın kapasitesi 2,5 m³/h, maksimum çıkış basıncı 3 bardır. Taşıntı pompasının kontrolü seviye şamandıraları ile yapılmaktadır.

2.2.9. Filo Gemilerindeki Buhar Basıncı Ayarlama Donanımı

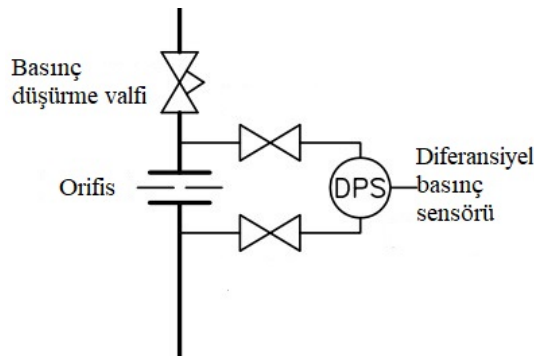
Fazlalık buhar kondenseri filo gemilerinde gemi seyir halinde iken üretilen ihtiyaç fazlası buhar sebebiyle sistemde oluşacak aşırı basıncı sabit tutmak için kullanılmaktadır. Buhar basıncı ayarlama donanımı bir adet fazlalık buhar kondenseri ve onun hemen öncesine yerleştirilen elektronik kontrollü bir pnömatik aktüatörden oluşmaktadır. Gemilere donatılan fazlalık buhar kondenseri 1750 kg/h kapasitededir. Kondenser soğutucu suyu LTCW sisteminden beslenmektedir. Devredeki bu aktüatöre analog pozisyoner adı verilmektedir. Aktüatörün hareketi gemi basınçlı hava sisteminden sağlanmaktadır. Aktüatör, ana buhar devresinden bir basınç sensörü tarafından okunan buhar basınç değerine göre kontrolündeki buhar valfini açarak fazlalık buharı, fazlalık buhar kondenserine yönlendirir. Faz değiştiren ve su haline dönüşür ve buradan besleme suyu tankına dökülür. Analog pozisyoner arızalanması durumunda buhar sisteminin basıncını ayarlamak için bir baypas valfi konuşlandırılmıştır. Sisteme üzerine donatılmış olan buhar basıncı ayarlama donanımı ve pnömatik aktüatör Şekil 7’de görülmektedir.



Şekil 7. Buhar basıncı ayarlama donanımı ve Pnömatik aktüatör (Flensburger Schiffbau Gesellschaft, 1999), (Foxboro Eckart GmbH, 2010)

2.2.10. Filo Gemilerindeki Sabit Sirkülasyon Kontrol Ünitesi

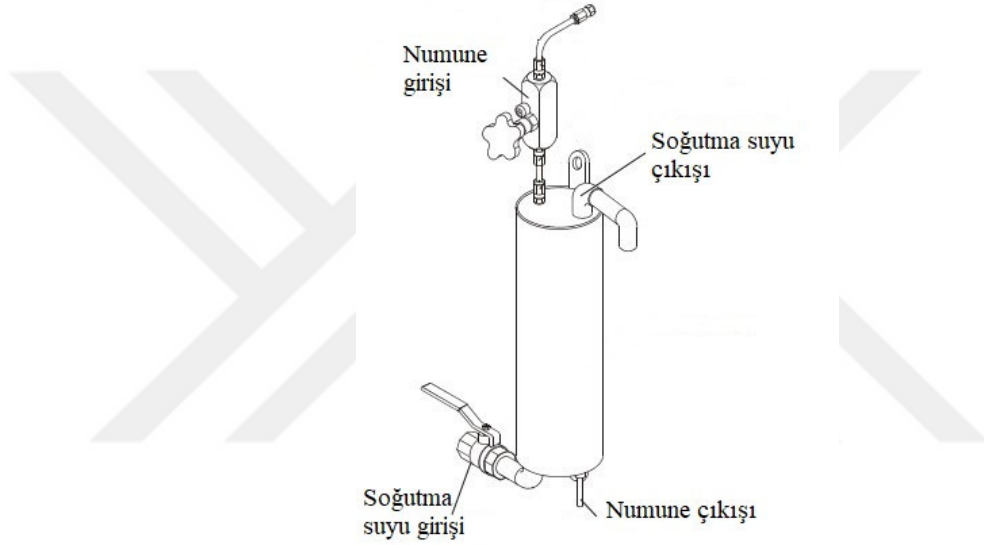
Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi, baca kazanı besleme suyu devresi üzerine besleme suyu sirkülasyon pompaları ile baca kaza arasında yerleştirilen bir donanımdır. Devre üzerindeki iki flanş arasına yerleştirilen bir orifis ve bu orifis öncesi ve sonrasındaki basınç diferansiyel değerini ölçen bir diferansiyel basınç sensöründen oluşmaktadır. Devredeki besleme suyu sirkülasyonunun kapasitesini sürekli olarak takip etmek ve baca kazanını kuru çalışmaktan korumak amacıyla sisteme eklenmiş bir kontrol takip mekanizmasıdır. Örnek bir donanım Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi (Flensburger Schiffbau Gesellschaft, 1999)

2.2.11. Filo Gemilerindeki Numune Suyu Soğutucusu

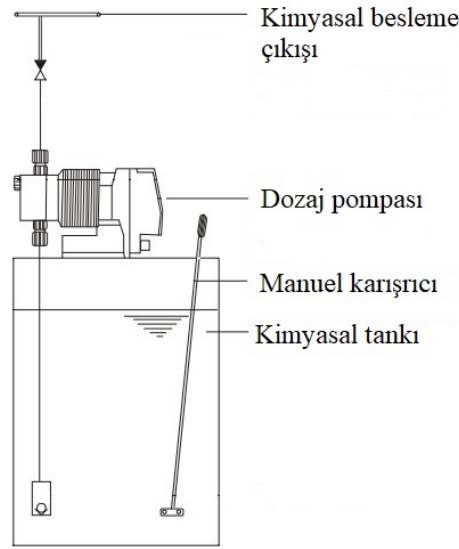
Numune soğutucu, numune almak için tasarlanmıştır. Kazan suyu testi için manuel olarak kazan suyu numunesini emniyetli olarak almak için kazan basıncında gelen suyu soğutarak atmosfer basıncında yine su fazında kalmasını sağlar. Diğer bir deyişle kazan işletme basıncında doymuş halde bulunan kazan suyu soğutulmadan kazan dışına alınmaya çalışılırsa atmosfer basıncında aniden buharlaşacaktır. Bu nedenle numune suyuna soğutma yapılmadan numune alınamaz. Buradaki soğutma işlemi tatlı su ile sağlanmaktadır. Örnek bir kazan suyu numune soğutma donanımı Şekil 9 'da görülmektedir.



Şekil 9. Numune suyu soğutucusu (Flensburger Schiffbau Gesellschaft, 1999)

2.2.12. Filo Gemilerindeki Kimyasal Dozaj Ünitesi

Kimyasal dozaj ünitesi kazan suyunun haftalık olarak yapılan testleri sonucunda kazan suyunun ıslah edilmesi için gerekli ıslah edici kimyasalları kazan suyuna pompalamaya yarayan bir sistemdir. Kapasitesi 8 bar çıkış basıncında 1,4 lt/h olan bu pompanın her atımı 0,13 ml ölçeğindedir. Kazan suyuna düzenli ve küçük atımlarla eklenen ıslah edici kimyasallar kazan suyunun korozif etkisini ve kışır oluşumunun önüne geçilmesini sağlar. Kazan suyu ıslah edici kimyasal haznesi ve dozaj pompasından oluşan örnek bir ünite Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Kimyasal dozaj ünitesi (Aalbog Industries, 2010)

2.3. Filodaki Gemilere Ait Buhar Sistemi Arıza Kayıtları

Bu çalışmada bir deniz ticari filosuna ait 14 adet Ro-Ro tipi gemiye ait arıza kayıtları derlenerek sistemde yaşanan arızaların olasılıkları ve risk oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Filo ait gemiler yaş ve gros tonaj olarak farklılık göstermektedir. Fakat buhar sistemleri eşdeğer kapasitede olup birbirleri ile aynı özelliklere sahiptirler. Buhar sistemlerinin kardeş sistemler olmaları olayları sınıflandırmada ve arızalara ait hatalar ağacının oluşturulmasında daha net bir yaklaşım sergilenebilmesine olanak sunmuştur. Aynı zamanda filoya ait gemiler aynı armatör firmaya ait olup, işletmesinin de armatör firma tarafından yapılıyor olması çalışmada kullanılan verilerinin elde edilmesinde farklı işletme yöntemlerinin olması olasılığını ortadan kaldırmıştır. Eşdeğer gemiler ve aynı işletme prensiplerinin kullanılması elde edilen verilerin daha sağlıklı olmasını sağlamıştır. Gemilere ait bazı bilgiler Tablo 4.'te verilmiştir.

Elde edilen arıza kayıtları armatör firmaya ait 14 adet Ro-Ro tipi geminin tarafından 2002 ve 2022 yılları arasında planlı bakım sistemine (PMS) girilen 296 adet arıza kayıtlarıdır. PMS gemilerin uluslararası emniyetli yönetim sistemi (ISM) gereği kullanılması mecburi olan bir arıza, bakım, tutum takip ve kayıt sistemidir. PMS sistemi gemide yapılması gereken rutin ve periyodik bakımların aksamasını engellemek amacıyla kullanılan bir bilgisayar yazılım programıdır. PMS sistemi hem güverte departmanı hem de makine

departmanı işlerinin takip edildiği kapsamlı bir işletim programıdır. Bu program için gemide bir bilgisayar tesis edilir ve farklı işlerde kullanılmaz.

Tablo 4. Gemiler ait bazı bilgiler

Gemi No:	İnşa Tarihi	Uzunluk	Lane Meter	Gemi Gros tonu
Gemi 1	2001	193	3214	26525
Gemi 2	2002	193	3214	26525
Gemi 3	2002	193	3214	29060
Gemi 4	2005	193	3735	29060
Gemi 5	2006	193	3735	29060
Gemi 6	2005	193	3735	29060
Gemi 7	2005	193	3735	29060
Gemi 8	2008	223	4605	34236
Gemi 9	2008	223	4605	34236
Gemi 10	2009	223	4605	34236
Gemi 11	2010	223	4605	34215
Gemi 12	2013	208	4094	31595
Gemi 13	2019	237	6690	60465
Gemi 14	2019	237	6690	60465

PMS programına şirketin teknik departmanı tarafından da eş zamanlı olarak bağlantı sağlanabilir. Şirket teknik departmanının gemileri merkezi bir sistem üzerinden takip edilmesi gemilerin daha emniyetli işletilmesindeki temel amaçtır. Gemilerde çalışan personelin süresi belli olan kontratlar şeklinde çalışıyor olması PMS kullanılmasının önemini daha da arttırmaktadır. PMS gemi personeline yapılması gereken periyodik işleri hatırlatmasının yanı sıra gemideki yedek malzeme stoğunun takibi ve yaşanan rutin dışı arızaların kayıt altına alınarak teknik departmana iletimi için de kullanılır. Burada şuna dikkat edilmelidir ki PMS'ye girilen arıza kayıtları rutin yaşanan ve çoğu zaman gemi ekibinin kısa müdahale ile sorunu giderebildiği arızalar değildir. PMS'ye girilen arıza kayıtları gemide çözüme kavuşturulamayan veya kavuşturulsa dahi gemi seyir selameti için risk taşıyan arızalar için derlenir. PMS'ye girilen bu arızalar günlük rutin arızalara nispeten daha önemli arızalardır. Arızanın kayıt altına alınmasının geminin uzun süreli işletilmesinde takip edilmesi gereken, gözden kaçırılmaması gereken arızalardır. PMS'den elde edilen arıza

kayıtları orijinal metinlerinde İngilizce dilinde yazılmıştır. Bu kayıtlardan derlenerek elde edilen ve bu çalışma için Türkçe olarak hazırlanan arıza kayıtlarına birkaç örnek Tablo 5.'te verilmiştir. Derlenerek Türkçe'ye çevrilen tüm arıza kayıtları Ek Tablo 1. kısmında verilmiştir.

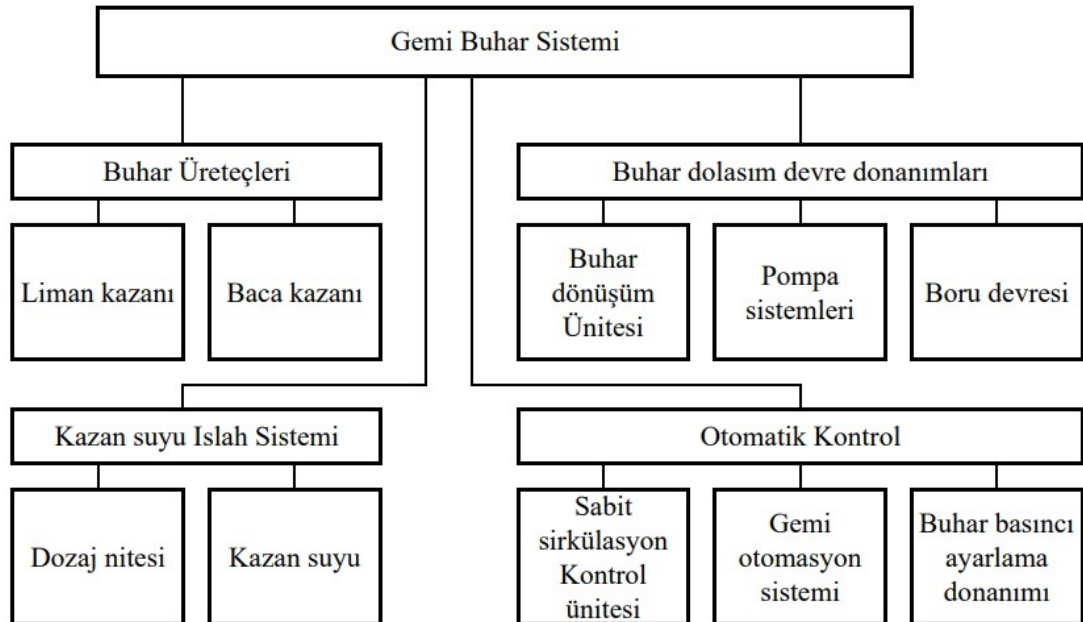


Tablo 5. Örnek arıza raporları

	Arıza tarihi	Arızanın tanımı	Arızanın yeri	Arıza çeşidi	Arıza türü	Olay önceliği	Yedek parça ihtiyaç	Servis ihtiyaç	Gemi adı
1	8.02.2002	Egzoz gaz kazanı sancak ana makine egzoz gazı giriş sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 1
2	14.04.2002	Egzoz gaz kazanı sancak ana makine egzoz gazı giriş sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 1
3	23.04.2002	Liman kazanı ateşleme donanımı fanı parçalan parçalanması sonucu oluşan hasar ve kazanın devre dışı kalması	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 1
4	12.06.2002	Egzoz gaz kazanı sancak ana makine egzoz gazı giriş sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8
5	6.08.2002	Egzoz gaz kazanı iskele ana makine egzoz gazı giriş sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 1
6	7.08.2002	Egzoz gaz kazanı iskele ana makine egzoz gazı çıkış sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 8

2.3.1. Filodaki Gemilere Ait Buhar Sistemi Arızaların Sınıflandırılması ve Sayısal Dağılımı

Araştırma yapılan gemi filosuna ait buhar sistemi arıza kayıtları incelendiğinde yaşanan arızaların buhar sistemin donanımlarının farklı kısımlarında meydana geldiği görülmüştür. Buhar sisteminin merkezi makine dairesi olmasına rağmen sistemin geminin ısıtma ihtiyacı olan her yerine ulaşabilmesi ve ayrıca baca kazanının ana makine egzoz gazı bacası üzerinde oluşu sebebiyle, buhar sistemi gemi üzerinde çok geniş bir alanda yerleşmektedir. Bu sebeple yaşanan arızalar hakkında bazı sınıflandırma yapılması ihtiyacı duyulmuştur. Yapılan sınıflandırma çalışması sonucunda PMS arıza kayıtlarına göre gemiler tarafından bildirilen arızaların buhar sisteminin 4 ana kısmı altında meydana geldiği görülmüştür. Bu dört ana kısım ve alt donanımlar Şekil 10.'da verilmiştir. Arızaların yaşandığı gemiler ve kısımlara ait sayısal dağılımlar Tablo 6.'da verilmiştir. Benzer şekilde arıza kayıtlarına bağlı olarak yapılan çalışmada PMS üzerinden teknik departmana bildirilen bu kayıtlarda arızanın önem durumu, yedek parça talebi ve servis personeli talebi kayıtları da incelenmiştir. Arızaların aciliyet durumları, yedek parça ve servis taleplerinin sayısal dağılımları Tablo 7.'de verilmiştir.



Şekil 10. Gemi buhar sistemi donanımları

Tablo 6. Arızaların gemiler ve sistem kısımlarına göre sayısal dağılımları

Gemi adı	Toplam arıza	Liman kazanı	Baca kazanı	Besleme suyu tankı	Besleme suyu pompaları	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Kondenser ünitesi	Buhar basıncı ayarlama donanımı	Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi	Boru devresi	Dozaj ünitesi	Kazan suyu	Gemi otomasyon sistemi
Gemi 1	23	6	7	-	-	6	-	2	2	-	-	-	-
Gemi 2	16	5	-	-	1	5	-	1	2	2	-	-	-
Gemi 3	23	3	8	-	-	11	1	-	-	-	-	-	-
Gemi 4	45	13	7	-	-	17	1	1	2	2	1	-	1
Gemi 5	39	9	5	-	1	10	4	3	1	4	1	-	1
Gemi 6	27	7	4	1	2	9	2	1	-	-	-	-	1
Gemi 7	15	5	2	-	-	4	1	1	1	-	-	-	1
Gemi 8	34	9	6	-	1	14	-	-	-	3	1	-	-
Gemi 9	3	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Gemi 10	5	-	-	-	-	3	-	1	1	-	-	-	-
Gemi 11	17	2	2	-	-	12	-	-	-	-	-	-	1
Gemi 12	13	3	2	-	-	2	1	1	-	1	-	-	3
Gemi 13	35	13	11	1	-	6	-	-	-	3	-	1	-
Gemi 14	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam arıza sayısı	296	77	54	2	6	99	10	11	9	15	3	1	9

Tablo 7. Arızaların önem ve talep durumları dağılımları

Arızanın yeri	Toplam	Acil	Rutin	Onarım/ Değişim	Yedek parça talep	Servis talep
Liman kazanı	77	33	31	13	64	7
Baca kazanı	54	10	23	21	38	13
Besleme suyu tankı	2	-	1	1	2	-
Besleme suyu pompaları	6	-	5	1	4	-
Besleme suyu sirkülasyon pompaları	99	42	44	13	91	3
Kondenser ünitesi	10	3	7	-	8	1
Buhar basıncı ayarlama donanımı	11	3	7	1	10	-
Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi	9	3	5	1	9	-
Boru devresi	15	5	5	5	9	6
Dozaj ünitesi	3	1	1	1	3	-
Kazan suyu	1	-	-	1	-	-
Gemi otomasyon sistemi	9	5	4	-	9	1
Toplam değer	296	105	133	58	247	31

2.4. Gemilere Ait Buhar Sistemi Arızaların Tanımlanması

Buhar sisteminde yaşanan arızalar belli kısımlar ve belli donanımlar üzerinde yaşanmasına karşın çok farklı kök sebeplerden kaynaklanabilmektedir. Bu sebeple yaşanan arızaların tanımlanması bu başlık altında verilmiştir.

2.4.1. Buhar Üretici Arızaları

Buhar üreticileri filo gemilerinde daha önce tanıtımları yapılmış olan yakıt ateşlemeli liman kazanı ve egzoz gaz ekonomizeri yani baca kazanıdır. Arıza kayıtlarında buhar üreticileri arızaları hakkında 131 adet arıza kaydı olduğu tespit edilmiştir.

2.4.2. Liman Kazanı Arızaları

Değerlendirmesi yapılan PMS arıza kayıtlarına göre filo gemilerinde liman kazanlarında kayıt altına alınmış 77 adet rapor bulunmaktadır.

2.4.3. Liman Kazanı Yapısal Arızaları

Gemilerdeki yakıt ateşlemeli liman kazanlarında, liman kazanı gövdesi ve üzerindeki sabit donanımlara ait 19 adet arıza kaydı bulunmaktadır. Bu arızalar rapor verilerine göre alev borusu çatlaması ve buna bağlı kazan ocağına su kaçağı, liman kazanı besleme suyu giriş devresinde meydana gelen çatlak ve buna bağlı besleme suyu kaçağı, kazan suyu göstergesi camı çatlama su ve buna bağlı su kaçağı, menhol contası hasarı ve buna bağlı su kaçağı, liman kazanı üzerine donatılı valflerin hasarlanması ve kazan boyasının hasarı ve korozyon olarak belirlenmiştir.

2.4.4. Liman Kazanı Ateşleme Mekanizması Arızaları

Araştırma yapılan filo gemilerinde yakıt ateşlemeli kazanlar kullanılmaktadır. HFO ve MGO yakabilme özelliğine sahiptir. Ekonomik sebeplerden dolayı normal operasyonlarda HFO kullanılmaktadır. HFO kullanımı ise meydana gelen arızaları önemli ölçüde arttırabilmektedir. Derlenen arıza raporlarına göre liman kazanı ateşleme mekanizmalarında toplam 42 kez arıza raporlanmıştır. Fakat raporlar incelenirken bazı raporlarda birden fazla arıza raporlandığı görülmüştür, bu nedenle toplam arıza sayısı 48 adettir. Bu arızaların 35 adeti mekanik kökenli arızalardır. Bunlar fan ve kaplin hasarı, yüksek basınçlı yakıt pompası hasarı, difüzör disk hasarı, yakıt nozulu arızası, servomotor dişlilerinin kırılması, alev gözetleme camının kırılması ve ateşleme mekanizmasının taşıyıcı menteşesinin kırılması arızalarıdır. 3 adet arıza ise elektronik servomotorun devre dışı kalması durumudur. 10 adet arıza da elektrik kökenli arızalardır. Elektrik besleme transformatörünün yanması, ateşleme

mekanizması üzerinde elektrik kaçağı, yakıt ön ısıtıcı arızası, ateşleme elektrotu arızası, fan elektrik motorunun yanması, elektrik motoru kontaktör arızası ve ateşleme rölesi arızalarıdır.

2.4.5. Liman Kazanı Emniyet Mekanizması Arızaları

Araştırma yapılan gemilerde yakıt ateşlemeli liman kazanlarında 4 adet emniyet mekanizması arızası görülmektedir. Bu arızalar kazan emniyet valflerinin kaçırması ve ocak içi yakıt/sis detektörü arızası olarak bildirilmiştir.

2.4.6. Liman Kazanı Kontrol/Takip Sitemi Arızaları

Kontrol/takip sistemi gemi üzerindeki donanımların anlık verilerini okuyan ve gemi otomasyon sistemine dijital veriler gönderen sistemlerdir. Bu veriler gemi otomasyon sistemi üzerinde sayısal değerlere dönüşerek hem otomasyon sisteminin hem de makine zabıtlarının tüm makine dairesindeki işletme değerlerini takip etmesini sağlar. Başlıca sistem ekipmanları basınç sensörleri, sıcaklık sensörleri, dijital veri dönüştürücülerdir. Gemi buhar sistemi üzerinde de birçok kontrol/takip donanımı vardır. Buhar sitemi otomatik olarak devrede iken herhangi bir arıza sonucu işletme değerleri dışına çıkan parametreler sistem tarafından gemi otomasyon sistemine gönderilerek işitsel ve görsel uyarıcı alarm verilmesini sağlar. Bu yolla gemi vardiyacı makine zabıtının siteme müdahale etmesi sağlanır. Araştırma yapılan gemilerde ise liman kazanı kontrol/takip sitemi üzerinde toplam 4 adet kontrol/takip sistemi arızası kaydedilmiştir. Bu arızalar su seviyesi sensörü, buhar basıncı sensörü arızası ve akış ölçer arızalarıdır.

2.4.7. Baca Kazanı Arızaları

Değerlendirmesi yapılan PMS arıza kayıtlarına göre filo gemilerinde baca kazanlarında kayıt altına alınmış 54 adet rapor bulunmaktadır

2.4.8. Baca Kazanı Yapısal Arızaları

Baca kazanı yapısal arızaları, baca kazanı gövdesi ve gövde üzerinde sabit olan donanımlarda kayıt altına alınmış arızalardır. PMS kayıtlarına göre 23 adet baca kazanı yapısal arıza yaşanmıştır. Bu arızalar baca kazanı yapısal haznesinde yaşanan çatlamlar,

baca kazanı besleme suyu sirkülasyon devresi girişinde yaşanan ve besleme suyu kaçağına sebep olan hasarlar, baca kazanı boşaltma devresi üzerinde yaşanan çatlamlar ve kazan suyu kaçakları, baca kazanı ısı izolasyon malzemelerinin deforme olması, baca kazanı menholünde yaşanan kazan suyu kaçağı ve baca kazanı egzoz gazı yolunu temizlemek amacıyla kullanılan sabit kurum üfleme donanımında yaşanan hasarlardır.

2.4.9. Baca Kazanı Emniyet Mekanizması Arızaları

Baca kazanı emniyet mekanizması arızaları araştırma yapılan gemilerde 4 kez kayıt altına alınmıştır. Bu arızalarda baca kazanı emniyet valfi kırılarak valf devre dışı kalmıştır. Diğer arızalarda ise emniyet valfi kazanın normal işletme basıncında kontrolsüz olarak buhar kaçırmış ve sitemde aşırı su kaybına neden olmuştur.

2.4.10. Baca Kazanı Kontrol/Takip Sistemi Arızaları

Baca kazanlarına en çok kayıt altına alınan arıza kontrol/takip sistemi arızaları olmuştur. PMS kayıtlarına gemiler tarafından girilen 27 adet baca kazanına ait kontrol/takip sistemi arızaları vardır. Bu arızalar baca kazanı egzoz gazı diferansiyel basınç sensörü arızası, baca kazanı buhar basınç sensörü arızası ve baca kazanı egzoz gazı sıcaklık sensörü arızalarıdır.

2.4.11. Buhar Dolaşım Devre Donanımları Arızaları

Buhar dolaşım devresi başlığı altında buharın üretildiği kazanlar haricinde sistem akışkanının buhar veya su fazında takip ettiği ekipmanlar ele alınmıştır. Bu ekipmanlardan ilki buharın liman kazanından çıktıktan sonra takip ettiği boru devreleri, ısı değiştirici eşanjörler, serpantinler, filtreler ve buhar traplarıdır. İkinci kısım ise buharın yoğunlaşarak suya dönüştüğü buhar dönüşüm ünitesi yani kondenser ve yoğunlaşım suyunun toplandığı besleme suyu tankıdır. Üçüncü aşamada ise besleme suyu tankında toplanan besleme suyunu liman kazanına pompalayan besleme suyu pompaları, liman kazanı ve baca kazanı arasında besleme suyu devir daimi yapma besleme suyu sirkülasyon pompaları pompa sistemleri başlığı altında incelenmiştir. Buhar dolaşım devre donanımlarında kayıt altına alınmış toplam 133 adet arıza kaydı bulunmaktadır.

2.4.12. Boru Devresi Arızaları

Araştırma yapılan gemilerin buhar sistemi boru devrelerinde toplam 15 adet arıza raporlanmıştır. Buhar sistemi boru devresinde yaşanan arızalar ağırlıklı olarak devre yapısal hasarlarıdır.

2.4.13. Boru Devresi Yapısal Arızaları

Buhar sistemi boru devrelerinde toplam 14 adet PMS kaydı görülmektedir. Buhar devrelerindeki hasarlar sonucu yaşana buhar kaçaqları, besleme suyu devrelerinde yaşanan su kaçaqları, kazan suyu borda çıkış valfi arızası, buhar borularında görünen delinmeler, filtre hasarları ve buhar kesme valflerinde görünen arızalar buhar sistemi boru devrelerinde görünen yapısal arızalardır.

2.4.14. Boru Devresi Kontrol/Takip Sistemi Arızaları

Gemi buhar sisteminde 1 kez yaşanmış kontrol/takip sistemi arızası görülmektedir. Bu arıza tank ısıtma devresine otomatik kontrol sağlayan termostatik valf kontrolü arızasıdır.

2.4.15. Buhar Dönüşüm Ünitesi Arızaları

Buhar dönüşüm ünitesi sisteme iş yapmış buharın tekrar kazanlara pompalanabilmesi için buharın tekrar su fazına dönüştürüldüğü kondenser ünitesi ve besleme suyu tankından oluşmaktadır. Bu iki üniteye kayıt altına alınmış 12 adet arıza bulunmaktadır

2.4.16. Kondenser Ünitesi Arızaları

Araştırma yapılan gemilerde kondenser ünitesine ait toplam 10 adet arıza kaydı bulunmaktadır. Bu arızalar kondenser gövdesi ve kondenser ünitesi üzerinde bulunan taşıntı pompası ve transfer pompalarına aittir.

2.4.17. Kondenser Ünitesi Yapısal Arızaları

Filo gemilerinde kondenser ünitelerinde 3 adet arıza kayıt altına alınmıştır. Kondenser borusu delinmesi, kondenser tankı delinmesi ve kondenser ünitesi sensör bağlantı noktasında oluşan hasarlardan kaynaklı kaçaclar bu raporlarda bildirilmektedir.

2.4.18. Kondenser Ünitesi Kontrol/Takip Sistemi Arızaları

Filo gemilerinde görülen kondenser ünitesi kontrol/takip sistemi arızaları 4 kez raporlanmıştır. Bu raporlarda yağ/buhar dedektörü arızası, ısıtma valfi arızası, akış kontrol valfi arızası ve seviye sensörü arızası görülmektedir.

2.4.19. Kondenser Ünitesi Pompa Arızaları

Gemilere ait buhar sisteminde donatılan kondenser ünitelerinde besleme suyu taşıntı pompası ve besleme suyu transfer pompaları bulunmaktadır. Bu pompalara ait bilgiler gemi buhar sisteminin tanıtılması aşamasında verilmişti. Pompa arızaları sistemde kullanılan santrifüj pompaların sabit ve hareketli parçalarında yaşana arızalardır. Besleme suyu taşıntı ve transfer pompalarına dair 3 adet arıza kaydı oluşturulmuştur. Bu kayıtlarda pompa mekanik salmastra ve pompa yatak burcu hasarları ve pompa kapasitesinin düşük olduğu bildirilmektedir.

2.4.20. Besleme Suyu Tankı Kontrol/Takip Sistemi Arızaları

PMS arıza kayıtlarına bakıldığında besleme suyu tanklarında yapısal olarak kayda değer bir arıza yaşanmadığı görülmektedir. Kayıt altına alınan besleme suyu tankı arızaları 2 adet olup kontrol takip sistemi arızasıdır. Bu arızalar 2 adet arıza tank seviyesi sensörü arızalarıdır.

2.4.21. Pompa Sistemleri Arızaları

Pompa sistemleri kısmında besleme suyu pompaları ve besleme suyu sirkülasyon pompaları arızaları ele alınmıştır. Besleme suyu pompaları ve besleme suyu sirkülasyon pompaları gemilerde ikişer adet olarak donatıldığı daha önce belirtilmişti. Bu pompalar PMS

arıza kayıtlarına göre toplam 105 kez kayıt altına alınmıştır. Sayısal olarak yüksek görünen bu rakamdan anlaşılacağı üzere en sık arıza yapan donanımlardır.

2.4.22. Besleme Suyu Pompaları Pompa Arızaları

Filo gemilerindeki besleme suyu pompaları arıza kayıtlarına göre 6 kez arıza kaydı oluşturacak nitelikte sorun yaşatmıştır. Buhar sisteminin önemli bir parçası olan besleme suyu pompaları bilindiği üzere elektrik motoru tahrikli çok kademeli santrifüj pompalardır. Besleme suyu pompalarında kayıt altına alınan herhangi bir elektrik menşeli arıza bulunmazken tüm kayıtlar santrifüj pompa hasarlarıdır. Rapor edilen hasarlar pompa kaplini hasarı, pompa rulman yatak hasarı ve pompa hareketli parçalarının kazıklaması sonucu pompanın devre dışı kalması arızalarıdır.

2.4.23. Besleme Suyu Sirkülasyon Pompaları Arızaları

PMS kayıtlarına bakıldığında besleme suyu sirkülasyon pompaları birim olarak en yüksek raporlama sayısına sahip donanımlar olarak öne çıkmaktadır. Bu pompalar hakkında toplam 99 kez arıza raporu oluşturulduğu görülmektedir. Arıza sayısının yüksek olmasında en ekili faktör bu pompaların kazan işletme basıncında ve doyma sıcaklığındaki kazan suyunu pompalamalarından ve pompa içinde yüksek kavitasyon oluşumundan kaynaklandığı gemi başmühendisleri tarafından bildirilmektedir.

2.4.24. Besleme Suyu Sirkülasyon Pompaları Yapısal Arızaları

Besleme suyu sirkülasyon pompalarında oluşan yapısal arızalar kayıtlara göre 4 kez görülmektedir. Bu arızalar pompa giriş çıkış esnek bağlantı hasarları ve pompa giriş çıkış kapatma valflerinde görülen arızalardır.

2.4.25. Besleme Suyu Sirkülasyon Pompaları Kontrol/Takip Sistemi Arızaları

Besleme suyu sirkülasyon pompaları kontrol/takip sistemi arızaları 2 defa kayıt altına alınmış olup bu arızalar otomatik start ve kontaktör arızalarıdır.

2.4.26. Besleme Suyu Sirkülasyon Pompaları Pompa Arızaları

Araştırma yapılan gemi filosunda besleme suyu sirkülasyon pompaları üzerinde 93 kez pompa hareketli ve sabit parçalarının hasar aldığını gösterir kayıtlar bulunmaktadır. Bildirilen PMS hasar kayıtlarına göre 18 mekanik salmastra hasarı, 11 rulman yatak hasarı, 20 pompa impelleri hasarı, 4 burç yatak hasarı, 15 pompa şaftı hasarı, 20 kaplin hasarı, 7 kez kademeler arası su ve buhar kaçağı arızası, 6 kez pompanın tümüyle kullanılamaz olduğu hasarı, 3 elektrik motoru yanması, 3 kez de pompanın kazıklayarak devre dışı kalması arızası rapor edilmiştir. Arıza sayılarına bakıldığında bazı arızalarda birden fazla hasar olduğu görülmektedir.

2.4.27. Kazan Suyu İslah Sistemi Arızaları

Bir gemi buhar kazanının ve buhar sisteminin uzun ömürlü operasyonu çok önemlidir. Kazanların ve sistemin yapısal olarak uzun süre emniyetle çalışabilmesi için kazan suyunun ıslah edilmesi gerekmektedir. Kazan suyunun kalitesi ise makine zabıtlarının yaptığı haftalık kazan suyu testleri ile takip edilir. Sistemde kullanılan suyun saf su olması veya saf su olarak kalması imkânsızdır. Rutin operasyonlar, buhar kaçaqları, su kaçaqları gibi nedenlerden dolayı buhar sistemine zaman zaman su takviyesi yapılması gerekmektedir. Buhar sistemine sahilden yapılan su takviyesinde kazan suyunun istenen ıslah değerlerinde olması çok zordur. Bu nedenle sistemine yapılacak su eklemesinde daha çok gemi tatlı su üreticinde üretilen su kullanılması önerilir. Gemi tatlı su üretici deniz suyunu önce buharlaştırma ve ardından damıtma işlemi ile tatlı su üretir. Deniz suyundan üretilen bu saf olmaya daha yakındır. Fakat her ne koşulda olursa olsun kazan suyu her zaman kalitesini kaybetmeye devam edecektir. Bu nedenle kazan suyu gerekli görüldüğü hallerde kısmı veya tamamen yenilenmeli ve sürekli olarak kimyasallar ile ıslah edilmelidir. Kazan suyu yenilenmesi kazan suyunun boşaltılması ve yerine yeni su takviyesi yapılması ile sağlanır. Kimyasal eklemesi ile bir kimyasal dozaj pompası ile sistem içindeki suya belli bir dozaj ayarında ve sürekli olarak yapılarak homojen bir ıslah sağlanmaya çalışılır. Kazan suyu ıslah işlemi iki aşamalı olarak yapılır. Birinci aşamada kazan suyunu gazdan arındırma işlemi ile kazan suyu içinde çözünmüş halde bulunan oksijen ve karbonik asitlerden arındırarak korozyonun önlenmeye çalışılmasıdır. İkinci aşama ise kimyasal kullanarak ıslah etme işlemidir. Kimyasal ile ıslah işleminde kazan suyuna fosfat kimyasallar eklenerek su sertliği, alkali kimyasallar eklenerek pH değeri, hidrazin veya azot sülfat eklenerek sudaki oksijen

düzenlenmeye çalışılır. Sistemde görülen korozyon kazan ömrünü kısalttığı gibi, kazan içinde görülen kışır oluşumu da kazan ısı verimini düşürmektedir. Kazan suyu ve besleme suyu istenen normal su kalitesi değerleri Tablo 8.'de verilmiştir. Filo gemilerine ait toplam 4 adet kazan suyu ıslah arızası kaydı bulunmaktadır.

Tablo 8. Kazan suyu ve besleme suyu normal değerleri

Besleme suyu		
pH	d	8,5-9,5
Oksijen O ₂	mg/l	m<0,05
Sertlik	°dH	d<0,1
Yağ	mg/l	d<2
Demir ve bakır Fe,Cu	mg/l	m<0,1
Tuzluluk	mg/l	d<100
Kazan suyu		
pH	d	9-11,5
p-değeri	mval/l	D 5-15
Tuzluluk	mg/l	w<1000
Çözelti ve katı partikül	°Be	w 0,35
Fosfat	mg/l	d 20-40
KMnO ₄	mg/l	m 5000
Hidrazin N ₂ H ₄	mg/l	w 01-03
İletkenlik	µS/cm	d<5000

2.4.28. Dozaj Ünitesi Pompa Arızası

Dozaj pompası arızaları 3 kez kayıt altına alınmıştır. Bu arızalarda dozaj pompası diyaframı hasarı meydana gelmiş ve dozaj pompası gövdesinden kimyasal sızıntısı görülmüştür.

2.4.29. Kazan Suyu Kalitesi Arızası

Araştırma yapılan gemilerde kazan suyu kalitesinin istenen değerler dışına çıkarak tamamen yenilenmesini zorunlu kılan 1 adet arıza kaydı görülmektedir.

2.4.30. Otomatik Kontrol Sistemi Arızaları

Filo gemilerinde sistemin otomatik olarak çalışması ve takip edilebilmesi için birçok sensör ve kontrol donanımı bulunmaktadır. Bu sensörler gemi otomasyon sistemine dijital olarak veriler gönderirler, otomatik kontrol donanımları ise sistemin dengede çalışması için belirlenen çalışma parametreleri içinde hareket ederler. Buhar sistemi ve ilişkili olarak teknik departmana bildirilen 29 adet sistem kontrolü ve otomasyonu arıza kaydı bulunmaktadır. Bu arıza kayıtları sabit sirkülasyon kontrol ünitesi, gemi otomasyon sistemi ve buhar basıncı ayarlama donanımına ait arıza kayıtlarıdır.

2.4.31. Sabit Sirkülasyon Ünitesi Kontrol/Takip Sistemi Arızaları

Gemi buhar sisteminde sabit sirkülasyon kontrol ünitelerine ait 9 adet diferansiyel basınç sensörü arızası bulunmaktadır.

2.4.32. Gemi Otomasyon Sistemi Arızaları

Gemi otomasyon sistemi, geminin insansız makine dairesi sistemi ile donatılmasının bir gereğidir. Makine dairesinde ve geminin bütün gövdesinde makine zabitlerinin kontrolünde olan tüm donanımlar sensörler ile donatılarak çalışma verileri ana otomasyon sisteminde takip edilir. İstenen çalışma parametreleri makine üretici tavsiyeleri ve gemi makine zabitlerince belirlenerek sisteme girilir ve yirmi dört saat kesintisiz takip sağlanır. Aynı zamanda makine dairesinin insansız olduğu zamanlarda gemi salonları, makine zabitlerinin kamaraları ve köprüüstünde bulunan insansız makine dairesi alarına takip ünitelerinde ışıklı ve işitsel alarm verir. Böylece hem kesintisiz takip sağlanmış olur hem de meydana gelen arızaya erken müdahale sağlanmış olur. Gemi buhar sistemi de gemi otomasyon sistemine entegredir. Sistemin takibi ve alarm durumu otomasyon sisteminden takip edilir. PMS kayıtlarına göre araştırma yapılan filo gemilerinde 9 adet otomasyon sistemi arızası kaydı bulunmaktadır.

2.4.33. Gemi Otomasyon Sistemi Sistem Arızaları

Otomasyon sistemi içinde otomatik olarak devreye girmesi gereken pompalara ait 4 adet sistem arızası kayıt altına alınmıştır. Bu kayıtlarda parametreler ve yazılımsal hatalardan dolayı gemide sorun yaşandığı görülmektedir.

2.4.34. Gemi Otomasyon Sistemi Elektrik Besleme Arızaları

Gemi otomasyon sistemi de diğer bütün donanımlar gibi elektrik olarak beslenmesi gerekmektedir. Gemilerde 440 volt, 24volt ve UPS (Kesintisiz güç kaynağı) beslemelerinde yaşanmış 4 adet arıza kaydı bulunmaktadır.

2.4.35. Gemi Otomasyon Sistemi Elektronik Kart Arızaları

Otomasyon sistemi daha önce de belirtildiği gibi sensörler ağı vasıtası ile dijital verileri işleyerek ana otomasyon sistemine bilgi göndermektedir. Bu verilerin işlenmesi için otomasyon devresi üzerinde bulunan elektronik işlemcilere ait kartlar zaman zaman devre dışı kalmaktadır. Filo gemilerinde bu arıza 1 kez kayıt altına alınmıştır.

2.4.36. Buhar Basıncı Ayarlama Donanımı Kontrol Takip İstemi Arızaları

PMS kayıtlarına bakıldığında filo gemilerinde buhar basıncı ayarlama donanımı kontrol/takip sistemi analog pozisyoner arızası zaman zaman meydana geldiği görülmektedir. Analog pozisyonerin devre dışı kalması sonucu buhar basıncı makine zabıtları tarafından manuel olarak baypas valfi üzerinden dengelenmeye çalışılmıştır. Kayıtlara göre gemilerde 11 kez buhar basıncı ayarlama donanımı analog pozisyoner hatası yaşanmıştır.

2.5. Filo Gemilere Ait Buhar Sistemi Arızaların Bayes Ağı Yapısı

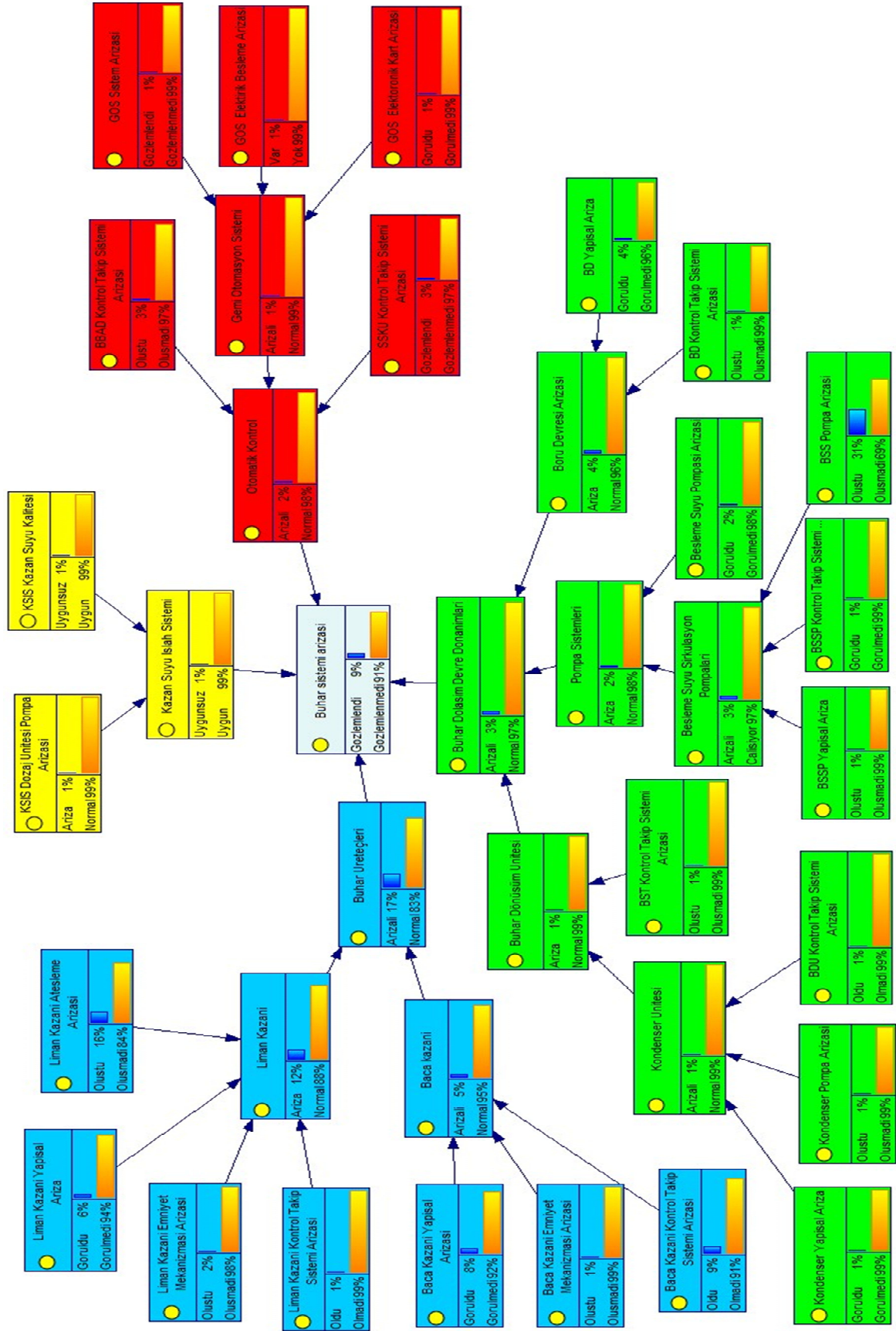
Araştırma yapılan filo gemilerinde yaşanan buhar sistemi arıza kayıtlarının derlenerek sisteme dair risk araştırmasının yapılması için ana çatıya bağlı Bayes ağı oluşturulmuştur. Buhar sisteminde yaşanan arızaların kök düğümleri araştırılmış ve bu kök düğümlerden çocuk düğümler oluşturulmuştur. Kök sebepler araştırılırken buhar sistemi donanımlarında yaşanan arızaların aynı donanım üzerinde dahi farklı farklı sebeplerden meydana geldiği

görülmüştür. Görülen bu farklı sebepler ele alınarak kök sebepler ortaya konmuştur. Örneğin liman kazanında meydana gelen arızalar liman kazanı yapısal arızaları, liman kazanı emniyet mekanizması arızaları, liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları ve liman kazanı kontrol takip sistemi kök arızaları olduğu tespit edilmiştir. Bu koşullar altında oluşturulan Bayes ağı yapısı PMS kayıtlarındaki verilere bağlı olarak düzenlenerek nicel değerler ağı yapısına girilmiştir. Ağ yapısı şeması oluşturulurken GeNIe 4.0 akademik programı kullanılmıştır. Ağ yapısına girilen sayısal değerler üzerinden buhar sistemi arızaları risk değerlendirmesi yapılmıştır. Oluşturulan ağ yapısı Şekil 11.'de verilmiştir. Bayes ağ yapısı oluşturulurken kullanılan kısaltmalar Tablo 9.'da görülmektedir.

Tablo 9. Bayes ağı yapısında kullanılan kısaltmalar

Kazan Suyu Islah Sistemi	KSIS
Buhar Basıncı Ayarlama Donanımı	BBAD
Gemi Otomasyon Sistemi	GOS
Sabit Sirkülasyon Kontrol Ünitesi	SSKU
Boru Devresi	BD
Besleme Suyu Sirkülasyon	BSS
Besleme Suyu Sirkülasyon Pompası	BSSP
Besleme Suyu Tankı	BST
Buhar Dönüşüm Ünitesi	BDU

Bayes ağı yapısına girilen kök sebeplerin nicel değerleri kök sebep oluşma sayısının toplam yaşanan 296 arızaya bölünmesinden elde edilen yüzdelik değer üzerinden yuvarlanarak hesaplanmıştır. GeNIe programının koşturulmasının ardından ortaya çıkan kök düğüm, ara düğüm ve sonuç düğümü olasılık değerleri Tablo10.'da verilmiştir



Şekil 11. Buhar sistemi arızaları Bayes ağı yapısı

Tablo 10. Kök düğüm, ara düğüm ve sonuç düğümlerin olasılık değerleri

Kök düğümler	Olasılık değeri %
Liman kazanı ateşleme mekanizması arızası	16
Liman kazanı yapısal arıza	6
Liman kazanı emniyet mekanizması arızası	2
Liman kazanı kontrol takip sistemi arızası	1
Baca kazanı yapısal arızası	8
Baca kazanı emniyet mekanizması arızası	1
Baca kazanı kontrol takip sistemi arızası	9
Kondenser yapısal arızası	1
Kondenser pompa arızası	1
BDU kontrol takip arızası	1
BST kontrol takip sistemi arızası	1
BSSP yapısal arızası	1
BSSP kontrol takip sistemi arızası	1
BSS pompa arızası	31
Besleme suyu pompası arızası	2
BD kontrol takip sistemi arızası	1
BD yapısal arıza	4
SSKU kontrol takip sistemi arızası	3
GOS elektronik kart arızası	1
GOS elektrik besleme arızası	1
GOS sistem arızası	1
BBAD kontrol takip sistemi arızası	3
KSIS kazan suyu kalitesi	1
KSIS dozaj ünitesi pompa arızası	1
Ara düğümler	Olasılık değeri %
Liman kazanı arızası	12
Baca kazanı arızası	5
Buhar üreteçleri	17
Kondenser ünitesi arızası	1
Buhar dönüşüm ünitesi arızası	1

Tablo 10'un devamı

Besleme suyu sirkülasyon pompaları arızası	3
Pompa sistemleri arızası	2
Boru devresi arızası	4
Buhar dolaşım devre donanımları arızası	3
Gemi otomasyon sistemi arızası	1
Otomatik kontrol arızası	2
Kazan suyu ıslah sistemi arızası	1
Sonuç düğümü	Olasılık değeri %
Buhar sistemi arızası	9

2.6. Gemilere Ait Buhar Sistemi Arızalarının AHP Yöntemi ile Ağırlık Analizi

Analitik hiyerarşi süreci (AHP), bir çoklu karar verme (MCDM) yöntemidir. Bu yöntem Saaty (1977) tarafından geliştirilmiştir (Franek ve Kresta, 2014). Karar verme sürecinde yardımcı olma ve süreci sunma konusunda karar vericiye hiyerarşi, ikili karşılaştırma, karar ölçeklendirme, kriterleri ağırlıklandırma ve en uygun değişkenin seçiminde faydalı fonksiyonların hesaplamasında yardımcı olur (Franek ve Kresta, 2014). Yöntem temel olarak problem modelleme, ağırlık değerlendirme, ağırlık toplama ve hassasiyet analizi içerir. AHP, araştırmacıya kriterlerin hiyerarşik yapıya yerleşmesine müsaade etme ve ağırlıklandırmada önemli kriterlerin ve alt kriterlerin odaklanmasında yardımcı olma avantajına sahiptir (Franek ve Kresta, 2014). Bayes ağı çalışmasında hem kök düğümlerin hem de koşullu olasılıkların hesaplanması gereklidir. AHP karar vericinin hem nitel hem de nicel değerlendirmeyi çok kriterli bir sıralamaya dönüştürmesine izin verir. Karar vericiler tarafından yapılan değerlendirmelerin tutarlılığı hesaplanabildiği için oldukça güvenilirdir. Koşullu olasılıkların hesaplanmasında n sayıda ebeveyn düğüm içeren bir çocuk düğüm için 2^n sayıda hesaplama gerekmektedir (Bayazit ve Kaptan, 2023). Bu metod birkaç temel adımdan oluşur. Birincisi, karar verme problemini analiz etmek ve daha küçük parçalara bölmektir. İkinci olarak, her kriter için ikili bir karşılaştırma matrisi oluşturulur. Üçüncü adım, kriterlerin göreceli ağırlıklarının hesaplanmasıdır. Son adım, karar vericinin değerlendirmelerinin tutarlılığını kontrol etmektir. Problemin tanımlanması,

karar için gerekli ölçütler belirlenerek öncelikleri tespit edilir. Hiyerarşik yapı oluşturulması, en üstte temel hedef bulunur. Altta ise temel ölçütler ve daha altta ise alt ölçütler yerleştirilir. İkili karşılaştırmalı matris oluşturulur. Faktörler arası karşılaştırma matrisi, $n \times n$ boyutlu bir kare matristir. Bu matrisin köşegeni üzerindeki matris bileşenleri 1 değerini alır. Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenler, yani $i=j$ olduğunda, 1 değerini alır. Çünkü bu durumda ilgili faktör kendisi ile karşılaştırılmaktadır. Faktörlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılır. Formül (5), karşılaştırma matrisi oluşturmak için kullanılır (Aguarón vd., 2020).

$$a_{ij} \times a_{ji} = 1 \quad (5)$$

Dördüncü aşamada karşılaştırma matrisleri normalize edilir. Matristeki her elemen kendi sütün toplamına bölünerek normalize edilmiş olur. Bu durumda normalize edilen matrisin her sütün toplamı 1 olur.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Beşinci aşamada öncelik vektörü hesaplanır. Normalize edilmiş matrisin her bir satır toplamı matrisin boyutuna bölünür ve ortalaması alınır. Bulunan bu ağırlık öncelik vektörünü oluşturur.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n a'_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Aşağıda baca kazanı ara düğümüne ait AHP hesaplaması örnek olarak Tablo 11., Tablo 12., Tablo 13. Ve Tablo 14.'da verilmiştir. Hesaplama sonucunda ortaya çıkan baca kazanı kök sebepleri ağırlık etki dereceleri ise Tablo 14.'te görülmektedir. Diğer tüm düğümlere ait AHP hesaplamaları Ek Tablo 2. kısmında verilmiştir.

Baca kazanı örnek AHP hesaplaması

Baca kazanı yapısal arıza olasılığı %7

Baca kazanı kontrol takip sistemi arıza olasılığı %9

Baca kazanı emniyet mekanizması arızası olasılığı %1

Tablo 11. Baca kazanı kök sebepleri ikili karşılaştırmalı matrisi

	Yapısal arıza	Emniyet mekanizması arızası	Kontrol takip sistemi arızası
Yapısal Arıza	1,00	7,00	1,00
Emniyet mekanizması arızası	0,14	1,00	0,11
Kontrol takip sistemi arızası	1,00	9,00	1,00
Sütün toplamı	2,14	17,00	2,11

Tablo 12. Baca kazanı kök sebepleri ikili karşılaştırmalı matrisi normalizasyonu

	Yapısal arıza	Emniyet mekanizması arızası	Kontrol takip sistemi arızası
Yapısal Arıza	0,47	0,41	0,47
Emniyet mekanizması arızası	0,07	0,06	0,05
Kontrol takip sistemi arızası	0,47	0,53	0,47
Normalize toplamı	1,00	1,00	1,00

Tablo 13. Baca kazanı kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü

	Yapısal arıza	Emniyet mekanizması arızası	Kontrol takip sistemi arızası	Satır toplamı	APOAH Değerlendirilen etki oranı
Yapısal Arıza	0,5	0,4	0,5	1,4	0,451
Emniyet mekanizması arızası	0,07	0,06	0,05	0,2	0,059
Kontrol takip sistemi arızası	0,47	0,53	0,47	1,5	0,490

Tablo 14.Baca kazanı kök sebepleri ağırlık etki dereceleri

Baca Kazanı		Emniyet mekanizması arızası	Kontrol takip sistemi arızası	Kontrol takip sistemi arızası
Arızalı %	Normal %			
100	0	Oluştı	Görüldü	Oldu
55	45	Oluşmadı	Görüldü	Oldu
94	5	Oluştı	Görülmedi	Oldu
49	51	Oluşmadı	Görülmedi	Oldu
51	49	Oluştı	Görüldü	Olmadı
6	94	Oluşmadı	Görüldü	Olmadı
45	55	Oluştı	Görülmedi	Olmadı
0	100	Oluşmadı	Görülmedi	Olmadı

Buhar sistemi arızaları risk değerlendirmesi araştırmasında oluşturulan Bayes ağı düğümlerinde, ebeveyn düğümlerin çocuk düğümler üzerindeki etkisini gösteren APOAH değerlendirmesi sonuçları Tablo 15.'te verilmiştir

Tablo 15. APOAH değerlendirmesi sonuçları

	Kök sebepler	APOAH değerlendirmesi
Baca kazanı kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	Yapısal arıza	0,451
	Emniyet mekanizması arızası	0,059
	Kontrol takip sistemi arızası	0,490
Liman kazanı kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	Yapısal arıza	0,230
	Emniyet mekanizması arızası	0,079
	Kontrol takip sistemi arızası	0,040
	Ateşleme mekanizması arızası	0,651
Buhar üreteçleri kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	Liman kazanı arızası	0,800
	Baca kazanı arızası	0,200
Kazan suyu ıslah sistemi kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	Dozaj ünite pompa arızası	0,750
	Kazan suyu kalitesi	0,250

Tablo 15'in devamı

Kondenser ünitesi kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	Yapısal arıza	0,333
	Pompa arızası	0,333
	Kontrol takip sistemi arızası	0,333
Buhar dönüşüm ünitesi kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	BST kontrol takip sistemi arızası	0,170
	Kondenser ünitesi arızası	0,830
Besleme suyu sirkülasyon pompa kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	BSSP yapısal arıza	0,030
	BSSP kontrol takip sistemi arızası	0,030
	BSSP pompa arızası	0,939
Pompa sistemleri arızası kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	Besleme suyu sirkülasyon pompa arızası	0,780
	Besleme suyu pompası arızası	0,220
Boru devresi arızası kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	BD yapısal arıza	0,930
	BD kontrol takip sistem arızası	0,070
Buhar dolaşım devre donanımları arızası kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	Buhar dönüşüm ünitesi arızası	0,10
	Pompa sistemleri arızası	0,80
	Boru devresi arızası	0,10
Gemi otomasyon sistemi arızası kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	GOS sistem arızası	0,44
	GOS elektrik besleme arızası	0,44
	GOS elektronik kart arızası	0,11
Otomatik kontrol arızası kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	SSKU kontrol takip sistemi arızası	0,33
	Gemi otomasyon sistemi arızası	0,33
	BBAD kontrol takip sistemi arızası	0,33
Buhar sistemi arızası kök sebepleri ağırlık öncelik vektörü	Buhar üreteçleri	0,44
	Buhar dolaşım devre donanımları	0,44
	Otomatik kontrol	0,11
	Kazan suyu ıslah sistemi	0,01

2.7. Gemilere Ait Buhar Sistemi Arızalarının Hassasiyet Analizi

Hassasiyet analizi hata ağacında bulunan kök ve ara düğümlerin sonuç düğümüne etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir testtir. Bu analiz yapılırken yine GeNle 4.0 programı kullanılmaktadır. Analiz esnasında sonuç düğümü olan buhar sistemi arızasının varlığı %100 gözlemlendi ve %100 gözlemlenmedi olacak şekilde programda manuel değişiklik yapılmaktadır. Manuel olarak yapılan %100 gözlemlendi ve %100 gözlemlenmedi durumlarında kök ve ara düğümlerin arıza oluşturma olasılıklarındaki nicelik farkları kaydedilir. Arızanın gözlemlenmesi ve gözlemlenmemesi durumları arasındaki fark hesaplanarak hassasiyet tablosu oluşturulur. Bu çalışmada araştırılan kök sebeplerin sonuç düğümüne etkisini gösteren hassasiyet tablosu Tablo 15.'te verilmiştir.

Tablo 16. Buhar sistemi arızaları hassasiyet analizi

Kök düğümler	0%	100%	Fark
Liman Kazanı Yapısal Arıza	5	12	7
Liman Kazanı Emniyet Mekanizması Arızası	2	3	1
Liman Kazanı Kontrol Takip Sistemi Arızası	1	1	0
Liman Kazanı Ateşleme Arızası	12	56	44
Baca Kazanı Yapısal Arızası	8	10	2
Baca Kazanı Emniyet Mekanizması Arızası	1	3	2
Baca Kazanı Kontrol Takip Sistemi Arızası	7	26	19
Kondenser Yapısal Arıza	1	1	0
Kondenser Pompa Arızası	1	1	0
BDU Kontrol Takip Sistemi Arızası	1	1	0
BST Kontrol Takip Sistemi Arızası	1	1	0
BSSP Yapısal Arıza	1	1	0
BSSP Kontrol Takip Sistemi Arızası	1	1	0
BSS Pompa Arızası	31	31	0
Besleme Suyu Pompası Arızası	2	3	1
BD Kontrol Takip Sistemi Arızası	1	1	0

Tablo 16'nın devamı

BD Yapısal Arıza	3	17	14
SSKU Kontrol Takip Sistemi Arızası	3	4	1
GOS Elektronik Kart Arızası	1	1	0
GOS Elektrik Besleme Arızası	1	1	0
GOS Sistem Arızası	1	1	0
BBAD Kontrol Takip Sistemi Arızası	3	4	1
KSIS Kazan Suyu Kalitesi	1	1	0
KSIS Dozaj Ünitesi Pompa Arızası	1	1	0
Ara düğümler			
Liman Kazanı	7	61	54
Baca Kazanı	3	27	24
Buhar Üreteçleri	10	84	74
Buhar Dönüşüm Ünitesi	1	2	1
Kondenser Ünitesi	1	2	1
Besleme Suyu Sirkülasyon Pompaları	3	4	1
Pompa Sistemleri	2	3	1
Boru Devresi Arızası	2	17	15
Buhar Dolaşım Devre Donanımları	2	19	17
Gemi Otomasyon Sistemi	1	1	0
Otomatik Kontrol	2	5	3
Kazan Suyu Islah Sistemi	1	1	0

Yapılan hassasiyet analizi sonucunda buhar sistemi arızasında kök düğümlerde en yüksek hassasiyet faktörü %44 fark ile liman kazanı ateşleme mekanizması olarak tespit edilmiştir. İkinci en yüksek hassasiyet faktörü %19 fak ile baca kazanı kontrol takip sistemi arızası ve üçüncü olarak da %14 fark ile boru devresi yapısal arızaları olarak belirlenmiştir. Ara düğümlerde en yüksek hassasiyet faktörü %74 ile buhar üreteçleri arızası olarak belirlenmiştir. Ara düğümlerde ikinci en yüksek hassasiyet faktörü %54 ile liman kazanı arızası, üçüncü en yüksek hassasiyet faktörü ise %24 fark ile baca kazanı arızası olarak belirlenmiştir.

2.8. Liman Kazanı Ateşleme Mekanizması Arızalarının İncelenmesi

Yapılan çalışmada gemi buhar sistemine en yüksek etkide risk oluşturabilecek sebep olarak liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları olarak belirlenmiştir. Fakat burada ateşleme mekanizmasının da kendi içinde karmaşık bir yapıya sahip olduğu, işletme açısından farklı bir sistematikte çalıştığı ve incelenen PMS raporlarında farklı tipte arızaların kayda geçtiği görülmüştür. Bu sebeple liman kazanı ateşleme mekanizması arızalarının da kendi içinde incelenmesi gerektiği düşünülmüştür. Liman kazanı ateşleme mekanizması hakkında kayda geçen 42 adet arıza raporu incelenerek bu raporlar içinde 48 adet hasar olduğu belirlenmiştir. Rapor sayısı ve hasar sayısı arasındaki fark ise gemilerden gelen raporların bazılarında birbiri ile ilişkili birden fazla hasarın tek raporda kayıt altına alınmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumun açıklığa kavuşturulması için liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları hata ağacı metodu (Fault tree analysis, FTA) ile incelenmiştir.

2.8.1. Hata Ağacı Analizi Metodu (Fault Tree Analysis, FTA)

Hata ağacı, (FTA) metodu istenmeyen bir olayın tanımlanması için kullanılan sistematik bir risk analizi yöntemidir. Ana olayın kök sebeplerin tanımlanmasının ardından, istenmeyen olayın belirlenmesi için kullanılır (Şenol vd., 2015). Hata ağacı analizi ‘tepe olay’ olarak adlandırılan, sisteme ait hataların sonuçları değerlendirilerek kurulan bir tasarımsal güvenilirlik analizi tekniğidir. Analiz, ilgili tepe olayın hangi alt olay ya da olaylardan kaynaklandığını tespit ederek ilerler. Analiz sonucunda sistem ve sisteme ait bileşenlerin hatalarını doğuran istenmeyen bir olayı temel alarak bunların arasındaki mantıksal bağlantının gösterildiği diyagramdır. Hata ağacı aynı anda sisteme ait tüm tehlike olaylarını kapsayamaz. Bir tepe olayı tümdengelim yaklaşımı ile inceleyerek kök sebepleri ve ara olayları irdeler (Esenduran, 2018).

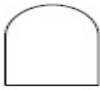
Hata ağacı metodu denizcilik araştırmalarında da sıkça kullanılan bir analiz yöntemidir. Fakat araştırmacılar daha çok deniz kazaları üzerine yoğunlaşmaktadır. Gemi makineleri ve sistemleri hakkında sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılabilmektedir.

Hata ağacının oluşturulmasında analizin ilk aşaması tepe olayının belirlenmesidir. Analiz ile tepe olayın oluşma olasılığı belirlenir. Tepe olayı oluşturabilecek faktörler ve nedenleri ile birbirleri arasındaki bağıntılar değerlendirilir. Tespitler sonucunda faktörler arasındaki ilişkiler kapı olarak adlandırılan sembollerle gösterilir (Özkan,2020).

Hata ağacı analizi yöntemi altı aşamada inşa edilir.

1. Aşama: Problemin ve sınırlarının tanımlanması. Tepe olayın kritikliği fiziksel sınırlar, başlangıç koşulları ve harici yükler dâhilinde tanımlanması
2. Aşama: Hata ağacı analizi modelinin yapılandırılması. Hata olaylarının ve hata olaylarının değerlendirilmesi.
3. Aşama: En kısa kesim ve bağlantıların belirlenmesi.
4. Aşama: Hata ağacının niceliksel analizi.
5. Aşama: Modelin sayısal değerlendirmesi. Tepe olayın olasılığı ve basit olayların güvenilirliği.
6. Aşama: Raporlama (Şenol vd., 2015)

Tablo 17. Hata ağacı sembol ve kapı tablosu

	Basit olay	Meydana gelme olasılığı ve güvenilirliği bilinen temel olay
	Koşullu olay	Bir olayın meydana gelmesi bir başka olayın meydana gelmesi koşuluna bağlı olan olay
	Gelişmemiş olay	Bir sistemin henüz geliştirilmemiş bir kısmını temsil eden bir temel olay
	VEYA kapısı	Çıkışın aktif olması için giriş olaylarının herhangi birinin meydana gelmesi yeterli olan kapı
	VE kapısı	Çıkışın aktif olması için giriş olaylarının tümünün meydana gelmesi gerekli olan kapı
	Çoğunluk oylama kapısı	Çıkış, toplam n girişten m veya daha fazla giriş koşulu ile çıkışı aktif olan kapı

Tablo 17'nin devamı

	DEĞİL kapısı	Çıkış olayı yalnızca giriş olayı oluşmadığında aktif olan kapı
	ÖZEL VEYA (XOR) kapısı	Aynı anda girişlerden sadece bir tanesi aktif olduğunda çıkışı aktif olan kapı
	NOR	Giriş olayları gerçekleşmezse çıkışı aktif olur
	NAND	Çıkışın, giriş olaylarından en az biri aktif olmadığında oluşur

Hata ağacı analizi metodu kullanılarak yapılan değerlendirmelerde kapılar ile birbirine bağlanan kök olaylar ve ara olaylar arasındaki olasılık değerleri matematiksel olarak değerlendirilir. Hata ağacının oluşturulmasında kullanılan hata ağacı sembol ve kapı tablosu Tablo 16.'da görülmektedir.

Hata ağacı analizi metodu ile çalışma yapılırken nicel ve nitel durumlar kullanılabilir. Kantitatif analiz, hata ağacında derlenen sebeplerin ve alt sebeplerinin nicelik olarak belirlenip incelenmesidir. Hata ağacı analizinde her bir sebep ve alt sebeplerinin gerçekte uygulanabilir olması zorunludur. Hata ağacı analizinde kullanılan kantitatif analizle belirlenen olasılıklar ile nedenler ve üst olasılıkla arasındaki ilişkinin olasılığı nicel olarak hesaplanmaktadır.

Kalitatif analiz, hata ağacında derlenen sebeplerin ve alt sebeplerinin nitel olarak belirlenip incelenmesidir. Hata ağacı analizinde kantitatif analiz ile yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan verilerin üst olayı meydana getirme nedenleri arasındaki ilişki kalitatif analiz ile açıklanabilir (Aslan, 2022) (Uğurlu, 2011).

Burada temel (basit) olayın olma olasılığı;

$$\text{Temel olay olma olasılığı} = \frac{\text{Temel olay sayısı}}{\text{Toplam olay sayısı} \times \text{Ortalama yıl}} \quad (8)$$

formülü ile hesaplanmaktadır (Aslan, 2022).

Temel olay olma olasılığı, temel olayın meydana gelme olasılığıdır. Temel olay sayısı meydana gelmiş olay sayısıdır. Bu çalışmada temel olay olma sayısı buhar sistemi arıza raporları içinden seçilen ve liman kazanı ateşleme mekanizması arızalarına konu olan kök olayların meydana gelme sayısıdır. Toplam olay sayısı her bir temel olayın toplamında meydana gelen olay sayısıdır. Bu çalışmada toplam olay sayısı liman kazanı ateşleme mekanizması arızalarının toplam sayısıdır. Ortalama yıl ise olayların meydana geldi yıl aralığını ifade etmektedir. Bu çalışmada ortama yıl sayısı PMS den elde edilen arıza kayıtlarının derlendiği 2002 ve 2022 yılları arası geçen 20 yıldır.

Hata ağacı analizi metodunda sonuçların değerlendirilmesi için kesme seti, en düşük kesme seti ve yol seti adı verilen terimler kullanılmaktadır. Kesme seti (Cut set) olayın tüm alt olayların meydana gelmesi durumunda üst olayın gerçekleşeceğini açıklayan herhangi bir hata ağacı grubunu ifade etmektedir. En düşük kesme seti (Minimal cut set, MCS) ise tüm alt olayların meydana gelmesi durumunda üst olayın gerçekleşeceğini açıklayan en küçük hata ağacını ifade eder. Yol seti (Path set) hata ağacını başlatan grup olarak ifade edilmektedir (Aslan, 2022).

Hata ağacının kesme kümelerinin belirlenmesi ve analizin daha kolay yapılabilmesi için Boolean matematiği temel alınmıştır. Boolean matematiği temel kural ve teoremleri Tablo 18’de verilmiştir

Tablo 18. Boolean matematiği sembolleri ve farklı disiplinlerdeki karşılıkları (Serçe, 2023)

Operasyon	Olasılık	Matematik	Mantık	Mühendislik
A ve B Birleşimi	A veya B	$A \cup B$	$A \vee B$	$A+B$
A ve B Kesişimi	A ve B	$A \cap B$	$A \wedge B$	$A.B$ veya AB
A’nın tamamlayıcısı	A değil	A' veya $\bar{A}$	$\neg A$	A' veya $\bar{A}$

Hata ağacı analizi yönteminde olayların birbirleri ile ilişkilerini belirleyen VE ve VEYA kapıları bulunmaktadır. VE kapısı altında bulunan olayların birlikte meydana gelmesi ile üst olayın gerçekleşebileceği durumları tanımlamaktadır. VEYA kapısı ise

altında bulunan olayların herhangi birinin meydana gelmesi durumunda üst olayın gerçekleşebileceği durumları tanımlamaktadır.

Temel olaylar için VE kapısı ile bağlanan olaylarda üst olayın meydana gelme olasılığı

$$P(T) = \prod_{i=1}^N P(X_i) \quad (9)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

VEYA kapısı ile bağlanan olaylarda ise üst olayın meydana gelme olasılığı

$$P(T) = 1 - \prod_{i=1}^N \{1 - P(X_i)\} \quad (10)$$

olarak hesaplanmaktadır.

2.8.2. Liman Kazanı Ateşleme Mekanizması Arızalarının FTA Modeli

Gemi buhar sistemi arızaları analizinde veri tabanlı Bayes ağı metodu kullanılmıştır. Burada yapılan analizler ve risk belirlenmesinde en yüksek risk olasılığı liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları olarak ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, liman kazanı ateşleme mekanizması arızaların sistem için yüksek risk faktörü oluşturması, ateşlememe mekanizması arızalarının daha da derinden incelenmesi ve kök sebeplerinin belirlenmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Kök sebeplerin daha detaylı belirlenmesi için derlenen arıza raporları tekrar incelenerek sadece liman kazanı ateşleme mekanizması ile ilgili olan raporlar yeniden düzenlenmiştir. Bu raporların tekrar sınıflandırılması sonucunda mekanizma ile ilgili arızaların mekanik kökenli, elektrik kökenli ve elektronik kökenli arızalar olduğu belirlenmiştir.

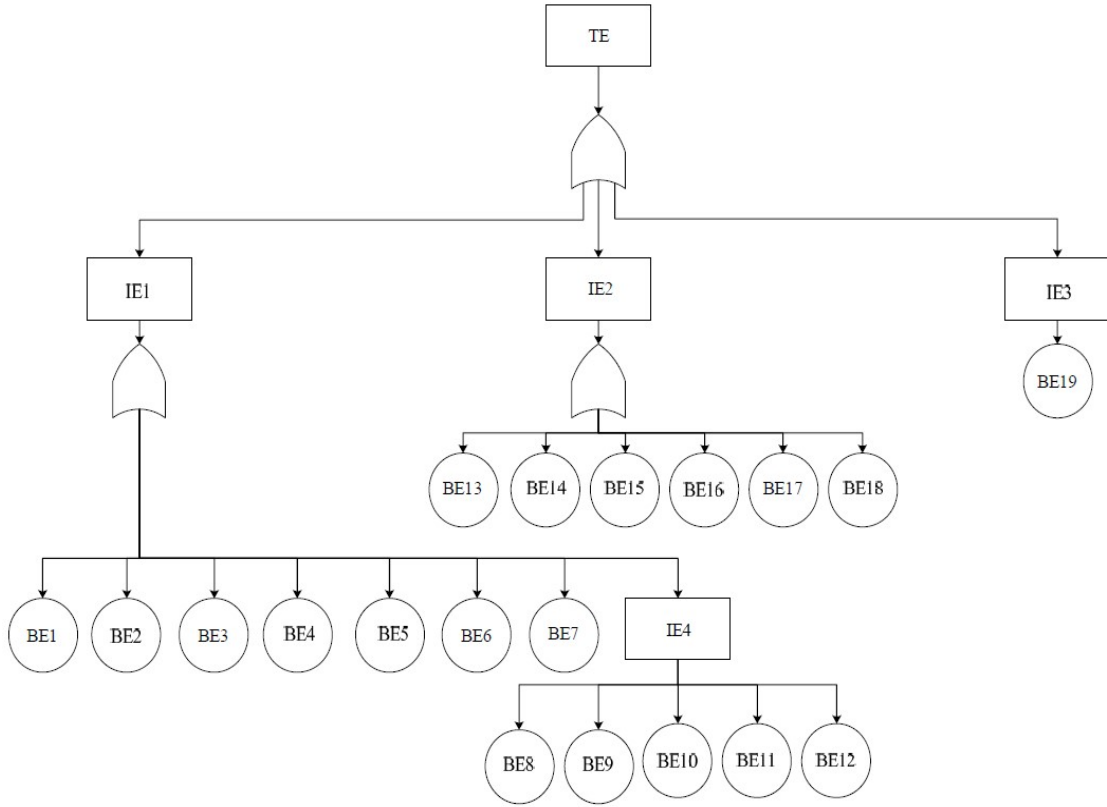
Yapılan sınıflandırma sonucunda liman kazanı ateşleme mekanizması arızalarına ait 42 adet arıza kaydının oluşturulduğu görülmüştür. Fakat bu arıza kayıtlarının bazılarında birden fazla arıza raporlandığı belirlenmiştir. Bu nedenle toplam ateşleme mekanizması arızası sayısı 48 adete ulaşmıştır. Bu arızaların 35 tanesi mekanik, 10 tanesi elektrik ve 3 tanesi elektronik arızalardır. Arızalara dair sayısal dağılım Tablo 19.'de verilmiştir.

Tablo 19. Liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları sayısal dağılımı

Ateşleme mekanizması fan hasarı		4
Ateşleme mekanizması fan kaplini hasarı		1
Ateşleme mekanizması difüzör disk hasarı		1
Ateşleme mekanizması yakıt nozulu hasarı		2
Ateşleme mekanizması servomotoru dişli hasarı		2
Ateşleme mekanizması gözetleme camı kırılması		1
Ateşleme mekanizması menteşesi kırılması		2
Ateşleme mekanizması yüksek basınçlı yakıt pompası arızası	Mekanik salmastra hasarı	14
	Transmitter hasarı	1
	Pompa kapasitesi düşük kalması	3
	Pompa şaft hasarı	2
	Pompa kaplin hasarı	2
Ateşleme mekanizması transformatör arızası		2
Ateşleme mekanizması elektrik kaçağı		1
Ateşleme mekanizması yakıt ısıtıcı arızası		1
Ateşleme mekanizması ateşleme elektrotu arızası		3
Ateşleme mekanizması elektrik motoru yanması		2
Ateşleme mekanizması ateşleme rölesi yanması		1
Ateşleme mekanizması servomotru devre dışı kalması		3

Ateşleme mekanizması arızalarını hata ağacı analiz metodu ile incelenmesi esnasında temel olaylar, ara olaylar ve tepe olayı Tablo 20.'de verilmiştir. Olaylara dair düzenlenen hata ağacı Şekil 12.'de verilmiştir. Liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları incelenirken hata ağacı diyagramı çizilmesi için Edraw Max programı kullanılmıştır. Hata ağacı verilerinin işlenmesi için ise OpenFTA isimli program kullanılarak sebepler ve ara olayların tepe olaya etkisi belirlenmiştir. OpenFTA programı kullanımında olayları analiz ederken program menüsü üzerinden minimal kesme seti ve Monte Carlo simülasyonu kullanılmaktadır. Monte Carlo simülasyonu olaylar arasındaki neden-sonuç ilişkilerini hesaplayarak değişik durumlar karşısında sistemin gerçeğe uygun davranışlar sergileyebilmesini dijital ortamda izlemeyi sağlayan bir modelleme tekniğidir (Yıldırım, 2012). Monte Carlo simülasyonu farklı güvenilirlik indekslerinin beklenen değerleri

simülasyonu metodudur (Zhou vd., 2011). Hata ağacı analizi metodu ile oluşturulan bir model olaylar arasındaki mantıksal ilişkilerin açıklanmasını sağlar. Her olayı tanımlayan güvenilirlik indeksleri oluşturmak için sıralı bir Monte Carlo simülasyonu benimsenmelidir (Li vd., 2019).



Şekil 12. Liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları FTA ağacı

Tablo 20. Hata ağacı olay diyagramı tablosu

Kod	Olay
BE1	Ateşleme mekanizması fan hasarı
BE2	Ateşleme mekanizması fan kaplini hasarı
BE3	Ateşleme mekanizması difüzör disk hasarı
BE4	Ateşleme mekanizması yakıt nozulu hasarı
BE5	Ateşleme mekanizması servomotoru dişli hasarı
BE6	Ateşleme mekanizması gözetleme camı kırılması
BE7	Ateşleme mekanizması menteşesi kırılması

Tablo 20'nin devamı

BE8	Mekanik salmastra hasarı
BE9	Transmitter hasarı
BE10	Pompa kapasitesi düşük kalması
BE11	Pompa şaft hasarı
BE12	Pompa kaplin hasarı
BE13	Ateşleme mekanizması transformatör arızası
BE14	Ateşleme mekanizması elektrik kaçağı
BE15	Ateşleme mekanizması yakıt ısıtıcı arızası
BE16	Ateşleme mekanizması ateşleme elektrotu arızası
BE17	Ateşleme mekanizması elektrik motoru yanması
BE18	Ateşleme mekanizması ateşleme rölesi yanması
BE19	Ateşleme mekanizması servomotru devre dışı kalması
IE1	Mekanik arızalar
IE2	Elektrik arızalar
IE3	Elektronik arızalar
IE4	Ateşleme mekanizması yüksek basınçlı yakıt pompası arızası
TE	Liman kazanı ateşleme mekanizması arızası

Liman kazanı ateşleme mekanizması arızalarının FTA metodu ile irdelenmesi esnasında programa girilen temel olay olma olasılık verileri ve Open FTA programı üzerinden koşturulan veriler sonucunda tepe olaya etki eden alt olayların olasılık değerleri Tablo 21.'de verilmiştir.

Tablo 21. Liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları FTA olasılık tablosu

Olay	Temel olay olma olasılığı	Minimal kesme seti olasılığı	Tepe olay olasılığı
BE1	0,004167	0,004167	0,05000
BE2	0,001042	0,001042	0,01101
BE3	0,001042	0,001042	0,01451
BE4	0,002083	0,002083	0,01297

Tablo 21'in devamı

BE5	0,002083	0,002083	0,08425
BE6	0,001042	0,001042	0,04137
BE7	0,002083	0,002083	0,01578
BE8	0,014583	0,014583	0,04752
BE9	0,001042	0,001042	0,01142
BE10	0,003125	0,003125	0,02204
BE11	0,002083	0,002083	0,03417
BE12	0,002083	0,002083	0,04242
BE13	0,002083	0,002083	0,04181
BE14	0,001042	0,001042	0,03228
BE15	0,001042	0,001042	0,01908
BE16	0,003125	0,003125	0,08319
BE17	0,002083	0,002083	0,00000
BE18	0,001042	0,001042	0,00000
BE19	0,003125	0,003125	0,00000
Tepe olay olma olasılığı kesin değeri			0,04891

İşlenen değerler ve koşturulan OpenFTA programı hesaplamalarının ardından tepe olay, yani liman kazanı ateşleme mekanizması arızasının meydana gelme olasılığı 0,04891 olarak ortaya çıkmıştır. Programdan alınan diğer verilere göre ortaya koyulan öncelikli olay analizi ve bu olayların hata dağılımı ve önem değerleri Tablo 22.'de verilmiştir.

Tablo 22. Liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları öncelikli olay analizi

Olay	Hata dağılımı	Önem %
BE1	0,004167	8,52
BE2	0,001042	2,13
BE3	0,001042	2,13
BE4	0,002083	4,26
BE5	0,002083	4,26
BE6	0,001042	2,13

Tablo 22'nin devamı

BE7	0,002083	4,26
BE8	0,014583	29,81
BE9	0,001042	2,13
BE10	0,003125	6,39
BE11	0,002083	4,26
BE12	0,002083	4,26
BE13	0,002083	4,26
BE14	0,001042	2,13
BE15	0,001042	2,13
BE16	0,003125	6,39
BE17	0,002083	4,26
BE18	0,001042	2,13
BE19	0,003125	6,39

Open FTA programı üzerinden son olarak Monte Carlo simülasyonu çalıştırılarak tepe olaya sebebiyet verebilecek olaylar zincirleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Hesaplama sonucunda ortaya çıkan il 40 adet kombinasyon verileri Tablo 23.' de verilmiştir.

Tablo 23. Liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları Monte Carlo simülasyon sonuçları

Sıralama	Hata modu	Tahmini hata	Olasılık	Önem %
1	BE8	2787	0,013632	27,87
2	BE1	817	0,003996	8,17
3	BE10	630	0,003081	6,30
4	BE19	607	0,002969	6,07
5	BE16	603	0,002949	6,03
6	BE13	435	0,002127	4,35
7	BE4	426	0,002083	4,26
8	BE11	425	0,002078	4,25
9	BE5	419	0,002049	4,19
10	BE7	410	0,002005	4,10

Tablo 23'ün devamı

11	BE12	398	0,001946	3,98
12	BE17	397	0,001941	3,97
13	BE15	223	0,001090	2,23
14	BE9	221	0,001080	2,21
15	BE14	214	0,001046	2,14
16	BE18	203	0,000992	2,03
17	BE3	196	0,000958	1,96
18	BE2	189	0,000924	1,89
19	BE6	186	0,000909	1,86
20	BE16 BE8	14	0,000068	0,14
21	BE8 BE5	10	0,000048	0,10
22	BE7 BE8	10	0,000048	0,10
23	BE11 BE8	8	0,000039	0,08
24	BE19 BE8	8	0,000039	0,08
25	BE4 BE8	6	0,000029	0,06
26	BE13 BE8	5	0,000024	0,05
27	BE1 BE8	5	0,000024	0,05
28	BE12 BE8	5	0,000024	0,05
29	BE1 BE16	4	0,000019	0,04
30	BE1 BE11	4	0,000019	0,04
31	BE10 BE8	4	0,000019	0,04
32	BE10 BE6	3	0,000014	0,03
33	BE14 BE8	3	0,000014	0,03
34	BE11 BE5	3	0,000014	0,03
35	BE1 BE12	3	0,000014	0,03
36	BE10 BE7	3	0,000014	0,03
37	BE17 BE7	3	0,000014	0,03
38	BE8 BE9	3	0,000014	0,03
39	BE6 BE8	3	0,000014	0,03
40	BE1 BE13	3	0,000014	0,03

3. BULGULAR VE İRDELEME

Bu çalışmada gemi buhar kazanlı ısıtma sisteminde yaşanabilecek arızalara karşı bir farkındalık yaratmak amacıyla, buhar sisteminde yaşanan arızalar ele alınarak bir risk haritası ortaya konmuştur. Hali hazırda ticari faaliyet sürmekte olan bir deniz ticari filosu tarafından kayıt altına alınan buhar sistemi arıza kayıtları şirketin PMS arşivinden alınarak incelenmiş ve sisteme dair meydana gelen arızalar sınıflandırılarak kök düğümlerden başlayarak sonuç düğümüne ulaşacak bir arızalar algoritması ortaya konmuştur. Bu arızalar kayıtlarda incelenerek sayısal dağılımları ve olasılık riskleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada arızalar öncelikle Bayes Ağı metodu ile incelenmiştir.

Yapılan Bayes ağı çalışmasında sisteme ait 296 adet arıza raporu derlenerek, 24 adet kök düğüm, 12 adet ara düğüm ve sonuç düğümünden meydana gelen Bayes ağı yapısı ortaya konmuştur. Başlangıç olasılık değerleri adı geçen buhar sistemi arızalarının sayıları üzerinden hesaplanarak girilmiştir. İlk aşamada yapılan bu metotta sistemde meydana gelen arızalardan hangisinin en yüksek değerde riskli olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır.

Filo gemilerinde kayıt altına alınan arızaların sayısal değerleri Tablo 6.'da verilmiştir. Burada en yüksek sayıda yaşanan arıza besleme suyu sirkülasyon pompası arızası (99 kayıt) olarak belirlenmiştir. Daha sonra sırası ile liman kazanı arızaları (77 kayıt) ve baca kazanı (54 kayıt) arızaları en çok meydana gelen ikinci ve üçüncü arızalar ortaya çıkmıştır.

Bayes ağının oluşturulması ve arızaların risk değerlerinin hesaplanması için GeNIe 4.0 akademik yazılımı kullanılmıştır. Kök düğümlerin olasılık değerlerinin girilmesinin ardından GeNIe 4.0 yazılımı çalıştırılarak buhar sistemi arızaları için en yüksek risk faktörü içeren donanımlar ortaya konmaya çalışılmıştır. Oluşturulan Bayes ağındaki her bir düğümün ağırlığını hesaplamak için AHP metodu kullanılmıştır. Yapılan ağırlık analizi sonucunda her bir düğümün ağırlık öncelik vektörü hesaplanmıştır. Ortaya çıkan APOAH değerleri Tablo 14.' te verilmiştir. Yapılan ağırlık analizinin ardından GeNIe 4.0 yazılımı kullanılarak düğümler için hassasiyet analizi yapılmıştır. Yapılan analizin sonucunda elde edilen hassasiyet değerleri Tablo 15.'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sonuç düğüm olan buhar sistemi arızası risk değeri %9 olarak bulunmuştur. Buhar kazanlı ısıtma sisteminin bileşenleri içinde yapılan risk değerlendirmesinde ise en yüksek değer ara düğümler için sırası ile buhar üreteçleri %74, liman kazanı %54 ve baca kazanı %24 olarak ortaya çıkmıştır. Kök düğümler için ise en yüksek risk değeri sırası ile liman kazanı ateşleme

mekanizması arızası %44, baca kazanı kontrol takip sistemi arızası %19 ve boru devresi yapısal arızası %14 olarak hesaplanmıştır.

Liman kazanı ateşleme mekanizması (oil fired burner) arızalarının sistem üzerindeki risk faktörünün %44 gibi yüksek bir değerde olması, bu mekanizmaya dair kayıt altına alınan arızaların tekrar incelenerek, mekanizma üzerinde meydana gelen arızaların daha detaylı şekilde ortaya konması ihtiyacını doğurmuştur. PMS üzerinden elde edilen liman kazanı ateşleme mekanizması arıza kayıtları tekrar incelenmiş ve bu arızalar kendi içinde sınıflara ayrılarak FTA metodu ile incelenmiştir. Liman kazanı ateşleme mekanizması arızaları için oluşturulan hata ağacı OpenFTA programı kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. FTA çalışması sonucu ortaya çıkan liman kazanı ateşleme mekanizması arızası risk değeri %4,891 olarak hesaplanmıştır. Ateşleme mekanizması arızasına sebebiyet veren temel olayların önem analizi sonucunda ise en yüksek değer %29,81 ile liman kazanı ateşleme mekanizması yüksek basınçlı yakıt pompası mekanik salmastra hasarı olarak bulunmuştur. İkinci olarak %8,52 ile liman kazanı ateşleme mekanizması fan hasarı olarak ortaya çıkmıştır. Üçüncü en yüksek değer %6,39 değeri ile liman kazanı ateşleme mekanizması yüksek basınçlı yakıt pompası kapasitesinin düşük kalması arızası, liman kazanı ateşleme mekanizması ateşleme elektrodu arızası ve liman kazanı ateşleme mekanizması servomotorunun devre dışı kalması arızalarıdır. Bu bulguların yanında liman kazanı ateşleme mekanizması arızalarının %45'i arıza raporlarında acil, %35'si rutin ve %20'si onarım/değişim olarak belirtilmektedir. Bu arızaların %95'inde yedek parça talep edilmiştir.

Yapılan inceleme metotları sonuçlarının yanı sıra elde edilen veriler sonucunda gemiler tarafından bildirilen arıza raporlarının 105 adetinin acil olarak bildirildiği görülmektedir. Diğer arıza kayıtları ise 133 adet arıza rutin, 58 adet arıza onarım/değişim olarak görülmektedir. Yaşanan arızaların %35'i acil olması gemi buhar sisteminde yaşanan arızaların önemine dikkat çekmektedir.

Yedek parça talebi içeren raporlar incelendiğinde ise 247 adet raporda arızaya dair yedek parça talebinin yapıldığı görülmektedir. Bu da %83'lük bir orana tekabül etmektedir ki hem yedek parça maliyeti hem de arızanın emniyetle giderilmesi için gemi üzerindeki yedek parça stoğunun dikkatle takip edilmesinin önemine dikkat çekmektedir. Yedek parça storundaki tüm yedek parçaların sayısının dikkatle takip edilmesi ve geminin rutin seyirleri esnasında mevcut yedek parçaların muhtelif sebeplerle zayi olmasının önüne geçilmelidir. Aynı zamanda geminin seyir ve liman koşulları göz önüne alındığında yedek parça tedarikinin de zorlukları ve talep ile tedarik arasına geçen zaman iyi hesaplanmalıdır.

Servis talebi açısından bakıldığında 31 adet raporda yaşanan arızalar için servis talebi yapıldığı görülmektedir. Servis talebi yapılan arıza raporları %10 gibi düşük bir rakam gibi görülse de gemi personeli tarafından çözülemeyecek kadar büyük arızaların da yaşanabildiğini görülmektedir. Servis ekibinin gemiye gelmesi seyir halindeyken mümkün olamayacağı gibi yanaşılan liman devleti koşullarına da bağlı olarak her zaman gerçekleşmeyebilir. Sorunun daha da büyümesi ve daha büyük zararlara sebebiyet vermesi kaçınılmaz olabilir. Bu nedenle gemi personeli buhar sistemi de dahil olmak üzere tüm makine sistemleri hakkında yüksek bilgi ve yaşanabilecek sorunlara karşı farkındalık sahibi olmalıdır. Sorunlar henüz meydana gelmeden eğer varsa fark edilen ön belirtiler dikkatle izlenmeli ve sorunlar meydana gelmeden sistem koşulları daha uygun şekle getirilmeye çalışılmalıdır.

Literatürde yapılan araştırmada gemi buhar sistemi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmuştur. Bu yayınlarda yapılan çalışmalarda daha çok uzman görüşlerine dayalı çalışmalar yapılmıştır. Buhar sistemi genel olarak ele alınmamış ve daha çok buhar kazanları araştırmaları üzerine yoğunlaşmıştır. Literatürde bulunan gemi buhar sistemi arızaları üzerine yapılmış diğer çalışmalar ile yapılan karşılaştırmalar aşağıda özetlenmiştir.

Başhan ve Demirel (2019) yaptıkları çalışmalarında gemi kazanlarının en yaygın kritik operasyonel arızalarını irdeledikleri çalışmalarında en yüksek değerlerde risk gördükleri buhar kazanı arızasının kazan basıncının oluşmasının uzun süre alması olduğunu ortaya koymuşlardır. Fakat yaptıkları çalışmada, bu çalışmadan farklı olarak tüm gemi buhar sistemi üzerinde değil sadece kazan üretici firmasının kullanma kitabında öngördüğü 15 adet arıza üzerinde DEMATEL metodu ile çalışmışlardır.

Gemi buhar kazanları üzerine yaptıkları çalışmalarında Ahmed ve Gu (2020) 30 farklı kazan arızasını ele alarak ve uzman görüşlerine dayanarak yaptıkları çalışmalarında en yüksek risk faktörü olarak gaz ve yakıt borusu kaçaklarını riskli bulduklarını ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada ise benzer olarak liman kazanı ateşleme mekanizması yüksek basınçlı yakıt pompası kaçaklarının sistem üzerinde etkili miktarda arıza kaydı olarak girildiği görülmektedir.

Adumene ve Nitonye (2018) gemi buhar sistemi arızaları üzerinde yaptıkları çalışmalarında gemi buhar kazanlarında meydana gelebilecek kaza ve patlamaları irdelemişlerdir. Uzman görüşlerine dayalı olarak yaptıkları çalışmalarında en yüksek riskin yüksek kazan basıncı ve sensör hatası olduğunu belirtmemişlerdir. Bu çalışmada ise yüksek basınçtan korunmak üzere kazanlara donatılan emniyet valflerinin az da olsa arızalandığı

görülmektedir. Aynı zamanda bazı sensör ve otomasyon sisteminde de hatalar meydana geldiği ortaya konmuştur. Fakat yüksek sayıda arıza kaydı görülmemiş ve en yüksek değerde riskli görülmemiştir.

Hoang (2017) gemi sistemleri arızalarını değerlendirdiği çalışmasında uzmanlara danışarak ve bulanık mantık kullanarak yaptığı çalışmasında gemi buhar sistemini, değerlendirmeye 17 adet gemi sistemi içinde 7. Sırda riskli sistem olarak bulmuştur. Bu çalışmaya bakıldığında da gemi buhar sistemi arızalarının sıklıkla meydana geldiği görülmektedir. Bununla birlikte çalışmada da belirtildiği gibi, çalışmada derlenen arıza kayıtları gemi PMS kayıtlarından alınan arıza kayıtlarıdır. Bu kayıtlar yedek parçaya veya servis desteğine ihtiyaç duyulan ya da sistemin ve geminin emniyetini riske atacak nispeten daha önemli arızalardır. Arızaya müteakiben personelin müdahalesi ile giderilen ve PMS'ye arıza kaydı olarak girilmeyen küçük arızalar da düşünüldüğünde gemi buhar sistemi yüksek özen ve tecrübe isteyen bir sistem olarak düşünülmelidir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada kullanılan PMS kayıtlarına göre buhar sistemi istatistiksel değerleri elde edilmiştir. Filo gemilerinde yaşanan arızalarının istatistiksel değerleri incelendiğinde besleme suyu sirkülasyon pompalarının en çok arıza yaşanan donanın olduğu belirlenmiştir. İkinci sırada liman kazanı ve üçüncü olarak ise baca kazanının en çok arıza yaşanan donanım olduğu belirlenmiştir.

İkinci aşamada buhar sistemi arızaları veri tabanlı bir Bayes Ağı modeli ile incelenmiştir. Yapılan incelemenin sonucunda gemi buhar kazanlı ısıtma sistemi risk değerlendirmesi yapılmıştır. Oluşturulan modelde buhar sisteminin donanımları hakkında bir arıza haritası ortaya konmuştur. Bayes Ağı modelinin oluşturulması ve arıza olasılık değerlerinin GeNIe 4.0 programı ile koşturulmasının ardından modelin sonuç düğümü olan ‘Buhar sistemi arızası’ olasılığı %9 olarak bulunmuştur. Programın koşturulması sonucunda kök ve ara düğümlerin de hassasiyet analizi elde edilmiştir. Yapılan hassasiyet analizi sonucunda buhar sistemi arızasında kök düğümlerde en yüksek hassasiyet değeri sırası ile ‘Liman kazanı ateşleme mekanizması arızası’, ‘Baca kazanı kontrol takip sistemi arızası’ ve ‘Boru devresi yapısal arızaları’ olarak belirlenmiştir. Ara düğümlerde en yüksek hassasiyet faktörü ‘Buhar üreteçleri arızası’ olarak belirlenmiştir. İkinci en yüksek hassasiyet faktörü ‘Liman kazanı arızası’ ve üçüncü en yüksek hassasiyet faktörü ‘Baca kazanı arızası’ olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın son aşamasında ise liman kazanı ateşleme mekanizması arızalarının büyük oranda riskli bulunması sonucunda ateşleme mekanizması arızaları hakkında daha detaylı bir inceleme yapılmıştır. Liman kazanı ateşleme mekanizması hakkında raporlanan arızaların detayları ortaya konmuştur. Ateşleme mekanizmasına dair arızalar Hata Ağacı Analizi metodu ile incelenmiştir. Oluşturulan veri tabanlı FTA modeli OpenFTA bilimsel programı kullanılarak koşturulmuş ve çalışmanın sonucunda tepe olay olan ‘Liman kazanı ateşleme mekanizması arızası’ risk değeri %4,891 olarak bulunmuştur. Ateşleme mekanizması arızasına sebebiyet veren temel olayların önem analizi sonucunda ise ilk sırada ‘Liman kazanı ateşleme mekanizması yüksek basınçlı yakıt pompası mekanik salmastra hasarı’ bulunmuştur. İkinci olarak ‘Liman kazanı ateşleme mekanizması fan hasarı’ ve üçüncü sırada ‘Liman kazanı ateşleme mekanizması yüksek basınçlı yakıt pompası kapasitesinin düşük kalması arızası’ bulunmuştur.

Bu çalışmada bir ticari yük gemisi üzerine donatılan buhar kazanlı ısıtma sisteminde yaşanan arızaların olasılık değerleri ve risk haritası elde edilmiştir. Yirmi yıllık bir arıza arşivine dayalı olarak yapılan bu çalışmada gemi buhar sistemin en riskli donanımı liman kazanı ateşleme mekanizması olduğu bulunmuştur. Ateşleme mekanizması içinde de en riskli parça yüksek basınçlı yakıt pompası mekanik salmastrası olarak ortaya konmuştur.

Gelecekteki çalışmalarda gemi yardımcı sistemleri üzerine veri tabanlı olarak yapılabilecek risk değerlendirme çalışmaları önü açık araştırma konuları olacaktır.



5. KAYNAKLAR

Aalborg Industries, 2010, Instruction Manual for AQ-7 Boiler

Adumene, S. ve Nitonye, S. (2018). Application of Probabilistic Model for Marine Steam System Failure Analysis under Uncertainty. *Open Journal of Safety Science and Technology*, 08(02), 21–34. doi:10.4236/ojsst.2018.82003

Alfa Laval, 2010, Instruction Manual for BH Boiler

Aguarón, J., Escobar, M. T., Moreno-Jiménez, J. M. ve Turón, A. (2020). The triads geometric consistency index in ahp-pairwise comparison matrices. *Mathematics*, 8(6). doi:10.3390/math8060926

Ahmed, S. ve Gu, X. C. (2020). Accident-based FMECA study of Marine boiler for risk prioritization using fuzzy expert system. *Results in Engineering*, 6(November 2019), 100123. doi:10.1016/j.rineng.2020.100123

Ahmed, S., Li, T., Huang, S. ve Cao, J. (2023). Dynamic and quantitative risk assessment of Cruise ship pod propulsion system failure : An integrated Type-2 Fuzzy-Bayesian approach. *Ocean Engineering*, 279(April), 114601. doi:10.1016/j.oceaneng.2023.114601

Aslan, B. (2022). Van Gölü'nde Gerçekleşen Kazaların Hata Ağacı Analizi ve Denizcilik Faaliyetleri. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

Aydin, M., Akyuz, E., Turan, O. ve Arslan, O. (2021). Validation of risk analysis for ship collision in narrow waters by using fuzzy Bayesian networks approach. *Ocean Engineering*, 231(May), 108973. doi:10.1016/j.oceaneng.2021.108973

Başhan, V. ve Demirel, H. (2018). Evaluation of Critical Operational Faults of Marine Diesel Generator Engines by Using DEMATEL Method. *Journal of ETA Maritime Science*, 6(2), 119–128. doi:10.5505/jems.2018.24865

Başhan, V. ve Demirel, H. (2019). Application of Fuzzy Dematel Technique to Assess Most Common Critical Operational Faults of Marine Boilers. *Journal of Polytechnic*, 0900(3), 545–555. doi:10.2339/politeknik.426644

Bayazit, O. ve Kaptan, M. (2023). Evaluation of the risk of pollution caused by ship operations through bow-tie-based fuzzy Bayesian network. *Journal of Cleaner Production*, 382(July 2022), 135386. doi:10.1016/j.jclepro.2022.135386

Cao, Y., Wang, X., Wang, Y., Fan, S., Wang, H., Yang, Z., ... Shi, R. (2023). Analysis of factors affecting the severity of marine accidents using a data-driven Bayesian network. *Ocean Engineering*, 269(December 2022), 113563. doi:10.1016/j.oceaneng.2022.113563

- Cebi, S., Celik, M., Kahraman, C. ve Er, I. D. (2009). An expert system towards solving ship auxiliary machinery troubleshooting: SHIPAMTSOLVER. *Expert Systems with Applications*, 36(3 PART 2), 7219–7227. doi:10.1016/j.eswa.2008.09.060
- Ceylan, B. O. (2023). Shipboard compressor system risk analysis by using rule-based fuzzy FMEA for preventing major marine accidents. *Ocean Engineering*, 272(February), 113888. doi:10.1016/j.oceaneng.2023.113888
- Demirel, H. (2021). An Evaluation of Human Error Probabilities for Critical Failures in Auxiliary Systems of Marine Diesel Engines. *Journal of Marine Science and Application*, 20(1), 128–137. doi:10.1007/s11804-020-00153-3
- Esenduran, T. (2018). Güvenlik Bütünlük Seviyesi Analizi, Değerlendirilmesi ve Belirlenmesi. İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Flensburger Schiffbau Gesellschaft, 1999, Diagram of the steam and condensate system
- Foxboro Eckart GmbH, 1999, Master Instruction SPI990 Analog Positioner
- Franek, J. ve Kresta, A. (2014). Judgment Scales and Consistency Measure in AHP. *Procedia Economics and Finance*, 12(March), 164–173. doi:10.1016/s2212-5671(14)00332-3
- Haimes, Y. Y. (2009). On the definition of resilience in systems. *Risk Analysis*, 29(4), 498–501. doi:10.1111/j.1539-6924.2009.01216.x
- Hoang, N. (2017). Fuzzy Methods In Risk Estimation Of The Ship System Failures Based On The Expert Judgments, *Journal of KONBiN 43 (2017)*, DOI 10.1515/jok-2017-0058
- Jones, B., Jenkinson, I., Yang, Z. ve Wang, J. (2010). The use of Bayesian network modelling for maintenance planning in a manufacturing industry. *Reliability Engineering and System Safety*, 95(3), 267–277. doi:10.1016/j.ress.2009.10.007
- Kamal, B. ve Çakır, E. (2022). Data-driven Bayes approach on marine accidents occurring in Istanbul strait. *Applied Ocean Research*, 123(April), 103180. doi:10.1016/j.apor.2022.103180
- Kamal, B. ve Kutay, Ş. (2021). Assessment of causal mechanism of ship bunkering oil pollution. *Ocean and Coastal Management*, 215. doi:10.1016/j.ocecoaman.2021.105939
- Kaptan, M. (2019). Teknolojinin Gemi Kazalarının Oluşumundaki Yeri Ve Öneminin Analizi. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Karatuğ, Ç. ve Arslanoğlu, Y. (2022). Importance of early fault diagnosis for marine diesel engines: a case study on efficiency management and environment. *Ships and Offshore Structures*, 17(2), 472–480. doi:10.1080/17445302.2020.1835077
- Kjærulff, U.B., Madsen, A.L. (2013). Sensitivity Analysis. In: Bayesian Networks and Influence Diagrams: A Guide to Construction and Analysis. Information Science and

Statistics, vol 22. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5104-4_10

- Knežević, V., Orović, J., Stazić, L. ve Čulin, J. (2020). Fault tree analysis and failure diagnosis of marine diesel engine turbocharger system. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(12), 1–19. doi:10.3390/jmse8121004
- Kutay, Ş. ve Kamal, B. (2022). Assessment of marine diesel engine crankshaft damages. *Ships and Offshore Structures*, 17:9, 2130-2139, DOI: 10.1080/17445302.2022.2050522
- Li, K., Yang, Q., Cui, Z., Zhao, Y. ve Lin, S. (2019). Reliability Evaluation of a Metro Traction Substation Based on the Monte Carlo Method. *IEEE Access*, 7, 172974–172980. doi:10.1109/ACCESS.2019.2957151
- Li, H., Ren, X. ve Yang, Z. (2023). Data-driven Bayesian network for risk analysis of global maritime accidents. *Reliability Engineering and System Safety*, 230(July 2022). doi:10.1016/j.ress.2022.108938
- Matellini, D. B., Wall, A. D., Jenkinson, I. D., Wang, J. ve Pritchard, R. (2013). Modelling dwelling fire development and occupancy escape using Bayesian network. *Reliability Engineering and System Safety*, 114(1), 75–91. doi:10.1016/j.ress.2013.01.001
- Nguyen, H. (2017). Fuzzy Methods in Risk Estimation of the Ship System Failures Based on the Expert Judgments. *Journal of Konbin*, 43(1), 393–403. doi:10.1515/jok-2017-0058
- Özkan, E. (2020). Bir Asetilen Üretim Tesisinin Patlama Riski Açısından Fonksiyonel Güvenlik Analizi. Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Pristrom, S., Yang, Z., Wang, J. ve Yan, X. (2016). A novel flexible model for piracy and robbery assessment of merchant ship operations. *Reliability Engineering and System Safety*, 155, 196–211. doi:10.1016/j.ress.2016.07.001
- Sarıalioğlu, S., Uğurlu, Ö., Aydın, M., Vardar, B. ve Wang, J. (2020). A hybrid model for human-factor analysis of engine-room fires on ships: HFACS-PV&FFTA. *Ocean Engineering*, 217(September). doi:10.1016/j.oceaneng.2020.107992
- Senol, Y. E., Aydogdu, Y. V., Sahin, B., ve Kilic, I. (2015). Fault Tree Analysis of chemical cargo contamination by using fuzzy approach. *Expert Systems with Applications*, 42(12), 5232–5244. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.027>
- Serçe, Ç. (2023). Gemi Turboşarjır Sisteminin Risk ve Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi. İ.T.Ü., Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Sevgili, C., Fiskin, R. ve Cakir, E. (2022). A data-driven Bayesian Network model for oil spill occurrence prediction using tankship accidents. *Journal of Cleaner Production*, 370(June). doi:10.1016/j.jclepro.2022.133478

- Steyvers, M., Tenenbaum, J. B., Wagenmakers, E. J. ve Blum, B. (2003). *Inferring causal networks from observations and interventions. Cognitive Science (C. 27)*. doi:10.1016/S0364-0213(03)00010-7
- Töz, A., Büber, M., Köseoğlu, B. ve Şakar, C. (2022). Analysis of Collision Accidents in Maritime Transportation By Fta Method. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 8(1), 15–30. doi:10.52998/trjmms.971042
- UNCTAD, 2022. Review of Maritime Transport, Navigating Stormy Waters, ISBN: 978-92-1-113073-7
- Uğurlu, Ö. (2011). Petrol Tankerlerinde Meydana Gelen Deniz Kazalarının Risk Analizi. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Uğurlu, Ö., Köse, E., Yıldırım, U. ve Yüksekşildiz, E. (2015). Marine accident analysis for collision and grounding in oil tanker using FTA method. *Maritime Policy and Management*, 42(2), 163–185. doi:10.1080/03088839.2013.856524
- Ünver, B., Gürgen, S., Sahin, B. ve Altın, İ. (2019). Crankcase explosion for two-stroke marine diesel engine by using fault tree analysis method in fuzzy environment. *Engineering Failure Analysis*, 97(September 2018), 288–299. doi:10.1016/j.engfailanal.2019.01.007
- Yang, Z., Yang, Z. ve Yin, J. (2018). Realising advanced risk-based port state control inspection using data-driven Bayesian networks. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 110(January), 38–56. doi:10.1016/j.tra.2018.01.033
- Yaşlı, F. (2020). Yeraltı Madencilik Sektörü Mesleği Güvenlik Risk Analizi. İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, İstanbul.
- Yıldırım, U. (2012). Konteyner Gemilerinin Karaya Oturma Kazalarında İnsan Faktörü Analizi. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Zhao, X., Yuan, H. ve Yu, Q. (2021). Autonomous vessels in the yangtze river: A study on the maritime accidents using data-driven bayesian networks. *Sustainability (Switzerland)*, 13(17). doi:10.3390/su13179985
- URL-1. (2023, Mayıs 10) <https://shipandbunker.com/prices/av>. adresinden alınmıştır.
- URL-2. (2023, Mayıs 20) <https://www.gestra.com/global/en-GES/products/system-and-packaged-solutions/condensate-return-unit> adresinden alınmıştır

6. EKLER

Ek tablo 1. Buhar sistemi arıza kayıtları

	Arıza tarihi	Arızanın tanımı	Arızanın yeri	Arıza çeşidi	Arıza türü	Olay önceliği	Yedek parça ihtiyaç	Servis ihtiyaç	Gemi adı
1	8.02.2002	Egzoz gaz kazanı sancak ana makine egzoz gazı giriş sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 1
2	14.04.2002	Egzoz gaz kazanı sancak ana makine egzoz gazı giriş sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 1
3	23.04.2002	Liman kazanı ateşleme donanımı fanı parçalan parçalanması sonucu oluşan hasar ve kazanın devre dışı kalması	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 1

Ek Tablo 1'in devamı

4	12.06.2002	Egzoz gaz kazanı sancak ana makine egzoz gazı giriş sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8
5	6.08.2002	Egzoz gaz kazanı iskele ana makine egzoz gazı giriş sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 1
6	7.08.2002	Egzoz gaz kazanı iskele ana makine egzoz gazı çıkış sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 8
7	5.10.2002	Egzoz gaz kazanı egzoz giriş ve çıkış sıcaklık sensörleri arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 1
8	23.10.2002	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası kaplin arızası	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8

Ek Tablo 1'in devamı

9	30.10.2002	Egzoz gaz kazanı iskele ana makine egzoz gazı giriş ve çıkış sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 1
10	2.11.2002	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompası mekanik siil ve kaplin hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 1
11	20.11.2002	Egzoz gaz kazanı sancak ana makine egzoz gazı giriş sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektrik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 8
12	12.01.2003	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası mekanik siil ve şaft hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 2
13	10.04.2003	Egzoz gaz kazanı sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 1

Ek Tablo 1'in devamı

14	2.07.2003	Sabit sirkülasyon kontrol devresi basınç presostatı arızası	Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 2
15	14.01.2004	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt besleme pompası mekanik siil kaçağı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 8
16	8.03.2005	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompaları her ikisi de hasarlanması	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 2
17	31.03.2005	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sancak sirkülasyon pompası mekanik siil kaçağı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 1
18	4.04.2005	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompası mekanik siil kaçağı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 3

Ek Tablo 1'in devamı

19	5.04.2005	Egzoz gaz kazanı baca çıkış haznesinde çatlak oluşumu	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Evet	GEMİ 3
20	21.05.2005	Liman kazanı IFO ile yakılamıyor	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Rutin	Hayır	Evet	GEMİ 3
21	14.06.2005	Kazan besleme suyu transfer pompası ve besleme suyu taşıntı pompası kapasitelerinin yetersiz kalması	Kondenser ünitesi	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 3
22	30.06.2005	Liman kazanı kontrol menhol kapağı contası hasarı	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Hayır	Hayır	GEMİ 8
23	7.07.2005	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompa kaplin hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 3

Ek Tablo 1'in devamı

24	31.08.2005	Liman kazanı suyu boşaltma (blow down) borda çıkış valfi gövdesi ve sit hasarı	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 2
25	8.09.2005	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası mekanik siil kaçakları	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 11
26	30.09.2005	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası mekanik siil ve yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 11
27	17.10.2005	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası kaplin kesmesi	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 3
28	25.10.2005	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompaları elektrik motoru koruma rölesi değişimi	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Elektrik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 3

Ek Tablo 1'in devamı

29	25.10.2005	Liman kazanı ateşleme donanımı flencinin kırılması	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 3
30	26.10.2005	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası şaft siil hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 11
31	9.11.2005	Egzoz gaz kazanı sıcaklık sensör kısa devre arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6
32	20.11.2005	Besleme suyu pompaları kapasite yetersizliği, orifis değişimi	Besleme suyu pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Hayır	Hayır	GEMİ 6
33	23.12.2005	Egzoz gaz kazanı boşaltma devresi kaçakları	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Evet	GEMİ 6
34	27.12.2005	Besleme suyu tankı seviye sensörü arızası	Besleme suyu tankı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6

Ek Tablo 1'in devamı

35	28.12.2005	Egzoz gaz kazanı egzoz gazı giriş sıcaklık sensörleri arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 8
36	28.01.2006	Egzoz gaz kazanı iskele ana makine egzoz gazı çıkış sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
37	6.02.2006	Yoğuşum suyu borusu devresi delinmesi	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
38	27.02.2006	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası kaplin ve pompa parçaları hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
39	16.03.2006	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası kaplin hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 6

Ek Tablo 1'in devamı

40	22.03.2006	Kondenser borularında delinme ve LT suyu eksiltmesi	Kondenser ünitesi	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Evet	GEMİ 5
41	24.03.2006	Kazan suyu yoğunlaşım tankı seviye transmitter devresinde su kaçağı	Kondenser ünitesi	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Hayır	GEMİ 5
42	4.05.2006	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası impeller hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 3
43	15.05.2006	Kazan besleme suyu pompası giriş basın göstergesi arızası	Besleme suyu pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6
44	24.05.2006	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompası hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 11
45	30.05.2006	Egzoz gaz kazanı izolasyon malzemesi deforme olması	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Evet	GEMİ 5

Ek Tablo 1'in devamı

46	5.06.2006	Liman kazanı basınç göstergesi transmitter arızası	Liman kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
47	7.06.2006	Liman kazanı gözetleme camında çatlama	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6
48	26.06.2006	Egzoz gaz kazanı sancak ana makine egzoz gazı çıkış sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
49	4.07.2006	Kondenser ünitesi akış kontrol sensörü arızası	Kondenser ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6
50	8.07.2006	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompası otomatik start hatası	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Kontrol takip sistemi	Elektrik	Rutin	Evet	Evet	GEMİ 5
51	22.07.2006	Egzoz gaz kazanı sancak ve iskele kısımları arasındaki perdede kırık ve çatlaklar	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 6

Ek Tablo 1'in devamı

52	24.07.2006	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt nozul hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 8
53	4.08.2006	Egzoz gaz kazanı sancak ana makine egzoz gazı çıkış sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
54	4.09.2006	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası mekanik siil kaçağı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6
55	9.10.2006	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası şaft, impeller ve gövde hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 11
56	25.10.2006	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası impeller hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 11

Ek Tablo 1'in devamı

57	1.11.2006	Liman kazanı gözetleme camı çatlaması	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
58	22.11.2006	Egzoz gaz kazanı sirkülasyon pompaları by- pass filtre devresi	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Evet	GEMİ 5
59	25.01.2007	Liman kazanı emniyet valfi kaçırmaması	Liman kazanı	Emniyet mekanizması	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 1
60	23.03.2007	Egzoz gaz kazanı besleme suyu iskele sirkülasyon pompası mekanik siil hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 8
61	29.03.2007	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompası impeller hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8
62	2.04.2007	Kazan suyu seviyesi kontrol transmitter ve seviye sensörü arızası	Liman kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8

Ek Tablo 1'in devamı

63	27.06.2007	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası şaft, impeller ve yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 3
64	26.08.2007	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 ve no:2 sirkülasyon pompaları impeller ve rulman yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 8
65	11.09.2007	Egzoz gaz kazanı izolasyon malzemesi deforme olması	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 3
66	29.10.2007	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası mekanik siil hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 2
67	8.11.2007	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası arızası	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Hayır	Hayır	GEMİ 11

Ek Tablo 1'in devamı

68	13.11.2007	Egzoz gaz kazanı sancak ve iskele egzoz çıkış sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 3
69	20.01.2008	Egzoz gaz kazanı gaz sıcaklık sensör arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 11
70	28.01.2008	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası impeller kırması	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6
71	4.02.2008	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası rulman yatak, şaft, impeller ve gövde hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 5
72	13.02.2008	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası impeller hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6

Ek Tablo 1'in devamı

73	15.03.2008	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası sürtünme arızası	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 11
74	30.04.2008	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sancak sirkülasyon pompası mekanik siil ve şaft hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8
75	5.05.2008	Baca kazanı izolasyon malzemesi deforme olması	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Evet	GEMİ 3
76	9.05.2008	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası şaft siili hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 11
77	22.05.2008	Liman kazanı ateşleme donanımı nozulu yakıt kaçağı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 11
78	23.05.2008	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası arızası	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Hayır	Hayır	GEMİ 11

Ek Tablo 1'in devamı

79	23.09.2008	Egzoz gaz kazanı braketı kırılması	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Evet	GEMİ 3
80	27.09.2008	Kazan DO dan IFO ya geçiş yapmıyor. Ateşleme nozulu sıcaklık hatası veriyor. Sistemde hata var	Gemi otomasyon sistemi	Sistem arızası	Elektronik	Acil	Evet	Evet	GEMİ 12
81	12.10.2008	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası giriş ve çıkış valfleri kaçakları	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 4
82	12.10.2008	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası mekanik siil ve kaplin hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
83	12.10.2008	Liman kazanı ateşleme mekanizması boya eksiği	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 4

Ek Tablo 1'in devamı

84	31.10.2008	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası impeller ve burç yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 5
85	1.11.2008	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası giriş esnek bağlantısı hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
86	13.11.2008	Liman kazanı yakıt transfer pompası mekanik siil hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
87	24.12.2008	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası kaplini hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 4
88	27.12.2008	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası kaplini ve mekanik siil hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 12

Ek Tablo 1'in devamı

89	3.01.2009	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no.1 sirkülasyon pompası kazıklaması rulman ve kayıcı yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 2
90	25.01.2009	Egzoz gaz kazanı sancak ana makine egzoz gazı diferansiyel basınç göstergesi arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 4
91	25.01.2009	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası çıkış esnek bağlantısı hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 4
92	7.02.2009	Egzoz gaz kazanı izolasyon malzemesi deforme olması	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Hayır	GEMİ 3
93	22.02.2009	Liman kazanı dozaj ünitesi diyafram hasarı	Dozaj ünitesi	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4

Ek Tablo 1'in devamı

94	22.02.2009	Liman kazanı su seviyesi gözetleme camı kırılması	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
95	27.03.2009	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası kaplin hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 3
96	7.04.2009	Kazan yoğunluk tankı besleme suyu seviyesi artışı. Besleme suyu transfer pompası girişi tıkanması	Besleme suyu pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Hayır	GEMİ 2
97	7.04.2009	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası mekanik siil hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 2
98	27.04.2009	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası kaplin hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 13

Ek Tablo 1'in devamı

99	27.04.2009	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası ve yakıt besleme pompası start-stop ikaz ışıklarının yanmaması	Gemi otomasyon sistemi	Sistem arızası	Elektrik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 12
100	4.05.2009	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası şaft ve yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 3
101	14.05.2009	Egzoz gaz kazanı izolasyon malzemesi deforme olması	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 11
102	28.05.2009	Liman kazanı suyu göstergesi camı kırılması ve kaçaklar	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
103	16.06.2009	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası şaft, yatak burcu ve impeller hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 3

Ek Tablo 1'in devamı

104	20.07.2009	Liman kazanı suyu boşaltma (blow down) borda çıkış valfi delinmesi	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 2
105	27.07.2009	Egzoz gaz kazanı kurum (gaz) kaçağı	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Hayır	GEMİ 13
106	10.08.2009	Liman kazanı gözetleme camında buhar ve su kaçaqları	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 12
107	12.08.2009	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası şaft, rulman yatak, impeler arızası ve elektrik motoru rulman yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 1
108	16.08.2009	Kazan suyu kondisyonu kötü. Yüksek bulanıklık ve katı partikül mevcut.	Kazan suyu	Su kalitesi	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Hayır	GEMİ 13

Ek Tablo 1'in devamı

109	4.09.2009	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası kaplin kesmesi	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Hayır	Hayır	GEMİ 4
110	9.09.2009	Liman kazanı besleme suyu devresi su kaçağı	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Evet	Evet	GEMİ 5
111	12.09.2009	Liman kazanı no:1 yakıt besleme pompası mekanik siil arızası ve yakıt kaçağı	Liman kazanı	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 12
112	17.09.2009	Liman kazanı ateşleme donanımı flenci menteşesi kırılması	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Hayır	GEMİ 5
113	22.09.2009	Egzoz gaz kazanı duman çıkış sandığında çatlaklar	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Evet	GEMİ 12
114	28.09.2009	Egzoz gaz kazanı izolasyon malzemesi deforme olması	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 13

Ek Tablo 1'in devamı

115	15.10.2009	Buhar basınç ayar valfi pozisyoneri arızası	Buhar basıncı ayarlama donanımı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 2
116	17.10.2009	Egzoz gaz kazanı egzoz gazı giriş ve çıkış sıcaklık sensörleri arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 3
117	27.10.2009	Kazan sistemi besleme paneli yanması	Gemi otomasyon sistemi	Elektrik besleme arızası	Elektrik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 11
118	13.11.2009	Yoğuşum toplama tankı ısıtma devresi buhar ayar solenoid valfi arızası	Kondenser ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektrik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 12
119	13.01.2010	Egzoz gaz kazanı sirkülasyon pompası motoru yanması	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Elektrik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 2
120	21.01.2010	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası kazıklaması	Besleme suyu pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5

Ek Tablo 1'in devamı

121	21.02.2010	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası şaft, impeller ve yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
122	7.03.2010	Kazan besleme suyu tankı seviye transmitteri arızası	Besleme suyu tankı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 13
123	7.03.2010	Liman kazan su seviyesi gösterge camı kırılması	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 8
124	10.03.2010	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası mekanik siil arızası	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 2
125	15.03.2010	Kazan suyu kimyasal dozaj pompası kaçakları	Dozaj ünitesi	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 8
126	9.04.2010	Liman kazanı suyu numune alma valfinde su kaçağı	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Hayır	GEMİ 13

Ek Tablo 1'in devamı

127	13.04.2010	Kazan suyu boşaltma (blow down) borda çıkış valfi mili ve sit hasarı	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Hayır	Evet	GEMİ 5
128	18.04.2010	Egzoz gaz kazanı üst plakası (levha) cıvataları gevşemiş.	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Evet	GEMİ 3
129	4.05.2010	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası mekanik siil ve şaft hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 1
130	4.06.2010	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası mekanik siil ve rulman yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 8
131	5.06.2010	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası mekanik siil ve rulman yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 8

Ek Tablo 1'in devamı

132	19.06.2010	Liman kazanı ateşleme donanımı difüzör diski hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8
133	30.06.2010	Egzoz gaz kazanı üst kısım izolasyon malzemesi deforme olması	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Evet	GEMİ 4
134	1.07.2010	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülayon pompası parçalarının hasarlanması	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8
135	29.07.2010	Egzoz gaz kazanı sancak ve iskele kısımları arasındaki perdede çatlaklar	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6
136	1.08.2010	Egzoz gaz kazanı diferansiyel basınç göstergesi kaçağı.	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 7

Ek Tablo 1'in devamı

137	4.09.2010	Kazan besleme suyu sirkülasyon devresi diferansiyel basınç sensörü arızası	Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 4
138	11.09.2010	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompa ses yapması, impeller ve gövde hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompa	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 4
139	14.09.2010	Liman kazanı yakıt besleme pompa elektrik motoru sargı yanması	Liman kazanı	Pompa arızası	Elektrik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 13
140	22.09.2010	Liman kazanı basınç göstergesi devresinde buhar kaçağı	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Hayır	Evet	GEMİ 5
141	5.10.2010	Egzoz gaz kazanı gaz çıkış haznesinde kurum kaçakları ve gövdede çatlaklar	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Evet	GEMİ 13

Ek Tablo 1'in devamı

142	5.11.2010	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası kaplin hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 6
143	13.11.2010	Kazan suyu boşaltma (blow down) borda çıkış valfi delinmesi	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8
144	15.11.2010	Egzoz gaz kazanı no:2 sirkülasyon pompası mekanik siil hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 1
145	15.11.2010	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası kaplin kesmesi	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 1
146	17.11.2010	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 pompası lastik kaplin ve rulman yatak arızası	Besleme suyu pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 8

Ek Tablo 1'in devamı

147	23.11.2010	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası rulman yatak ve diğer tüm parçaların hasarlanması	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8
148	23.11.2010	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası mekanik siil, rulman yatak, şaft siili, gövde ve şaft hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 8
149	2.12.2010	Liman kazanı suyu seviye göstergesi buhar kaçağı	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 13
150	31.12.2010	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası mekanik siil hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
151	11.01.2011	Makine dairesinde buhar kaçağı	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Evet	GEMİ 8

Ek Tablo 1'in devamı

152	15.02.2011	Buhar basınç ayar valfi analog indikatör hatası	Buhar basıncı ayarlama donanımı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
153	28.02.2011	Buhar basınç ayar valfi pozisyoneri arızası	Buhar basıncı ayarlama donanımı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Acil	Hayır	Hayır	GEMİ 5
154	6.03.2011	Egzoz gaz kazanı sancak ve iskele egzoz çıkış sıcaklık sensörleri arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 13
155	21.03.2011	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası mekanik siil hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6
156	31.03.2011	Liman kazanı otomatik ateşleme kontrol ünitesi arızası	Gemi otomasyon sistemi	Sistem arızası	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
157	31.03.2011	Liman kazanı ateşleme donanımı fan ve kaplin arızası	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5

Ek Tablo 1'in devamı

158	7.04.2011	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası basınç transmitteri yayının kırılması, basınç göstergesinin kırılması ve yakıt kaçağı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 7
159	17.04.2011	Baca kazanı kurum üfleme donanımı hatası ve bacadan kıvılcım çıkması	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Evet	GEMİ 1
160	15.05.2011	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası şaft siili hasarı ve yakıt kaçağı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 7
161	29.05.2011	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası kaplin arızası	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 7
162	16.06.2011	Kazan besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası kontaktör arızası	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Kontrol takip sistemi	Elektrik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 13

Ek Tablo 1'in devamı

163	5.07.2011	Buhar basınç ayar valfi pozisyoneri arızası	Buhar basıncı ayarlama donanımı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 1
164	21.07.2011	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası mekanik siil hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 13
165	30.07.2011	Egzoz gaz kazanı iskele ana makine egzoz gazı diferansiyel basınç göstergesi hasarı	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 12
166	8.08.2011	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompaları giriş valfi kaçırmaları	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 12
167	17.08.2011	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası arızası	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 13

Ek Tablo 1'in devamı

168	8.09.2011	Liman kazanı ateşleme donanımı ateşleme transformatörü arızası	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Elektrik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 5
169	30.09.2011	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası yakıt kaçağı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 5
170	24.10.2011	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası kaplin ve mekanik siil hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 13
171	3.11.2011	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt ısıtıcısı arızası ve elektik kaçağı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Elektrik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 13
172	19.11.2011	Liman kazanı no:2 yakıt besleme pompası elektrik motor arızası	Liman kazanı	Pompa arızası	Elektrik	Onarım / Değişim	Hayır	Evet	GEMİ 13
173	2.12.2011	Liman kazanı ateşleme donanımı elektrik motoru yanması	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Elektrik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 11

Ek Tablo 1'in devamı

174	3.12.2011	Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası mekanik siil hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6
175	6.12.2011	Kondenser ünitesi sirkülasyon pompası mekanik siil ve yatak burcu hasarı	Kondenser ünitesi	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
176	23.12.2011	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası gövde, impeller ve şaft hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 3
177	2.01.2012	Egzoz gaz kazanı gaz giriş sıcaklık PT100 transmitter arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 13
178	4.01.2012	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası şaft ve burç hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 6

Ek Tablo 1'in devamı

179	5.01.2012	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
180	21.02.2012	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası kademeleri arasından buhar kaçağı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 5
181	28.02.2012	Liman kazanı fan motoru yanması	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Elektrik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 2
182	1.03.2012	Egzoz gaz kazanı sirkülasyon devresi diferansiyel basınç presostatı arızası	Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 5
183	22.03.2012	Liman kazanı ateşleme donanımı ateşleme elektrotu kabloları hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Elektrik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6

Ek Tablo 1'in devamı

184	11.04.2012	Egzoz gaz kazanı sancak ana makine egzoz gazı çıkış sıcaklık transmitteri arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 4
185	27.04.2012	Liman kazanı besleme suyu giriş devresinde delinme ve kaçak	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Evet	GEMİ 6
186	16.06.2012	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası impeller hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 4
187	20.06.2012	Yakıt&Sis dedektörü cam tüpü arızası	Liman kazanı	Emniyet mekanizması	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 8
188	20.07.2012	Egzoz gaz kazanı no:2 sirkülasyon pompası kaplin kesmesi	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 5
189	20.07.2012	Liman kazanı ateşleme donanımı servomotor dişlilerinin kırılması	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 5

Ek Tablo 1'in devamı

190	2.08.2012	Buhar basınç ayar valfi pozisyoneri arızası	Buhar basıncı ayarlama donanımı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 12
191	11.09.2012	Liman kazanı ateşleme transformatör arızası	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Elektrik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6
192	2.10.2012	Liman kazanı 24 volt besleme ünitesi arızası	Gemi otomasyon sistemi	Elektrik besleme arızası	Elektrik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 12
193	8.10.2012	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası impeller, gövde ve şaft hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 4
194	23.10.2012	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası kademeleri arası su kaçaqları	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 4

Ek Tablo 1'in devamı

195	14.11.2012	Liman kazanı ateşleme donanımı no:1 nozul ateşleme rölesi arızası	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Elektrik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
196	25.11.2012	Liman kazanı su seviyesi göstergesinde su kaçağı	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 13
197	3.03.2013	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası impeller ve yatak burcu hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 13
198	14.03.2013	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası esnek bağlatısı hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 4
199	24.04.2013	Liman kazanı 24 volt besleme ünitesi arızası	Gemi otomasyon sistemi	Elektrik besleme arızası	Elektrik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4

Ek Tablo 1'in devamı

200	11.05.2013	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompası kaplin kesmesi	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 3
201	9.08.2013	Liman kazanı ateşleme donanımı ikinci kademe ateşleme hatası	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 13
202	26.10.2013	Egzoz gaz kazanı iskele ana makine egzoz gazı çıkış sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 13
203	20.12.2013	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası rulman yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 10
204	4.03.2014	Liman kazanı ateşleme donanımı servomotor arızası	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 4

Ek Tablo 1'in devamı

205	9.03.2014	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası tüm parçalar hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 13
206	5.05.2014	Liman kazanı su seviyesi gösterge camı kırılması	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 4
207	6.05.2014	Liman kazanı ateşleme donanımı fan hasarı	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 3
208	22.06.2014	Liman kazanı suyu seviyesi sensörü zamanlayıcı rölesi yanması	Gemi otomasyon sistemi	Sistem arızası	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 7
209	23.07.2014	Liman kazanı ateşleme donanımı servomotor arızası	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 13
210	5.08.2014	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası kaplin kesmesi ve hasarlı parçalar	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 11

Ek Tablo 1'in devamı

211	20.10.2014	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası kaplin hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6
212	9.11.2014	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası impeller hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 13
213	25.02.2015	Egzoz gaz kazanı sancak ana makine egzoz gazı çıkış sıcaklık sensörü arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 13
214	8.03.2015	Kazan suyu seviyesi kontrol transmitter ve seviye sensörü arızası	Liman kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 1
215	18.03.2015	Kazan suyu boşaltma (blow down) borda çıkış valfi delinmesi	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 13
216	18.04.2015	Buhar basınç ayar valfi analog indikatör hatası	Buhar basıncı ayarlama donanımı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 10

Ek Tablo 1'in devamı

217	30.05.2015	Buhar basınç ayar valfi pozisyoneri arızası	Buhar basıncı ayarlama donanımı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 4
218	2.07.2015	Liman kazanı ateşleme donanımı servomotor dişlileri kırılması	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 4
219	17.09.2015	Yakıt&Sis detektörü arızası	Liman kazanı	Emniyet mekanizması	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
220	3.10.2015	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası rulman yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Hayır	Hayır	GEMİ 10
221	7.10.2015	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası bazı parçalarının hasarlanması	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 2

Ek Tablo 1'in devamı

222	7.10.2015	Liman kazanı besleme suyu girişinde delinmeler ve su kaçaqları	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Hayır	Hayır	GEMİ 13
223	12.10.2015	Diferansiyel basınç göstergesi arızası	Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 2
224	16.10.2015	Egzoz gaz kazanı besleme pompası sirkülasyon pompası giriş valfi buhar kaçağı	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Hayır	GEMİ 13
225	19.10.2015	Liman kazanı servomotor arızası	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 7
226	23.10.2015	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon devresi giriş valfi kaçağı	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Hayır	GEMİ 13

Ek Tablo 1'in devamı

227	25.10.2015	Egzoz gaz kazanı kontrol kapağı contadan buhar kaçırmaması	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Hayır	GEMİ 13
228	23.04.2016	Egzoz gaz kazanı besleme suyu diferansiyel basınç presostatı arızası	Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 4
229	16.06.2016	Egzoz gaz kazanı emniyet valfi buhar kaçağı	Baca kazanı	Emniyet mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
230	19.10.2016	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülayon pompası impeller hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Hayır	Hayır	GEMİ 5
231	20.10.2016	Egzoz gaz kazanı diferansiyel basınç göstergesi arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8
232	30.10.2016	Egzoz gaz kazanı emniyet valfi buhar kaçağı	Baca kazanı	Emniyet mekanizması	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Hayır	GEMİ 4

Ek Tablo 1'in devamı

233	31.10.2016	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası arızası	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 2
234	12.12.2016	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası kaplin kesmesi	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 11
235	22.01.2017	Yoğuşum suyu toplama tankı seviye kontrol donanımı arızası	Kondenser ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 7
236	9.03.2017	Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon devresi filtresi sıkışması ve kavitasyon hasarı	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Evet	GEMİ 4
237	28.03.2017	Liman kazanı besleme suyu giriş devresinde delinme ve kaçak	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Evet	GEMİ 6

Ek Tablo 1'in devamı

238	29.03.2017	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası elektrik motoru arızası	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Elektrik	Onarım / Değişim	Hayır	Evet	GEMİ 4
239	4.04.2017	Buhar basınç ayar valfi pozisyoneri arızası	Buhar basıncı ayarlama donanımı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 1
240	6.04.2017	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası kavitasyon sebebiyle delinmesi	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 7
241	11.04.2017	Tank ısıtma devresi termostatik valfi arızası	Boru devresi	Kontrol takip sistemi	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8
242	5.06.2017	Egzoz gaz kazanı emniyet valfi sit ve yaylarının kırılması	Baca kazanı	Emniyet mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 7
243	6.06.2017	Kondenser soğutucusu borularının delinmesi	Kondenser ünitesi	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6

Ek Tablo 1'in devamı

244	11.07.2017	Liman kazanı alev borusu delinmesi	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Evet	GEMİ 8
245	29.07.2017	Egzoz gaz kazanı emniyet valfi buhar kaçağı	Baca kazanı	Emniyet mekanizması	Mekanik	Acil	Hayır	Hayır	GEMİ 5
246	1.09.2017	Liman kazanı gaz borusunda çatlak	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Hayır	Evet	GEMİ 4
247	12.09.2017	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası şaft ve impeller hasarı ve pompa gövdesinde korozyon	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
248	21.09.2017	Egzoz gaz kazanı emniyet valfi devresinde buhar ve su kaçağı	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Evet	Evet	GEMİ 4

Ek Tablo 1'in devamı

249	25.12.2017	Egzoz gaz kazanı sirkülasyon pompası diferansiyel basınç göstergesi hatası	Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 7
250	5.05.2018	Diferansiyel basınç göstergesi arızası	Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 1
251	10.06.2018	Liman kazanı emniyet valfi buhar kaçağı	Liman kazanı	Emniyet mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 7
252	7.07.2018	Kondenser ünitesi yağ- buhar detektörü arızası	Kondenser ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
253	9.07.2018	Kazan suyu kimyasal dozaj pompası diyafram hasarı	Dozaj ünitesi	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
254	27.07.2018	Buhar basınç ayar valfi analog pozisyoner arızası	Buhar basıncı ayarlama donanımı	Kontrol takip sistemi	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 7

Ek Tablo 1'in devamı

255	11.11.2018	Egzoz gaz kazanı duman kaçakları	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Evet	GEMİ 13
256	17.12.2018	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası gövde, şaft, şaft salmastra yuvası hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8
257	24.01.2019	Buhar basınç ayar valfi aktüator arızası	Buhar basıncı ayarlama donanımı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
258	11.10.2019	Egzoz gaz kazanı iskele ana makine egzoz gazı çıkış sıcaklık sensör arızası	Baca kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 13
259	14.12.2019	Kazan suyu sirkülasyon pompaları düşük kapasite çalışıyor	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 12

Ek Tablo 1'in devamı

260	13.01.2020	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası kazıklaması	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 10
261	5.08.2022	Buhar basınç ayar valfi pozisyoneri arızası	Buhar basıncı ayarlama donanımı	Kontrol takip sistemi	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 6
262	7.08.2022	Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası mekanik salmastra ve rulman yatak hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 6
263		Egzoz gaz kazanı iskele duman haznesi çatlağı	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Acil	Hayır	Evet	GEMİ 4
264		Egzoz gaz kazanı menhol kapağı su kaçağı	Baca kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Hayır	GEMİ 8
265		Liman kazanı besleme suyu pompası yedekleme presostatı arızası	Besleme suyu pompaları	Pompa arızası	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 9

Ek Tablo 1'in devamı

266		Egzoz gaz kazanı no:2 sirkülasyon pompası kazıklaması arızası	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Onarım / Değişim	Evet	Hayır	GEMİ 5
267		Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası gövdesinde buhar kaçakları	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 5
268		Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:1 sirkülasyon pompası impeller ve şaft hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8
269		Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası buhar kaçağı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 8
270		Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompası mekanik salmastradan buhar kaçağı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 8

Ek Tablo 1'in devamı

271		Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompası kademeleri arasından buhar kaçağı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 6
272		Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası elektrik motorunun yanması	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Elektrik	Acil	Evet	Evet	GEMİ 7
273		Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası parçalarının hasarlanması	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 7
274		Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompası arızası	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 4
275		Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası elektrik motoru yanması	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Elektrik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4

Ek Tablo 1'in devamı

276		Egzoz gaz kazanı besleme suyu no:2 sirkülasyon pompası düşük kapasite arızası	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Hayır	Hayır	GEMİ 12
277		Egzoz gaz kazanı besleme suyu sirkülasyon pompası kaplin hasarı	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Rutin	Hayır	Hayır	GEMİ 4
278		Kazan besleme suyu sirkülasyon pompaları kondisyonu ve buhar kaçaqları	Besleme suyu sirkülasyon pompaları	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
279		Egzoz gaz kazanı sirkülasyon devresi hasarı	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Onarım / Değişim	Hayır	Hayır	GEMİ 13
280		Boru tüneline buhar kaçaqları	Boru devresi	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Evet	GEMİ 4
281		Kazan UPS batarya arızası	Gemi otomasyon sistemi	Elektrik besleme arızası	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 9

Ek Tablo 1'in devamı

282		Yoğuşum suyu seviye kontrol mekanizması Elektronik kart arızası	Gemi otomasyon sistemi	Elektronik kart arızası	Elektronik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 6
283		Kondenser ünitesi taşıntı pompası arızası	Kondenser ünitesi	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
284		Liman kazanı yakıt harcamı akışölçer mekanizması arızası	Liman kazanı	Kontrol takip sistemi	Mekanik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 9
285		Emniyet valfi arızası	Liman kazanı	Emniyet mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
286		Liman kazanı ana buhar valfi contasında buhar kaçağı	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Hayır	GEMİ 1
287		Liman kazanı besleme suyu devresi su ve buhar kaçağı	Liman kazanı	Yapısal arıza	Mekanik	Rutin	Hayır	Hayır	GEMİ 1

Ek Tablo 1'in devamı

288		Emniyet valfi buhar kaçağı	Liman kazanı	Emniyet mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 4
289		Liman kazanı ateşleme donanımı fan kırılması	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 1
290		Liman kazanı ateşleme donanımı yakıt pompası şaft kesmesi	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 13
291		Liman kazanı ateşleme donanımı elektrik motoru kontaktör arızası	Liman kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektrik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 13
292		Liman kazanı ateşleme elektrotu arızası	Liman kazanı	Ateşleme mekanizması	Elektrik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 14
293		Liman kazanı yakıt transfer pompası rulman yatak hasarı	Liman kazanı	Pompa arızası	Mekanik	Acil	Evet	Hayır	GEMİ 8

Ek Tablo 1'in devamı

294		Liman kazanı kontrol paneli 2. kademe ateşleme solenoid arızası	Liman kazanı	Kontrol takip sistemi	Elektrik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 7
295		Kazan suyu diferansiyel basınç transmitter arızası	Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 1
296		Diferansiyel basınç göstergesi arızası	Sabit sirkülasyon kontrol ünitesi	Kontrol takip sistemi	Elektronik	Rutin	Evet	Hayır	GEMİ 10

Ek tablo 2. Olay düğümlerine ait AHP hesaplamaları

Liman kazanı düğümü AHP hesaplaması

	Kontrol takip sistemi arızası	Emniyet mekanizması arızası	Ateşleme mekanizması arızası	Yapısal arıza
Kontrol takip sistemi arızası	1,00	0,50	0,06	0,17
Emniyet mekanizması arızası	2,00	1,00	0,13	0,33
Ateşleme mekanizması arızası	16,00	8,00	1,00	3,00
Yapısal arıza	6,00	3,00	0,33	1,00
Sütün toplamı	25	12,50	1,52	4,50

	Kontrol takip sistemi arızası	Emniyet mekanizması arızası	Ateşleme mekanizması arızası	Yapısal arıza
Kontrol takip sistemi arızası	0,04	0,04	0,04	0,04
Emniyet mekanizması arızası	0,08	0,08	0,08	0,07
Ateşleme mekanizması arızası	0,64	0,64	0,66	0,67
Yapısal arıza	0,24	0,24	0,22	0,22
Normalize toplamı	1	1	1	1

Ek tablo 2'nin devamı

	Kontrol takip sistemi arızası	Emniyet mekanizması arızası	Ateşleme mekanizması arızası	Yapısal arıza	Satır toplamı	APOAH değerlendirilen etki oranı
Kontrol takip sistemi arızası	0,04	0,04	0,04	0,04	0,16	0,040
Emniyet mekanizması arızası	0,08	0,08	0,08	0,07	0,33	0,079
Ateşleme mekanizması arızası	0,64	0,64	0,66	0,67	2,60	0,651
Yapısal arıza	0,24	0,24	0,22	0,22	0,92	0,230

Liman kazanı		Kontrol takip sistemi arızası	Emniyet mekanizması arızası	Ateşleme mekanizması arızası	Yapısal arıza
Arıza %	Normal %				
100	0	Oldu	Oluştı	Oluştı	Görüldü
96	4	Olmadı	Oluştı	Oluştı	Görüldü
92	8	Oldu	Oluşmadı	Oluştı	Görüldü
88	12	Olmadı	Oluşmadı	Oluştı	Görüldü
35	65	Oldu	Oluştı	Oluşmadı	Görüldü
31	69	Olmadı	Oluştı	Oluşmadı	Görüldü
27	73	Oldu	Oluşmadı	Oluşmadı	Görüldü
23	77	Olmadı	Oluşmadı	Oluşmadı	Görüldü
77	23	Oldu	Oluştı	Oluştı	Görülmedi
73	27	Olmadı	Oluştı	Oluştı	Görülmedi
69	31	Oldu	Oluşmadı	Oluştı	Görülmedi
65	35	Olmadı	Oluşmadı	Oluştı	Görülmedi
12	88	Oldu	Oluştı	Oluşmadı	Görülmedi

Ek tablo 2'nin devamı

8	92	Olmadı	Oluştı	Oluşmadı	Görülmedi
4	96	Oldu	Oluşmadı	Oluşmadı	Görülmedi
0	100	Olmadı	Oluşmadı	Oluşmadı	Görülmedi

Buhar üreteçleri düğümü AHP hesaplaması

	Liman kazanı arızası	Baca kazanı arızası
Liman kazanı arızası	1,00	4,00
Baca kazanı arızası	0,25	1,00
Sütün toplamı	1,25	5

	Liman kazanı arızası	Baca kazanı arızası
Liman kazanı arızası	0,80	0,80
Baca kazanı arızası	0,20	0,20
Normalize toplamı	1	1

	Liman kazanı arızası	Baca kazanı arızası	Satır toplamı	APOAH değerlendirilen etki oranı
Liman kazanı arızası	0,80	0,80	1,60	0,800
Baca kazanı arızası	0,20	0,20	0,40	0,200

Ek tablo 2'nin devamı

Buhar üreteçleri		Baca kazanı	Liman kazanı
Arızalı %	Normal %		
100	0	Arızalı	Arızalı
100	0	Normal	Arızalı
100	0	Arızalı	Normal
0	100	Normal	Normal

Kazan suyu ıslah sistemi düğümü AHP hesaplaması

	Dozaj ünite pompa arızası	Kazan suyu kalitesi
Dozaj ünite pompa arızası	1,00	3,00
Kazan suyu kalitesi	0,33	1,00
Sütün toplamı	1,33	4

	Dozaj ünite pompa arızası	Kazan suyu kalitesi
Dozaj ünite pompa arızası	0,75	0,75
Kazan suyu kalitesi	0,25	0,25
Normalize toplamı	1	1

	Dozaj ünite pompa arızası	Kazan suyu kalitesi	Satır toplam	APOAH değerlendirilen etki oranı
Dozaj ünite pompa arızası	0,75	0,75	1,5	0,750
Kazan suyu kalitesi	0,25	0,25	0,5	0,250

Ek tablo 2'nin devamı

Kazan suyu ıslah sistemi		Kazan suyu kalitesi	Dozaj ünitesi pompası
Uygunsuz %	Uygun %		
100	0	Uygunsuz	Arızalı
75	0	Uygun	Arızalı
25	0	Uygunsuz	Normal
0	100	Uygun	Normal

Kondenser ünitesi düğümü AHP hesaplaması

	Yapısal arıza	Pompa arızası	Kontrol takip sistemi arızası
Yapısal arıza	1,00	1,00	1,00
Pompa arızası	1,00	1,00	1,00
Kontrol takip sistemi arızası	1,00	1,00	1,00
Sütun toplamı	3,00	3,00	3,00

	Yapısal arıza	Pompa arızası	Kontrol takip sistemi arızası
Yapısal arıza	0,33	0,33	0,33
Pompa arızası	0,33	0,33	0,33
Kontrol takip sistemi arızası	0,33	0,33	0,33
Normalize toplamı	1,00	1,00	1,00

Ek tablo 2'nin devamı

	Yapısal arıza	Pompa arızası	Kontrol takip sistemi arızası	Satır toplam	APOAH değerlendirilen etki oranı
Yapısal arıza	0,33	0,33	0,33	1,00	0,333
Pompa arızası	0,33	0,33	0,33	1,00	0,333
Kontrol takip sistemi arızası	0,33	0,33	0,33	1,00	0,333

Kondenser ünitesi		Kontrol takip sistemi	Pompa arızası	Yapısal arıza
Arızalı %	Normal %			
100	0	Oldu	Oluştı	Görüldü
66	34	Olmadı	Oluştı	Görüldü
66	34	Oldu	Oluşmadı	Görüldü
33	67	Olmadı	Oluşmadı	Görüldü
66	34	Oldu	Oluştı	Görülmedi
33	67	Olmadı	Oluştı	Görülmedi
33	67	Oldu	Oluşmadı	Görülmedi
0	100	Olmadı	Oluşmadı	Görülmedi

Buhar dönüşüm ünitesi düğümü AHP hesaplaması

	BST kontrol takip sistemi arızası	Kondenser ünitesi
BST kontrol takip sistemi arızası	1,00	0,20
Kondenser ünitesi	5,00	1,00
Sütün toplamı	6,00	1,20

Ek tablo 2'nin devamı

	BST kontrol takip sistemi arızası	Kondenser ünitesi
BST kontrol takip sistemi arızası	0,17	0,17
Kondenser ünitesi	0,83	0,83
Normalize toplamı	1	1

	BST kontrol takip sistemi arızası	Kondenser ünitesi	Satır toplam	APOAH değerlendirilen etki oranı
BST kontrol takip sistemi arızası	0,17	0,17	0,33	0,17
Kondenser ünitesi	0,83	0,83	1,67	0,83

Buhar dönüşüm ünitesi		BST kontrol takip sistemi arızası	Kondenser ünitesi
Arıza %	Normal %		
100	0	Oluştı	Arızalı
83	17	Oluşmadı	Arızalı
17	83	Uygunsuz	Normal
0	100	Uygun	Normal

Besleme suyu sirkülasyon pompaları düğümü AHP hesaplaması

	BSSP yapısal arıza	BSSP kontrol takip sistemi arızası	BSSP pompa arızası
BSSP Yapısal Arıza	1,00	1,00	0,03
BSSP kontrol takip sistemi arızası	1,00	1,00	0,03
BSSP pompa arızası	31,00	31,00	1,00
Sütün toplamı	33,00	33,00	1,06

Ek tablo 2'nin devamı

	BSSP yapısal arıza	BSSP kontrol takip sistemi arızası	BSSP pompa arızası
BSSP yapısal arıza	0,03	0,03	0,03
BSSP kontrol takip sistemi arızası	0,03	0,03	0,03
BSSP pompa arızası	0,94	0,94	0,94
Normalize toplamı	1,00	1,00	1,00

	BSSP yapısal arıza	BSSP kontrol takip sistemi arızası	BSSP pompa arızası	Satır toplam	APOAH değerlendirilen etki oranı
BSSP yapısal arıza	0,03	0,03	0,03	0,09	0,030
BSSP kontrol takip sistemi arızası	0,03	0,03	0,03	0,09	0,030
BSSP pompa arızası	0,94	0,94	0,94	2,82	0,939

Pompa sistemleri düğümü AHP hesaplaması

	Besleme suyu sirkülasyon pompaları arızası	Besleme suyu pompası arızası
Besleme suyu sirkülasyon pompaları arızası	1,00	0,07
Besleme suyu pompası arızası	15,00	1,00
Sütün toplamı	16,00	1,07

Ek tablo 2'nin devamı

	Besleme suyu sirkülasyon pomparları arızası	Besleme suyu pompaşı arızası
Besleme suyu sirkülasyon pomparları arızası	0,06	0,06
Besleme suyu pompaşı arızası	0,94	0,94
Normalize toplamı	1,00	1,00

	Besleme suyu sirkülasyon pomparları arızası	Besleme suyu pompaşı arızası	Satır toplam	APOAH değerlendirilen etki oranı
Besleme suyu sirkülasyon pomparları arızası	0,06	0,06	0,13	0,06
Besleme suyu pompaşı arızası	0,94	0,94	1,88	0,94

Pompa sistemleri		Besleme suyu pompaşı arızası	Besleme suyu sirkülasyon pomparları arızası
Arıza %	Normal %		
100	0	Arızalı	Görüldü
6	94	Çalışıyor	Görüldü
94	6	Arızalı	Görülmedi
0	100	Çalışıyor	Görülmedi

Ek tablo 2'nin devamı

Boru devresi arızası düğümü AHP hesaplaması

	BD yapısal arıza	BD kontrol takip sistem arızası
BD yapısal arıza	1,00	14,00
BD kontrol takip sistem arızası	0,07	1,00
Sütün toplamı	1,07	15,00

	BD yapısal arıza	BD kontrol takip sistem arızası
BD yapısal arıza	0,93	0,93
BD kontrol takip sistem arızası	0,07	0,07
Normalize toplamı	1,00	1,00

	BD yapısal arıza	BD kontrol takip sistem arızası	Satır toplam	APOAH değerlendirilen etki oranı
BD yapısal arıza	0,93	0,93	1,87	0,93
BD kontrol takip sistem arızası	0,07	0,07	0,13	0,07

Boru devresi arızası		BD kontrol takip sistem arızası	BD yapısal arıza
Arıza %	Normal %		
100	0	Oluştı	Görüldü
93	7	Oluşmadı	Görüldü
7	93	Oluştı	Görülmedi
0	100	Oluşmadı	Görülmedi

Ek tablo 2'nin devamı

Buhar dolaşım devre donanımları düğümü AHP hesaplaması

	Buhar dönüşüm ünitesi arızası	Pompa sistemleri arızası	Boru devresi arızası
Buhar dönüşüm ünitesi arızası	1,00	0,17	1,00
Pompa sistemleri arızası	6,00	1,00	6,00
Boru devresi arızası	1,00	0,17	1,00
Sütun toplamı	8,00	1,33	8,00

	Buhar dönüşüm ünitesi arızası	Pompa sistemleri arızası	Boru devresi arızası
Buhar dönüşüm ünitesi arızası	0,13	0,13	0,13
Pompa sistemleri arızası	0,75	0,75	0,75
Boru devresi arızası	0,13	0,13	0,13
Normalize toplamı	1,00	1,00	1,00

	Buhar dönüşüm ünitesi arızası	Pompa sistemleri arızası	Boru devresi arızası	Satır toplam	APOAH değerlendirilen etki oranı
Buhar dönüşüm ünitesi arızası	0,13	0,13	0,13	0,39	0,125
Pompa sistemleri arızası	0,75	0,75	0,75	2,25	0,750
Boru devresi arızası	0,13	0,13	0,13	0,39	0,125

Ek tablo 2'nin devamı

Buhar dolaşım devre donanımları		Boru devresi arızası	Pompa sistemleri arızası	Buhar dönüşüm ünitesi arızası
Arızalı %	Normal %			
100	0	Arızalı	Arızalı	Arızalı
25	75	Normal	Arızalı	Arızalı
88	12	Arızalı	Normal	Arızalı
13	87	Normal	Normal	Arızalı
88	12	Arızalı	Arızalı	Normal
13	87	Normal	Arızalı	Normal
75	25	Arızalı	Normal	Normal
0	100	Normal	Normal	Normal

Gemi otomasyon sistemi düğümü AHP hesaplaması

	GOS Sistem arızası	GOS Elektrik besleme arızası	GOS elektronik kart arızası
GOS Sistem arızası	1,00	1,00	4,00
GOS elektrik besleme arızası	1,00	1,00	4,00
GOS elektronik kart arızası	0,25	0,25	1,00
Sütun toplamı	2,25	2,25	9,00

Ek tablo 2'nin devamı

	GOS Sistem arızası	GOS elektrik besleme arızası	GOS elektronik kart arızası
GOS Sistem arızası	0,44	0,44	0,44
GOS elektrik besleme arızası	0,44	0,44	0,44
GOS elektronik kart arızası	0,11	0,11	0,11
Normalize toplamı	1,00	1,00	1,00

	GOS Sistem arızası	GOS elektrik besleme arızası	GOS elektronik kart arızası	Satır toplam	APOAH değerlendirilen etki oranı
GOS Sistem arızası	0,44	0,44	0,44	1,33	0,444
GOS elektrik besleme arızası	0,44	0,44	0,44	1,33	0,444
GOS elektronik kart arızası	0,11	0,11	0,11	0,33	0,111

Gemi otomasyon sistemi		GOS elektronik kart arızası	GOS elektrik besleme arızası	GOS Sistem arızası
Arızalı %	Normal %			
100	0	Görüldü	Var	Gözlemlendi
55	45	Görülmedi	Var	Gözlemlendi
88	12	Görüldü	Yok	Gözlemlendi
44	56	Görülmedi	Yok	Gözlemlendi
55	45	Görüldü	Var	Gözlemlenmedi
11	89	Görülmedi	Var	Gözlemlenmedi
44	56	Görüldü	Yok	Gözlemlenmedi
0	100	Görülmedi	Yok	Gözlemlenmedi

Ek tablo 2'nin devamı

Otomatik kontrol düğümü AHP hesaplaması

	SSKU kontrol takip sistemi arızası	Gemi otomasyon sistemi arızası	BBAD kontrol takip sistemi arızası
SSKU kontrol takip sistemi arızası	1,00	1,00	1,00
Gemi otomasyon sistemi arızası	1,00	1,00	1,00
BBAD kontrol takip sistemi arızası	1,00	1,00	1,00
Sütün toplamı	3,00	3,00	3,00

	SSKU kontrol takip sistemi arızası	Gemi otomasyon sistemi arızası	BBAD kontrol takip sistemi arızası
SSKU kontrol takip sistemi arızası	0,33	0,33	0,33
Gemi otomasyon sistemi arızası	0,33	0,33	0,33
BBAD kontrol takip sistemi arızası	0,33	0,33	0,33
Normalize toplamı	1,00	1,00	1,00

Ek tablo 2'nin devamı

	SSKU kontrol takip sistemi arızası	Gemi otomasyon sistemi arızası	BBAD kontrol takip sistemi arızası	Satır toplam	APOAH değerlendirilen etki oranı
SSKU kontrol takip sistemi arızası	0,33	0,33	0,33	1,00	0,333
Gemi otomasyon sistemi arızası	0,33	0,33	0,33	1,00	0,333
BBAD kontrol takip sistemi arızası	0,33	0,33	0,33	1,00	0,333

Otomatik kontrol		BBAD kontrol takip sistemi arızası	Gemi otomasyon sistemi arızası	SSKU kontrol takip sistemi arızası
Arızalı %	Normal %			
100	0	Görüldü	Var	Gözlemlendi
66	34	Görülmedi	Var	Gözlemlendi
66	34	Görüldü	Yok	Gözlemlendi
33	67	Görülmedi	Yok	Gözlemlendi
66	34	Görüldü	Var	Gözlemlenmedi
33	67	Görülmedi	Var	Gözlemlenmedi
33	67	Görüldü	Yok	Gözlemlenmedi
0	100	Görülmedi	Yok	Gözlemlenmedi

Ek tablo 2'nin devamı

Kazan suyu ıslah sistemi düğümü AHP hesaplaması

	Dozaj ünitesi pompa arızası	Kazan suyu kalitesi
Dozaj ünitesi pompa arızası	1,00	3,00
Kazan suyu kalitesi	0,33	1,00
Satır toplamı	1,33	4,00

	Dozaj ünitesi pompa arızası	Kazan suyu kalitesi
Dozaj ünitesi pompa arızası	0,75	0,75
Kazan suyu kalitesi	0,25	0,25
Normalize toplamı	1	1

	Dozaj ünitesi pompa arızası	Kazan suyu kalitesi	Satır toplam	APOAH değerlendirilen etki oranı
Dozaj ünitesi pompa arızası	0,75	0,75	1,50	0,75
Kazan suyu kalitesi	0,25	0,25	0,50	0,25

Kazan suyu ıslah sistemi		Kazan suyu kalitesi	Dozaj ünitesi pompa arızası
Uygunsuz %	Uygun %		
100	0	Uygunsuz	Arıza
75	25	Uygun	Arıza
25	75	Uygunsuz	Normal
0	100	Uygun	Normal

Ek tablo 2'nin devamı

Buhar sistemi arızası düğümü AHP hesaplaması

	Buhar üreteçleri	Buhar dolaşım devre sistemi	Otomatik kontrol	Kazan suyu ıslah sistemi
Buhar üreteçleri	1,00	1,00	4,00	33,00
Buhar dolaşım devre sistemi	1,00	1,00	4,00	33,00
Otomatik kontrol	0,25	0,25	1,00	7,00
Kazan suyu ıslah sistemi	0,03	0,03	0,14	1,00
Sütun toplamı	2,28	2,28	9,14	74,00

	Buhar üreteçleri	Buhar dolaşım devre sistemi	Otomatik kontrol	Kazan suyu ıslah sistemi
Buhar üreteçleri	0,44	0,44	0,44	0,45
Buhar dolaşım devre sistemi	0,44	0,44	0,44	0,45
Otomatik kontrol	0,11	0,11	0,11	0,09
Kazan suyu ıslah sistemi	0,01	0,01	0,02	0,01
Normalize toplamı	1	1	1	1

Ek tablo 2'nin devamı

	Buhar üreteçleri	Buhar dolaşım devre sistemi	Otomatik kontrol	Kazan suyu ıslah sistemi	Satır toplam	APOAH Değerlendirilen etki oranı
Buhar üreteçleri	0,44	0,44	0,44	0,45	1,76	0,440
Buhar dolaşım devre sistemi	0,44	0,44	0,44	0,45	1,76	0,440
Otomatik kontrol	0,11	0,11	0,11	0,09	0,42	0,106
Kazan suyu ıslah sistemi	0,01	0,01	0,02	0,01	0,06	0,014

Buhar sistemi arızası		Kazan suyu ıslah sistemi	Otomatik kontrol	Buhar dolaşım devre sistemi	Buhar üreteçleri
Gözlemlendi %	Gözlemlenmedi %				
100	0	Uygun	Arızalı	Arızalı	Arızalı
99	1	Uygun	Arızalı	Arızalı	Arızalı
89	11	Uygun	Normal	Arızalı	Arızalı
88	12	Uygun	Normal	Arızalı	Arızalı
56	44	Uygun	Arızalı	Normal	Arızalı
55	45	Uygun	Arızalı	Normal	Arızalı
45	55	Uygun	Normal	Normal	Arızalı
44	56	Uygun	Normal	Normal	Arızalı
56	44	Uygun	Arızalı	Arızalı	Normal
55	45	Uygun	Arızalı	Arızalı	Normal
45	55	Uygun	Normal	Arızalı	Normal
44	56	Uygun	Normal	Arızalı	Normal

Ek tablo 2'nin devamı

12	88	Uygunsuz	Arızalı	Normal	Normal
11	89	Uygun	Arızalı	Normal	Normal
1	99	Uygunsuz	Normal	Normal	Normal
0	100	Uygun	Normal	Normal	Normal

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimini Rize’de tamamladı. Lisans eğitimini İTÜ Denizcilik Fakültesi Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği bölümünde tamamlayarak 2003 yılında mezun oldu. 2003 ve 2011 yılları arasında Türk deniz ticaret filosunda farklı tip gemilerde uzakyol vardiya mühendisi, uzakyol ikinci mühendis ve uzakyol baş mühendis yeterliliklerinde görev yaptı. 2012 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Turgut Kıran Denizcilik Yüksekokulu Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümünde öğretim görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı kurumda görevine devam etmektedir. İyi derecede İngilizce bilmektedir. Yazar evli ve iki çocuk babasıdır.

