

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GEMİLERDE ATIK ISI SİSTEMLERİNİN  
İŞLETİLMESİ**

129088

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mak. Müh. Gökhan AKKAŞ**

**Enstitü Ana Bilim Dalı : MAKİNE MÜH.**

**Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mesut GÜR**

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
KURUMSAL KAYIT NO: 129088

**HAZİRAN 2002**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEMİLERDE ATIK ISI SİSTEMLERİNİN  
İŞLETİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Gökhan AKKAŞ

129088

Enstitü Ana Bilim Dalı : MAKİNE MÜH.

Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Bu tez ~~11.10.71~~ 10.7.1 2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Nesret GÜR  
Jüri Başkanı

Prof. Dr. Mustafa HALICI  
Jüri Üyesi

Prof. Dr. İsmail TAHAZ  
Jüri Üyesi

## ÖNSÖZ

Gemilerde büyük miktarlarda atık ısı oluştuğundan modern gemilerde enerji optimizasyonunu amaçlayan sistemler çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle bu sistemlerin hedeflenen yakıt tasarrufunu sağlayabilmesi için işletme optimizasyonu büyük önem arz etmektedir.

İşletme optimizasyonunun sağlanabilmesi için bu sistemlerin iyi işletilmeleri gerekir. Bunun için bu sistemlerin pratik olarak iyi tanınmış olması ve çalışma prensiplerinin teorik olarak iyi bilinmesi ve dolayısıyla işletme koşullarının bilinçli oluşturulması şarttır.

Tez çalışması için kaynak teşkil eden kitaplardan yapılan çevirilerde bazı terimler Türkçede de kullanıldığından bu çalışmada da Türkçe telaffuz edildiği gibi kullanıldı.

Tez çalışmalarım esnasında benden yardımlarını esirgemeyen ve iyi bir çalışma ortamı sağlayan Danışmanım Prof. Dr. Mesut GÜR'e ve diğer tüm emeği geçenlere teşekkürü borç bilirim.

Haziran 2002

Gökhan AKKAŞ

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER LİSTESİ .....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
TABLolar LİSTESİ .....	ix
ÖZET .....	x
SUMMARY .....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
AŞIRI DOLDURMA SİSTEMİ .....	10
2.1 Aşırı doldurma .....	10
2.2 Dört zamanlı makinalar .....	12
2.3 İki zamanlı makinalar .....	13
2.4 Dolgu havasının soğutulması .....	16
2.5 Süpürme .....	17
2.6 Turboblöverin uygunluğu .....	18
2.7 Blöverde sörcü (surge) .....	19
2.8 Aşırıdoldurma sistemi türleri .....	20
2.8.1 Sabit basınç metodu .....	21
2.8.2 Impuls aşırıdoldurmalı metodu .....	22
2.8.3 Pals dönüştürme metodu .....	22
2.8.4 Çok palslı metot .....	22
2.9 Turboşarjlerin yapısı (Brown Boveri) .....	23
2.9.1 Performans .....	24
2.9.2 Soğutulmayan tipler .....	25
2.10 Türbinlerde yıkama işlemleri .....	27
2.10.1 Temizliğin temel prensibi .....	27
2.10.2 Türbin tarafının temizliği .....	28
2.10.3 Türbin tarafı için ıslak temizlik prosedürü .....	29
2.10.4 Türbin tarafı için kuru temizlik prosedürü .....	30
2.11 Dişli tip yağ pompalı türbinlerde dikkat edilmesi gereken hususlar .....	30
2.12 Turboşarjer parçalarında oluşan erozyon .....	31
2.13 Öneriler .....	31
2.14 Dişli ve santrifüj yağ pompalarında salgı (true run) .....	32
2.15 Türbinlerde yağın renk değiştirme nedenleri .....	32
2.15.1 Yağ renginin çabuk değişmesine neden olan faktörler .....	33

<b>BÖLÜM 3:</b>	
<b>DENİZ SUYUNDAN TATLI SU ÜRETME SİSTEMİ</b>	<b>34</b>
3.1	Evaporeyterler
3.1.1	Kazanlı evaporeyterler
3.1.2	Flaş evaporeyter
3.2	Çalışma mahalline montaj
3.3	Evaporeyterin çalıştırılması
3.4	Evaporeyterin kapatılması
3.5	Bakım
3.6	Kışır oluşumu
3.6.1	Kimyasal kışır temizleme
3.6.2	Kışır problemleri
3.7	Muhtemel sorunların çareleri

<b>BÖLÜM 4:</b>	
<b>YARDIMCI KAZAN İLE İNERTGAZ ÜRETİM SİSTEMİ</b>	<b>48</b>
4.1	İnertleme
4.2	İnertgaz kaynakları ve inertgazın kalitesi
4.3	İnertgazla yapılan işlemler
4.3.1	Ön inertleme (primary inerting)
4.3.2	Süper inertleme (purging)
4.3.3	Gazfri işlemi (gas-freeing)
4.4	İnertleme yöntemleri
4.4.1	Deplasman yöntemi
4.4.2	Karışım yöntemi
4.4.3	Vakum/basınç yöntemi
4.5	İnertgaz sisteminin elemanlarının dizaynı ve işlevleri
4.5.1	İnertgaz yıkayıcısı
4.5.2	İnertgaz fanları
4.5.3	Güverte su kapanı
4.5.4	Güverte mekanik geri döndürmez ve güverte izole valfları
4.5.5	İnertgaz dağıtım sistemi
4.5.6	İnertgaz sisteminde borular ve valflar
4.5.7	Gaz basıncı ayarlama düzeneği ve valfları
4.5.8	Sıvılı basınç/vakum kırıcılar
4.6	İnertgaz sisteminin işletilmesi
4.6.1	Çalıştırma işlemleri
4.6.2	Kapatma işlemleri
4.6.3	Kapatıldıktan sonra emniyet kontrolleri
4.6.4	Sistemin arızalanması
4.6.5	Ölçme, kontrol ve alarm cihazları
4.6.6	Bakım ve test etme
4.6.6.1	İnertgaz yıkayıcısı
4.6.6.2	İnertgaz fanları
4.6.6.3	Güverte su kapanı
4.6.6.5	Geri döndürmez valflar
4.6.6.6	Gaz yıkayıcının dreyn devresi
4.6.6.7	Diğer ünitelerin ve alarmların test edilmesi
4.6.6.8	İnertgaz sistemi bakım programı

## BÖLÜM 5:

EGZOST GAZ KAZANLARI İLE BUHAR ÜRETME SİSTEMİ	82
5.1 Egzost gaz kazanları	82
5.2 Kazan montaj elemanları	86
5.2.1 Emniyet valfları	86
5.2.2 Ana stop valfi	86
5.2.3 Yardımcı stop valfları	87
5.2.4 Besleme (feed) valfları	87
5.2.5 Kazan besleme suyu regülatörü	87
5.2.6 Su seviyesi göstergeleri	88
5.2.7 Alçak su seviyesi alarmları	88
5.2.8 Boşaltma (blow down) valfları	89
5.2.9 Köpük, pislik (scum) valfları	89
5.2.10 Dreyn valfları	89
5.2.11 Hava ventili	90
5.2.12 Kimyasal katkı valfları	90
5.2.13 Tuzluluk ölçme valfları	90
5.2.14 Kurum üfleme buhar valfları	90
5.2.15 Basınç göstergesi bağlantıları	91
5.2.16 Termometreler	91
5.3 Kazanın işletilmesi	91
5.3.1 Kazanın çalıştırılması	91
5.3.2 Hidrolik test	94
5.3.3 Kazanlarda sürveyler	95
5.4 Kazanda işletme problemleri	96
5.4.1 Korozyon	96
5.4.1.1 Korozyon türleri	97
5.4.1.1.1 Kemirici korozyon	97
5.4.1.1.2 Çukur korozyonu	98
5.4.1.1.3 Elektro kimyasal korozyon	98
5.4.1.2 Korozyon yorgunluğu	99
5.4.2 Aşırı ısınma	100
5.4.3 Çatlama	100
5.4.4 Mekanik hasarlar	101
5.4.5 Vardiyacının göstereceği öndikkat	101
5.5 Kazanın temizlenmesi	103
5.5.1 İçten temizlik	103
5.5.2 Dış temizlik	104
5.5.3 Kurum üfleme işlemi	105
5.6 Kazan suyu testleri	106
5.6.1 Tuzölçer(salinometer)	106
5.6.2 Litmus kağıtları	106
5.6.3 Alkalinite testi	107
5.6.4 Klorid testi	107
5.6.5 Sülfid testi	108
5.6.6 Sertlik testi	108
5.6.7 pH değeri	108
5.7 Kazan suyu işlemcileri	109
5.7.1 Lime ve soda işlemcileri	109

5.7.2 Kostik soda işlemcileri .....	111
5.7.3 Çökelticiler (coagulants) .....	114
5.7.4 Havasızlandırma (deaeration) .....	114
5.7.5 Yoğunlaştırılmış kalsiyumhidroksit işlemi .....	116
<b>BÖLÜM 6.</b>	
<b>SONUÇLAR .....</b>	<b>117</b>
<b>BÖLÜM 7.</b>	
<b>TARTIŞMA ve ÖNERİLER .....</b>	<b>118</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>121</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>122</b>



## SİMGELER LİSTESİ

$Q_f$	:Yakıtın tam yanması ile oluşan ısı miktarı
$Q_e$	:Yararlı işe eşdeğer ısı miktarı
$Q_s$	:Soğutma Suyu ile götürülen ısı miktarı
$Q_{eg}$	:Egzost gazları ile götürülen ısı miktarı
$Q_r$	:Atık ısı veya radyasyon yolu ile atılan ısı miktarı
$Q_{e.eg}$	:Etkin olan egzost gazı ısısı
$Q_{e.eg (yıl)}$	:1 yılda etkin olarak faydalanılan egzost gazı ısısı
$W_{k\ oks}$	:Egzost gazında bulunan karbondioksit miktarı
$W_{oks}$	:Egzost gazında bulunan oksijen miktarı
$W_{su}$	:Egzost gazında bulunan su miktarı
$W_{nit}$	:Egzost gazında bulunan nitrojen miktarı
$W_{top}$	:Egzost gazları toplam miktarı
$W_{bir}$	:1 kg yakıtın yanmasıyla oluşan egzost gazı miktarı
$F_g$	:Makinanın günlük yakıt sarfıyatı
$S_f$	:Makinanın özgül yakıt sarfıyatı
$N_e$	:Makinanın efektif gücü
$C_{e.ort}$	:Isının çekildiği sıcaklıklar arasında egzost gazının ortalama özgül ısısı
$C_{s.ort}$	:Isının çekildiği sıcaklıklar arasında silindir soğutma suyu ortalama özgül ısısı
$t_{e.g}$	:Egzost gazı giriş sıcaklığı
$t_{e.ç}$	:Egzost gazı çıkış sıcaklığı
$t_{s.g}$	:Silindir soğutma suyu giriş sıcaklığı
$t_{s.ç}$	:Silindir soğutma suyu çıkış sıcaklığı
$W_s$	:24 saatte ısı değiştirgecinden geçen silindir soğutma suyu miktarı
$S$	:Sistemlerin bir yıl içinde çalıştığı gün sayısı
$\eta$	:Hava fazlalık katsayısı
$W_y$	:1 yılda geri kazanılan yakıt miktarı
$H_a$	:Makinanın yaktığı yakıtın alt ısı değeri
$k$	:Yapılan yakıt tasarrufu oranı
$\eta_{sis}$	:Atık ısı sisteminin verimi
$\eta_t$	:Sistemin ısı verimi



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Dizel motorlarında ısı dengesine ilişkin Sankey diyagramı .....	2
Şekil 2.1 Egzost gazıyla çalışan aşırıdoldurma sisteminin başlıca düzenlemesi .....	11
Şekil 2.2 Aşırı Doldurma Sistemi .....	15
Şekil 2.3 Turboşarjer Karakteristikleri .....	18
Şekil 2.4 Silindirlere turboşarjere bağlantı yöntemleri .....	21
Şekil 2.5 Brown Boveri tipi VTR501 turboşarjer .....	23
Şekil 2.6 Tipik basınç-hacim eğrisi .....	25
Şekil 2.7 Soğutulmayan Tip Brown Boveri VTR4 Turboşarjer .....	26
Şekil 3.1 Evaporeyter boru sistemi .....	39
Şekil 4.1 Tanklardaki oksijen, inertgaz ve hidrokarbon karışımı .....	50
Şekil 4.2 Deplasman yönteminde, tanklardaki oksijen, inertgaz ve hidrokarbon karışımı .....	55
Şekil 4.3 Karışım yönteminde, tankın değişik bölgelerine ait gaz konsantrasyonunun zamana göre değişimi .....	57
Şekil 4.4 Karışım yöntemi ile inertleme esnasında inertgazın hareketleri .....	58
Şekil 4.5 Deplasman yöntemi ile inertleme esnasında inertgazın hareketleri .....	58
Şekil 4.6 İntergaz sistemi .....	61
Şekil 5.1 Tek geçişli karma Cochran kazanı .....	83
Şekil 5.2 Zorlamalı sirkülasyonlu karma kazan .....	85

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1 Evaporeyter arıza cetveli .....	45
Tablo 4.1 İnergaz sistemi bakım programı .....	81
Tablo 5.1 Kalsiyum hidroksit [Lime, Ca(OH) <sub>2</sub> ] magnezyum bileşikleri ve geçici sertlik tuzlarıyla girdiği tepkimeler .....	110
Tablo 5.2 Sodyum karbonatın (Soda külü, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) suda kalsiyum bileşikleriyle tepkimeye girmesi .....	111
Tablo 5.3 Kostik Soda (Sodyum Hidroksit, NaOH) tepkimesi .....	111
Tablo 5.4 Fosfat Tepkimeleri .....	112

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Atık Isı, Turbo Şarjer, Evaporatör, İnertgaz

Gemilerde büyük miktarlarda artık ısı enerjisi olduğundan modern gemilerde enerji optimizasyonunu amaçlayan sistemler çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Kurulan artık ısı sistemleri egzost gazları ile yaklaşık %35' i ve silindir soğutma suyu ile yaklaşık %20' si atılan ısı enerjisinin %35-50 kadarı geri kazanılabilmektedir. Bu nedenle bu sistemlerin hedeflenen yakıt tasarrufunu sağlayabilmesi için işletme optimizasyonu büyük önem arz etmektedir. Gemilerde genellikle bir yada birkaçının bir arada kullanıldığı bu sistemlerin yaygın ve enerjinin geri kazanılmasında büyük paya sahip olanları şu başlıklar altında toplanabilir.

1. Turboblöverli aşırı doldurma sistemi
2. Evaporeyterli tatlı su üretme sistemi
3. Yardımcı kazan egzostundan üretilen inertgaz sistemi
4. Egzost gaz kazanlı buhar üretme sistemi

İşletme optimizasyonunun sağlanabilmesi için bu sistemlerin tasarlanan çalışma şartlarına yakın şartlarda tutulması, muayene, test, çalıştırma, kapatma, temizlik, bakım ve onarımlarının prosedürüne uygun ve bilinçli bir şekilde yapılması ile mümkün olur. Aksi takdirde, bu sistemler tasarlandığı gibi optimum sistemle çalıştırılmadığı gibi hatta kapasitesinin çok altında çalıştırılırlar. Bu yüzden bu sistemlerin pratik olarak iyi tanınmış olması ve çalışma prensiblerinin iyi bilinmesi, dolayısı ile işletme koşullarının bilinçli oluşturulması şarttır. Ancak bu şekilde sistemlerin tasarlanan optimizasyon beklentilerine yaklaşılabilir. Enerji optimizasyonu için kurulan sistemlerin, çalışma ömürlerine kıyasla ilk yatırım maliyetlerini karşıladıkları bilinmelidir. Geri ödeme süresi, yapılan iyi bir işletim ile her türlü maliyet düşürülerek, çalışma ömrü uzatılarak ve tasarlana optimizasyona mümkün olduğu kadar yakın kalması sağlanarak kısa tutulabilir.

# OPERATION OF WASTE HEAT RECOVERY SYSTEMS

## SUMMARY

Keywords: Waste heat, Turbo charging, Fresh water, Exhaust gas boiler

Waste heat recovery systems are commonly used because of with marine engine the amount of the heat carried away by the exhaust gases varies between 30 to 35 per cent and by the jacket cooling water between 20 to 25 per cent of the total heat energy supplied to the engine. Recovery of some of this heat loss to the extent 35 to 55 is possible by means of waste heat recovery systems.

These systems have many kind of damages in the long run because of they are exposed corrosion, dirty, mechanical difficulties, overheating, overpressure etc. That's why performance of these systems decrease. In order to prevent to decline systems must be kept in good conditions and their inspection, testing, starting, closing, cleaning, maintenance and repair must be performed according to procedures on time. Thus the damages and the loss can be reduced to minimum.

A few waste heat recovery systems which are commonly built up on board, as follows:

1. Turbocharging sytem
2. Fresh water plant which is heated by main engine jacket water,
3. Inert gas sytem with auxiliary boilers,
4. Steam generated system with Exhaust gas boilers.

# BÖLÜM 1. GİRİŞ

## 1.1 Atık Isıdan Faydalanma

Gemi makinalarında silindire püskürtülen yakıtın yakılması ile açığa çıkan ısınnın bir bölümü yararlı işe dönüştürülür. Geri kalan kısmını ise kayıp ısı bölümünü oluşturur.

Atık ısınnın geri kazanımı ancak egzost gazları ve soğutma suyu ile götürülen ısınnın bir bölümünden faydalanma şeklinde olabilir. Şekil 1.1'de gerçek makinalarda ısı dengesini veren Sankey diyagramı görülmektedir.

Gemilerde atık enerji ile çalıştırılan ve yaygın olarak kullanılan sistemler şunlardır:

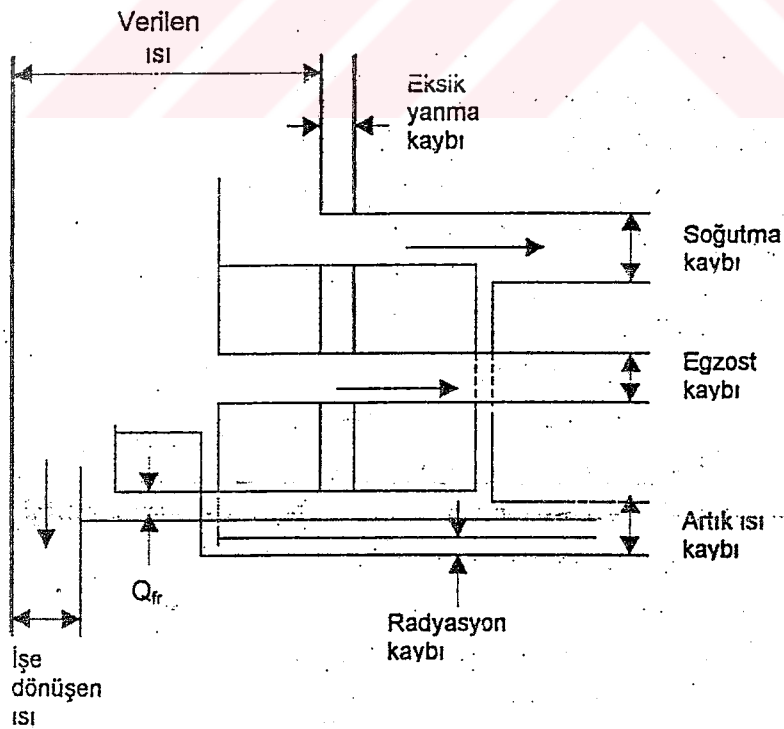
1. Aşırı doldurma sistemi,
2. Egzost gaz kazanları ile buhar üretim sistemi,
3. Deniz suyundan tatlı su üretim sistemi,
4. Yardımcı kazan egzostundan inertgaz üretim sistemi.

Aşırı doldurma uygulanan, yüksek güçlü gemi dizel makinalarında egzost gazları ile götürülen ısı miktarı, silindirlerde oluşturulan ısınnın yaklaşık %35'i dolaylarındadır. Bu makinelerde soğutma sıvıları tarafından götürülen ısı miktarı ise, yaklaşık olarak %22 dolaylarında olmaktadır. Böylelikle tasarım aşamasından itibaren atık ısıdan faydalanma yolu ile verimin yükseltilmesi ve daha sonraki süreçte atık ısıdan faydalanma amacı ile kurulan sistemlerin yüksek verimlilikle işletilmesinin önemi artmaktadır.

Egzost gazlarından alınarak yararlanılacak ısı miktarı birçok etkene bağlıdır. Bu etkenler: Üretilen buharın basıncı, gaz sıcaklığı ve buharlaşma miktarı, egzost gazı giriş sıcaklığı, gaz hacmi, ısınma yüzeylerinin durumu vb. etkenlerdir.

Egzost gazlarının yüksek seviyedeki ısı ve hız enerjisinden genellikle, makinanın gücünü yükseltmek için makinaya doğal emişli makinaların silindirlere giren havanın yaklaşık dört misli hava gönderen blöveri döndüren gaz türbininin döndürülmesinde yararlanır. Isı enerjisinden ayrıca, yardımcı hizmetlerde kullanılmak üzere alçak basınçlı buhar elde edilmesi için egzost gaz kazanlarında, yağ seperatörlerine gelen yağın ısıtılmasında faydalanılır.

Bundan başka yine enerji optimizasyonu açısından yardımcı bağımsız buhar kazanlarının egzost gazının tanker özelliği taşıyan gemilerde yük cinsinin taşıdığı parlama ve yanma riskini düşürmek için tanklara basılan inertgaz olarak işlemlerden geçirilmek suretiyle bizzat kendisinden yararlanır.



Şekil 1.1 Dizel motorlarında ısı dengesine ilişkin Sankey Diyagramı

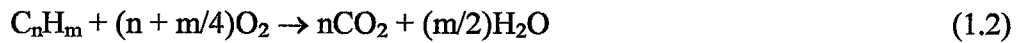
Silindir soğutma suyundan alınan ısı evaporeyterlerde tatlı su elde edilmesinde ve kullanma suyu ısıtıcılarında kullanılmaktadır. Bu işlem gemi uzun seferlerde ve makine tam yükteyken, makinayı soğutarak ısınan silindir soğutma suyunun deniz suyu ile soğutma yapan soğutuculara gitmesi engellenir ve bir evaporeyterden geçirilir. Deniz suyunun vakum altında düşük sıcaklıkta kaynatılarak damıtılması suretiyle içme ve kullanma suyu temin edilir. Fakat evaporeyter eşanjöründe çekilen ısı ile ısıtılan deniz suyunun yaklaşık üçte biri tatlı suya çevrilir. Geri kalan deniz suyu dışarı atılır.

$$Q_f = Q_e + Q_s + Q_{eg} + Q_r \quad (\text{kcal}) \quad (1.1)$$

Bu denklemden,

- $Q_f$  : Yakıtın tam yanması ile oluşan ısı miktarı,
- $Q_e$  : Yararlı işe eşdeğer ısı miktarı,
- $Q_s$  : Soğutma suyu ile götürülen ısı miktarı,
- $Q_{eg}$  : Egzost gazları ile götürülen ısı miktarı,
- $Q_r$  : Artık ısı veya radyasyon yolu ile atılan ısı miktarı.

Hidrokarbon kökenli yakıtların yanmasındaki kimyasal tepkime şu denkleme uygun olarak gerçekleşir:



Fueloil yakan bir anamakinada bu tepkime ile yakılan fueloilin stokiyometrik formülü  $C_{20}H_{42}$  ise fueloilin 1 kg molünün ağırlığı,

$$[(20 \cdot 12) + 42] = 282 \text{ kg} \quad (1.2a)$$

Yanmayla üretilecek karbondioksit miktarı,

$$W_{k.ok} = 20.44 = 880 \text{ kg CO}_2 \quad (1.2b)$$

Su buharı miktarı,

$$W_{su} = (42.18) \div 2 = 378 \text{ kg H}_2\text{O} \quad (1.2c)$$

Her 1 kg O<sub>2</sub>, 3.262 kg N<sub>2</sub> ile işlem görür. Hava fazlalık katsayısı η olan turboşarjerli bir makinanın egzost gazında,

$$W_{oks} = (\eta - 1) [20 + (42 \div 4)] \times 32 = 976 (\eta - 1) \text{ kg O}_2 \quad (1.2d)$$

$$W_{nit} = \eta \{3,262[20 + (42 \div 4)]\} \times 32 \quad (1.2e)$$

$$= \eta \times 2785,75 \text{ kg N}_2 \text{ üretilir.}$$

Egzost gazının toplam ağırlığı,

$$W_{top} = W_{oks} + W_{su} + W_{k.ok} + W_{nit} \quad (1.3)$$

olur,

282 kg fuel oil yandığında W<sub>top</sub> kg egzost gazı üretilir. 1 kg fuel oil yandığında üretilen egzost gazı miktarı,

$$W_{bir} = W_{top} \div 282 \text{ (kg)}$$

Egzost gazından çıkabilecek ısı miktarı,

$$Q_{eg} = (W_{top} \div 282) \times F_g \times C_{e.ort} \times (t_{e.g} - t_{e.ç}) \text{ (kj/gün)} \quad (1.4)$$



$$F_g : S_f \times N_e \times 24 \times 10^{-3} \text{ (kg/gün)} \quad (1.5)$$

$S_f$  : Ana makinanın özgül yakıt sarfiyatı (g/BHP saat)

$F_g$  : 24 saatte yakılan yakıt miktarı (kg/gün)

$N_e$  : Ana makinanın efektif gücü (BHP)

$C_{e.ort}$  : Isının öekildiği sıcaklıklar arasında egzost gazının ortalama özgül ısısı (kj/kgK)

$t_{e.g}$  : Egzost gazı giriş sıcaklığı (°C)

$t_{e.ç}$  : Egzost gazının çıkış sıcaklığı (°C)

Eğer silindir soğutma suyuyla ısıtma yapan bir sistemse,

$$Q_s = W_s \times C_{e.ort} \times (t_{s.g} - t_{s.ç}) \text{ (kj/gün)} \quad (1.6)$$

$W_s$  : 24 saatte ısı değıştirgecinden geçen silindir soğutma suyu miktarı (kg/gün)

$C_{e.ort}$  : Isının çekildiği sıcaklıklar arasında silindir soğutma suyu ortalama özgül ısısı (kj/kgK)

$t_{s.g}$  : Silindir soğutma suyu giriş sıcaklığı (°C)

$t_{s.ç}$  : Silindir soğutma suyu çıkış sıcaklığı (°C)

Egzost gazından çekilen ısıyla çalışan sistemin verimi  $\eta_{sis}$  kabul edilirse

$$Q_{e.eg} = \eta_{sis} \times Q_{eg} \text{ (kj/gün)} \quad (1.7)$$

Sistemin yılda S gün çalıştığı kabul edilirse, 1 yılda kazanılan ısı,

$$Q_{e.eg (yıl)} = S \times Q_{ef} \text{ (kj/yıl)}$$

$$Q_{e.eg (yıl)} = 0.239 \times S \times Q_{ef} \text{ (kcal/yıl)} \quad (1.9)$$

Kullanılan yakıtın alt ısı değeri  $H_a$  (kcal/kg) hesaba katılırsa, 1 yılda geri kazanılan yakıt miktarı bulunur.

$$W_y = Q_{e,eg(yıl)} \div H_a \quad (\text{kg/yıl}) \quad (1.10)$$

Geri kazanılan yakıt miktarının kullanılan yakıtı oranı,

$$k = W_y \div (F_g \times S) \quad (1.11)$$

Uygulma olarak aşırı doldurma sistemi, egzost gaz kazanı ve evaporeyterin bulunduğu M/T HAVPRINS gemisinde bu hesap yapılırsa,

Hava fazlalık katsayısı  $\eta$ :1.9

Özgül yakıt sarfiyatı  $s_f$  : 153 g/BHPsaat,

Gemi seyir hızında makinanın çıkış gücü: 9000 BHP,

Egzost gazının türbine giriş sıcaklığı : 420 °C,

Türbinden çıkış sıcaklığı : 320°C,

Egzost gazının kazana giriş sıcaklığı : 315 °C,

Kazandan çıkış sıcaklığı : 200 °C

Kazan verimi  $\eta_{kaz}$  : 0.8

Türbin verimi  $\eta_{tür}$  : 0.7

Evaporaytere giren silindir soğutma suyu miktarı : 50 ton/saat

Evaporaytere silindir soğutmasuyunun giriş sıcaklığı : 79 °C

Evaporayterden silindir soğutma suyunun çıkış sıcaklığı : 65 °C

Evaporayter verimi  $\eta_{eva}$  : 0.25

Makinada kullanılan fueloilin alt ısı değeri  $H_a$  : 10180 kcal/kg

Egzost gazının ortalama özgül ısı  $c_{e,ort}$  : 1.255 kJ/kgK

Silindir soğutma suyu özgül ısı  $c_{s,ort}$  : 4.184 kJ/kgK

Gemi yılda 305 gün seyir yapmaktadır.

Makinanın günlük yakıt sarfiyatı, (1.5) nolu eşitlikten

$$F_g = 153 \times 9000 \times 24 \times 10^{-3}$$

$$= 33048 \text{ kg/gün yakıt tüketilir}$$

$$\begin{aligned} W_{k.ok} &= 20 \times 44 \\ &= 880 \text{ kg karbondioksit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{su} &= 42 \times 18 \div 2 \\ &= 378 \text{ kg su} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{oks} &= (1.9-1) \times 976 \\ &= 878.4 \text{ kg oksijen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{nit} &= 1.9 \times 2785.75 \\ &= 5293 \text{ kg nitrojen bulunur.} \end{aligned}$$

(1.3) nolu eşitlikten egzost gazının toplam ağırlığı,

$$\begin{aligned} W_{top} &= 282 + 880 + 378 + 878.4 + 5293 \\ &= 7711.4 \text{ kg egzost gazı 282 kg fueloil yandıgında oluşur.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{bir} &= 7711.4 \div 282 \\ &= 27.35 \text{ kg egzost gazı / kgyakıt} \end{aligned}$$

Bu durumda türbin ile egzost gazından çekilebilecek ısı miktarı, (1.4) nolu eşitliği türbin için düşünürsek,

$$\begin{aligned} Q_{tür} &= 27.35 \times 33048 \times 1.255 \times (420 - 315) \\ &= 119106520 \text{ kJ/gün} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{tür} &= 0.65 \times 0.239 \times 305 \times 119106520 \\ &= 5643475354 \text{ kcal/yıl} \end{aligned}$$

Egzost gaz kazanından çekilen ısı miktarı, (1.4) nolu eşitliği kazan için düşünürsek,

$$\begin{aligned} Q_{kaz} &= 27.35 \times 33048 \times 1.255 \times (315 - 200) \\ &= 130449997 \text{ kJ/gün} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{kaz} &= 0.8 \times 0.239 \times 305 \times 85806952 \\ &= 7607322141 \text{ kcal/yıl} \end{aligned}$$

Evaporayter ile silindir soğutma suyundan çekilen ısı miktarı, (1.5) nolu eşitlikten,

$$\begin{aligned} Q_{eva} &= 50000 \times 24 \times 4.184 \times (79 - 65) \\ &= 70291200 \text{ kJ/gün} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{eva} &= 0.25 \times 305 \times 0.239 \times 70291200 \\ &= 1280969256 \text{ kcal/yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{top} &= Q_{ttr} + Q_{kaz} + Q_{eva} \\ &= 5643475354 + 7607322141 + 1280969256 \\ &= 14531766750 \text{ kcal/yıl} \end{aligned}$$

Kazanılan toplam ısının Bir yılda ne kadarlık yakıta denk olduğu, (1.10) nolu eşitlikten,

$$\begin{aligned} W_y &= Q_{top} \div H_a \\ &= 14531766750 \div 10180 \\ &= 1427482 \text{ kg yakıt/yıl} \\ &= 1427.5 \text{ ton yakıt/yıl tasarruf sağlanır.} \end{aligned}$$

(1.11) nolu eşitlikten,

$$\begin{aligned} k &= 1427.5 \div (33.05 \times 305) \\ &= 0.1416 \\ &= \% 14.16 \text{ tasarruf sağlanır.} \end{aligned}$$

Atık ısı enerji sistemlerinde ısı verimi yükseltmek için herhangi bir ısı makinasında olduğu gibi ısı verimi,

$$\eta_t = 1 - (t_g - t_\phi) \quad (1.12)$$

olduğundan çevrimin ısıverimini yükseltmek için  $t_g$  değiştirilemeyeceğinden  $t_\phi$  mümkün olduğunca küçük tutulmalıdır.

$t_\phi$  sıcaklığının küçük tutulabilmesi öncelikle sistemin tasarımına bağlıdır. Fakat bunun dışında sistemlerin işletilmesi tasarlanan ısı verimin korunması üzerinde önemli rol oynar. Sistemin başta temizlenmesi olmak üzere, kontrolü, bakımı ve onarımı  $t_\phi$  sıcaklığının tesbiti hususunda etkin olur. Bu işlemler gereği gibi yapılmazsa hem sistemin verimi düşer, hem de ihmal edilmiş, gecikmiş yada bilinçsizce yapılmış her müdahale sistemin ömrünü azaltır ve bakım onarım maliyetini arttırır.

## BÖLÜM 2. AŞIRI DOLDURMA SİSTEMLERİ

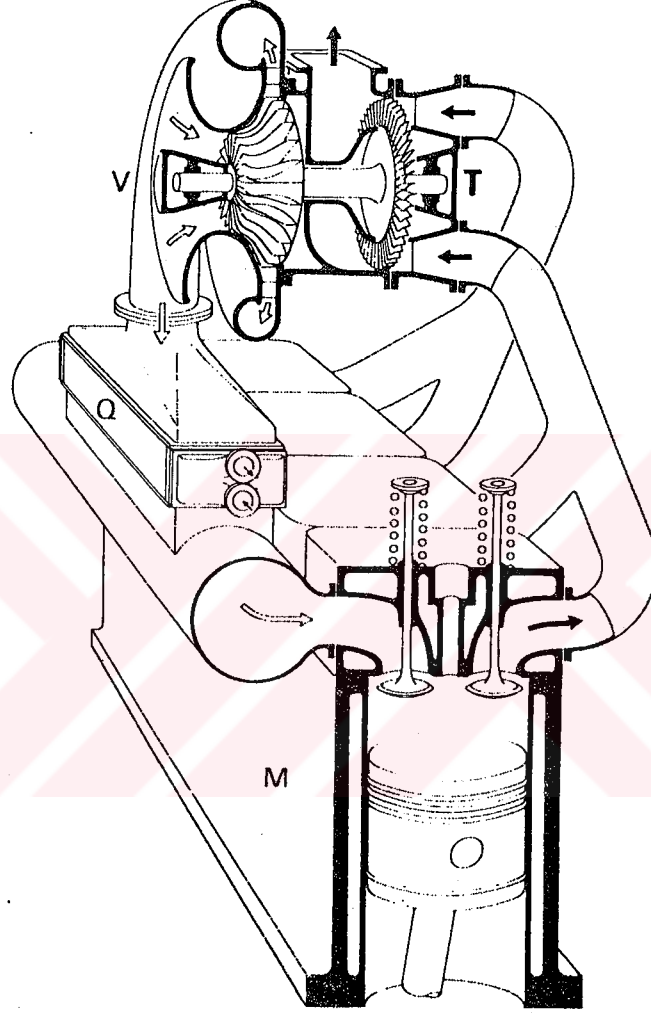
### 2.1 Aşırı Doldurma

Doğal olarak emiş yapan makinalar ortam atmosferi ile aynı yoğunluktaki havayı çeker. Bu hava yoğunluğu, maksimum ağırlıktaki yakıtın silindirde her bir strokta etkin yanmasını sağlar. Silindir emme manifoldu arasında uygun bir kompresör kullanılmak suretiyle, dolgu havası yoğunluğu artırılarak, çalışma stroku başına alınan hava miktarı artırılır. Dolayısı ile daha büyük miktarlarda yakıt yakılmak suretiyle, sonuç olarak silindirlerdeki çıkış gücü artırılır. Makinadan çıkan egzost gazları ile çevrilen türbin tekerleği, santrifügal tip hava kompresörü ile rijit olarak birleştirildiği egzost gazlı turboşarjer kullanılarak dolgu havasında bir yükselme sağlanır. Makinanın işletme veriminde önemli bir etkiye sahip olan kompresörün çalışması için belirli miktarda güç harcanır. Buna bağlı olarak, kompresörün zincir yada dişliler ile doğrudan makinadan tahrik edilerek çalışması ekonomik değildir. Zira ek bir güç harcanır ve sağlanacak bu ek güç için özgül yakıt sarfiyatında yükselme olur. Toplam ısı enerjisinin yaklaşık %35'i egzost gazıyla atıl olarak dışarı atılır. Böylece kompresör çalıştırılmak suretiyle kullanılan egzost gazındaki bu enerji, dolgu havasındaki yükselmeyle doğru orantılı olarak, makine çıkış gücünde bir miktar yükselme sağlar.

Turboşarjerler, makinanın egzost gazları ile döndürülen bir gaz türbini ve kompresör olarak ise, türbinde üretilen güce uygun ve aynı mile monte edilmiş bir blower içerir. Şekil 2.1 de turboşarjerli bir sistemin temel düzenlemesi görülmektedir. Bir egzost turboblöveri vasıtası ile yapılan basınçlı dolgunun birçok avantajı vardır;

1. Aynı büyüklüğe ve aynı piston hızına sahip başka bir makinanın çıkış gücünde önemli bir yükselme, yada diğer bir deyişle, aynı beygir gücünü elde etmek için makinanın ağırlığı ve boyutlarındaki önemli düşüş,

2. Makinanın bütün yük kademelerindeki özgül yakıt sarfiyatlarında kayda değer bir düşme,



Şekil 2.1 Egzost gazı ile çalışan aşırı doldurma sisteminin başlıca düzenlenmesi. M, Dizel makine; O, Soğutma havası soğutucusu; T, Egzost türbini; V, Blower

3. Kurulma aşamasında makine maliyetlerinde düşme,  
 4. Silindirlerde daha az zorlanma şartlarından kaynaklanan, güvenilirlikte artma ve bakım maliyetlerinde düşme,

## 2.2 Dört Zamanlı Makinalar

Egzost gazı ile çalışan turboşarjerli, dört zamanlı, tek etkili gemi makinalarına, aynı hız ve boyutlardaki doğal emişli makinalara göre üç kat daha fazla güç kazandırır. Hatta son zamanlardaki makine tiplerinde çalıştırılan iki kademeli turboşarj sistemi ile daha yüksek çıkış gücü oranı elde edilmiştir. Günümüzde, egzost devresi düzenlemesinde önemli sayılabilecek basitlik sağlarken daha büyük yakıt ekonomisinde sağladığından, sabit basınçlı turboşarj sistemi daha yaygın olmasına rağmen neredeyse bütün dörtzamanlı makinalar pils sistemi ile çalışmaktadır.

Turboblöverin makinaya uygunluğunda, süpürülen hacmin dışında kalan hacimdeki serbest hava miktarının, yanmadan sonra silindirlerin süpürülmesi esnasında yeterli hava sağlaması ve dolgu havasının yoğunluğunu arttırmak için destekçi olması istenir. Örneğin, 10.4 bar'lık bmep ile tam yükte çalışan bir makine, serbest havanın %100'üne, silindirlerde kalanın %60'ına, süpürme için kullanılan havanın geriye kalan %40'ına ihtiyaç duyar. Basınç oranları 4/1'e kadar çıkan en son turboşarjer dizaynları ile mümkün kılınan gerekli hava miktarı ile modern makinalarda bmep 22.4 bar'a çıkartılmıştır.

Silindirlerin soğutulması ve uygun süpürmeyi sağlamak için valf bindirmesinin yaklaşık 140° olması normaldir. Tipik bir çalışmada, hava giriş valfi üst ölü noktadan 80° önce açılır ve alt ölü noktadan 40° sonra kapanır. egzost valfi alt ölü noktadan 50° önce açılır ve üst ölü noktadan 60° sonra kapanır.

10.5 bar'lık bmep'e sahip düşük basınç oranlı makinalar, 5.5 bar'lık doğal emişli makinayla mukayese edilirse, 1.5/1'lik basınç oranına uygun olarak 0.5 bar destekleme basıncı gerekir. Bugün ortalama basınç oranı 2.5 – 4.0 arasındayken, modern, yüksek bmep'li, orta devirli dört zamanlı makinalarda destekleme basınçları etkin şekilde uygulanmaktadır.



Yüksek enerjiye sahip makine egzost gazı palsından faydalanarak, optimum çıkış gücü değerine ve özgül yakıt sarfiyatına ulaşılabilir. Makinanın egzost sistemi bir silindirden başka bir silindire gaz geçmesini önleyecek şekilde dizayn edilmelidir. Valf bindirmesi esnasında egzost basıncı, soğutmayı amacına uygun yapabilecek ve kalıntı gazları dışarı atabilecek etkili süpürmeyi sağlamak için, hava dolgu basıncından daha düşük olmalıdır. Pratikte, eğer ortak bir manifolda ardarda bağlı silindirlerin boşalması arasındaki periyod  $240^\circ$  den daha az ise, o zaman bir sonraki silindirin egzostuyla önceki silindirin süpürmesinin birbirine karıştığı tesbit edilmiştir. Bu demektir ki, üç silindirlerden daha büyük makinalar, birden fazla turboşarjer bulundurmalı yada egzost boruları ayrı gruplar halinde türbin nozullarına bağlanmalıdır.

Egzost manifoldu sistemleri mümkün olduğunca küçük uzunluk ve çaptaki boruların kullanıldığı devrelerden oluşmalıdır. Daha kısa boru uzunluklarında, süpürme periyodu esnasında pals yansıması oluşumu ihtimali daha az olur. Çok küçük bir boru çapı, yükseltilmiş pals enerjisinin kazançlarına oranla yüksek hızlı egzost gazının sürtünme kayıplarını yükseltebilmesine karşın, egzost pals enerjisinde daha iyi muhafaza sağlar. Devrelerde mümkün olan her yerde keskin bükümlerden kaçınılmalıdır.

### 2.3 İki Zamanlı Makinalar

Dört zamanlı makinalarla mukayese edildiğinde iki zamanlı makinalarda aşırı doldurma uygulamaları daha karmaşıktır. Çünkü turboşarjerlerin kendi kendilerini döndürebilmeleri için belirli bir hız ve güç seviyesine ulaşılmalıdır. Düşük makine yüklerinde gerekli hava kütlesini sağlamak amacıyla gereken hızda turboblöveri çalıştırabilmek için egzost gazlarındaki enerji yeterli olmaz. Üstelik, dört zamanlılarda olduğu gibi, süpürme periyodu esnasındaki yavaş piston hareketi hava akışını yeterince sağlayamaz. Buna paralel olarak turboblöverin çalışmaya başlaması zorlaşır ve yüksüz çalışmalar çok verimsiz olabilir. Hatta belirli seviyenin altındaki

yüklerde imkansız olabilir. Çözüm, makinadan mekanik hareket alan süpürme pompaları dizayn edilerek yada en zson yapılan makinalarda yaygın olduğu gibi elektrikle çalışan yardımcı blöverler kullanılarak bulunabilir.

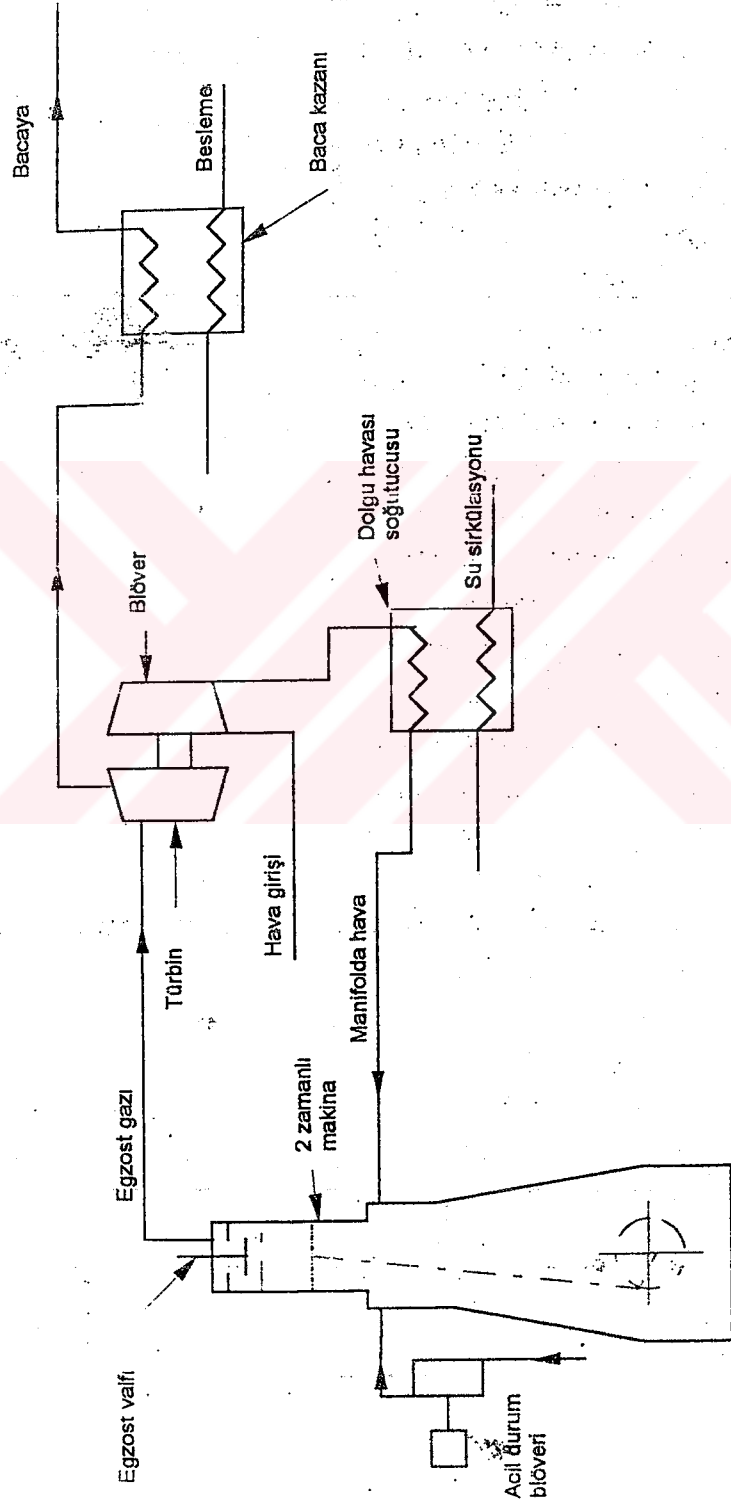
İki zamanlı makinaların aşırı doldurma işlemi iki ayrı metodla sağlanır. Bunlar, sabit basınçlı (constant pressure) ve pals (pulse) sistemleridir. Sabit basınç sistemi günümüzde bütün ağır devirli iki zamanlı makinalarda kullanılmaktadır.

Sabit basınçlı sistemin çalışmasında, düşme eğiliminde olan bütün gaz palslarının nerdeyse sabit bir basınç oluşturmaları için bütün silindirlere egzost gazları ortak bir manifoldda toplanması sağlanır. Bu sistemin avantajı, karışık çoklu egzost borusu düzenlemeleri ile daha yüksek bir türbin verimi ve bundan dolayı daha düşük özgül yakıt sarfiyatı sağlanmasıdır. İlave bir avantajı da makul limitlerde, turboblöverin makinaya bağlantı pozisyonunda egzost borularının uzunluğunun belirlenmesinde çok daha esnek olduğundan dolayı sınırlama olmamasıdır. Tipik yerleştirme pozisyonları makinanın bir yada her iki ucunda olmasıdır. Makinanın hava manifoldunun üst kenarlarından birinde yada makinadan ayrı yanındaki başka bir platformda bulunabilir. Sabit basınç sistemin başlıca dezavantajı, kısmi yük şartlarında düşük performanslı olması ve büyüdükçe bir egzost manifolduna bağlı olması nedeniyle makinanın düşük yüklü çalışma koşullarında sistemin tesirsiz kalmasıdır. Turboblöver ivmesindeki gecikme yada hızın düşmesi, makinanın yük değiştirme süreçleri esnasında zayıf yanmayla sonuçlanır.

Pals sistemin çalışmasında kabul edilebilir minimum ateşleme sırası, ortak manifoldlara ayrı ayrı egzost veren silindirler için 120° civarındadır. Ardarda gelen her bir egzost palsı karşılıklı silindirlerde süpürme periyodu esnasında, manifold basıncındaki ani düşüş, sabit basınç sistemiyle sağlanandan daha fazla basınç farkı ile sonuçlanır. Süpürmeyi daha iyi yapan faktör budur.

Herbir blöver krank açıları  $135^\circ$  ve  $225^\circ$  olan iki silindire bağlanmıştır. Aşırı doldurmalı iki zamanlı makinanın dolgu havası kuleri ile donatılması sık rastlanan bir uygulamadır. Kulerler, turboşarjler ile silindirler arasına yerleştirilir.

[2, s 52-55]



Şekil 2.2'de bir aşırı doldurma sistemi gösterilmektedir.

## 2.4 Dolgu Havaasının Soğutulması

Aşırı doldurmayla silindirlere doldurulan yüksek ağırlık yada yoğunluktaki hava, daha büyük ağırlıkta yakıt yanmasına sebep olur. Böylece çıkış gücünde bir yükselmeye yol açar. Hava yoğunluğundaki düşme, turboblöverde adyabatik sıkıştırma sonucu oluşan hava sıcaklığındaki yükselmenin küçük bir karşılığıdır. Bu miktar kompresör verimine bağlıdır. Yükselmiş olan sıcaklık yüzünden hava yoğunluğunda meydana gelen düşme, düzenli miktardaki aşırı doldurma için potansiyel güç kaybına sebep olur. Örneğin, 0.35 bar'lık dolgu havası basıncında, sıcaklık yükselmesi 33 °C, buna denk olarak dolgu havasındaki düşme %10 olur. Aşırı dolgu miktarı yükselirken, turboblöver sıcaklığının yükselme etkisi daha büyük olur. Böylece, 0.7 bar'lık dolgu havası basıncı için, dolgu havası yoğunluğunda %17'lik bir düşmeyi sağlayan 60 °C'lik sıcaklık yükselmesi olur.

Potansiyel kayıpların çoğu dolgu havası kuleri kullanarak, geri döndürülebilir. Orta seviyede aşırı doldurma, yapılan harcamaları karşılamaz, fakat, özellikle bütün iki zamanlı ve orta devirli dört zamanlı makinalarda olduğu gibi iki zamanlı makinalar için dolgu havası kuleri donatmak avantajlıdır.

Dolgu havaasının soğutulması makine performansında çift etkiye sahiptir. Dolgu havası yoğunluğu yükseltilerek, dolayısıyla, silindire akan hava ağırlığı, egzost sıcaklığı ve makine ısı yükü yükselir. Kayıp olmaksızın güç yükselir ve yakıt ekonomisinde iyileşme görülür. Dolgu havası kulerinin basınç düşümünü düşük tutmak için hava tarafında dizayn edilmesi çok önemlidir. Diğer bir deyişle, gerekli hava basıncını sağlamak için turboblöver hızı yükseltilmelidir.

En yaygın kuler tipi deniz suyu ile soğutulan kulerlerdir. Tatmin edici yüksek verimliliği sağlamak ve dolgu havası tarafında minimum basınç düşümünü sağlamak için kulerlerin hava tarafındaki hız 11 m/s, borularda su hızı 0.75 m/s olur. Dolgu

havası verimliliği, hava giriş sıcaklığı ve soğutma suyu giriş sıcaklığı arasındaki dolgu havası sıcaklığındaki düşüşün, işe yararlı sıcaklık düşüşüne oranı olarak tanımlanır. Bu oran yaklaşık 0.8'dir.

## 2.5 Süpürme

Özellikle her bir silindir, taze hava doldurulmadan önce, yeterince gazla süpürülmüş olmalıdır. Diğer bir deyişle, taze hava dolgusu bir önceki çevrimden kalıntı egzost gazıyla karıştırılır. Bundan öte eğer, sıcak silindir ve pistonla temas ederek ve kalıntı gazlarla karışarak ısınan dolgu havası, gereksiz yüksekliklere çıkacaktır.

Makinada egzost gazıyla çalışan aşırı doldurma sistemi kullanılarak yapılan süpürme, egzost ve hava manifoldu arasında tatmin edici bir basınç farkı sağlanarak elde edilebilir. Dikkate değer soğutma etkisine sahip bindirme periyodu esnasında, silindirden çıkan hava akışı hacimsel verimi yükseltmeye ve düşük çevrim verimi sağlamaya yardım eder. Aynı zamanda bağlantılı olarak, daha düşük egzost sıcaklığı, türbin kanatlarının tatmin edici çalışmasını sınırlamadan önce daha yüksek bir çıkış gücü sağlamaya yol açar.

İki zamanlı makinalarda egzost/süpürme bindirmelerinin makine dizayn karakteristikleri ile sınırlanmış olması gereklidir.

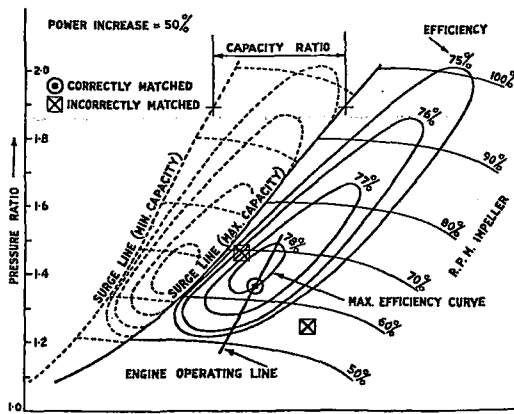
Dört zamanlı makinalarda turboşarjlerden sağlanarak silindir başına elde edilen güçte meydana gelen esas artış, silindir sıcaklığını yükseltmeksizin sağlanır. İki zamanlı makinalarda elde edilen silindir yükü, eğer varsa, önemsizdir.

Tuhaf bir gerçektir ki, makine egzost gazı, blöver havasını egzost gazı basıncından daha yüksek bir basınca kendi kendine yükseltir. Bu, türbinden geçen gazın ısı düşümü enerjisi ve silindirden çıkan egzost gazlarının kinetik enerjisinden faydalanması sebebiyledir. Makine egzost sisteminin dizaynı turboblöver performansı üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Dört ve iki zamanlı makinaların her ikisinde turboşarj sistemi test sonuçları, silindir egzost çıkışıyla türbin girişi arasında egzost gaz sıcaklığında bazen 95 °C 'ye kadar varan yükselmeler olduğunu göstermektedir. Bu görülebilir anormalliğin nedeni silindirden çıkan sıcak gazın kinetik enerjisinin dönüşmesidir. Kısmen ısı enerjisine denk olarak, gaz türbin girişine kadar ilerlerken, adyabatik olarak sıkıştırılır ve burada silindirden çıktığı sıcaklığın üzerine çıkar. Türbinde ısı enerjisinin birazı güce çevrilir. Gaz sıcaklığı biraz düşer ve gaz türbinden çıkarak atmosfere yada daha fazlası işe yarar enerjiye çevrilmek üzere baca kazanına gider.

## 2.6 Turboblöverin Uygunluğu

Bir turboblöverin makinaya tam uygunluğu son derece önemlidir. Tam uygunlukla makine çalıştırma noktası, blöverin karakteristik eğrisinde (Şekil 2.3) görüldüğü gibi optimum verimliliğe sahip olmalıdır. Bu diyagramda ordinat basınç oranını, apsis blöver kapasitesini göstermektedir.



Şekil 2.3 Turboşarjer Karakteristikleri

Üretici tarafından tavsiye edilen turboşarjer ile yeni makinaların başlangıç denemeleri esnasında test verileri tahlil edilmiştir. Eğer turboblöver tam uygunsa, yapılacak daha fazla bir işleme gerek yoktur.

Uygunluk sağlanamazsa, her durumda turboblöver yüksek yada alçak basınçlı dolgu sağlayacaktır. Yada blöverde sörcing (suging) meydana gelecektir. Hatalı uygunluk uygulaması, türbin kapasitesi yada blöver yayıcısı değiştirilerek düzeltilebilir.

Bir başka impeller dizaynı için yayıcı formlarının değiştirilmesi sağlanarak, geniş hava kütesinin sabir basınçta akışının yüksek verimlilikle beslemesini yapacak kompresörler dizayn edilebilir. Bu işlem, hava kütesinin büyüklüğü turboblöver gövdesine uygun olarak verilen, kendisine ait yayıcı seti kullanılarak genişletilebilir. Bu şekilde herbir gövde büyüklüğü, en küçükten en büyüğe, 3/1 oranına sahip olan bir kütle akış kapasitesi genişliği sağlayabilir. Herbir gövde büyüklüğü için bazı valf bindirme kapasiteleri ile he beden 1.6/1 'lik faktörlü sonraki daha küçük gövde büyüklüğünde kapasiteye yükseltilebilir.

## 2.7 Blöverde Sörç (Surge)

Makinaya verilen hızda hava kütle akışı yada basınç oranı çok düşükse, bu blöverin sörç yapmasına neden olacaktır. Çok yüksek kütle akışı blöverin boğulmasına sebebiyet verir ve verilen hızda, verimlilikte ve basınç oranında düşmeyle sonuçlanır.

Blöverin impelleri dönerken, impellerin içindeki havayı hızlandırır ve hava, blöveri basınca çevrilebilir bir hızla yayıcıdan terkeder. Eğer hiçbir sebep yoksa, hava akış oranı ve aynı zamanda havanın blöver çıkışındaki hızı düşecektir. Böylece, turboblöverde üretilen hava basıncının, hava manifolduna geçiş basıncının altına düşeceği zaman gelecektir. O zaman havanın blöveri terketmesi esnasında bir arıza

oluşacaktır. Havanın blöverden çıkış direnci yeterince düşünceye kadar devam edecek olan, blöver içindeki gelişmemiş hava dalgaları birbirini takip eder. “Surging” havanın manifolda verilisindeki periyodik arızalardır.

Daha düşük hızlarda sörcing, vızıltı, uğultu, ısıklık gibi değişik belirtiler gösterir. Eğer etkisi kısa süre devam ederse yada sınırlandırılabilirse zararsız yada dayanılabilir olabilir. Daha yüksek hızlarda, çok uzayan sörcingler, blöverde makine personelini rahatsız edecek kadar hasara sebebiyet verebilir. Blöverin dizayn aşamasında sörcing limitine daima dikkat göstermek gereklidir. [3 , sh. 10-13]

Eğer iki zamanlı makinanın bir silindiri ateşlemeyi kesmişse yada mekanik sebeplerden dolayı piston çekilmişse, makine anılanın %40-50 fazla yükte çalıştığı zaman, turboblöverde sörcing etkisi görülebilir. Bu blöver gürültüsünün her zaman tekrarlanan ritmindeki değişiklikten kolayca anlaşılabilir. Bu şartlarda makine devri, bütün silindirlerde yanma başlayınca ve dolayısıyla sörcing sona erinceye kadar düşük sevilere çalışmaya devam edecektir.

## 2.8 Aşırı Doldurma Sistemi Türleri

Günümüzde egzost gazıyla döndürülen turboşarjer dizaynları, makine imalatçılarının ürünlerine ayak uydurmuştur. Daha yüksek bmep'ler, turboşarjerlerde sağlanan daha yüksek verimlilik ve daha büyük basınç oranları ile elde edilir. Benzer olarak, daha verimli turboşarjerlerin tanıtımı, makine tasarımcılarına makinalarının performansının iyileştirilmesi için kolaylık sağlamış ve özgül yakıt sarfiyatında tatminkar düşmeler elde edilmiştir.

Gemi makinaları için Brown Boveri, Napier, Mitsubishi adlarındaki üç imalatçı firma kullanılan tüm turboşarjerlerin büyük kısmını üretirler. Ayrıca Alman makine

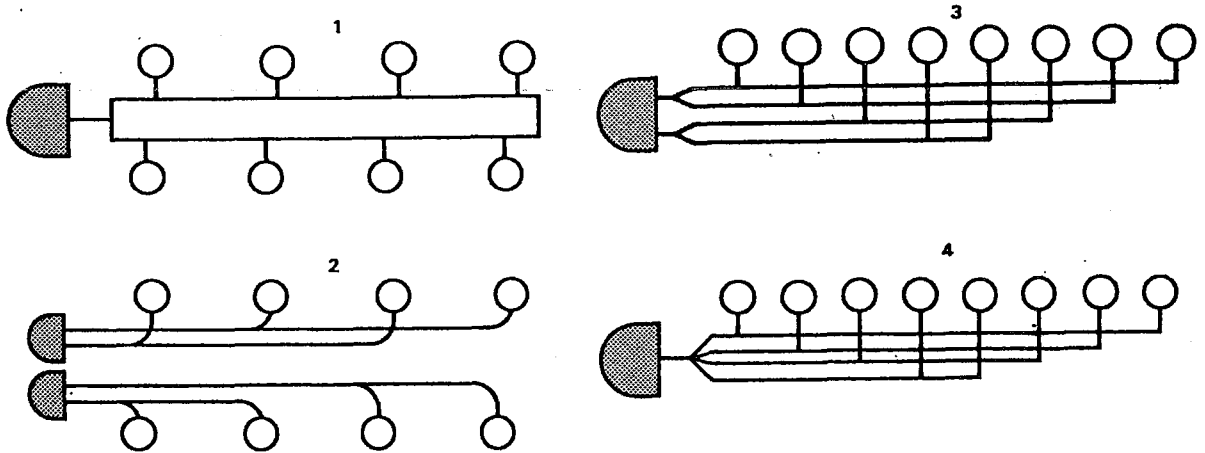


yapımcısı MAN, kendi tasarladığı turboşarjlerlen oldukça fazla miktarda üretmektedir. Turboşarjerin gaz tarafının soğutulması, su cepleri ile yapılır. Fakar en son eğilimler, atık ısı enerjisinin geri kazanımı için daha yüksek gaz çıkış sıcaklığı sağlamak amacıyla hava soğutmaluya doğru kaymaktadır.

Günümüzde gemi makinalarında çalışan aşırı doldurma sistemlerinde dört temel düzenleme kullanılıyor.

### 2.8.1 Sabit basınç metodu (Constant Pressure Method)

Bir makinanın silindire ait tüm egzost boruları, verilen yükte basınç pals'larını en aza indirmek için, büyükçe ortak bir manifoldda birleştirilir. Türbin, bütün egzost gazlarının türbine bir girişten girmesi sağlanacak şekilde inşa edilir. Bu şekilde yüksek dereceli verimliliğe ulaşır. Verimli bir çalışmayı sağlamak için kompresör tarafından üretilen basınç daima, silindirden sonraki basınçtan biraz daha yüksek olmalıdır.



Şekil 2.4 Silindirlerden turboşarjlerlere bağlantı yöntemleri. 1. Sabit Basınç Metodu, 2. İmpuls Aşırı Doldurmalı Metod, 3. Pals Dönüştürme Metodu, 4. Çok Palslı Metod

### 2.8.2 İmpuls aşırı doldurmalı metod (Impulse Turbocharging Method)

Egzost gazı türbine giden borular içinde nabız gibi atar bir şekilde ve sürekli bir akıntı halinde akar. Aynı silindirlere gelen gaz palsları genişleme türbininin karşılıklı lülelerini besler. Palsların yok olmasından sonra emme ve egzost valflerinin açılma zamanlarında valf bindirmesi yapılarak, silindirlere verimli süpürme yaptırmak mümkündür.

### 2.8.3 Pals dönüştürme metodu (Pulse Converter Method)

Palsların araya girerek karşılıklı etkileşmesi ile, pals dönüştürme sisteminde normal impals sistemine göre silindir egzost borusu bağlantılarının yapısındaki zorluklar azaltılır. Silindir grupları gibi bir pals konvertörü ile ortak bir ejektöre bağlantı yapılır. Bu yapı, akımın geri dönmesine engel olur, aynı zamanda türbine girişi kolaylaştırır, verimliliği artırır ve kanatlara normal impals turboşarj sistemi kadar mekanik yük vermez.

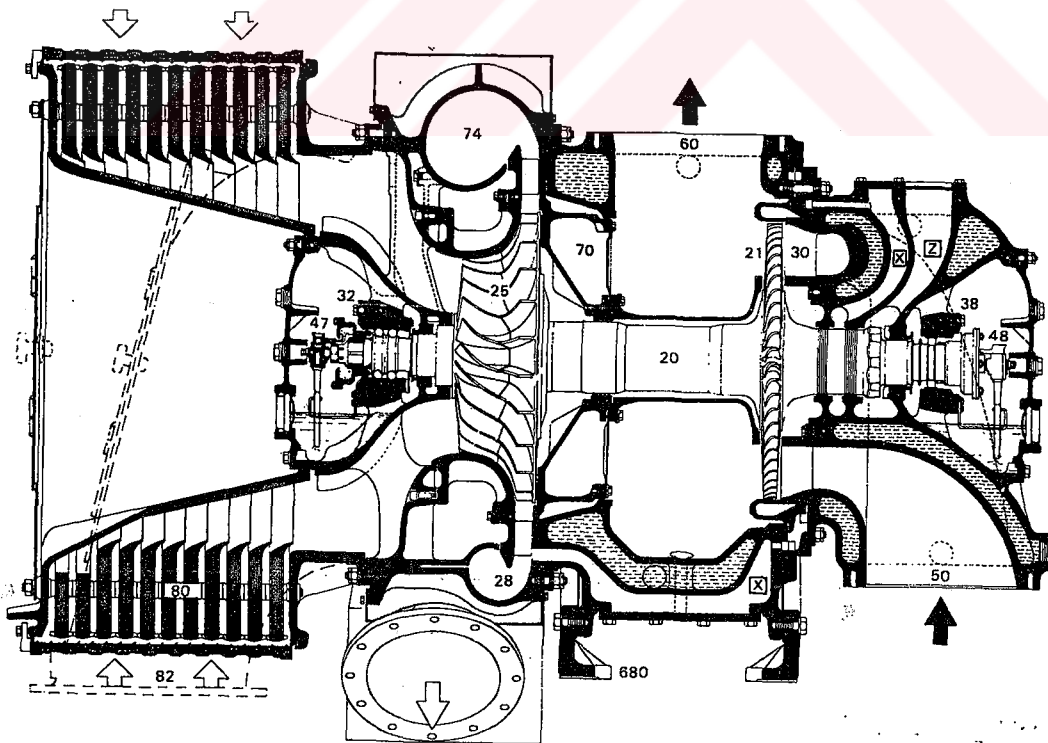
### 2.8.4 Çok palslı metod (Multi-Pulse Method)

Bu metod, birçok püskürtücü ile beraber ortak bir pals konvertörünü besleyen bir çok egzost borusu ve karışık devreleriyle, pals dönüştürme metodunun daha gelişmişidir. Çok palslı metod, normal impals metoduna kıyasla dikkate değer bir performans artışı sağlar. [2, sh 61-62]

## 2.9 Turboşarjerlerin Yapısı (Brown Boveri)

VTR'nin temel dizaynı yıllarca değişmeden kalmıştır. Tipik örneği Şekil 2.5'de gösterilmektedir.

Dizel makinaları egzost gazları su soğutmalı hava giriş keysi(50), nozul halkasında(30) genişleme ve kanatların arasından akarak şafta enerji sağlar(20). Egzost gazları, suyla soğutulan çıkış keysinden(60) ve egzost borusundan geçerek açık havaya bırakılır. Dolgu havası bir emme giriş ızgarasından (82), yada susturucu filtreden içeri girer ve impellerde(25) sıkıştırılır. Sonra yayıcıdan(difüzör) geçer ve kompresör keysindeki ızgaradan geçerek makinayı besler. Hava ve gaz boşlukları ısı yalıtım malzemesiyle(70) ayrılmıştır. Egzost gazlarını balans kanlındaki akımdan yada türbin tarafındaki rezervuardaki akımdan korumak için kompresörden gelen engelleyici hava, kanaldan(X) geçerek, türbinin rotorşaftı labirent silini besler.



Şekil 2.5 Brown Boveri Tipi VTR501 Turboşarjer

Rotor her iki ucunda kolayca ulaşılabilir ve titreşim düşürücü yay elamanlarının bulunduğu bir keysle desteklenen yataklara(32,38) sahiptir. En yaygın yapılar için kullanılan roller yataklarıdır ki, bu yataklar için, doğrudan rotordan tahrik edilen bir yağ pompası ile bir kapalı ilmik yağlama sistemi kullanılmıştır(47,48). Bu pompalar, yağlama yağındaki pislği ayırmak için yağ santrifüjleriyle donatılmıştır. Yatak kapakları ayrı birer yağ filtresi, bir yağ dreyni ve bir yağ tesviye camı ile donatılmıştır. Gerekli yağ miktarının büyük olduğu basit yataklı modellerde ise, ana makine yağlama yağı sisteminden besleme yapılır.

VTR turboşarjlerin başlıca bir özelliği de çok çeşitli tiplerdeki dizel makinalara uygunluk sağlaması için model yapıda olmalarıdır. Şekil 2.5’de turboşarjin ayrı modelleri, susturucu filtre(80), hava giriş keysi(74), gaz çıkış keysi(60), çıkış keysi ayakları(680), gaz giriş keysi(50) görülmektedir. Ayrı keyslerin radyal konumları diğerlerine bağlı olarak herhangi bir konumda düzenlenebilmesi için sabitleme civataları konulmuştur.

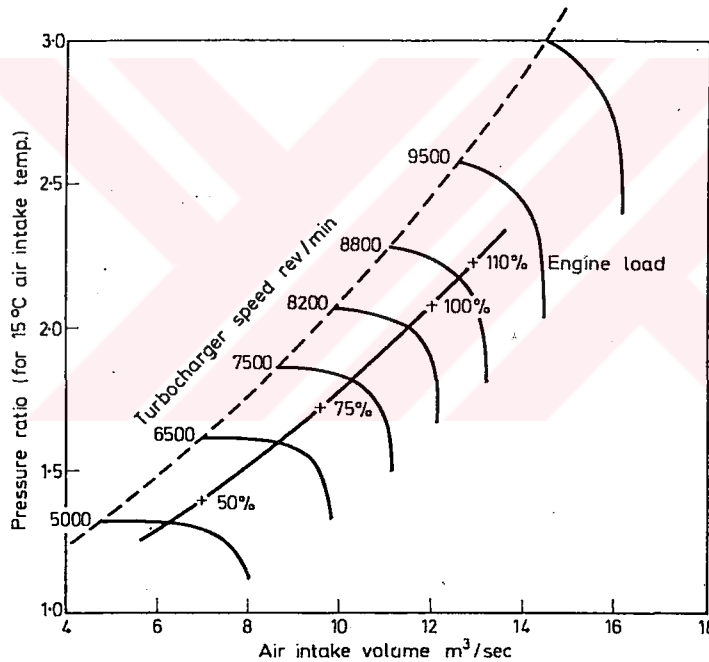
Dizel makinaya nihai ve tam ısıl uygunluk, turboşarjlerin parçalanmayan gövdeleri arasındaki küçük farklılıklar ile sağlanır. Herbir modele çok sayıda değişik nozul halkaları, türbin kanatları, indüser ve kompresör impelleri ile birlikte yayıcılar temin edilmektedir. 1’den 4’e kadar değişik şekillerde gaz giriş keysi(50) ve 1 yada 2 adet çıkış ızgarası ile beraber kompresör muhafaza keysi üretilir. [2,s. 63-64]

### 2.9.1 Performans

Şekil 2.6’da gösterilen turboşarj ile donatılan iki zamanlı dizel makinalarının çalışma karakteristikleri ile beraber bir turboşarjin tipik bir basınç-hacim eğrisi gösterilmektedir. Görüleceği gibi çalışma eğrisi neredeyse sörç hattına paralel gerçekleşir. Makine çıkışındaki her değer eğri üzerindeki bir noktada karşılığı vardır ve bu nokta, döndürüldüğünde otomatik olarak elde edilen özel bir turboşarj

hızına karşılık gelir. Sonuç olarak herhangi bir turboşarjer hız kontrolü için herhangi bir sisteme ihtiyaç yoktur. Belirli bir turboşarjer hızında dolgu havası basıncı normalden düşükse, kompresörde bir arıza olduğu sonucuna varılır. Kompresöre belli miktar su püskürterek kalıntıları atmaya gayesiyle VTR turboşarjerlerine suyun verilmesi için özel bir boru sağlanır.

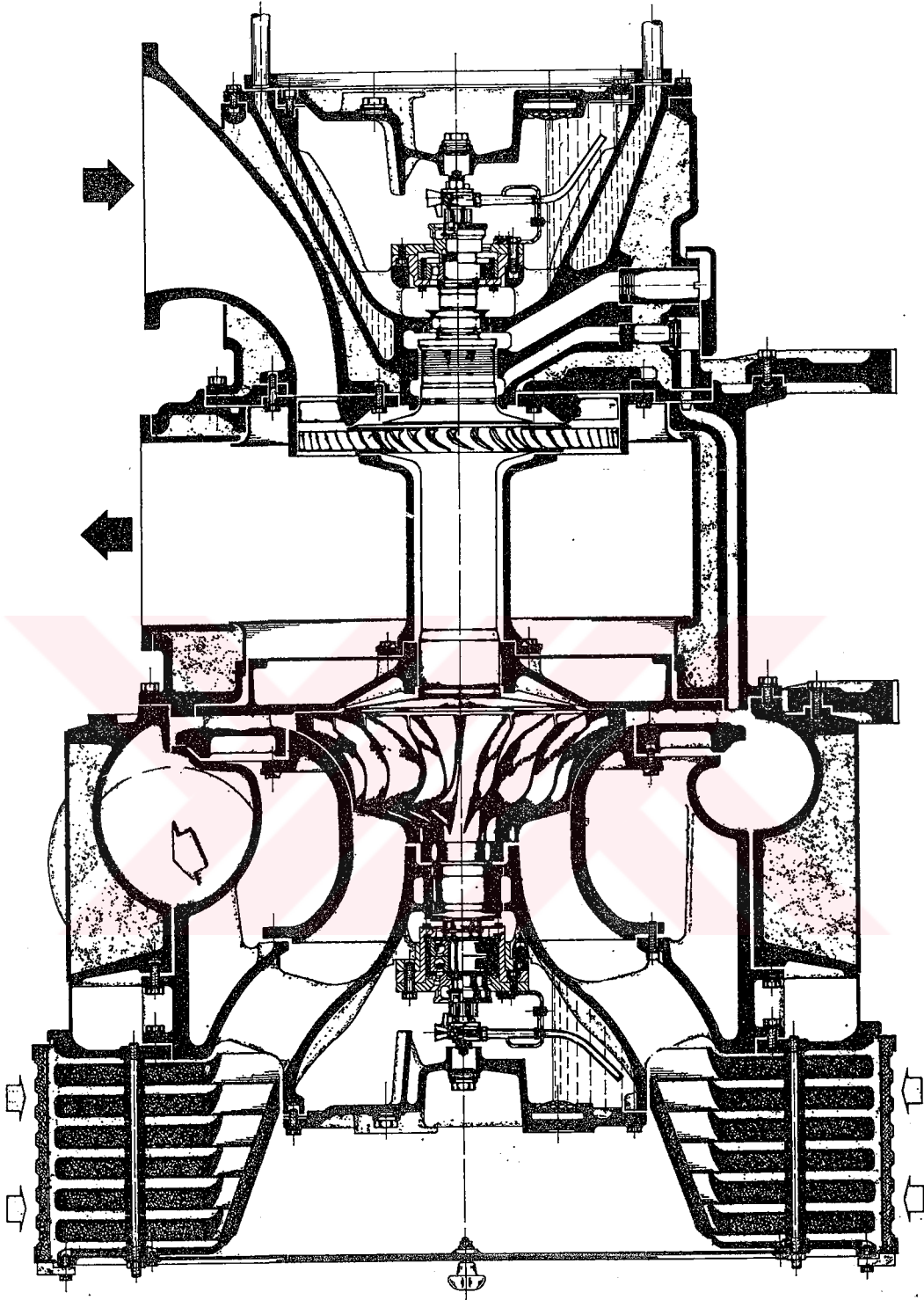
Çalışma eğrisi ve turboşarjerin çalışma durumu, sabit basınç yada pals aşırı dolgu sisteminin çalışmasına ve aynı zamanda nasıl bir kompresör kullanıldığına (örneğin, mekanik olarak tahrik edilen) ve bağlı olduğu turboşarjere bağlı olarak değişebilir. Çalışma durumundaki değişimleri gözlemleyerek, sebeplerden sonuç çıkarmak ve karşılaşılan zorluklar için gerekli ölçümler ile çareler belirlemek mümkündür.



Şekil 2.6 Tipik basınç-hacim eğrisi

## 2.9.2 Soğutulmayan tipler

Yakıt fiyatlarındaki çok büyük artışların sonucu olarak gemi sahipleri elektrik üretimi için atık ısı enerjisinden faydalanılabilen dizel makine sistemleri belirlemektedirler.



Şekil 2.7 Soğutulmayan Tip Brown Boveri VTR4 Turboşarjer

Türbin çıkışında, iki zamanlı makinalar için 300 °C ve dört zamanlı makinalar için 400 °C 'lik gaz sıcaklıkları esas alınarak, 120-200 °C 'lik sıcaklık farkından

faydalanmak mümkündür. Eğer turboşarjer gaz keysi soğutulmuyorsa turboşarjerdan çıkan egzost gazları sıcaklığı, soğutmalı kompresörlere kıyasla 10-15 °C kadar yükselebilir. Yani şu söylenmektedir; kullanılabilir ısıda yaklaşık %10'a kadar yükselme olur.

Brown Boveri en son VTR 4 serisinde bir değişiklik olarak, soğutmasız (non-cooled) ünitesini tanıtmıştır. Şekil 2.7'de görülen bu modelde iyi tesis edilmiş dizayn özellikleri önde tutulmuş fakat, yeni dizayn edilen gaz keyslerinin destekleyici dış çeperi, sıcak gazı taşıyan borulardan tamamen ayrılmıştır. Oluşan oyuklar, yüzey sıcaklığını gerekli seviyede tutmaya yardım eden özel yalıtım materyalleri ile doldurulabilir. Türbin tarafındaki yağ sıcaklığının tolerans sınırları içinde kalması için türbin tarafındaki yatak yuvaları ile su soğutulur. Fakat bu soğutma egzost gazlarının sıcaklığını etkilemez. [4,s. 36]

## 2.10 Türbinlerde Yıkama İşlemleri

Kompresör ve türbin tarafı düzenli olarak yıkanır, bu bölgedeki kir birikimini önlemek mümkündür. Bu kirlilik kompresör verimi üzerinde olumsuz bir etki oluşturur. Özellikle küçük türbinlerde bu daha iyi hissedilir. Kirlilik, yüksek egzost gazı sıcaklığı ve yakıt sarfiyatında artış gibi kötü sonuçlara yol açar.

### 2.10.1 Temizliğin temel prensibi

Kompresör tanburuna (wheel) püskürtülen su, bu süreçte bir çözücü gibi davranmaz. Kanatlara çarpan su parçacıkları mekanik bir kaldırma olayı gerçekleştirir. Kompresör tarafı yıkanacaksa bu işlem makine tam yükteyken gerçekleştirilmelidir. Örneğin VTR 4 serisi türbinlerde temizliği ele alırsak:

Saf su tankının türbin seviyesinden yaklaşık olarak 1 metre aşağıya montajı yapılmalıdır. Temizlik, mümkün olan en yüksek türbin hızında ve makinanın maksimum yükünde yapılmalıdır. Su 4-10 saniye kadar püskürtülmelidir. Temizliğin verimi türbin basıncındaki artıştan veya egzost gazı sıcaklıklarındaki azalmadan gözlenebilir. Eğer temizlik başarısız olmuşsa bu prosedür her 5 dakikada bir tekrarlanmalıdır. Temizlik üç operasyonda olumlu sonuç vermiyorsa türbin üretici firmaca kontrol edilmeli, gerek görülürse temizlenmelidir. Temizlikten sonra makine tam yükte 5 dakika daha çalıştırılmalıdır. Su kabında daima saf su bulundurulmalıdır.

### 2.10.2 Türbin tarafının temizliği

Dizel motorlarından kullanılan yakıtın yanması sonucu meydana çıkan artıklar türbin kanatlarında, nozul ringde kirlenmeye sebep olduğu gibi koruma ızgaralarında tıkanma gibi sorunlar doğurur. Bu kirlenme düşük türbin verimine ve düşük motor çıkış gücüne neden olur. Tecrübeler, periyodik temizliğin bu sonuçları ortadan kaldırdığını göstermiştir. Eğer türbin kirliyse veya uzun zamandan bu yana açılmamışsa bu prosedür uygulanmamalıdır. Yıkama esnasında manevra blöveri devreye alınmalıdır. 180 °C civarındaki egzost sıcaklıkları gaz keyslerinde sülfirik asit korozyonuna sebep olur. İki tür temel temizlik metodundan bahsetmek mümkündür.

- Islak temizlik
- Kuru temizlik

Suyla temizlik yapılacaksa makine çıkış gücü yıkama öncesi düşürülmelidir. Düşük oranda kül, sülfür, sodyum ve vanadyum içeren yakıt kullanmak işletici için her zaman avantaj teşkil eder. Suyla temizlik her 480-500 çalışma saati arasında uygulanmalıdır. Çok sık yıkama türbin parçaları üzerinde gereksiz gerilmelere yol açar. Suyla temizlikte yalnızca tatlı su kullanılmalıdır. Yıkama başlamadan önce supersarj basıncı 0.3 bar'dan aşağı olmamalıdır. Yıkama esnasında türbinde frenleme meydana gelir ve türbin hızı %10 oranında düşer, makine daha az hava kullanır ve



makine ortalama egzost sıcaklıkları yükselir. Yine de makine üreticisinin önerdiği özel sıcaklık değerleri aşılmamalıdır. Eğer makinayı besleyen birden çok türbin varsa ve bunlar aynı hava kulerine besleme yapıyorsa türbinlerde pompalama meydana getirmemek amacıyla aynı anda yıkanmalıdır. Yıkama esnasında türbinden sonraki egzost sıcaklığı hızla düşer. (50-150 °C arasında) kurutemizlik yapılacaksa bu metod 24-48 çalışma saati arasında ve makine tam yükteyken uygulanmalıdır. Temizlik sırasında türbine gaz giriş sıcaklığı 580-590°C'yi aşmamalıdır. Basınç 0.5 bar'ın üzerinde olmalıdır. Gaz çıkış keysi üzerindeki dreynler kapalı tutulmalıdır. Temizleme materyalinin boyutları 1.2-2.0 mm. Arasında olmalıdır. Malzeme olarak pirinç kullanılabilir.

### 2.10.3 Türbin tarafı için ıslak temizlik prosedürü

1. Türbinden önce egzost gaz sıcaklığı 430 °C'nin üzerindeyse makine yükü düşürülmelidir veya 300 °C'nin altındaysa makine yükü artırılmalıdır.
2. Su enjeksiyonundan önce devrin sabit hale gelmesi için 5-10 dakika beklenmelidir.
3. Silindirden egzost çıkış sıcaklıklarının 300-350 °C arasında sabit hale gelmesi beklenmelidir.
4. Bu yük altında süpürme havası basıncının 0.3 bar'ın üstünde olmasına ve türbin devrinin maksimumda olmasına dikkat edilmelidir. Yıkama esnasında süpürme havası basıncı 0.2 bar'a kadar düşebilir.
5. Gaz çıkış keysinin üzerinde yer alan su dreyninin açık ve temiz olduğu kontrol edilmelidir.
6. Gaz giriş keysine su bağlantısı yapılmalıdır.
7. Makine yapımcısı tarafından tavsiye edilen su basıncına ayarlanmalıdır.
8. Su enjeksiyon valfi açılmalı ve yaklaşık 5-10 dakika kadar beklenmelidir.
9. Gaz çıkış keysinden suyun dreyn olduğu görülmelidir.
10. Enjeksiyon valfi kapatılmalı ve sistemin havası alınmalıdır. Gerekirse yukarıdaki prosedür tekrarlanmalıdır.
11. Su bağlantısı kaldırılarak gaz çıkışı su dreynleri kapatılmalıdır.

12. Makine yükünü artırmadan önce 5-10 dakika beklenmelidir.
13. Basınç ve sıcaklıklarda bir değişiklik gözüküyorsa yetkili bir firma servisiyle bağlantı kurulmalıdır.
14. Bu prosedür makine kapatılırken uygulanmamalıdır.

#### **2.10.4 Türbin tarafı için kuru temizlik prosedürü**

1. Türbin giriş sıcaklığının 580 °C'yi aşmamasına dikkat edilmelidir.
2. Basıncın 0.5 bar'ın üzerinde olması sağlanmalıdır.
3. Türbin hızı maksimuma getirilmelidir.
4. Hava bağlantısı yapılmalıdır (5-6 bar basınçta hava kullanılmalıdır).
5. Püskürtme devresinin temiz olmasına özen gösterilmelidir.
6. Enjeksiyon kutusunun havası alınmalı ve uygun materyalle doldurulmalıdır.
7. Su tankı kapatılmalı ve 30-60 saniye kadar basınçlı hava tatbik edilmelidir.
8. Gaz çıkış keysi dreyninin kapalı olmasına dikkat edilmelidir.

#### **2.11 Dişli Tip Yağ Pompalı Türbinlerde Dikkat Edilecek Hususlar**

Özel olarak VTR turboşarjlerine ait dişli tip yağ pompalarının yağ basmadığı bir sorun olarak karşımıza çıkar. İmalatçı firmanın yaptığı araştırmalar göstermiştir ki, sözü edilen soruna pompalar değil, turboşarjlerin bakımından sonra yağ pompalarının havalarının alınmaması yol açmaktadır.

Bakımdan sonra veya yağ değişimi sırasında pompa üzerinde yer alan yağ haznesi tamamen doldurulmalıdır. Eğer türbin açıksa rotor birkaç tur çevrilerek yağ pompasının havası alınmalıdır. Yağ değişimi sırasında haznenin doldurulmuş

olduğundan emin olunmalıdır. Örneğin ABB türbin firması üretmiş olduğu yağ pompalarının fonksiyonlarının kontrolü için 16000 çalışma saati aralığı belirlemiştir.

## 2.12 Turboşarjer Parçalarında Oluşan Erozyon

Ağır yakıt yakan dizel motorlarında nozul ring ve kaver ringde erozyon problemleri oluşabilir. Erozyon turboşarjerveriminde azalmaya neden olur. Bu tip erozyon yanma süreci ve egzost gazının türbine akış süreci içerisinde oluşturulur. Yanma sonucu oluşan artıkların miktarını ve boyutlarını etkileyen birden çok faktörden söz etmek mümkündür. Bu faktörlerin başında CCAI olarak adlandırılan (Calculated Carbon Aromaticity Index) ve yakıt içerisinde yer alan asfalt, vanadyum ve sülfür içerikleri gelir. Ayrıca, ağır yakıtın ön ısıtması, kompresyon oranı, enjektör püskürtme hataları ve makine yükü de türbin verimi üzerinde önemli etkilere sahiptir. [5]

## 2.13 Öneriler

1. Makine çalıştırılmadan önce tümkontroller özenle yapılmalıdır.
2. Yetkili bir laboratuvara yakıt analizi yaptırılmalıdır.
3. Birden fazla jeneratör veya yardımcı makine çalıştırılıyorsa bu makineler düşük yüklerde uzun süreler devrede bırakılmamalıdır. Mümkünse bir makine devreden çıkartılarak, çalışan makinanın daha yüksek yüklerde çalışması sağlanmalıdır.

Tüm bu yapılanlara rağmen erozyon oluşumu engellenemiyorsa turboşarjere erozyona karşı dirençli bir maddeyle kaplanmış nozul ring ve kaver ring taktırılmalıdır. Bu nozullar ve kaver ringler çeşitli boy ve tiplerde üretilmektedirler.

Önemli bir ayrıntı olarak, türbin yıkama devresi üzerinde yer alan su valfindeki kaçakta (valf kaçıması) türbinde erozyona sebep olabilir.

#### **2.14 Dişli ve Santrifüj Yağ Pompalarında Salgı (True Run)**

Türbin yataklarının optimum yağlanmasını sağlamak için santrifüj ve impeller verilen tolerans aşılmadan bağlanmalıdır. Eğer toleranslarda fazlalık tesbit edilirse santrifüj ve impeller sökülmesi, bu parçaların aksenal basma yüzeyleri iyice temizlenmeli, salgılarına tekrar bakılmalıdır.

#### **2.15 Türbinlerde Yağın Renk Değişirme Nedenleri**

Türbinlerde yağ renginin değişmesi veya yağ renginin koyulaşması türbin işletmecilerini tedirgin eder.

Kompresör tarafında yağ sıcaklığı makinanın yüküne ve dolayısıyla türbin hıza, türbinin kendine ait parametrelerine, örneğin yataklardaki aksenal yük miktarına, rotordaki balans bozukluğuna, ortam sıcaklığı gibi koşullara bağlıdır. Bozulan yağın rengi kırmızıdan koyu mora, kahverenginden siyaha yakın renklere kadar çeşitlilik gösterir ki, bu konudaki ayrıntılı bilgiler yağ tedarikçisine başvurularak öğrenilebilir. Yağdaki renk değişimi yağın markasına ve yağ sıcaklığına göre değişiklikler gösterir. Herbir makinanın belirli bir çalışma süresi sonunda yağın aldığı rengin koyuluğu farklıdır. Kullanılan yağ, türbin üretici firmayla bağlantı kurularak, onun tavsiyesi doğrultusunda seçilmeli yada değiştirilmelidir. Gerekirse kullanılmış yağın laboratuvarında analizi yaptırılmalıdır.

### 2.15.1 Yağ renginin çabuk değişmesine neden olan faktörler

1. Yağ cinsinde değişiklik (özellikle mineral yağlardan sentetik yağa dönüşümlerde). Mineral yağların çalışma ömürleri sentetik yağlara göre daha azdır.
2. Bazı sentetik yağlar mineral yağlara oranla daha çabuk renk değiştirirler, fakat iyi yağlama özelliklerini kaybetmezler.
3. Tropik bölgelerde kompresör tarafının yağ sıcaklığının yükselmesi.
4. Farklı yatak uygulamaları, örneğin, LA34 yerine LA70 yatak bağlanması. LA70 yataklar 5-10 °C daha yüksek yağ sıcaklıklarında çalışır.

Yağdan şüphelenildiği durumlarda aşağıdaki kontroller yapılır:

- Yağ değiştirilir, dreyn edilen yağda metal parçaları olup olmadığı kontrol edilir.
- Eğer yağ değişimden hemen sonra (5-20 saat) renk değiştiriyorsa türbinde mekanik hasar söz konusudur.

## **BÖLÜM 3. DENİZ SUYUNDAN TATLI SU ÜRETİM SİSTEMİ**

### **3.1 Evaporayterler**

Ticari gemilerde içme ve kullanma suyu ihtiyacı önemli bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmaktadır. Genellikle gemilerde tatlı su ihtiyacı iki yolla karşılanmaktadır. Bunlardan birincisi kara şebekesinden veya su tankerlerinden ikmal şeklinde, ikincisi ise gemilere yerleştirilmiş özel bir cihazla deniz suyundan elde edilerek ihtiyaç karşılanır.

Birinci yöntem genellikle tüm gemilerde kullanılır. Özellikle kısa sefer yapan ve küçük tonajlı gemilerde bu yöntem kullanılmaktadır. Fakat uzun süreli seferler yapan gemilerde ihtiyacı karşılayacak kadar suyu muhafaza edecek yer, taşınacak kargo kapasitesini düşüreceğinden ve sadece karadan ikmal yeterli olmayacağından ikinci yöntemi kullanma optimizasyon açısından zaruret doğurmaktadır. Ayrıca bu sistem için makinanın atık ısısından faydalandığından bu enerjinin bir kısmını faydalı hale getirerek ekonomiye katkı sağlanmaktadır. Sistemde asıl işlemi evaporayter denilen birim yapmaktadır. Evaporayterler kullanılarak, gemiler ihtiyacı olan tatlı suyu uzun süre kendi imkanları ile elde edebildikleri gibi besleme suyu olarak kullanılmasıyla da malzeme ömürlerinin uzatılmasını sağlar.

Evaporayterler esas itibariyle içinde sıvıların kaynatılarak ayırıldığı bir cihazdır. Gemilerde deniz suyundan tatlı su elde edilmesinde kullanılır. Günümüzde iki tip evaporayterle karşılaşmamız mümkündür.

### 3.1.1 Kazanlı evaporayterler (Boiling Evaporator)

Bu tip evaporayterler genellikle buhar üretiminde kazan şeklinde kullanılır. Buharlaşmanın sağlanması için bir ısı kaynağına ihtiyaç duyulur ve evaporayter kullanımında alt kısmında bir kazan sistemi kurulmuştur.

### 3.1.2 Flaş evaporayter (Flash Evaporator)

Kapalı bir mahalde, negatif basınç altında, düşük sıcaklıktaki deniz suyunun buharlaştırılması ile tatlı su üretimini sağlayan bir sistemdir. Kaynatöa işlemi için ana makine silindir soğutma suyunun ısısından faydalanılmasından dolayı, atık ısıdan geri kazanmada bu tip evaporayterler kullanılır. Gemilerde genellikle kullanılan tip budur.

Evaporayterler, atık ısıyı kullanarak (genellikle, gemilerde ana makine olarak kullanılan dizel makinaları sıcak olarak terk eden silindir soğutma suyundan) deniz suyunu yada genel olarak ekşi (acı) su kaynaklarından ekonomik şekilde içme ve kullanma suyu elde etmek için dizayn edilirler. Sistemi oluşturan ünitelerden elektriksel aksamın çalışması için gerekli küçük miktardaki güç hariç maliyetsiz bir operasyonla yüksek saflıkta tatlı su elde edilir.

Çalışma prensibi; buhar oluşturmak için deniz suyunun vakum altında, düşük sıcaklıkta kaynatılarak yapılan basir arıtma yöntemidir. Kaynayan deniz suyu buhar haline gelerek ihtiva ettiği tuzdan ayrıştıktan sonra doğal akışla kondensere giderek burada yoğuşan saf su damlacıkları bir kaptaki biriktirilir ve buradan bir pompa vasıtasıyla alınan su, kullanılmak üzere tanklara pompalanır. normal sirkülasyonunu yapan ana makine silindir soğutma suyu makinadan çıkış kısmına ilave edilen valfli bir iştirak ile evaporayterin alt kısmındaki deniz suyunu ısıtan eşanjöre (ısı

değiştirilmesine) yönlendirilir. Bu ısı kaynağı bazı sıcaklık değişimleri hariç ne olursa olsun başka birşeyden etkilenmez. Deniz suyu evaporayterin alt kısmında kaynar ve üretilen buhar yoğunlaşmış deniz suyu damlacıklarının saf buhardan ayrıldığı seperatörden geçer. Seperatörler, ızgara şeklinde sıralanan belirli çapta ve belirli sık aralıklarda delinmiş borulardan yada levhalardan oluşur. Buhar bu deliklerden geçerken içinde bulunan su damlacıklarını burada bırakarak yada eşanjörde kaynama neticesinde sıçrama yapan deniz suyu damlalarının üst tarafa geçmesini engelleyerek süzülmesini ve dışarı atılmasını sağlar. Seperatörden geçen buhar içinde açık sistemle deniz suyunun geçirildiği arıtma kondenserine ulaşır. Daha sonra, yoğunlaşan tatlı su kondenserin altında bulunan tava şeklindeki biriktirilir ve en sonunda depolanacağı tanka pompalanır. Kışır oluşumu ile uzun periyodlu kesintisiz operasyonu sağlamak için evaporaytere aşırı deniz suyu verilir ve artık (beslemeden artan) deniz suyu kaynama mahallinde kaynayan deniz suyunun yoğunluğunu kontrol edebilmek için bir ejektör düzeneği ile dışarı atılır. Kışır oluşumu çok yavaştır. Çünkü deniz suyu vakum altında düşük sıcaklıklarda kaynar (genellikle 37-55 °C arasında). Vakum, deniz suyunun kaynaması sonucu ortaya çıkan yoğunlaşmayan gazların ve evaporayterin devreye alınması esnasında atmosferden içeri alınan havanın dışarı atılmasını sağlayan hava ejektörü ile sağlanır.

Fikir vermesi açısından evaporayterin tanıtılmasında aşağıdaki örnekte verilen operasyon şartları önemlidir. Bu şartlar evaporayterlerin talimat kitaplarında imalatçı tarafından belirtilir.

Tatlı su miktarı	: 15 m <sup>3</sup> /gün
Isıtma suyu (Silindir soğ. Suyu) miktarı	: 41 m <sup>3</sup> /h
Isıtma suyu giriş sıcaklığı	: 76.7 °C
Kondenserden geçen deniz suyu miktarı	: 41 m <sup>3</sup> /h
Ejektörden geçen deniz suyu miktarı	: 13.2 m <sup>3</sup> /h
Evaporaytere giren besleme suyu miktarı	: 1.875 m <sup>3</sup> /h
Evaporayter vakumu	: 670 mmHg
Deniz suyu kondenserinde max. Basınç	: 4.5 kg/cm <sup>2</sup>



Eşanjördeki silindir soğ. suyu max. Basıncı	: 3.5 kg/cm <sup>2</sup>
Ejektör pompası çıkış basıncı	: 4.2 kg/cm <sup>2</sup>
Arıtılmış suyun saflığı	: 4 ppm
Elektrik kaynağı	: 380V / 3 faz / 50 Hz
Cihazlar	: 380V / 3 faz / 50 Hz

### 3.2 Çalışma Mahalline Montaj

**Evaporayterin montajı :** Montajı kolaylaştırmak için evaporayter, bir destek yapısı olarak kullanılan, rijit bir temele inşa edilir. Kullanışlılık açısından evaporayterin montajı ısı kaynağına yakın ve güvenli bir şekilde yapılmalıdır. İşletim, kontrol ve servis için kolay ulaşılabilme açısından uygun pozisyonda olmalıdır. Eşanjör ve kondenser boru demetlerinin çıkarılabilmesi ve toparının yapılması için ünitenin önünde yeterli boşluk bırakılmalıdır.

**Boru bağlantıları :** Boru bağlantıları uygun bir şekilde desteklenmiş olmalı, plant bağlantılarında hiçbir gerilmeye sebebiyet verilmemelidir. Civatalamayı yapmadan önce yüzeylerin birbirine tam yüzey dokunması sağlanmalıdır. Böylece eklemeler yapıldığı zaman gerilmesiz ve zorlanmasız montaj sağlanmış olur. Bütün flençli bağlantılar tam yüzey conta ile (klingrit; fiber,asbest) contalanmalıdır.

**Deniz suyu :** Deniz suyu giriş ve geri dönüş boruları saf su kondenser hederine (başlığına) yapılmalıdır. Evaporayterin kapasitesine uygun temiz deniz suyu sağlanmalıdır. Deniz suyu bağlantısı valf ve debi ölçerden (flow-meter) geçerek evaporayterin alt kısmındaki besleme suyu çıkışından görülebilir.

**Silindir soğutma suyu :** Silindir soğutma suyu eşanjör hederine iştiraklenir. Silindir soğutma suyu bağlantılarının makine tathısu sistemine boru bağlantısı şekli

önemlidir. Çünkü evaporaytere gelen silindir soğutma suyu mümkün olan en yüksek sıcaklıkta ve maksimum miktarda olmalıdır. Bundan dolayı saf su üretimi mümkün olduğunca yüksek olacaktır. Şekil 3.1’de bir evaporayter boru sistemi düzenlemesi görülmektedir.

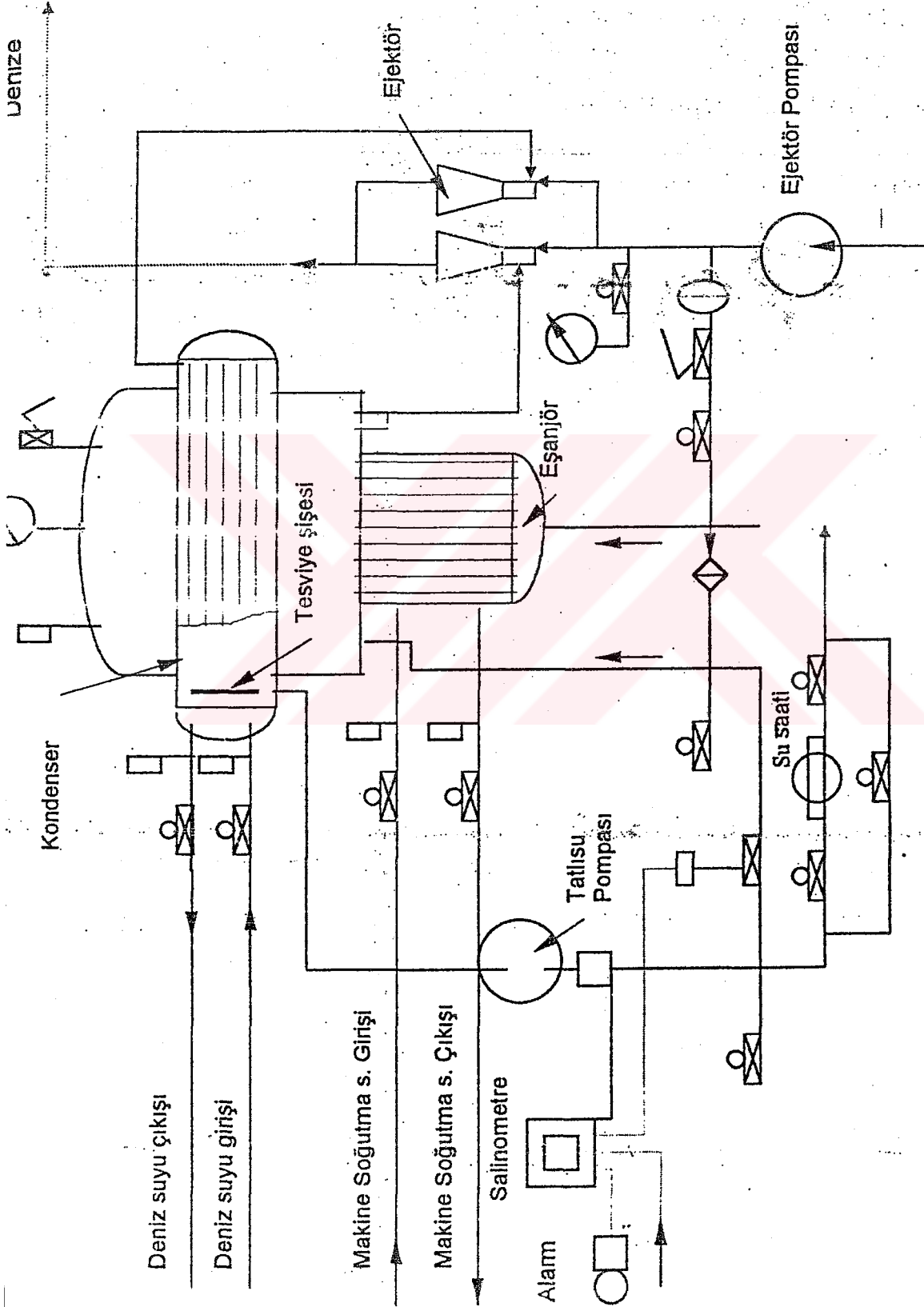
Kısacası, silindir soğutma suyu bağlantıları evaporaytere en kısa yoldan, direkt ve kullanışlı yapılmalıdır.

**Brayn ve hava ejektörünün dışarı bağlanması :** Brayn bağlantısı mümkünse bordadan dışarı yapılmalı ve yükseklik minimum tutulmalıdır. Böylece brayn ve hava ejektörünün işlevini yapması kolaylaşmış olur. Akışın geriye dönüşünü engellemek için devreye geri döndürmez valf ilave edilir. Hava ve brayn ejektörlerinin çalışma esnasında karşı basınç her ne sebeple olursa olsun talimat kitaplarında belirtilen değeri aşmamalıdır (genellikle statik ve sürtünmeli başlılarda).

**Saf suyun dışarı verilmesi :** Saf su mahallinin borularla depolama tankına (distile tankı) bağlantısı yapılmıştır. Bu devre bir izolasyon valfi ve birde otomatik boşaltma valfi ile donatılmıştır.

### 3.3 Evaporayterin Çalıştırılması

Devreye alınmaya başlanırken devredeki bütün valfler kapatılmalı ve geyç (gauge) musukları açılmalıdır. Arıtma (distile) kondenserine giden deniz suyu açılır. Debi ölçerde akış miktarı gerekli değeri gösterinceye kadar besleme kontrol valfi açılır. Evaporayterin içinde kalan havayı atmak için hava ventili açılır ve kapatılır. Ejektör pompası deniz suyu alıcı valfi açılır ve ejektör pompası çalıştırılır.



Şekil 3.1 Evaporeyter Boru Sistemi

Vakum geyci gerekli değeri gösterdiği zaman eşanjöre ana makine silindir soğutma suyu açılır. Birkaç dakika içinde evaporayterdeki deniz suyu kaynamaya başlar. Distile mahallindeki su gözetleme camında belirlenen seviyeye ulaştığı zaman arıtılmış suyu depo tanklarına sevk eden pompa çalıştırılır. Eğer su gerekli seviyeye ulaşmadan pompa çalıştırılırsa pompa salmastraları zarar görebilir. Tatlı su pompası çalışmaya başladıktan sonra evaporayter yüzeyindeki tuzlar ilk alınacak suya karışarak tuzluluk oranını yükselteceğinden ilk birkaç dakika içinde suyun saflığı salinometrede makul seviyeye gelinceye kadar dışarı boşaltma valfi açılarak tuzlu su dışarı atılır. Eğer alıştırma başlangıcında yada operasyon esnasında yanlışlıkla evaporaytere deniz suyu doldurulduktan sonra tuzluluk istenen seviyeye inmezse uzun bir süre deniz suyu dışarı atılır. Özellikle evaporaytere su almaya başlanması esnasında alıştırma prosedürünün uygulanmasında bu olabilir. Bu durumda şartları düzeltmek için besleme suyu giriş miktarı düşürülür ve saf su üretimi olduğu zaman besleme valfi tekrar açılır.

Saf su kontrol sisteminde iki yönlü selenoid valf bulunur. Saf su devresinde depolara akışı kontrol eden valf normalde kapalıdır ve elle açılması gerekir. Çalışmaya başlama esnasında dışarıya boşaltma valfi açıktır. Sistem her türlü arıza olaylarına karşı arıza-güvenlik modu konumundadır.

İşletim esnasında tüm değerlerin talimat kitabındaki sınırlar içerisinde olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu durum, özellikle, deniz suyu sıcaklığının tasarlanmış değerlerinden farklı olduğu zaman geçerlidir.

### **3.4 Evaporayterin Kapatılması**

Evaporayter devreden çıkarılacağı zaman besleme kontrol valfi kapatılır ve vakum kırıcı valfi açılır. Saf su pompası kapatılarak depo tanklarına sevk kesilir. Evaporayter basıncı atmosfer basıncına ulaştığı zaman ejektör pompası devreden

çıkartılır. Silindir soğutma suyu ve deniz suyu kesilir. Daha sonra vakum kırıcı valfi tekrar kapatılır.

### 3.5 Bakım

Ünite temiz ve kuru şartlarda tutulmalıdır ve evaporayterden gerekli hizmetin alınabilmesi için aşağıda sıralanan rutin bakımların yapılması gerekir.

Pompalar ve Motorlar : Bütün pompalar ve motorların aşırı ısınma durumu olmadan çalışmasını sağlamak için her gün rutin olarak kontrollerin yapılması gerekir. Bütün yataklar ve glendler soğuk ve sessiz çalışmalıdır.

Borular : Eşanjör temiz şartlarda tutulmalı, yılda 2-3 kez kışır temizliği yapılmalıdır. Kışır temizliği sulandırılmış bazı asitlerle; örneğin, hidroklorik asit yada sitrik asit yada işlem ve depolama açısından likit asitlerden daha uygun olan özel kışır tozlarından biri ile yapılabilir.

Tuzluluk Ölçme Cihazı (Salinometre) : Cihaz hücresinin altı ayda bir bağlantıları sökülmeli ve dikkatlice içi fırçalanarak kışır ve kir parçalarından arındırılmalıdır.

Valfler : Düzgün ve kolay çalıştırılabilmesi açısından valf glendlerinin düzenli kontrolleri yapılmalıdır. Valflerin yılda bir kereden daha sık açılıp temizlenmesi istenmemesine rağmen glend mahalline pislik girmesi durumunda valfin çalışmasının zorlanacağı ve spindlinin zarar görebileceği de gözönüne alınmalıdır.

### 3.6 Kışır Oluşumu

Genelde ısı transfer yüzeylerinde, özel olarakda eşanjör borularında kışır oluşumu (scaling) yavaş yavaş tatlı su üretiminde düşmelere neden olacaktır. Bu nedenle kışırın tanınan toleranstaki düşüşünün derecesine göre yılda 3-4 kez kaldırılması gerekecektir.

Tatlı su çıkış miktarı günlük olarak kaydedilmeli ve başlangıç düzeyinin %75'inin altına düştüğü zaman kışır temizleme (descaling) işlemi yapılmalıdır.

#### 3.6.1 Kimyasal kışır temizleme

Etkin kışır oluşumu, kimyasal manada kolayca temizlenebilen kalsiyumkarbonat yada magnezyumhidroksittir.

Birçok kışır temizleme bileşikleri ve sıvıları ticari sahada hazır olarak bulunur. Kışır temizleyicilerden çoğu vazifesinde etkindir.

Eğer hazır olarak alınmıyorsa, hacimsel olarak %15-25 oranındaki hidroklorik asit kullanılabilir. Fakat bu çözelti kışır temizleme işlemi yapıldığı zaman evaporayterin metal yüzeylerinin reaksiyona girmemesi için bir katalizör içermelidir.

Kışır temizleme için gerekli ekipman, uygun kapasitede bir su tankı yada dramı, bir sirkülasyon pompası, pompanın çıkışına pompanın çıkışına uygun üç değişik uzunlukta hortumdan oluşur. Bu hortumlardan biri tankla pompanın alıcı kısmı arasına, diğeri pompanın basma tarafı ile eşanjör borularının yerleştirildiği mahal

arasına, bir diğeri ise, eşanjör mahalli ile tank arasına yerleştirilir. Tankdan pompa emicisine bağlanan hortumun tanka daldırılan ucuna bir süzgeç yerleştirilir. Tankın 4/3'ü tatlı suyla geri kalan kısmı asitle doldurulur. Düzenegin kurulması işlemi bu şekilde tamamlandıktan sonra pompa çalıştırılır. Eğer evaporayter prosedürüne uygun olarak kapatılırsa kabuk içinde sirkülasyon pompasını çalıştırır çalıştırmaz tanka akışı başlatacak su ile dolu kalmış olur. Aksi takdirde sirkülasyon başladıktan sonra devre tamamen doluncaya ve evaporayter gövdesi yarısına kadar dolu kalıncaya kadar tanka su eklemek gerekecektir.

Sirkülasyon başladıktan çok kısa süre sonra geri dönüş ve köpürme başlayacaktır. İşlem ne kadar uzun sürerse tortu temizliği o kadar iyi olacaktır. Köpürmenin başlıca sebebi ise, karbonatın çözünmesi ve karbondioksit moleküllerin serbest kalmasıdır. Köpürmenin şiddeti, ya çözünme azaldığı yada kışırın tamamının kaldırıldığı zaman hafifler. Çözünme bittiğinde bunun alkalın olduğu basit bir deneyle görülecektir. Zira daha sonra çözünme esnasında asitten kalan miktarın söndürülmesi için yapılan köpüklenme işlemi için bu test gereklidir. Kışır temizleme işlemini hızlandırmak için silindir soğutma suyunun çözeltiyi ısıtması amacıyla eşanjöre girmesine izin verilir. Borulara zararlı etkisi olabileceğinden aşırı ısıtmadan kaçınılmalıdır. En uygun sıcaklık 48-60 °C'dir. Fakat çözeltinin 60 °C'yi aşmasına izin verilmemelidir.

### 3.6.2 Kışır problemleri

Bütün arıtma (distilasyon) üniteleri kışır yüzünden zarar görürler. Fakat özel montajlarda işletmeciler personel, pratikte en iyi şartlar altında operasyon yapılmasını sağlamak için düzenli aralıklarla kışır temizleme işlemini uygulayarak, zararları ve zorlukları en aza indirebilir.

Normal olarak deniz suyu daha yüksek sıcaklıklarda ısıtılırsa oluşan kışır daha sert ve daha az çözünür olacaktır. Düşük sıcaklıklarda kışır kalsiyum karbonattır. Fakat

sıcaklık yükseldikçe mağnezyum hidroksit oranında yükselme olacak ve tortu bırakacaktır. Aynı zamanda bu heriki bileşik erkenden teşhiz edilerek çözünebilmesi sağlanacaktır, fakat hidroksit durumunda süreç daha yavaş ilerleyecektir. 82 °C'den yüksek sıcaklıklarda kalsiyumsülfat kışır, yüksek miktarlarda tortu bırakmaya başlar ve bu tip kışır kimyasal olarak çözülemez, ancak mekanik olarak kaldırılmak zorundadır.

Evaporayterlerde kışır oluşumunu engellemek mümkün değildir. Ancak sıcaklıklar kontrol edilerek en aza indirilebilir. Aynı zamanda kışır temizliği yapılanaya kadar kışır oluşumuna ne kadar izin verilebileceğini kestirmek zordur., ne var ki, daha ağır tortu oluşmasıyla kışırın temizlenmesi daha da zorlaşacaktır.

Güvenlik Uyarısı : Hidroklorik asit hem evaporayter hemde personel için zararlıdır. Operatörler uygun koruma giysilerini giyerler (lastik eldiven, lastik çizme vs.). Eğer asit cilde temas ederse bol suyla yıkanmalıdır. Özellikle operatörlerin gözlerine asit sıçraması durumunda gözler bol suyla iyice yıkanmalıdır, daha sonra sodyumbikarbonat çözeltisiyle ıslatılır. Temizleme devresinden asit çözeltisi kaçması yada dökülmesi halinde asiti nötralize etmek için soda kullanılmalıdır.

Hidroklorik asitin depolama şartlarında tehlike oluşturmaması için aşırı sıcak ortamlarda depolanmaması gerekir. Aşırı sıcak ortamlarda kaldığında buharlaşma meydana geleceğinden emniyetli depolama zarurudur.

Genel olarak, gösterge cihazlarının günde en az iki yada üç kez kontrol edilmesi uygun olur. Böylece değerlerdeki normalden sapmalar çabuk farkedilebilir.



### 3.7 Muhtemel Sorunlar ve Çözümleri

Muhtemel hataların tahmini sebepleri ve çözümleri Tablo 3.1'de sıralanmıştır.

Tablo 3.1 Evaporayter Arıza Cetveli

<u>Arıza</u>	<u>Nedeni</u>	<u>Çözümü</u>
Aritılmış su yok	Distile pompası kapalı	Pompanın milinin dönüp dönmediği kontrol edilir.
	Aritılmış suyu dışarı veriyor	Aritmadaki karışıma bakılır. Eğer salinometre dışarı verilen suyun saf su olduğunu gösterirse, ya boşaltma valfine yada selenoid valf kablosuna bakılır. Böylesi selenoid ve kablo arızaları saf suyun dışarı verilmesine sebep olur. Valften kablonun bağlantıları sökülür ve yeni bir bağlantı yapılır. Doğru pozisyonda valften "klik" sesi duyulacaktır. Eğer bu olmazsa selenoid valf arızalıdır ve değiştirilmelidir. Eğer bu ses duyulursa, o zaman arıza ya salinometre yada kablodadır.
	Vakum uygun değil	Bu durumda evaporayterdeki deniz suyu kaynatılmamalı. Vakumun düşük olduğu durumlarda kaynama olmaz. Fakat gözetleme camından deniz suyunun kaynadığı görüldüğü zaman saf su üretiliyor demektir.
	Evaporayter kuru çalışmıştır	Bu durum gözetleme camından görülebilir ve besleme suyu akışı kontrol edilir. Eğer gereken miktardan az ise, besleme suyu kontrol vafi akış oranının doğru olup olmadığını görmek için biraz daha açılır. Şayet besleme suyu devresi süzgeçle donatılmışsa onun bloke olup olmadığı kontrol edilir.
	Boru hattı tıkanmıştır	Distile suyu boru devresi üzerindeki valflerin açılması ve distile suyunun akışına engel olan tıkanıklığın tesbiti için kontrol edilir.
	Hava kaçağı olabilir	Eğer saf su pompası emiş borularında hava kaçağı varsa, bu pompaya suyun ulaşmasını engeller. Boru devresi test edilerek kaçak bulunmalıdır.

<u>Arıza</u>	<u>Nedeni</u>	<u>Çözümü</u>
Üretilen su miktarı düşük	Isıtma suyunun sıcaklığı yetersiz	Evaporayterin su üretimi ona sağlanan işe yaramaz ısı miktarı ile direkt olarak bağlantılıdır. Genellikle makina yükü düştüğünde silindir soğutma suyu sıcaklığı ve dolayısıyla evaporayter çıkış miktarı düşer.
	Pompa dönüş yönü yanlış	Distile pompasının dönüş yönünün doğru olup olmadığı kontrol edilir. Ters dönme durumunda pompanın kapasitesi düşecektir.
	Silindir soğutma suyu sıcaklığı düşük	Silindir soğutma suyu sıcaklığı belirtilen değerlere yakın olmalıdır. Yetersizse evaporayter devreden çıkartılmalıdır.
	Vakum uygun değil	Vakum pompası kontrol edilir.
	Besleme suyu yeterli değil	Besleme suyu devresi kontrol edilir.
	Plant kışır bağlamış	Eğer plant kışır bağlamışsa su üretimi yavaş yavaş düşecektir. Aynı zamanda vakumda da düşme görülecektir. Kışır temizleme işlemi prosedürüne uygun yapılmalıdır.
Vakum düşük	Vakum ejektörü arızalı	Ejektör nozulunun tıkalı veya aşınmış olup olmadığı ve sitin yerine oturup oturmadığı kontrol edilir.
	Hava kaçağı var	Bütün valfler atmosfere açılarak kontrol edilir. Örneğin; vakum kırıcı, evaporayter dreyn valfi gibi. Sonra açılan valfler sıkıca kapatılır. Bütün flençleri ve diğer bağlantıları en iyi sızdırmazlık koşullarını sağlamak ve bozmamak için eşit basınç dağılımı yaparak tedricen sıkılır. Gerekirse evaporayter cidarı ve bütün boru bağlantılarının hava kaçağını tesbit etmek amacı ile kaçak testi yapılır.
	Deniz suyu sıcaklığı yüksek	Deniz suyu sıcaklığının yükselmesi ile tedricen vakum düşebilir. Fakat bu, ünite kapasitesinde hafif düşmeye sebep olacaktır.

Tablo 3.1 (Devam) Evaporayter Arıza Cetveli

<b>Arıza</b>	<b>Nedeni</b>	<b>Çözümü</b>
Üretilen suyun tuzluluğu yüksek	Brayn seviyesi yüksek	Evaporayterdeki brayn seviyesinin su bendinin altında olup olmadığı kontrol edilir. (Brayn: Heaterde kaynayan, fakat buharlaşmadan evaporayterin alt kısmında biriken yoğun tuzlu su). Brayn dışırcında tıkanma ve brayn emişinde hava kaçağı olup olmadığı kontrol edilir. Ayrıca ejektörün tıkalı yada kesitinin daralmış olup olmadığı kontrol edilir.
	Seperasyon uygun değil	Gözetleme camının kapağı yerinden sökülür ve seperatör elemanın pozisyonunun doğru olup olmadığı ve aralıkların su damlalarını geçirip geçirmeyeceği kontrol edilir. Eğer kışır fazlaysa sulandırılmış hidroklorik asit çözeltisine daldırılarak kışır temizliği yapılır yada tavsiye edilen kışır temizleme tozu çözeltisine daldırılır.
	Evaporayteri çalıştırmaya başlarken	Evaporayteri çalıştırmaya başlama periyodu esnasında saf suyun üretilmeye başlaması birkaç saat alabilir. Eğer sistem prosedürüne uygun kapatıldıysa yada bu arada ünitenin deniz suyu ile dolmasına izin verildiyse, kapatma periyodundan sonra normal çalıştırma metodu uygulanır.

## **BÖLÜM 4. YARDIMCI KAZAN EGZOSTUNDAN ÜRETİLEN İNERTGAZ SİSTEMİ**

### **4.1 İnertleme**

Ham petrol vya petrol ürünü yük taşıyan tankerler ve kombine yük taşıyan gemilerde (OBO, O/O), yük türünden kaynaklanacak parlamaya, patlamaya ve bunların sonucunda meydana gelmesi kaçınılmaz bir yangına meydan vermemek için bir inertgaz sisteminin bulunması gerekmektedir. İnertgazın elde edilmesi, tanklara ulaştırılması ve güvenlik konularında içeren bu sistem, çeşitli klas kurumları tarafından denetlenmektedir.

Prensib olarak yanmanın meydana gelmesi için ortamda;

1. Yanıcı madde
2. Tutuşturucu bir kaynak veya ısı
3. Yeterli miktarda hava

Bulunması gerekir.

Bu üç faktörün birlikte bulunmadığı durumda parlama, yanma veya patlama olmayacaktır.

Ham petrol taşıyan tankerler göz önüne alındığında yangının meydana gelmesine sebep olan üç faktör daima mevcuttur. Yük tanklarının üst boşluğunda biriken çok yüksek tutuşma özelliğine sahip hidrokarbon gazlarının çıkış miktarı ham petrolün

türüne, çalkalanma şiddetine ve ortam sıcaklığına bağlıdır. Örneğin, yüklemekten hemen sonra ham petrolden hidrokarbon buharının çıkması hemen hemen durur. Fakat tahliyeden sonra tankın dibinde kalan tortu çamuru ve çökelti tank yıkanması esnasında alt üst edilirse, gaz çıkışı artar.

İnertgazın görevi, tanklarda yük boşaldıktan sonra veya tank temizliği esnasında ortaya çıkan ve yeterli miktarda oksijenle birleştiğinde patlayıcı özelliğe sahip olabilen çeşitli hidrokarbonların ( $H_mC_n$  formülüyle gösterilen metan, pentan vs.) herhangi bir parlamaya, patlamaya ve yangın gibi tehlikeli bir duruma mahal vermemesini sağlamaktır. Dolayısıyla, tanklarda oluşan hidrokarbon konsantrasyonu seviyesini sınırlamanın mümkün olmayacağı göz önünde bulundurularak, oksijen ve hidrokarbon karışımının patlama limitlerinin dışında tutulması için tanklarda bulunan oksijen konsantrasyonunun kontrol altına alınması gerekir. Bu sebeple, tanklara, içinde çok düşük seviyelerde oksijen içeren ve bu özelliği nedeniyle tank içinde parlamaya, yanmaya yada patlamaya müsait ortamı bertaraf eden inertgaz basılır.

İnertleme terimi, yük tanklarında, yük buharındaki tutuşabilir gaz karışımı oluşumunu engellemek için, hava yada yük buharının yükleme yada gasfree işlemlerinden önce yerdeğiştirmesi için kullanılır.

#### 4.2 İnertgaz Kaynakları ve İnertgazın Kalitesi

Gerekli inertgaz, gemi bünyesinde çeşitli kaynaklardan sağlanabilir. Bu kaynaklar şunlardır;

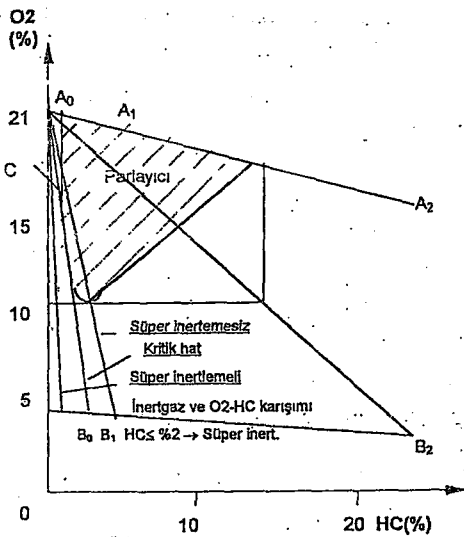
1. Yardımcı kazan egzost gazı,
2. bağımsız bir inertgaz jeneratörünün egzost gazı,
3. İkincil yanmaya tabi tutulan geminin ana makina yada gaz türbini egzost gazı

İnertgaz olarak kullanılacak gaz karışımından aşağıdaki özellikler istenir:

Oksijen	(Hacimsel oranı %5'den az)
SO <sub>2</sub> ve SO <sub>3</sub>	(Hacimsel oranı %0,02'den az)
Su buharı	(Hacimsel oranı %1'den az)
Katı parçacıklar	(8 mg/m <sup>3</sup> 'den az)
Sıcaklık	(Deniz suyu sıcaklığı)

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi hidrokarbon gazı ve hava karışımının parlama bölgesi (taralı bölge) oksijenin hacimsel oranının %11 ve hidrokarbon oranının en az %1.7 olduğu koşullarda başlar ve hidrokarbon oranının %11 olduğu koşullara kadar genişler. Bu sınırlar içinde karışım her an tutuşmaya hazırdır. Hidrokarbon miktarının %11'in üzerinde olduğu karışıma çok zengin karışım denir. Bu karışım patlayıcılık özelliğini kaybeder. Aynı şekilde, hidrokarbon miktarının %1.7'nin altında olduğu çok zayıf karışım da, patlayıcılık özelliğini kaybeder.

Ham petrol ve petrol ürünlerinin boşaltılması esnasında metan ve pentan gibi çeşitli hidrokarbonlar ortaya çıkar. Petrolün türüne göre bu gazlar tank kapasitesinin %5-25'ini kapsar. Bu durumda tankın geriye kalan hacmine hava dolduğu takdirde, tankda, belirli şartlarda oldukça patlayıcı olan bir gaz karışımı meydana gelir.



Şekil 4.1 Tanklardaki oksijen-inertgaz ve hidrokarbon karışımı

Şekil 4.1'de gösterilen  $A_2$  noktası %25'lik oranla oldukça yüksek miktarda hidrokarbon içerir ve patlama sınırı dışındadır. Bu durumda tankdaki oksijen miktarı gazın yanması için yeterli miktarda değildir.

Tanklardaki hidrokarbon oranı, tankların yıkanması sırasında ve denizli havalarda, genellikle, %5 civarındadır. Bu oran patlama sınırları içindedir. Dolayısıyla, tankdaki hidrokarbon oranı kontrol edilemeyeceğinden ancak oksijenin oranı düşürülmek suretiyle herhangi bir patlamanın önüne geçmek mümkün olacaktır. Hidrokarbon oranının uygun sınırlar içinde ve oksijen oranının %11'den yüksek olması koşullarında hidrokarbon-hava karışımı patlamaya hazır demektir. Özellikle, herhangi bir nedenle tank içine atmosfer havası girmesi patlama ihtimalini arttıracaktır. Bütün bu nedenlerle tank içindeki oksijen miktarı mümkün olduğunca sifra yaklaştırılmalıdır. Ancak oksijen oranının %11'in altına inmesi güvenlik için yeterli bir oran olmasına rağmen 1974 Uluslararası Denizde Can Güvenliği Sözleşmesi (SOLAS) ile bir tankerdeki inertgaz sisteminin ürettiği inertgazda oksijen oranının %5'i geçmemesi ve ayrıca, gazdan arındırma işlemi yapılmış tanklar hariç, bütün yük tanklarında oksijen hacimsel oranının %8'i geçmeyecek şekilde pozitif basınç altında tutulmasının sağlanması istenir. [8, s10-11]

### 4.3 İnertgazla Yapılan İşlemler

#### 4.3.1 Ön inertleme (Primary Inerting)

Tankerlerde yükleme yapılmadan önce tanklardaki temiz hava inertgazla değiştirilmelidir. İnertlemede kullanılacak gaz amaca uygun olmalıdır. Yük tanklarındaki oksijen miktarı, inertleme yapıldığı zaman, düzenli olarak kontrol edilmelidir. İnertleme işleminden sonra oksijen oranı hacimde %5'i aşmamalıdır. Fakat reaktif yüklerde (örneğin, butadine) bu oran çok daha düşük seviyelerde istenebilir. Yük buharı, inertleme yapıldığı zaman, daha sonra yapılacak

havalandırma esnasında tutuşabilir. Karışım oluşumunu engellemek için, yük buharı konsantrasyonunu yeteri kadar düşüncüye kadar, inertleme işlemi devam etmelidir. Böylece yükleme esnasında ortaya çıkacak hidrokarbon gazları sebebi ile oluşabilecek olası bir patlamaya engel olunur. İnertlemeden önce, düşük sıcaklıktaki tankların bulunduğu durumlarda tankların uyarılması gerekebilir. Başka bir deyişle, çok daha fazla miktarlarda inertgaz gerekecektir. Nem ve CO<sub>2</sub> donacaktır. Tanklar sıcak gazla yada diğer uygun metodlarla uyarılmalıdır.

#### 4.3.2 Super inertleme (Purging)

Boşaltma esnasında tanklar inertgazla doldurulduğunda tankta patlayıcı olmayan bir gaz karışımı meydana gelecektir. (Şekil 4.1'de  $B_1$   $B_2$  hattı). Tank temizleme sırasında veya denizli havalarda hidrokarbon oranı artsa bile karışımındaki oksijen oranı daima düşük kalır. Bu durumda karışım oranı ancak  $B_2$  noktasma yaklaşmış olur. Fakat tanktaki karışımın grafiği bu durumda iken herhangi bir sebeble tanka hava girerse yada tank, insanların girebilmesi için gazdan arındırılırsa, karışımın grafiği B noktaları arasındaki hattan  $A_0$  noktasma doğru kayar. Bu durum, gaz karışımının çatlama bölgesine girme ihtimalinin var olduğunu gösterir. Dolayısıyla, patlamanın mutlaka engellenmesi için, yük boşaltımından sonra tanklara, hava girmeden önce, karışım oranı  $B_0A_0$  hattının solundaki herhangi bir noktadaki değere çekilinceye tanka kadar inertgaz basılır.

Tankın temizlenmesi esnasında, denizli havalarda ve hava sıcaklığındaki artmaların hidrokarbon meydana getirmedeki etkileri de dikkate alınarak hidrokarbon oranının %4'ü aşmaması için İnertleme esnasında tanktaki hidrokarbonun hacimsel oranı %2'nin altına düşürülmelidir.



İnertleme işleminden önce tanktaki hidrokarbon oranı bilinmediğinden her zaman en yüksek değerde (%25) olduğu kabul edilir ve tank içindeki gazın hacimsel olarak %95'i dışarı atılır. Yapılan bu işleme Süper İnertleme denir.

#### 4.3.3 Gazfri İşlemi (Gas-Freeing)

Süper inertlemeden sonra tanklar atmosfere açılabilir. Bu durumda, tanktaki gazların karışım oranı hiçbir tehlike arzetmeyen B<sub>0</sub>A<sub>0</sub> hattının solundaki bir hat üzerinde seyredecektir.

#### 4.4 İnertleme Yöntemleri

İnertgazla yapılan işlemlerde aşağıdaki üç yöntem uygulanabilir:

1. Deplasman yöntemi
2. Karışım yöntemi
3. Vakum/basınç yöntemi.

##### 4.4.1 Deplasman yöntemi

Bu yöntemde amaç, gazları birbirine karıştırmadan gaz değişimini gerçekleştirmektir. Bunun için, inertgaz tank üzerindeki bağlantısından uygun bir hızla basılarak, iki gaz tabakasının karışması önlenir. Hidrokarbon karışımı da tank dibine kadar uzanan borular vasıtasıyla dışarı atılır. Bu işlemle yukarıdan basılan gazın, aşağıda kalan gaz karışımını aşağıya doğru bir piston gibi iterek, dışarıya atması mümkün olur. Bu sistemin özelliği her iki gaz tabakası arasındaki karışımın mümkün mertebe az olmasıdır. Dolayısıyla içeriye basılan gaz ile tanktaki gaz

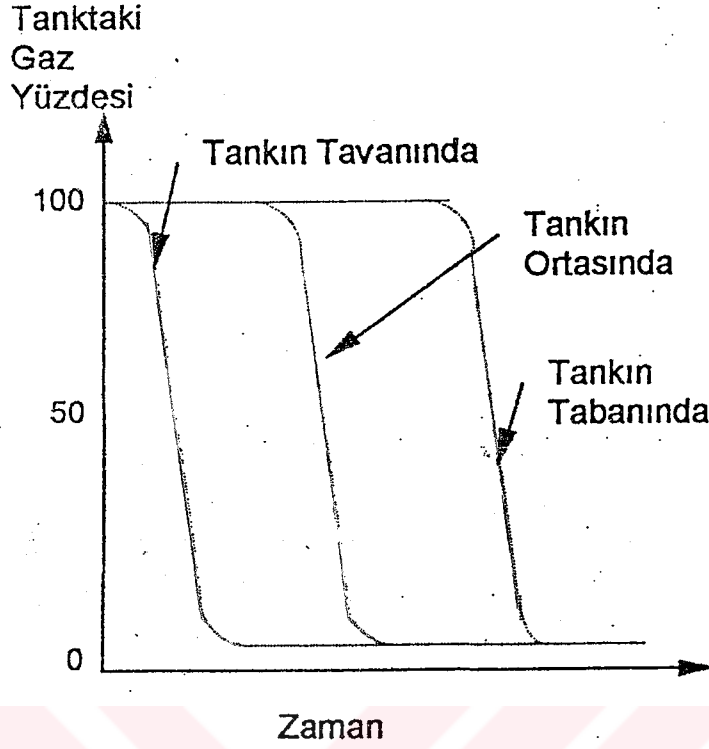
arasında düzgün ve dengeli bir tabaka oluşur ve bu tabaka yavaş yavaş aşağıya doğru itilir. Fakat tankın dibindeki mukavemet elemanlarının oluşturduğu çıkıntılar sebebiyle bu yöntemde bazı zorluklar ortaya çıkar. İki gaz arasındaki tabaka çıkıntılara ulaştığında, bir kısa devre oluşur. Dolayısıyla, inertgaz tankın dibine ulaşmadan hava firar borusundan çıkar ve bu sebeple, mukavemet elemanlarına ulaşıldıktan sonra işlemin sona erdirilmesi uzun zaman alır.

Teorik olarak bir tanktaki gazı dışarı atmak için o tank hacmi kadar yeni gaza ihtiyaç olduğu halde, pratikte enaz 1.8-2 tank hacmi kadar gaz gerekir. Ancak bu şekilde tank içinde mevcut gazın %95'i dışarı atılabilir.

Gaz değişimi süreci ile ilgili deneylerin gemilerde gerçekleştirilmesi, en azından birkaç parametrenin değiştirilmesini gerektireceğinden, oldukça çok zaman ve para gerektirir.

Bu sebeple, "Berlin Teknik Üniversitesi Gemi Güç Tesisleri" bölümünde, yük tankları, aslının aynısının 1/50 ölçeğinde plexiglastan imal edilmiştir. Deneylerde gazların yerine su kullanılmıştır. İki gaz arasındaki yoğunluk farkı da suyun bir kısmına gerekli oranlarda tuz katılarak simule edilmiştir. Suların renklen-dirilmesi yolu ile hareketleri izlemek mümkün hale gelmiştir. Bu modellemeler ile çeşitli gaz giriş ve çıkış düzenlemelerinin etkilerini kolay bir şekilde tespit etmek mümkün olmuştur.

İlk deneyde sıvı, gemi üzerinde 9.9 m/s'lik hıza tekabül edecek bir hızla tanka basılmış ve yaklaşık tankın yarısına kadar olan bölümde iki sıvı birbirine karışmıştır. İçeriye tank hacminin %30'u kadar gaz basıldığında, hava firar borusundan, inertgazın çıkmaya başladığı gözlenmiştir. İçeriye inertgazın %70'i kadar gaz basıldığında ise, tankın tümünde iki gazın birbirine karıştığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu deneyde düzgün ve dengeli bir tabaka oluşmadığı görülmüştür.



Şekil 4.2 Deplasman yönteminde tanklardaki oksijen-inertgaz ve hidrokarbon karışımı.

İkinci deneyde, hız yarıyarıya azaltılarak, 4.6 m/s'lik hız ile tanka basılmış ve %30 tank hacmi kadar gaz içeriye basıldığında, istenilen tabaka tankın yarısının biraz üzerinde meydana gelmiştir.

Üçüncü deneyde gaz, 2.3 m/s'lik hızla tanka basılmış ve düzgün ve dengeli tabakanın daha aşağıda durumunu muhafaza ettiği gözlenmiştir. Bu işlemde tanktaki tüm gazın değiştirilmesi için 1,5 tank hacmi kadar gaz kullanılmıştır. Bu deneyde %95'lik inertgaz oranına, 1,5 tank hacminde inertgaz basılmasından sonra, ulaşılmıştır.

En başarılı deney olan üçüncü deneyde tank dibinde meydana gelen gaz karışımının konsantrasyonu sabit kalmaktadır. İntertgazın etkisi çok azalmıştır. Basılan gazın hızı o kadar düşüktür ki, gaz tank dibine ancak yerçekiminin etkisiyle ulaşabilmiştir. Büyük tanklarda bu işlem oldukça uzun zaman alır. Tanka uzatılan firar borusunun ağzı tankın tabanına olan mesafesinden sonra yüksek oranda hidrokarbon içeren gaz karışımı ancak karışım yöntemiyle dışarı atılır. Fakat bu deneydeki bölgesel yüksek

konsantrasyonlar, tank hacmine oranla çok ufak bir hacime sahip olduklarından, tüm tank konsantrasyonuna etkileri çok azdır.

Kısaca deplasman yönteminde inertgaz giriş hızı düşük hızlarda gerçekleştirilmelidir. Şekil 4.2 deplasman yönteminde, tankın değişik bölgelerinde zamana göre gaz konsantrasyonunu göstermektedir.

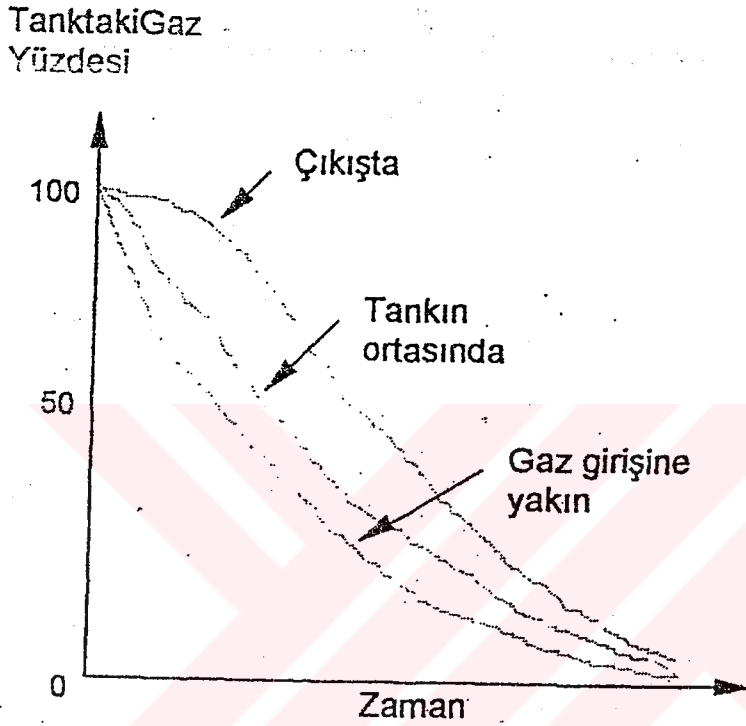
Uygun hız, tank modellemesi yapılarak tesbit edilebilir. Bu değer, karışım yönteminde kullanılan inertgazın hızına göre daha düşüktür.

#### 4.4.2 Karışım Yöntemi

Deplasman yönteminin aksine, bu yöntemde içeriye basılan inertgaz ile tank içindeki gazın karışması esas alınmıştır. Bu sebeple, hava firar aralığında, daha işlemin başında, inertgaz ve tank içindeki gazdan oluşan bir karışımla karşılaşılır. Keskin köşeleri ve içinde akışı engelleyecek mukavemet elemanları olmayan ideal bir tanktaki gazın değişimi için, teorik olarak, üç tank hacmine denk inertgaza gerek vardır. Dolayısıyla bu yöntemde, işlemin tamamlanması için daha fazla inertgaza ihtiyaç duyulur, bu sebeple işlem daha uzun sürer. Ancak, gaz giriş ve çıkış bağlantılarının yerlerini ve gaz giriş hızını uygun seçerek, inertgaz ihtiyacında teorik olarak belirlenen üç tank hacmine yaklaşılabılır.

Karışım yönteminde, deplasman yönteminde olduğu gibi gazı tanka düşük hızla vermek iyi sonuç vermez. Çünkü bu durumda, işlem için kurulan düzenek sebebiyle içeriye basılan inertgaz güvertedeki hava firar bağlantısından işlevini görmeden dışarı kaçar. Dolayısıyla, basılan gazın hızı, kritik hız adı verilen ve gazı tankın dibine ulaştıracak minimum hızda olmalıdır. Bu durumda tank dibinde, etrafındaki atmosfere oranla daha düşük yoğunlukta gazları içeren bir karışım bölgesi oluşur. Bu

yoğunluk farkı nedeniyle yukarıda belirtilen karışım bölgesine, onu çevreleyen tank atmosferinden sürekli bir akım olacak ve karışım bölgesinde yukarıdan basılan inertgazla karışan yük gazı, düşük yoğunluk nedeniyle yukarı doğru yükselerek hava firar borusundan dışarı çıkar. Fakat tank dibinde, oluşan karışımın sadece bir bölümü hava firar borusundan dışarıya atılabilir.

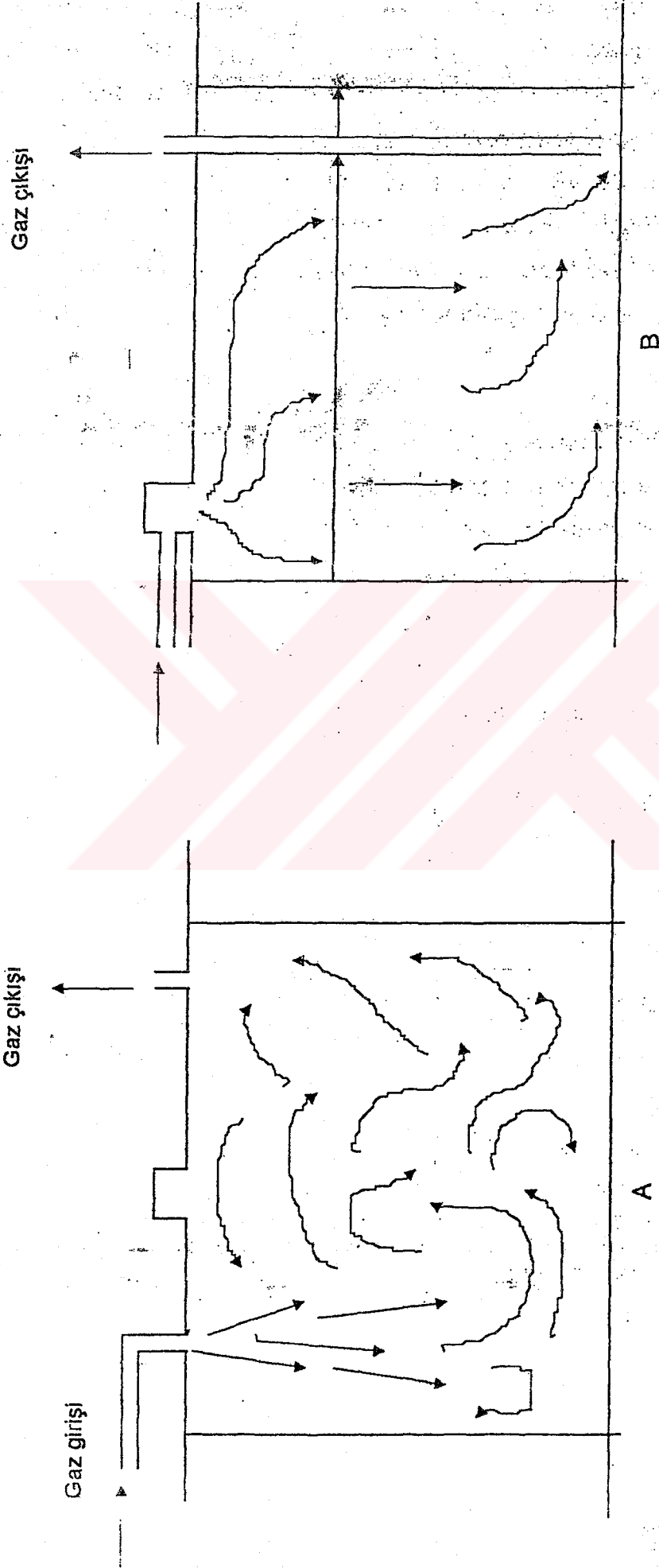


Şekil 4.3 Karışım yönteminde, tankın değişik bölgelerine ait gaz konsantrasyonunun zamana göre değişimi.

Bu yöntemin uygulanması esnasında tank içinde gaz karışımının hareketlerine göre üç değişik bölge meydana gelir:

- Karışım bölgesi : İntergazın girdiği ve karıştığı bölge.
- Transfer bölgesi : Bu bölgede gaz karışımı hava firar borusuna doğru hareket eder. Bu bölge daima tank tavanının altında meydana gelmektedir
- Sirkülasyon bölgesi : Bu bölgede, transfer bölgesinde bulunan karışım hacminin bir kısmı tankın alt kısımlarına doğru hareket eder ve burarlardan karışım bölgesine hareket eden eski gazların yerini doldurur.

Şekil 4.3'de karışım yönteminde, tankın değişik bölgelerine ait zamana bağlı konsantrasyon değişimini görülmektedir.



Şekil 4.4 Karışım yöntemi

Şekil 4.5 Deplasman Yöntemi

Şekil 4.4'te inertgaz girişi ve hava firar borusunun karşılıklı tank köşelerinde olduğu durumda, karışım yöntemiyle yapılan gaz değişimi görülmektedir.

Şekil 4.5'te gaz girişi ve hava firar borusunun tank ortasında ve yan yana düzenlenmiş şekli görülmektedir. Uygun püskürtme hızlarında, bu düzenleme diğerine göre daha avantajlıdır. Çünkü, bu düzenekte karışım bölgesine her iki yandan yük gazının akışı vardır. Bu şekilde, tank dibindeki bölgede gaz akımının yolu kısalmış ve gaz değişimi daha hızlı gerçekleşir.

Karışım yönteminde, işlemin ilk anlarında tankın çeşitli bölgelerindeki gaz karışım oranları oldukça farklılık gösterir. Bu sebeple karışım yönteminde gaz firar bağlantısında yapılan ölçümler güvenilir bir sonuç vermeyeceğinden, tankın çeşitli bölgelerinde ölçümler yapılması gerekir.

#### **4.4.3 Vakum / Basınç Yöntemi**

Bu metod, gemide bulundurulmuş kompresörler kullanılarak, tanklarda (tasarlanan sınırlar içinde) bir vakum oluşturularak gerçekleştirilir. Sonra vakum oluşturulan tanka pozitif basınç oluşuncaya kadar, inertgaz alınmasına izin verilir. İntergaz konsantrasyonu yeterli olduğu miktara ulaşıncaya kadar süreç devam eder. Tanktaki ürün gazı miktarı mümkün olduğunca düşürülür. İntergaz, maksimum karışımı sağlamak için, birkaç noktadan mümkün olduğunca çabuk tank içine alınır.

#### **4.5 İntergaz Sistem Elemanlarının Dizaynı ve İşlevleri**

İntergaz sistemi, baca gazına gerekli işlemler uygulanarak, kullanılabilir özellikte inertgaz haline getiren ve inertgazı yük tanklarına ulaştıran elemanları üzerinde

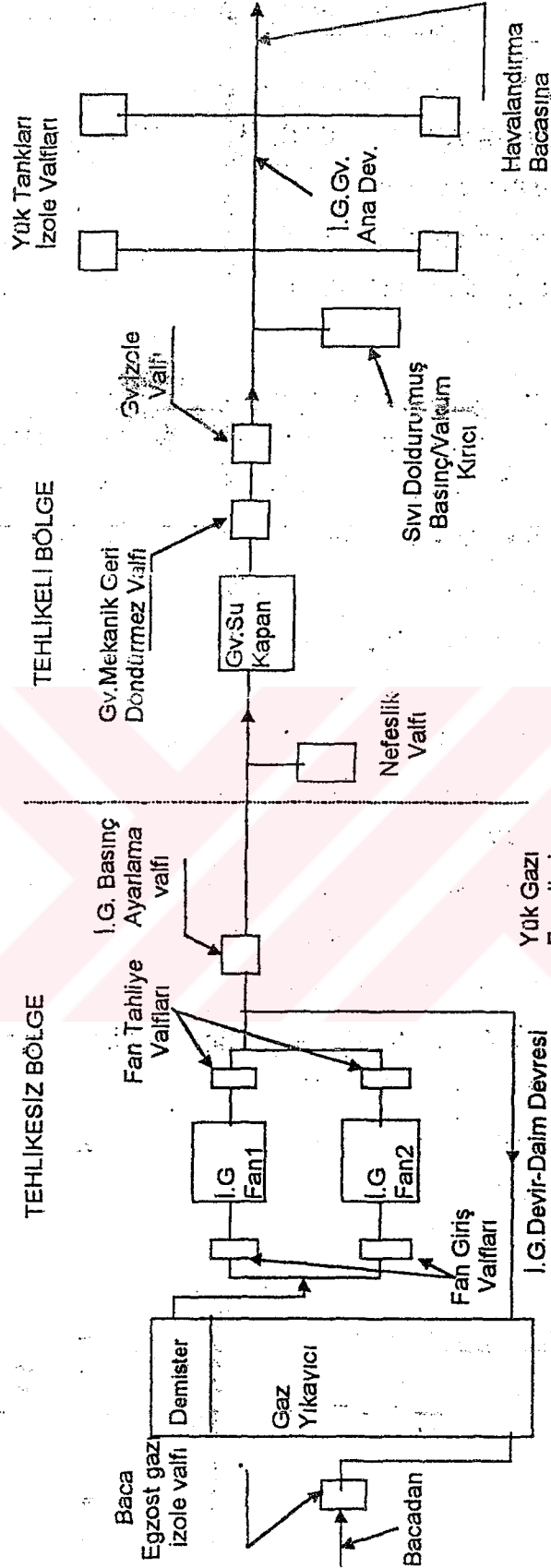
bulunduran sistemdir. Şekil 4.6'da bir inertgaz sistemi düzeneği görülmüyor. Burada, egzost borusu üzerinde yerleştirilen baca gazı izolasyon valfları yolu ile alınan sıcak ve kirli baca gazları, inertgaz sisteminin en önemli ünitelerinden biri olan, gaz yıkayıcısından (scrubber), geçirilerek yıkanıp temizlenen gaz, sudan arındırıcıdan (demister) geçirilir. Bu işlemler esnasında gaz temizlenir ve soğutulur. Soğutma için deniz suyu kullanılır. Sonra fanlara bağlı boru devresi ile güverte su kapamı (deck water seal), geri döndürmez valf (non-return valve) ve güverte izole valfindan (deck isolating valve) geçirilerek yük tanklarına verilir. Yük tanklarına gaz akışının ayarlanması için fanların çıkışından sonra gaz temizleyicisine bir devir daim boru devresi çekilmiş ve bir basınç ayarlama valfi (gas pressure regulating valve) ile donatılmıştır.

Yük tankları, yapısal hasara sebebiyet veren aşırı basınç veya vakumdan korunmak için bir sıvı basınç/vakum kırıcı (liquid pressure/vacuum breaker) donatılmıştır. İnertgaz sistemi devreden çıkarıldığında, herhangi bir gaz sızıntısını salıvermek için, gaz basıncı ayarlama valfi ve güverte izole/geri döndürmez valfi arasında, bir nefeslik valfi (vent valve) donatılmıştır. Yük tahliyesi, balast tahliyesi, tank yıkama esnasında ve seferin diğer safhaları esnasında tanktaki gaz basıncını artırmak için ve yük tanklarına inertgaz vermek için ana inertgaz devresi, güverte izole valfindan ileri doğru, yük güvertesi boyunca uzatılır. Güvertedeki bu inertgaz ana devresinden her bir yük tankının tavanına inertgaz devresi çekilmiştir. [8,s 15-17]

#### 4.5.1 İnertgaz Yıkayıcısı

Gaz yıkayıcının işlevi öncelikle, baca gazını içinde bulunan çeşitli düzenekler oluşturarak soğutmak, yıkayarak SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub> miktarını azaltmak, gaz içindeki katı parçacıkları ayırmaktır. Ayrıca, yıkanan gazın içerdiği su taneciklerini demister ile gazdan ayırmaktır.





Şekil 4.6 İnertgaz Sistemi

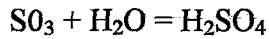
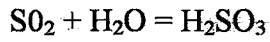
Gaz yıkayıcıyı üç bölümde incelemek mümkündür:

**Sıcak Gaz Girişi:** Egzost devresinden alınarak yıkayıcı kulenin taban kısmından verilen sıcak gaz, sistem devreden çıkarıldığında tank atmosferinin bacaya geçmesini önlemek için, bir su kapanı ile donatılmıştır.

Gaz yıkayıcının alt kısmındaki bu kapan, bakım ve onarım için yıkayıcı açıldığında, bacadan herhangi bir gaz sızıntısını önleyen ilave, bir emniyet sistemi gibi hizmet verir. Yıkayıcıya girişte gaz sıcaklığını çok çabuk olarak düşürmek gereklidir.

Bazı dizaynlarda su kapanı kullanılırken, diğerlerinde, sıcak gaz devresinde soğutma öncesi, sprey sistemi kullanılmaktadır. Sıcak gaz devresinin yıkayıcıya girdiği alt kısmı, gaz ile suyun temasını artırmak için, özel formlarda yapılır.

40°C ile 90°C sıcaklıklar arasında su SO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub>'leri daha kolay tutar. Bu işlem kimyasal olarak,



şeklinde ifade edilir.

Denklemlerden de anlaşılacağı gibi, su ile temasa geçen SO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub> sülfür asitlere dönüşür ve yıkama suyu ile dışarı atılır. Bunun için istenen su miktarı, baca gazının SO<sub>2</sub> miktarı ile ayarlanır. Sadece soğutma ve parçacıkların uzaklaştırılması için daha az su gereklidir. Fakat SO<sub>3</sub> su tarafından kolaylıkla tutulduğu halde, SO<sub>2</sub> kolaylıkla tutulamaz.

Orta Kule: Yıkayıcı kulesinde gaz kendiliğinden yukarı doğru hareket eder. Gaz ve su arasında azami temas için, çeşitli düzenekler kullanılır. Bunlar:

- a) Gazın akışından dolayı kendi fazla momentleri ile katı parçacıkları dışarı atmak için, gazın yönünü değiştirmek ve hızında değişiklik yapmak.
- b) Mikron derecesinde küçük parçacık yığınlarını venturi düzeneği ile ortadan kaldırmak.
- c) Birbirini izleyen su spreyleri içinden gazın geçirilmesi ile yıkanmasını ve soğumasını sağlamak.
- d) Islak yüzeylerde gazın çalkalanması ile temizlenmesini kolaylaştırmak.

Bu işlemlerin yapılabilmesi için, venturi nozulları ve delikleri, kabarcık başlıkları, çarpma levhaları, kuvars parçaları, istiflenmiş çubuklar, masa tenisi topları, sıkı sıkıya birleştirilmiş tel katmanı gibi her biri ayrı yıkayıcı yapısında bulunan düzenekler kullanılır.

Baca gazındaki katı parçacıklar "vuruş ataleti" ve "durdurma" ile uzaklaştırılırlar. Vuruş ataleti, katı parçacıkların gaz akımının takip ettiği yolda daha yavaş hareket eden su damlaları ve katı nesnelere ile çarpışması metodudur. Durdurma ise, su damlaları yüzeyine çok yakın geçen katı parçacıkların çekilmesi ve damlalara yapışması yöntemidir.

Soğuk Gaz Çıkışı: Kükürt bileşikleri ve küçük katı parçacıklardan yıkanmış olan soğutulmuş gazın içinde süspansiyon halinde su damlacıkları kalır. Yıkayıcı kuleden ayrılmadan önce gazdaki su ayrılmalıdır. Bu işlemi yapması için sisteme çeşitli yapılardaki sudan arındırıcılar (demister) yerleştirilir.

Demisterde işlemin randımanının yüksek olması için, gazın hızı önem taşır. Dolayısıyla, talep edilen inertgaz miktarı azaldığında, yıkayıcının içinde minimum

gaz hızını sağlayabilmek için, fandan çıkan gazın tekrar yıkayıcıya dönmesi sağlanır. Diğer bir alternatif ise, uygun akış hızını sağlamak için gaz atmosfere bırakılır.

Demisterden ayrılan gazın hacminde yüksek oranda su buharı vardır. Gazın içerdiği su buharının miktarı gazın sıcaklığına bağlıdır. Gaz, yüksek sıcaklıklarda daha fazla su buharı içerir. Eğer, gaz sıcaklığı yüksek ise, nisbeten daha soğuk olan güverte devrelerinde, önemli yoğuşma olur. İnertgaz, istenen sınırların üstünde kükürt bileşikleri içerirse, güverte devrelerinde korozyon meydana gelir. Bu sebeple, inertgaz sıcaklığının mümkün olduğunca düşük değerlerde tutulması gerekir. Bazı inertgaz tesislerinde, güverte dağıtım devresine geçilmeden önce, soğutma veya suyu emme teknikleri ile, gaz kurutulur.

Yıkayıcı, bulunduğu tankerin, yükün, ve inertgaz kaynağının yanmayı kontrol eden donanımının tipine uygun ve Solas Kural 62 ile belirtilen şekilde olmalıdır.

Yıkayıcının randımanı, tam kapasitedeki gaz akışında, SO<sub>2</sub>'nin en az %90'ını ve katı parçacıkları etkili bir şekilde uzaklaştıracak düzeyde olmalıdır. İşlenmiş mal taşıyan tankerlerde, bu miktarlar, daha da düşük olmalıdır. Yıkayıcının iç kısımları gazın aşındırıcı etkisine karşı dayanıklı malzemeden yapılmalıdır. Alternatif olarak, baca gazlarının yıkayıcının iç kısımlarına geçmeden önce soğutulduğu durumlarda, yıkayıcının iç kısımları lastik, fiber cam tutkalı v.b. malzeme ile kaplanmış olmalıdır. Kontrol ve temizlik amaçları için yıkayıcının dış bünyesinde bulunan uygun kapaklar ve gözetleme camları ısıya ve darbelere dayanıklı olmalıdır.

Yıkayıcının kapasitesi, normal trim ve yalpa şartlarında, %3'ten fazla düşmemeli, gazın çıkıştaki tasarlanan sıcaklığı 3°C'den fazla yükselmemelidir. Yıkayıcının yeri, geminin tam yüklü olması halinde bile, yıkama suyu kolay dreyn olacak konumda yerleştirilmelidir.

#### 4.5.2 İnergaz Fanları

Yıkanmış baca gazını yük tanklarına vermek için fanlar kullanılır. Kural 62.3.1. en az iki fan olmasını şart koşar. Bu fanlar, birlikte, yük tanklarına, geminin maksimum tahliye kapasitesinin en az %125'i oranında gaz basabilecek kapasitede olmalıdır.[9] Fanlardan biri arızalandığında, diğeri, yük tahliyesi süresince zaman geçirmeksizin yük tanklarında pozitif bir basınç meydana getirmeye yeter.

Fanın muhafazası korozyona dayanıklı malzemeden yapılmış ve iç yüzeyleri, fırın kaplama, gazın korozyon etkisinden koruyan bir kaplama olmalıdır.

Pervaneler, eğer elektrik motoru kullanılıyor ise, devir sayısının %20 fazla hızıyla veya güç kaynağı olarak türbin, kullanılıyorsa, aşırı hız tripinin %10'u fazla bir hızla test edilmiş olmalıdır.[10,b 4, s 3]

Fanın muhafazasında, içini kontrol etmek için uygun kapaklar yapılmış olmalıdır. Fan shaftı ile ara shaft bir esnek kaplin ile birbirinden ayrılmış olmalıdır.

Fanın basınç/hacim karakteristikleri, sistemin maksimum taleplerine uygun olmalıdır. Kayıplar hesaba katıldıktan sonra, geminin maksimum tahliye kapasitesi ile çalışması esnasında, herhangi bir yük tankında asgari 200 milimetre su sütunu basıncını devam ettirecek özellikte olmalıdır.

Eğer fanın ana güç kaynağı bir elektrik motoru ise, fana mümkün olan çalışma şartları altında, aşırı yüklenmeyecek yeterli güç sağlanmalıdır.

### 4.5.3 Güverte su kapanı

Güverte su kapanı(Deck Water Seal), inertgazın güverte ana devresine geçmesine izin verir, fakat inertgaz sistemi devreden çıkarıldığında, yük tanklarındaki gazların geri kaçmasını engeller. Çalışma prensipleri bakımından üç esas tipi kullanılabilir:

a) Islak Tip: Su kapanının en basit tipidir. İntertgaz sistemi devrede iken, suya daldırılmış inertgaz giriş borusundan geçen gaz, suyun içinden kabarcıklar halinde çıkar, fakat tank tarafındaki gaz basıncı, inertgaz giriş devresindeki basıncı aşarsa veya inertgaz sisteminin çalışması durdurulduğu zaman, giriş borusunun içinde yükselen su tank gazının geri kaçmasını engeller. Bu tip kapanın sakıncası, inertgaz ile su damlacıklarının taşınabilir olmasıdır.

b) Yarı Kuru Tip: İntertgazın kapan suyu içinden kabarcıklar halinde geçmesi yerine, kapan suyu venturi düzeneği ile ayrı bir bölümde tutularak, gazla taşınabilecek su miktarı düşürülür.

c) Kuru Tip: Kuru tip su kapanlarında inertgaz sistemi devreye alındığında, kapan içindeki su dreyn edilir ve sistem devreden çıkarıldığında yada tank basıncı fan basıncını aştığında, su ile doldurulur. Kapan suyu ayrı bir bölümde depolanır ve devresinde bulunan otomatik valflerle kontrol edilir. Bu tipte, inertgaza su karışması engellenir.

Güverte su kapanlarında kontrolü kolaylaştırmak ve çalışma esnasında su seviyesinin kontrolünü sağlamak için gözetleme camı ve kontrol kapakları olmalıdır.

#### 4.5.4 Güverte mekanik geri döndürmez ve güverte izole valfleri

İlave bir tedbir olarak, yük tanklarından gazın yada eğer tanklar fazla doldurulmuş ise, inertgaz ana devresine girebilecek sıvının geriye kaçmasını engellemek için donatılmıştır. Ayrıca, geri döndürmez valfin ilerisine ayrı bir güverte izole valfi donatılmalıdır. Bu valf, geri döndürmez valfe yapılacak bakım çalışmalarını mümkün kılar.

Güverte su kapama ve emniyet perde engeli/ana kontrol valfi arasında, inertgaz ana devresine bir nefeslik valfi donatılmıştır. Nefeslik valfi, inertgaz sistemi devreden çıkarıldığında yada durdurulduğunda, geri döndürmez sistemlerin herhangi bir sebeple sızdırması sonucu gazların birikmesi ihtimaline karşı, su kapanının etkili basınç yüksekliğini azaltıcı herhangi bir negatif basınç oluşmasına karşı, açılmalıdır.

Geri döndürmez düzeneklerinin yapımında kullanılan malzeme, gaz içindeki asitlerin aşındırma etkilerine ve yangına karşı dirençli olmalıdır.

#### 4.5.5 inertgaz dağıtım sistemi

İnertgaz dağıtım sistemi, yük tankları havalandırma sistemi ile beraber şu özellikleri taşımaktadır:

- a) Tahliye, balast basma ve tank yıkama işlemleri esnasında tanktaki gaz basıncının artırılması için yük tanklarına inertgaz verilmesi,
- b) Yükleme ve balast alma esnasında tanktaki gazların atmosfere çıkarılması,
- c) İnertleme işleminin yapılması,
- d) Aşırı basınç veya vakumdan tankların korunması

#### 4.5.6 İnergaz sisteminde borular ve valfler

Baca gazının egzost borusundan alınış noktası, yıkayıcı için gazın çok sıcak olmadığı ve baca gazı izole valflerinde sert birikintilere sebep olmayacak şekilde seçilmesi gerekir. Gemi kazanları döner hava ısıtıcılarıyla donatılmışsa, baca gazının alınış noktası hava ısıtıcısı girişinden önce olmalıdır. Baca gazı izole valflerinin malzemeleri, gazın egzost borusundan alınış noktasındaki sıcaklığı hesaba katılarak seçilir. 220°C'yi aşan sıcaklığa maruz kalan valfler, sıcaklıkla beraber, durgun baca gazlarının aşındırıcı etkisine karşı da dirençli olmalıdır.

Baca gazı izole valfleri, valf sitelerini kurumdan temizleme tertibatı ile donatılır. Ayrıca, hava doldurma düzenekleri de sağlanmış olmalıdır. Bu düzenekler, genellikle bir fandan alınan düşük oranlı basınç ile valf ve sıcak baca gazı arasında bir hava engeli meydana getirilerek ulaşılan bir korumadır. Bu valfin, haftada bir düzenli aralıklarla temizlenmesi gerekir. Temizleme işi, inertgaz sistemi kullanılmadığı zaman taze buhar yada yüksek basınçlı hava üflenmesi ile yapılabilir.

Yıkayıcı ve baca gazı izole valfi arasındaki boru, korozyona dirençli ağır çelikten yapılmış olmalı ve gereksiz dirsek ve kollardan kaçınılmalı, asitli is birikiminden korunma sağlanmalıdır.

Gaz yıkayıcının içindeki boru devrelerine ve gaz yıkayıcıya kontrol ve bakım amacı ile girmek için, gazdan arındırma işlemi yapılır. İşlem öncesi baca gazlarından izoleyi sağlayan düzenlemelerin yapılmış olması gerekir. Bunun için, gaz sızmasını önleyecek bir su kapanı kullanılır yada bağlantı borusunun körülenmesi sağlanır.



Yıkayıcıdan fanlara gaz çıkış devresi ve fanların çıkışından yıkayıcı kulesine geri dönüş devresi uygun malzemedir (çelik vs) yapılmış ve içten uygun şekilde kaplanmış olmalıdır.

İnertgaz sisteminin güverte devreleri, çelikten yapılmış olmalı, kendi kendine direyn olabilecek şekilde yerleştirilmeli, geminin esnemesi ve sıcaklığa bağlı olarak genişmesi ve kötü hava şartları nedeniyle hareket etmesi göz önüne alınarak, uygun düzenlemelerle gemi bünyesine sağlam bir şekilde tesbit edilmiş olmalıdır.

İnertgaz güverte ana devresinden tanklara ayrılan kollar, valflerin ve İnertgaz ana devresinin çapına ve sistemin ihtiyacına göre olmalıdır. Basıncın fazla düşmesinden sakınmak için, dağıtım sisteminin herhangi bir bölümünde inertgazın hızı, 40 m/s değerini aşmamalıdır.

İnertgaz devresi, gazdan arındırma işlemi ve tanka giriş için inertgaz güverte ana devresinden yük tanklarını izole etmek üzere, bazı valf ve körleme düzenlemeleri ile donatılır.

Bu düzenleme, tanka giriş esnasında gaz sızıntısı veya yanlış işletmeye karşı korumalıdır. Kullanımı emniyetli ve rahat olmalı, gazfri işlemi için, İnertgaz ana devresini kullanma imkanı, tankların üst boşluk ölçülerinin alınabilmesi için kısa sürelerle tankları izole etme imkanı vermelidir.[8,s 38-40]

#### **4.5.7 Gaz basıncı ayarlama düzeneği ve valfleri**

İnertgaz fanının, gaz yıkayıcısı pompasının, v.s. bir arızası yada İnertgaz sistemi doğru olarak çalışmasına rağmen, güverte su kapağı ve mekanik geri döndürmez

valfi yeterli olmazsa, tanktaki gaz basıncının, fanın basma basıncını geçtiği takdirde gaz karışımının geri kaçmasını önlemek için yapılmıştır. Ayrıca, amaçlarından biri de, inertgaz akışını, inertgaz güverte ana devresinin ihtiyacına göre düzenler. Bu düzenleme şu şekilde meydana getirilebilir:

Sistem, otomatik basınç kontrolü ve bir devir-daim devresi ile donatılmıştır. Bu düzenlemeler, fanın hızını ayarlamaksızın güverte ana devresindeki İnertgaz basıncının kontrol edilmesine imkan verir. İstenildiği takdirde, inertgaz, ya gaz yıkayıcıya geri gönderilir yada atmosfere salıverilir. İnertgaz ana devresine ve devir-daim devresine gaz basıncını ayarlama valfleri donatılmıştır.

Basınç ayarlama valfleri, İnertgaz güverte ana devresinden beslenen bir gaz basınç ayarlayıcı ve basınç transmidi (aktarıcısı) vasıtasıyla kumanda edilir.

#### 4.5.8 Sıvılı basınç/vakum kırıcılar

Mekanik basınç/vakum kırıcının devreye girmediği ve geri döndürmez valfin sızdırma yaptığı durumlarda, yük buharının güverte su kapanını aşma tehlikesi ortaya çıkar. Bu meydana gelmeden önce, sıvı basınç/vakum kırıcı fazla basınca yol vererek koruma görevini yapar.

Bu düzenek çok az bir bakım gerektirir. Fakat uygun bir sıvı ile doğru seviyeye kadar doldurulmuşsa, sadece istenen basınçta çalışacaktır. Soğuk havalarda donmayı engellemek için, uygun bir yağ yada tatlisu/glikol karışımı kullanılır. Buharlaşma, deniz suyunun girmesi, yoğunlaşma ve paslanma durumları göz önüne alınır ve gerektiği şekilde tekrar doldurulur.

Güverte su kapağı, basınç/vakum kırıcılar ve basınç/vakum valflerinin özellikleri ve güverte devresindeki alçak ve yüksek basınç alarm değerlerinin birbirine uygunluğu sağlanmış olmalıdır. Sistemdeki basınç/vakum düzenlemelerinin tasarlanan basınç değerlerinde çalıştığı kontrol edilmelidir. Eğer tanktaki basınç artarsa, öncelikle mekanik basınç/vakum kırıcı basınca yol verir.

Çevre sıcaklığı nedeniyle tank basıncında düşmeler yada yükselmeler olabilmektedir. Basıncın düşmesi genellikle sabahın erken saatlerinde, yükselmesi de öğleden sonra olur. Tanktaki gaz basıncında hiç bir şekilde sızıntı yoksa (havalandırma valfleri, tank kapakları v.b), normal olarak hava sıcaklığı arttıkça tanklarda ve güverte ana devresindeki basınç artar. Basınç istenmeyen değere ulaştığında, mekanik basınç/vakum valfi devreye girerek, fazla basınç dışarı atılır. Fakat pratikte basınç bu noktaya gelmeden, öğlene doğru tank havalandırma sistemindeki müşterek baca valfi, yetkili bir personel tarafından, birkaç dakika için el ile, açılıp kapatılarak, tanktaki gaz basıncı düşürülebilir.

#### **4.6 İnertgaz Sisteminin İşletilmesi**

İnertgaz sisteminin işletilmesinde, yapımçı firmanın önerdiği talimatlara uyulmalı ve güverte ile makina personeli arasında iyi bir işbirliği sağlanmalıdır. Sistemin işletilmesi süreci, çalıştırılma işlemleri, kapatma işlemleri ve kapatıldıktan sonraki emniyet kontrolü işlemleri safhaları olarak incelenebilir.

##### **4.6.1 Çalıştırma işlemleri**

İnertgaz sistemi devreye alınırken aşağıdaki işlemler yapılır:

1. Üretilen baca gazında, hacimsel olarak en fazla %5 (eski sistemler için %8) yada daha az oksijen bulunabilir.

2. Bütün kontrol, alarm ve otomatik kapama işlemleri için gerekli güç sağlanmalıdır.
3. Sistem için seçilmiş pompalar, güverte su kapama ve gaz yıkayıcıya gerekli miktarda su sağlamalıdır.
4. Güverte su kapama ve gaz yıkayıcıda suya bağlı olarak sistemin devreden çıkma özelliklerini ve operasyon alarmlarının çalışıp çalışmadığı kontrol edilmelidir.
5. Gazfri işleminde kullanılan temiz hava giriş valflarının kapalı oldukları ve körlerinin emniyetli bir şekilde olduğu kontrol edilmelidir.
6. Baca gazı izole valfi açılmalıdır.
7. Seçilen fanın emiş valfi açılmalıdır. İki fan birlikte kullanılmayacaksa, diğer fanın giriş ve çıkış valfları kapalı tutulmalıdır.
8. Fan çalıştırılır.
9. Fanın arıza alarmı test edilir.
10. Seçilen fanın çıkış valfi açılmalıdır.
11. Devir-daim valfi açılır.
12. Baca gazı ayarlama valfi açılır.
13. Nefeslik valfindan gaz içindeki oksijen miktarının olması gereken sınırlarda olduğu kontrol edilir ve valf tekrar kapatılır.
14. Sistem yük tanklarına gaz vermeye hazır haldedir.

#### **4.6.2 Kapatma işlemleri**

İnertgaz sisteminin kapatılmasında şu işlemler yapılır:

1. Tanktaki oksijen oranı hacımsal olarak %8'in altına düşürüldüğü ve istenen tank içi basıncı elde edildiği zaman, güverte izole valfi/geri döndürmez valfi kapatılır.
2. Güverte izole valfi ve gaz basıncı ayarlama valfi arasındaki nefeslik valfi atmosfere açılır.
3. Gaz basıncını ayarlama valfi kapatılır.
4. İnertgaz fanı durdurulur.

5. Fanın giriş ve çıkış valfi kapatılır. Dreynlerinin açık olduğu kontrol edilir. Yapımcı tarafından başka şekilde tavsiye edilmedikçe, fan motoru kapatıldıktan sonra ataletle dönmeye devam eder. Duruncaya kadar yıkama işlemi yapılabilir.
6. Baca gazı izole valfi ve hava sızdırmazlık sistemi açılır.
7. Yapımcının tavsiyesine uygun olarak, en az bir saat için, gaz yıkayıcı kulesine bir miktar daha su almaya devam edilir.
8. Güverte su kapanına yeterli oluncaya kadar su sağlanır.

#### 4.6.3 Kapatıldıktan sonra emniyet kontrolleri

Öncelikle sistemin ve tankların gaz sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Sistemdeki bir gaz kaçağı, güvertedeki kontrol esnasında, kokusu ve sesi ile anlaşılabilir. İnertgaz sistemi kapatıldığında, ilave olarak, aşağıdaki emniyet kontrolleri yapılır.

- 1.Güverte su kapanının içindeki su seviyesi ve besleme suyu, hava şartlarına bağlı olarak, günde en az bir kere kontrol edilir.
- 2.Güverte su kapanının atmosferi her gün bir parlayıcı gaz ölçer ile kontrol edilerek, kapanın doğruluğu sağlanır.
- 3.Soğuk havalarda güverte kapanlarında, basınç/vakum kırıcılarda, vs. kapan suyunun donmasını önleyen düzenlemeler yapılır.
- 4.Belirli zamanlarda basınç/vakum kırıcıların içindeki su seviyesi kontrol edilir.
- 5.İnertlenmiş yük tanklarındaki basınç 100 mm SS. seviyesine düşmeden önce tekrar basınçlarını artırmak için inertgaz basılır.

#### 4.6.4 Sistemin arızalanması

İnertgaz sisteminde olası arızalar ve yapılması gereken işlemler şunlardır:

- a) Oksijen miktarının yüksek olmasına aşağıdaki şartlar ile sebep olunabilir:

1. Özellikle kazanda, düşük yük olduğu şartlarda, zayıf yanma olması.
2. Baca gazı miktarı inertgaz fanının talebinden daha az olduğu zamanlar bacadan aşağı hava çekmesi.
- 3.İnertgaz fanı ve baca arasındaki devrede hava sızıntısı olması.
- 4.Oksijen ölçerin yanlış göstermesi.
- 5.Kusurlu çalışma sebebiyle basınç/vakum valfları, havalandırma bacaları v.b. yolu ile inertgaz ana devresinin içine hava girmesi.

b) Eğer inertgaz sistemi devreye hacimde %5'den fazla oksijen veriyorsa, arıza araştırılıp bulunmalı ve tamir edilmelidir. Bununla beraber, Solas Kural 62, eğer oksijen miktarı %8'i geçiyor ise gaz kalitesini düzeltmeksizin, bütün yük tankı işlemlerinin durdurulmasını ister.

c) Yük tahliyesi veya balast basma işlemleri esnasında pozitif basıncın sürdürülmesinde yetersiz kalmıyorsa, sebebi şunlar olabilir:

- 1.İnertgaz valfinin kilitli kalması yada hatalı olarak kilitlemesi.
- 2.Otomatik basınç kontrol sisteminin hatalı işlemesi.
- 3.Fan basıncının yetersiz kalmış olması.
- 4.Fan kapasitesi, yük tahliye debisini karşılayamıyor olabilir.

d)Yük tanklarındaki pozitif basıncın oluştuğuna dikkat edilerek, yük tahliyesi durdurulmalı ve arıza giderilmelidir.

#### **4.6.5 Ölçme, kontrol ve alarm cihazları**

Bir inertgaz sisteminin etkili ve güvenilir bir şekilde işletilmesi için belirli sabit ve seyyar aletler gereklidir. Bütün aletlerin ve alarmların çalışması, ayar ve test edilmesi

için kullanma kitapları bulundurulmalı ve ayrıca, uygun ayarlama imkanları sağlanmış olmalıdır.

Bütün kontrol ve alarm cihazları, gemilerde normal olarak karşılaşılan besleme voltajının değişmesi, çevre sıcaklık değişimleri, titreşim, nem ve korozyona karşı koyacak yapıda ve dizaynda olmalıdır.

Özellikle gaz yıkayıcının ölçme ve alarm düzenlemesi aşağıdaki gibi olmalıdır:

1. Yıkayıcıya suyun akışı, bir akış sayacı yada basınç geyçleri ile izlenmelidir. Su akışı, önceden belirlenmiş bir şekilde dizayn edilen akış değerinin altına düştüğü zaman, alarm başlatmalı ve akışın daha fazla azalması halinde, inertgaz fanlarını durdurmalıdır. Alarm limitlerinin ayarı, gaz yıkayıcının kendi tasarım ve malzemeleri ile ilgilidir.
2. Gaz yıkayıcının içindeki su seviyesi, bir yüksek su seviye alarmı ile izletilmelidir. Alarm seviyesi istenilen limitlere ayarlanmalı ve bu limitlerin dışına çıktığında yıkayıcının besleme suyu pompası durmalıdır.
3. İnertgaz sıcaklığı, fanların çıkış tarafında izlenmelidir. Gaz sıcaklığı alarm limitlerinin alt sınırında alarm vermeye başlamalı ve üst sınırdan sonra fanlar otomatik olarak devreden çıkmalıdır.
4. Gaz yıkayıcının verimliliğinin gözlenmesi için, soğutucu suyunun giriş ve çıkış sıcaklıkları ve yıkayıcının basıncının izlenmesi gerekir.

Güverte su kapağı için, su istenilen seviyenin altına düştüğü zaman alarm vermelidir.

Devredeki inertgaz basıncı uygun düzenleme ile izlenmelidir. Basınç ayarlanan sınırına geldiği zaman alarm vermelidir. Ayar sınırları, güverte su kapağı, mekanik geri döndürmez valf ve yük tanklarının tasarımına uygun ayarlanmalıdır.

Oksijen ölçerler, gemilerde sabit yada seygar olarak bulundurulabilirler. Oksijen ölçer, kaydedicisi ve gösterici teçhizat için düzenleme aşağıdaki gibi olmalıdır:

1. Oksijen ölçer ve kaydedici için numune alma noktası, inertgaz fanlarından sonra ve gaz basıncı ayarlama valfindan önce devre borusu üzerinde bir noktaya yerleştirilmiş olmalıdır (Kural 62). Numune alma noktası kolayca erişilebilir bir yerde olmalı ve uygun hava ve buhar ile temizleme bağlantıları sağlanmış olmalıdır.
2. Numune alma sondasına, cihaz yapımıcısının tavsiyesine uygun bir toz filtresi takılmalıdır. Sonda ve filtre gerektiğinde sökülebilmeli, temizlenebilmeli veya değiştirilebilmelidir.
3. Numune alma sondasından oksijen ölçere numune gaz taşıyan boru devresi içinde herhangi bir yoğunlaşma halinde, cihaza ulaşan numune gaz engellenmeyecek şekilde düzenlenmiş olmalıdır. Numune devresine hava girmesi engellenmelidir.
4. Oksijen ölçerin yeri, sıcaklık ve olumsuz çevre şartlarından koruyacak şekilde seçilmiş olmalıdır. Fakat, numunenin alınması ve analiz yapılması arasındaki zamanın azaltılması açısından, ulaşma kolaylığı olduğu kadar, numune alma noktasına yakın yerleştirilmiş olmalıdır.
5. Solas kural 62.16 ile istenen kaydedici ünite ve tekrarlayıcı göstergesi, aşırı sıcaklık ve aşırı titreşimin var olduğu yerlerde yerleştirilmemelidir.
6. Oksijen ölçer, yapımıcının öngördüğü sapma aralığında ölçme yapmalıdır.
7. Oksijen ölçer, yakınında seygar ölçme cihazları için bağlantılar ile donatılmış olmalıdır. Ayrıca seygar cihazlar için, güverte su kapanı ve otomatik gaz/basınç ayarlama valfi arasında bir numune alma noktası donatılmış olmalıdır.

Solas kural 62.17'ye uygun olarak, parlayıcı buhar konsantrasyonu ve oksijen ölçümü için, seygar cihazlar sağlanmış olmalıdır.

Hidrokarbon buharını ölçen cihazlara gelince; parlama sınırları içinde ve üstündeki hidrokarbon konsantrasyonunu ölçebilir ve oksijen eksikliğinden etkilenmeyen bir prensiple çalışan ölçme aletlerinin kullanılması önerilir. Alt parlama sınırının altındaki ölçümler için, yeterli oksijen sağlandığında katalitik flaman gaz ölçerini kullanmak uygundur.



Seyyar hidrokarbon gaz ölçerler kullanılırken, bütün metal parçalar emniyetli şekilde gemi bünyesine topraklanmalıdır. Bir yük tankı atmosferini tamamen temsil edecek numuneyi almaya imkan verebilecek yeterli uzunlukta olmalıdır. Perdelerle bölünmüş tanklarda, her bölüm için ayrı numune delikleri sağlanmış olmalıdır.[11]

#### **4.6.6 Bakım ve test etme**

Emniyet düzenlemeleri inertgaz sisteminin önemli ve ayrılmaz bir parçasıdır. Herhangi bir kontrol esnasında bu düzenlemelere özel bir önem verilmesi gerekir. İnertgaz sisteminin işlevini yapabilmesi için, sistemin ana elemanlarına yapılan alışılmış kontrollerin üzerinde durulacaktır.

##### **4.6.6.1 İnertgaz yıkayıcısı**

Gözetleme camları kullanılarak kontrol yapılabilir. Kontroller aşağıda belirtilen yerlerdeki paslanma, aşınma, kirlenme ve hasar için yapılmalıdır.

- 1 .Yıkayıcının zarfı ve tabanı,
- 2.Soğutma suyu boruları ve püskürtme nozullarında kirlenme,
- 3.Şamandıra çubukları ve sıcaklık sensörleri,
- 4.Tablalar ve demister filtreleri gibi diğer dahili kısımlar,

Aşağıdaki gibi metal olmayan kısımlara da hasar kontrolü yapılmalıdır.

- 1 .İç kısımlar,
- 2.Demisterler,
- 3.Sıkıştırılmış katlar.

#### 4.6.6.2 İnerthgaz fanları

Sınırlı derecede olmak üzere, göz ile fanın içinden yapılan muayene sonucunda, var ise, bir hasar meydana çıkacaktır. Aynı kapasitede iki fan donatılarak veya alternatif olarak her bir fan için bir shaft ile yedek bir pervane temin edilip gemide hazır bulundurulmalıdır. Fanın dış muhafazasındaki mevcut açıklıklara göz ile bir muayene yapılması uygun olur. İnerthgaz fanlarının muayenesi şunları içermelidir.

- 1.Aşınma belirtileri ve is tortuları için fan muhafazasının içten muayenesi,
- 2.Sabit veya seyyar yıkama sisteminin kontrolü,
- 3.Donatılmış ise tatlisu ile yıkama düzenlemelerinin işlevini yaptığının kontrolü,
- 4.Fan muhafazasından dreyn devrelerinin muayenesi, açık ve faal olmalarının sağlanması,
- 5.Aşırı titreşim ve çok geniş bir dengesizliğin belirlenmesi için, fan çalışırken gözlenmesi.

#### 4.6.6.3 Güverte su kapağı

Bu birim çok önemli bir işlevi yerine getirir ve daima iyi durumda muhafaza edilmelidir. Boruların içinde ve şamandıra kontrollü valflarda hasar ihtimali önemsenecek miktarlardadır. Ayrıca borda çıkış dreyn devresi ve bağlantı yeri sorun yaratabilir.

Güverte su kapağının muayenesi şunları içermelidir:

Açılarak yapılan içten muayenede şunlar kontrol edilir:

1. Yarı kuru tip su kapağlarında venturi devresinin tıkanması,
2. İç boruların ve hortumların korozyonu,
3. Isıtma kangalının korozyonu,

4. Su besleme ile dreyn valfları ve seviye izlemesi yapmak için şamandıraların hareket edememesi sebebi ile paslanması.

Fonksiyonlar için test yapılması.

1. Otomatik doldurma ve direyn işlemi, eğer mümkün ise, bir seviye göstergesi ile kontrol edilir,
2. İşletim esnasında inertgaz ana devresindeki direyn musluklarını açarak suyun gelmediği görülür.

#### **4.6.6.4 Geri döndürmez valflar**

Geri döndürmez valf, aşımna durumu ve ayrıca valf sitinin durumunu kontrol etmek için açılmalıdır. Çalışma esnasında valfin işlevini yerine getirip getirmediği test edilmelidir.

#### **4.6.6.5 Gaz yıkayıcının dreyn devresi**

Gemi havuzda olduğu zaman hariç, gaz yıkayıcının dreyn devresinin normal olarak içten muayenesi yapılmaz. Bu devrenin borda çıkış tahliye valfi, geminin her havuzlanmasında muayene edilir.

#### **4.6.6.6 Diğer ünitelerin ve alarmların test edilmesi**

Bütün birimlerin ve alarmların doğru işlediklerinin test edilmesi için bir yöntem ve test programı tasarlanır.

Söz konusu bir program şu kontrolleri içermelidir:

1. Bütün emniyet fonksiyonları ve alarmlar,
2. Baca gazı izole valflarının görevlerini yaptıkları,
3. Bütün uzaktan kumanda edilen ve otomatik olarak kontrol edilen valfların çalışması,
4. Bir ters akma basınç testi ile güverte su kapanı ve geri döndürmez valfinin görevlerini yaptıkları,
5. İnertgaz fanlarının titreşim seviyeleri,
6. Sızıntılar için; dört yaşındaki veya daha yaşlı sistemlerde, güverte devreleri, gaz sızıntısı için muayene edilmelidir,
7. İş üfleyicilerin birbirine bağlanması,
8. Sabit veya seyyar oksijen ölçme cihazları, doğrulukları için, uygun bir ayarlama gazı ve hava ile test edilmelidir.

#### 4.6.6.7 İnergaz sistemi bakım programı

Tablo 4.1 İnergaz Sistemi Bakım Programı

<b>Eleman</b>	<b>Önleyici Bakım</b>	<b>Bakım Zamanı</b>
Baca gazı ile izole	Valfin çalışması	Çalıştırmadan önce.
	Basınçlı hava veya buhar ile temizlenmesi	Valfin çalışmasından önce.
	Temizlik ve muayene için sökülmesi	Kazan kapatıldığında
Baca gazı yıkayıcısı	Su ile flaş edilmesi	Kullandıktan sonra.
	Demisterin temizlenmesi.	Üç ayda bir.
	Tam bir iç muayene için açılması.	Havuzlama esnasında.
Baca gazı yıkayıcısından borda çıkış boruları valfi	Yaklaşık bir saat için yıkayıcının su pompası ile flaş edilmesi	Kullandıktan sonra.
Fanlar	Titreşim kontrolü	Çalışırken.
	Flaş edilmesi.	Kullandıktan sonra.
	Kapakların içinden dahili muayenesi.	Flaş edildikten sonra ve altı ayda bir.
	Şaftın sızdırmazlığı, rulmanların tam muayenesi.	İki yılda bir ve havuzlanma esnasında.
Güverte su kapanı	Muayene için şamandıra valflerin, seviye regülatörlerinin sökülmesi.	Altı ayda bir.
	İçten genel bir kontrol için açılması.	Yılda bir.
	Otomatik kontrol valflerinin muayenesi.	Yılda bir.
Güverte mekanik geri döndürmez valfi	Yağlanması ve gerekirse hareket ettirilmesi.	Haftada bir ve çalıştırmadan önce
	İçten muayene için açılması.	18 ayda bir.
Basınç/Vakum Valfleri	Valflerin yağlanması ve çalıştırılması	Altı ayda bir.
	Tam muayene için açılması.	Yılda bir
	Muayene için açılması	Yılda bir.
Gaz basıncı	Donanımdaki kontrol havası ile gelen yoğunlaşma suyunun dreyn edilmesi	Uygun zamanda
	Muayene için gaz basıncı ayarlama valfinin açılması	Uygun zamanda
Sıvı doldurulmuş vakum/basınç kırıcı	Sistem atmosfer basıncındayken sıvı seviyesinin kontrol edilmesi	Altı ayda bir

## **BÖLÜM 5. EGZOST GAZ KAZANLARI İLE BUHAR ÜRETİM SİSTEMİ**

### **5.1 EGZOST GAZ KAZANLARI**

Gemi dizel makinalarında egzost gazları ile dışarı taşınan ısı, makinadan sağlanan toplam ısı enerjisinin %30-35'i arasında değişir. Bu kayıp ısı enerjisinin %30-50'si bir egzost gaz kazanı yada su ısıtıcısı vasıtasıyla geri kazanılabilir.

Bu kazanlar, anamakina bacasına monte edilen egzost gazı ısı değiştirgecinden ibarettir. Bu birimlerin çıkış miktarları doğrudan ana makinadan çıkan egzost gazının çıkış miktarına ve sıcaklığına bağlıdır. Dolayısıyla ana makina çalışmadığı yada düşük yüklerde çalıştığı zaman, gemide kurulmuş olan ve kendi yakıtı yakıtla bağımsız olarak buhar üretebilen kazanlar kullanılır. Bu kazanlar anamakina egzost gazının yetersiz kalması durumlarda kullanılması için çalışmaya hazır durumda bekletilir.

Egzost gazlarından geri kazanılan ısının miktarı değişik faktörlere bağlıdır. Bunlardan bazıları; buhar basıncı, sıcaklık, buharlaşma oranı gereksinimi, egzost gazı giriş sıcaklığı, egzost gazının akış kütlesi, ısı değiştirme yüzeylerinin şartları vb. etkenlerdir.

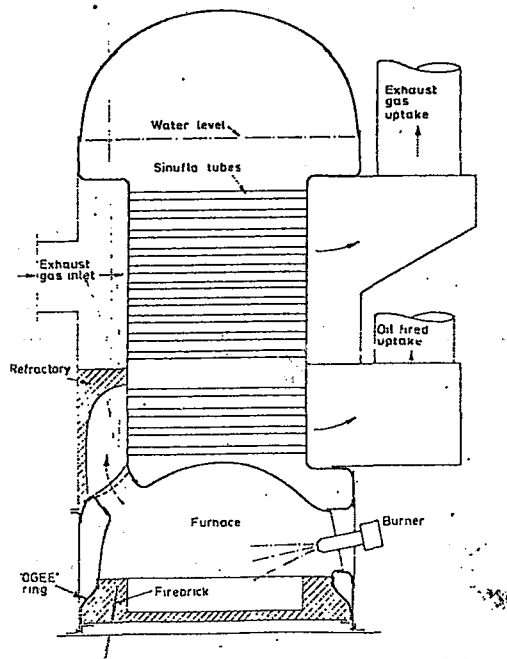
Başlıca motorlu gemiler artık ısı kazanlarının bazı türleriyle donatılmışlardır. Kazan sistemlerinin çoğu ayrı egzost gazı kazanı ve yakmalı kazanlardan oluşur. Herbiri ayrı ısıtma sistemine sahip olmasına rağmen ortak bir besleme ve buhar devresini

bağlıdır. Bu tip düzenlemeler genellikle tank tipi kazanlar kullanılarak yapılır. Oldukça düşük miktarlarda doymuş buhar elde etmek için uygundur.

Ana makinanın işletimde olduğu, fakat çıkan egzost gazının istenen buharı üretmek için yeterli olmadığı durumlarda alternatif olarak karma kazanlar kullanılabilir.

Karma kazanlar genellikle dizel makinaların durumuna uygun olarak kullanılırlar. Makina çıkış gücünün düşmesi yada makinanın düşük devirlerde çalışması yüzünden egzost gazı sıcaklığında düşme olursa buhar basıncı, yakmalı kısım kullanılarak telafi edilebilir. Makina çalışmadığı zamanlarda da buhar üretimi bu kazanlarla sağlanır.

Çalışma basınçları normal olarak, 7 bar olan Cochran karma kazanları çok değişik tiplere ve düzenlemelere sahiptir. Tek geçişli karma kazanlar, egzost gazları yakmalı kısmın ocağından ikinci kez geçerek aynı baca yolunu kullanarak dışarı çıkar. Bu düzenleme çok basit olmasına rağmen, kazan işletimine daha az esneklik sağlar. Yakıt kazanda yanmaya başlamadan önce makina egzost gazları kazandaki kısa devresini tamamlamalıdır. [12,s 110-113]



Şekil 5.1 Tek geçişli karma Cochran kazanı

Daha büyük miktarlarda buhar gereken yerlerde su borulu karma kazanlar kullanılabilir. Gaz perdeleri (bafil) kullanılarak su boruları birkaç parçaya bölünerek sıcak gazların geçiş yolu uzatılır. Perdeler oluşturulan bu bölümlerdeki boru yığınlarının üzerinden akıp geçmek için sıcak gazların yönünü belirler. Bu parçalar boyunca ısı yüzeyini büyütme için kanatçıklar donatılır.

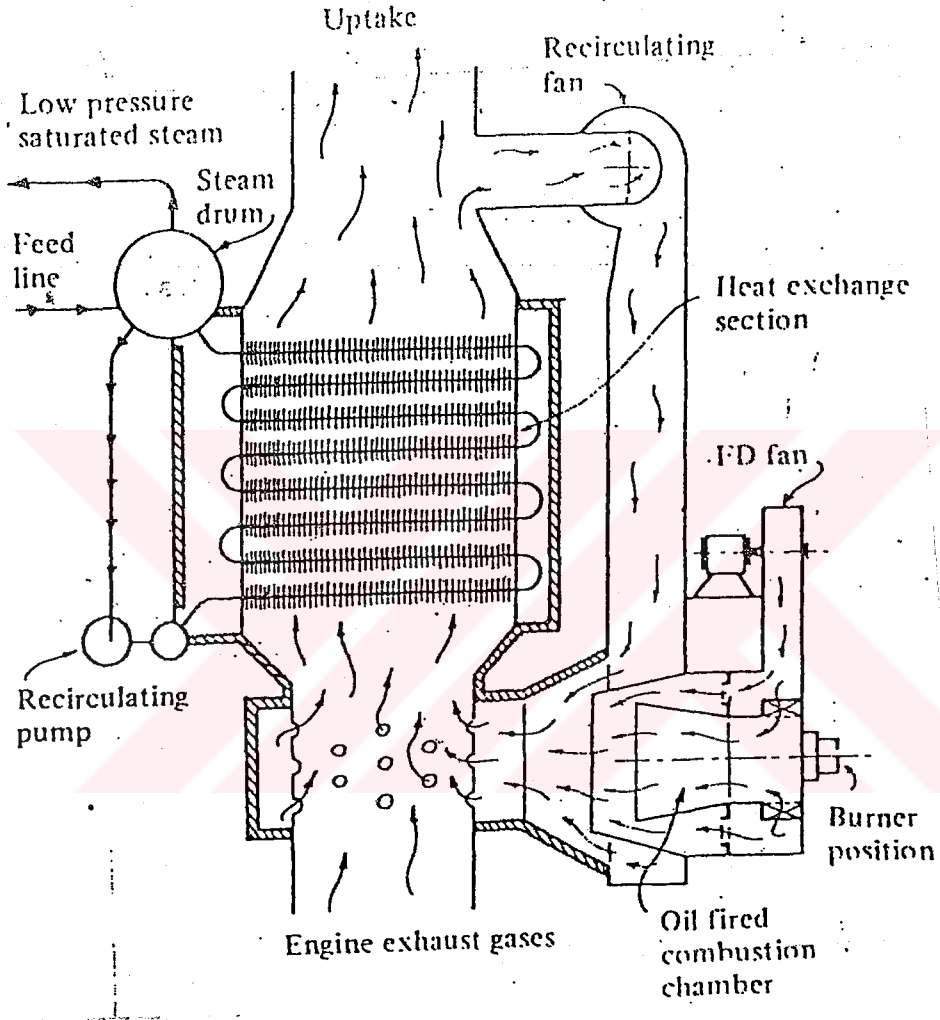
Standart tank tipi yardımcı kazanların çoğu karma kazanlara dönüştürülebilir. Şekil 5.1'de gösterilen tek geçişli duman borulu kazanlar ve dikey borulu kazanlar bu türdendir. Bu kazan tekli karma bir birimden oluşur. Değiştirme işlemi, ana yakmalı olarak tasarlanmış kısma ilave boru yuvaları eklenmesinden ibarettir. Egzost gazları bu borular vasıtasıyla buhar üretimi yapar. Bazı tiplerinde makina egzost gazları kazan içinde iki geçiş yapabilir. Uygun bir değiştirme valfi ile bir kısa devre donatılır. Bu durumda eğer istenirse kazan anamakina egzost gazlarından izole edilebilir. Egzost gazlarının kazan içinde geçtiği yerlerde çığ noktası sıcaklığının altına düşmesine yol açarak ısıtma yüzeylerinde yersiz zararlara engel olunması için bunun yapılması gereklidir.

Şekil 5.2'deki başka bir düzenlemede anamakina bacasına yerleştirilen zorlamalı sirkülasyonlu çok ilmikli bir egzost gazı ısı değiştirgecinden ibarettir. Ayrıca, gerektiğinde makina egzost gazıyla yer değiştirmek yada desteklemek için ilave gaz kaynağı oluşturur ve bunun için yakıt yakılmasını sağlayan ayrı bir ocak donatılmıştır. Ocak kendi havalandırma kaynağıyla havalandırılır. Böylece makina egzost gazının ocağa girmesi önlenir.

Karma kazanlar yardımcı amaçlar için devamlı buhar üretimini sağlayan basit bir artık ısı sistemidir. Bu kazanlar hem seyirde hemde limanda çalıştırılarak korozyon sorunlarına yol açan uzun süreli kapatmaların zararlarından uzak tutulur.



Artık ısıyı geri kazanma sistemlerinden bazıları, seyirde geminin elektriksel gereksinimini karşılayabilen turboalternatörlerde kullanmak için normal servis hızında kızgın buhar üretir. Diğer bir uygulama biçimi olarak, düşük basınçlı doymuş buhar gereken yerlerde yakmalı kazan ünitesi olarak bir çift basınçlı kazan kullanılabilir.



Şekil 5.2 Zorlamalı sirkülasyonla karma kazan

Atık ısı ile buhar üretimi yapan sistemlerin tamamında egzost gaz kazanı ile üretilen buhar miktarının kontrol edilmesi için bir düzene ihtiyaç olur. Örneğin egzost gaz kazanından geçen egzost gazı miktarını ayarlamak için by-pass düzeneği kurulur yada kullanımdaki ısı değiştirme yüzeylerinin büyüklüğü değiştirilir. Bir başka yöntem, yardımcı yoğuşturucuda buhar çıkış miktarını düşürmektir. Diğer bir uygulamada sistem, normal işletme basıncının üstünde uygun görülen emniyetli bir basınçla çalışabilmesi için tasarlanır. Eğer buhar ihtiyacı egzost gaz kazanının ürettiği ısıyı emebilecek kadar büyük değilse, işletme basıncı yükselir ve böylece

buharın doyma sıcaklığı yükseltilir. Ayrıca ısı transfer miktarını düşürmek için, buhar ve gaz akımı arasındaki sıcaklık farkı düşürülür.[8]

## 5.2 Kazan Montaj Elemanları

Kazanın, amacına uygun çalışması için değişik valflar ve diğer donanımlara ihtiyaç duyulur. Bunlar kazan donanımı olarak anılır ve kazanın basınca maruz parçalarına doğrudan monte edilir. Bu donanımlar işlevlerini doğru yapmaları için çok dikkatle tasarlanırlar ve amaçlarına uygun olarak seçilirler. Hem kolay bakım hemde kolay işletim için çabuk ulaşılacak yerlere yerleştirilmelidirler ve gerekirse uzatma çubukları vb. mekanizmalar kullanılarak doğrudan veya dolaylı olarak çalıştırılabilirler. [13,s 22-25]

### 5.2.1 Emniyet valfları

Emniyet valfları kazanı oluşabilecek aşırı basıncın zararlı etkilerinden korumak için donatılırlar. Bir kazana enaz iki emniyet valfi donatılması istenir , fakat uygulamada genellikle üç emniyet valfi donatılır. Bunlardan ikisi buhar dramına, bir tanesi kızdırıcının çıkış hederi üzerine yerleştirilir. Kızdırıcı üzerindeki valf dram üzerindeki valflardan önce açılmaya ayarlanarak blöf şartları altında kızdırıcı içindeki buharın akışı sağlanır.

### 5.2.2 Ana stop valfi

Bu valf kızdırıcı çıkış hederine monte edilir ve kazanın buhar dağıtım devresinden izole edilmesi sağlanır. Eğer bir yada daha fazla kazan ortak hatta buhar sağlıyorsa, her kazandaki stop valf, vida dişli ve geri döndürmez olmalıdır. Böyle olması,

patlayan borular yüzünden meydana gelen basınç kaybı olaylarında hasarlı kazana buhar akışını engellemek için uygundur. Bazı durumlarda ana stop valf bir otomatik kapatma cihazıyla ortaklaşa çalışır.

### 5.2.3 Yardımcı stop Valfları

Bu valflar ana stop valfların daha küçük benzerleri olurlar. Yardımcı buhar devrelerinden kazanı izole etmek amacıyla donatılırlar. Bu valflar da hasar olaylarında kazan buhar akışının geri dönmesini engellemek için geri döndürmez tipte ve vida dişli olmalıdır. Valflar kızdırıcı çıkış hederine monte edilir.

### 5.2.4 Besleme (Feed) Valfları

Besleme valfları kazana besleme suyu girişini son olarak kontrol eden geri döndürmez valflardır ve vida dişli olmalıdırlar. Besleme basıncının kaybı olaylarında kazan suyu besleme devresine geri dönemez.

Ana ve yardımcı çek valfları ile donatılır. Ana çek valf genellikle ekonomayzer giriş hederine donatılır. Eğer öyle değilse, yardımcı çek gibi doğrudan buhar dramının üzerine monte edilir. Çek valf uygun şekilde ayarlanabilmesi için genellikle uzun spindil yada uzatma çubuklarıyla donatılırlar. Valfların kolayca ve çabuk çalışmalarını sağlamak için dikkat gösterilmeli ve bakımlarının yapılması gereklidir.

### 5.2.5 Kazan besleme suyu regülatörü

Kazandaki su seviyesi kritiktir. Eğer çok aşağıda olursa, aşırı ısıdan dolayı kazanda hasar olur. Buhar hattında ve kızdırıcılarda çözülmeyen tortular, ve aşırı su almanın sonucu olarak, aşırı ısınma meydana gelir. Otomatik besleme regülatörleri,

kazana su akışını kontrol etmek için donatılırlar ve su seviyesini arzulan seviyeler arasında tutarlar.

Kazan besleme suyu regülatörü ana besleme çek valfindan önce besleme devresine donatılır. Çoğu durumlarda bunlar, çalışabilmek için bir yüzer cisim yada termal vasıta kullanırlar. Böylece gerekirse su ve buhar mahalleriyle doğrudan bağlantıda olurlar. Regülatör kazan duvarına doğrudan tutturulur yada alternatif olarak buhar dramına balanslı bağlantı ile dış bölüme monte edilir.

Yüksek buharlaşma oranına sahip su borulu kazan kullanılan durumlarda ve küçük su rezervlilerde su seviyesinin kontrolü oldukça kritiktir. Klas kuruluşları, otomatik besleme regülatörlerinin bazı formlarının donatılmasını talep ederler.

#### **5.2.6 Su seviyesi göstergeleri**

Güvenlik kuruluşları bir kazana en az iki adet su seviye göstergesinin donatılmasını ister. Uygulamada genellikle, buhar dramı üzerine monte edilen doğrudan okunabilir su seviye geyci ve uygun bir konumda yerleştirilen uzaktan okunabilir bir gösterge kullanılır.

#### **5.2.7 Alçak su seviyesi alarmları**

Klas kuruluşları besleme kaynağındaki arızalar yada boru yanmaları yüzünden kazan suyundaki su kaybı olaylarında zarar riskini düşürmek için bu alarmların donatılmalarını ister.

Bazı durumlarda bunlar buhar dramının içine monte edilirler, fakat çoğunlukla dışarıya monte edilirler. Buharla yada elektrikle çalışanlar gibi birçok değişik tipi vardır. Bazı tipleri aynı zamanda yüksek su seviyesi alarmları ile bileşiktir.

### **5.2.8 Boşaltma (Blow down) valfları**

Su yoğunluğunu düşürmek için kazandan suyun atılmasına olanak vermek için donatılırlar. Kazan kapatılmaya başlandığı zaman, bu valflar onu dreyn etmek için kullanılır. Genellikle monte edilmiş iki valftan ibarettir. İkinci valf açılmadan biraz önce, birinci valf tamamen açılacak şekilde düzenlenmiştir. Akışa gerekli akış oranının verilmesi için yeterli olurlar. Bu şekilde boşaltma valfları kapatıldığı zaman kaçak riski düşürülür ve aynı zamanda birinci valf hasarlardan korunur. Boşaltma valfları kazandan alabandalara giden ortak denize boşaltma (discharge) devresine bağlantıyı sağlarlar.

### **5.2.9 Köpük, pislik (Scum) valfları**

Kazana yağ bulaşması ihtimali olduğu zaman bu valflar donatılırlar ve buhar drama monte edilirler. Dramda bulunan su yüzeyindeki köpük, pislik yada yağın atıldığı, normal su seviyesinin hemen altında yerleştirilmiş sığ bir tava şeklinde bir iç donanıma sahiptir. Bu valflarda ortak boşaltma devresine boşaltma yaparlar.

### **5.2.10 Dreyn valfları**

Dreyn valfları kazan suyuyla iştiraki olan en alt kısımlarına donatılırlar. Böylece kazanın tam olarak dreyn edilmesi sağlanır. Kazan yük altında buhar ürettiği zaman

bu valflar boşaltma yapmak içinde kullanılırlar. Yalnızca kazan kapatılmaya başlandığı zaman yada yüksüz çalışma koşullarında açılırlar.

#### **5.2.11 Hava ventili**

Hava ventilleri kazanın en üst kısımlarına monte edilirler. Kazan doldurulduğu yada buhar yükseldiği zaman dramlardaki havayı salıvermek için gereklidirler.

#### **5.2.12 Kimyasal katkı valfları**

Bu valflar kazan suyuna doğrudan kimyasal katkı maddeleri ilave etmek için buhar dramlarına yada sıcak su sandıklarına monte edilirler.

#### **5.2.13 Tuzluluk ölçme valfları**

Bu valflar su dramından numune kazan suyu almak için donatılırlar. Kazan suyuna ne kadar kimyasal katkı yapılacağı kontrolü için bazı testler yapmak gerekir. Bu valflarla aşırı basınçtaki numune atmosferik basınca düşürülür. Bu genellikle sıcaklığı 100°C'nin altına düşüren soğutma kangalları içinden geçirilerek ve tuzölçerler kısa devre edilerek yapılır.

#### **5.2.14 Kurum üfleyici buhar valfları**

Bu valflar genellikle buhar borularına üflenirken kızdırıcının buharsız kalmamasını sağlamak için kızdırıcının çıkış başlığının üzerine monte edilirler. Bazı durumlarda aynı hatta iki valf donatılır. Onların arasında bir dreyn valfi bulunur. Bu valflar

kullanımda olmadığı zaman kurum üfleyiciye buhar sağlayan hatta buhar kaçağını engellemek için yerleştirilirler.

### **5.2.15 Basınç göstergesi bağlantıları**

Buhar dramına, kızdırıcı çıkışına vs. gerekli okumalarının yapılabilmesi için istenildiği gibi donatılır.

### **5.2.16 Termometreler**

Doğrudan yada uzaktan takip edilen termometreleri yerleştirmek için kızdırıcı başlıklarında vs. cepler bulunur. Termometrelerin takibi kazanda oluşabilecek hasarların önüne geçilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle gerekli yerlere termometreler takılmalıdır.

## **5.3 Kazanın İşletilmesi**

### **5.3.1 Kazanın çalıştırılması**

Eğer kazan temizlik yada tamir kontrolleri için açılırsa yapılacak işler yeterli ve tatmin edici yapılmalıdır. Kazan içindeki bütün borular ve donanımların yerinde ve uygun donatıldığı incelenir. Boşaltma valfinin temizliğinin yapıldığı kontrol edilir. Bu inceleme ve kontroller yapıldıktan sonra alt kısımdaki menhol donatılır. Kazan dış donanımının sırasında olduğunu görmek için kontrol edilir. Boşaltma ve emniyet valflerindeki kaçaklar giderilmelidir.

Tesviye şişesinin bir çeyreğine kadar kazan suyla doldurulur. Mümkünse besleme suyu ısıtıcısı kullanarak sıcak su kullanılır. Besleme suyu için kimyasal katkılarının başlangıç dozu su ile karıştırılarak bu aşamada menholden dökülebilir. Hava ventilinin açık olduğundan emin olunarak, menhol kapağı kapatılır.

Katkı yapıldıktan bir süre sonra besleme suyu pompası ile kazan suyunun sirkülasyonu başlatılır. Donatılmışsa açık sirkülasyon devresi ile sirkülasyon başlatılır. Eğer sirkülasyon yapılamazsa ve eğer karma kazan kullanılıyorsa, özellikle ocağın altı boyunca kazan iyice ısıncaya kadar kazan düşük sıcaklıkta yakılabilir.

Bu aşamada küçük bir miktar suyun dışarı atılması doğal sirkülasyonun oluşmasına yardımcı olur. Sirkülasyon, kazan sıcaklığı saatte 6-7°C yükselene kadar 4-5 saat devam ettirilir. Tuzluluk ölçmek için numune musluğundan alınan su, 100°C'nin altındaki su sıcaklığını kontrol etmek için kullanılabilir. Bu esnada hava ventili kapatılır.

Menhol kapağındaki civatalar sıkılmalıdır. Kazan suyunun sirkülasyonu bu aşamada durdurulabilir. Gelecek birkaç saat içinde buhar basıncı yavaş yavaş yükselir.

Tesviye şişesi kontrolü ve testi yapılır. Bu durumda kazan sisteme buhar vermeye hazırdır. Tam bir işletimin sağlanması için kazan suyu sirkülasyonu 12 saat devam ettirilir. Eğer sirkülasyon oluşturulamazsa, buhar yükseltme prosedürü çok yavaş yapılmalıdır. Tam bir operasyon 18-24 saat olabilir. Bunun nedeni suyun çok zayıf bir ısı iletkenliğinin olmasıdır. Egzost gazındaki ısı, daha düşük sıcaklıktaki suya konveksiyon akımı ile taşınır. Bu, buhar artışı çok hızlı olursa, kazan dış kabuğunu çevreleyen eklem yerlerinin alt kısımlarında çok etkili gerilmelere ve dolayısıyla kazan plenti flenç uçlarında kaçaqlara sebep olacaktır.



Kazan soğuduktan sonra suyu pompayla boşaltılır. Bunun için yeterli zaman yoksa kazan basıncını yeterli seviyelere düşmesine müsaade edilir. Kazan basıncı düştüğü zaman kazan ventili açılır ve kazan soğumaya bırakılır. İlk olarak menhol kapağının alınmasıyla kazan açılmaya başlanmalıdır. Bunu yapmak için kapağı tutan somunlar gevşetilir, fakat hiçbiri kapak yerinden oynayınca kadar yerinden alınmaz. Kazanda oluşan basınç yada vakuma karşı gerekli dikkat gösterilmelidir.

Kapak kaldırıldıktan sonra içeri girilmeden önce kazan yeterince havalandırılmalıdır. Kazandaki patlayıcı gaz tehlikesi nedeniyle havalandırma yapılanaya kadar ex-proof olmayan aydınlatma ile yaklaşılmamalıdır. Eğer şüphelenilirse, girmeden önce kazan içindeki atmosferin teneffüs için emniyetli olup olmadığını kontrol etmek için ex-proof lambalar kullanılır.

Temizlik işlemlerine başlanmadan önce, başlangıçta içten muayene yapılmalıdır. Kısır kalıntıları ve önemli noktalar tespit edilerek not alınır. Temizleme operasyonu esnasında tıkanmasını engellemek için boşaltma valfi delikleri kapatılır. Hasar görmemesi için menhol kenarları koruma altına alınır. Bu işlemlerden sonra, kazan temizlenebilir ve iç kısımda yapılacak her iş yapılabilir.

Bütün işlerin yapılması tamamlandıktan sonra, tam bir içten inceleme yapılır. Kazanın kayıtlarının tutulması gerekir. Bu kayıtlar, üzerinde sorunların ve onarımların gösterildiği resimlerden ve içinde kısır oluşumu, korozyon ve deformasyonların yazıldığı ciltli bir defterden ibarettir.

Temizlik işlemlerinin yeterli olup olmadığını görmek için kontroller yapılır. Özellikle, boruların girdiği boru bağlantı yüzeylerine dikkat edilir. Kullanılan

aletlerin ve diğere eşyanın kazandan çıkarıldığı görülmelidir. Boru yuvalarına özel bir dikkat gösterilmelidir. Bütün deliklerin açılmış olduğundan emin olunmalıdır. Kalıntı ve pislikten temizlenmesi için tesviye şişesinin bağlantılarına dikkat edilmelidir. İç kısımdaki boruların ve kazan donanımının doğru yerleştirildiğinden ve güvenli bağlandığından emin olunmalıdır. Çevresine yerleştirilen korumalar kaldırılarak menhol kapağının yüzleri ve değme yüzeyinin temizliği ve hasar kontrolü yapılır.

Güvenlik için alınan önlemler kaldırılarak, açıdan valf ve kapaklardaki contaların gerekli görülenleri yenilenir. Bütün montajlar ve kontroller yapıldıktan sonra doğru çalıştıkları görülmelidir. Bu işlem için tesviye şişesinin buhar ve su muslukları ve hava ventili hariç her yeri kapalı tutulmalıdır. Bu durumda buhar yükselecekse kazanın çeyreğine kadar suyla doldurulur. Yada hidrolik test yapılacaksa, tam doldurulur.

### 5.3.2 Hidrolik test

Testi yapılacak olan yeni bir kazan tamamen suyla doldurulur. Test basıncı şu şekilde belirlenir;

Test basıncı = (Kazanın tasarım basıncı x 1.5 + 350) kN/m<sup>2</sup> olarak belirlenir.

Hasar görmüş bir kazana en azından tasarım basıncına denk test basıncı uygulanmalıdır. Kazan tamamen suyla doldurulur. Bu arada hava ventili içeride hava kalmadığından emin olmak için su gelinceye kadar açık tutulur. Güç pompası ve test manometresiyle donatılır. Eğer test basıncı, tasarım basıncının üstünde olursa tesviye şişesinin muslukları kapatılır. Kazan güç pompası çalıştırılarak basınç yükseltilmeye devam edilir. Pompanın çalışmasına cevap verecek şekilde basınç yükselmesinin

keskin ve sert olmasını sağlamak için itina gösterilmelidir. Eğer basınçta bir yavaşlama görülürse, kazanda kalan havayı atmak için hava ventili açılmalıdır.

Bütün contalar ve ek yerleri ve varsa perçinli yerler dikkatle incelenir. Flençler çatlak için kontrol edilir. Bütün yüzeyler arızaların, aşırı ısınma yada pleyt incelmesinin önlenmesi amacıyla şişme belirtileri kontrol edilir. Kaçak belirtilerinin bulunması için bütün boruların uçları kontrol edilir.

Sörveyör incelemesini tamamlayıncaya kadar test basıncı desteklenmelidir. Daha sonra basınç serbest bırakılır. Ölçme şeridi ve sapma göstergesi değerleri tekrar başlangıç değerlerine dönmesini sağlamak için kontrol edilir. Kazan tekrar boşaltılır ve iç ve dış incelemesi yapılır.

### **5.3.3 Kazanlarda sörveyler**

Sörveyler (Denetim) kazanların emniyetli çalışma şartlarında olmasını sağlamak için yapılır. Sörveyler, egzost gazı girişlerini, valflar ve diğer donanımları kapsar. Yardımcı kazanlar için normal prosedür, ilk 8 yıl için iki yılda birdir. Sörvey esnasında kazan, ekonomayzer, hava ısıtıcısı ve girilebilen yerlere kadar ve hidrolik test uygulanan basınca maruz açık parçalar içten ve dıştan incelenir. Gövde ve boruların incelikleri genellikle ultrasonik test cihazlarıyla incelenir. Başlıca kazanın montajlı parçaları dıştan incelenir ve gerekli görülen yerlerde içten kontrol için açılır. Kazan duvarı, destekleri vs. parçaların iyi durumda olduğunu görmek için incelenir. Su seviyesi otomatik kontrol cihazları kontrol edilir.

Kazan bütün çalışma sistemlerinden izole edilerek, su ve gaz tarafı açılır ve gözle yapılacak inceleme için içteki gerekli parçalar sökülür. Kazanın genel durumundan emin olmak için içten ve dıştan temizlenmeden önce gözle inceleme yapılmalıdır. Önceki kayıtlarda tespit edilmiş hasarlar ve onarımlar incelenmeli ve dikkate alınmalıdır. Kazan planlarını hesaba katan uygun sörvey prosedürü uygulanmalıdır.

Bu kazandan kazana değişiklik gösterebilir. Pislik, gres vs. su mahaline taşımamak için iç kısımların incelenmesi tamamlanmadan dış tarafın incelenmesine geçilmesi doğru olmaz. Kırılmayacak bir lamba, bir çubuk üzerine takılmış ayna ve boruları incelemek için gerekli cihaz gibi gereçler beraber hazır bulundurulmalıdır. Kaynaklı kazanlarda taşınabilir gamma-ray cihazı kullanarak boruların içinde kalabilecek yabancı nesnelere aranması yapılır. Kazan buhar üretirken inceleninceye ve bir test sistemi ile basınç göstergesi kontrol edilinceye kadar sörvey tamamlanmış olmaz. Su seviyesi göstergesi ve muhafazası test edilir. Emniyet valfları uygun basınca ayarlanmalıdır.

Limanda buhar üretilmediği için egzost gaz kazanlarında geminin başmühendisi denizde emniyet valfinin doğru ayarlanmasından sorumludur. Başmühendis onay verene kadar sörvey tamamlanmaz.

#### **5.4. Kazanda İşletme Problemleri**

Kazanlarda hasarlar korozyon, aşırı ısınma, çatlama ve mekanik hasarlar olarak incelenebilir. [12,s 111-112]

##### **5.4.1 Korozyon**

Metal korozyonu, bir metalin kendi metaloksidine dönüşmesi olarak görülebilir. Bazı metaller aynı ortamda diğerlerinden daha çok korozyona uğrar. Örneğin demir madeni mühendislikte kullanılan demir ve çeliğe dönüştürülen demirin bir oksitidir. Eğer şartlar korozyon için uygunsa, rutubet, asitler, tuzlar vb. nedeniyle eğilim oksijenle birleşerek demiroksitine dönüşme yönündedir. Oksit ise, oksijenle birleşen elementlerdir. Bundan dolayı, dönüşüm için ortamda oksijen bulunmalıdır. Bazı metaller atmosferle tepkimeye girer ve yüzeylerinde bir oksit filmi oluşur ve bu daha

fazla korozyon oluşumunu engeller. Paslanmaz çeliklerde kullanılan krom, çeliğin yüzeyinde korozyonun artmasını engelleyen mikroskobik seviyede kromyumoksit tabakası oluşturur. Çok çabuk korozyona uğrayan alüminyum, oluşan pasif oksit filmi sayesinde, yüzeye korozif olmayan bir işlev kazandırır.

Korozyon karışık bir konudur ve devamlı araştırma konusu olmuştur. Galvenik hücrelerin oluşumu, korozyonun başlıca sebebidir ve bunlar saf kazan suyunda, deniz suyunda yada diğer elektrolitlerde oluşur. Galvenik elementi benzer olmayan metaller yada metal yüzeyindeki kışır ve oksit filmiyle elde edilebilir. Yada iki farklı yüzey yapısı üzerinde, içine alınma, iki farklı metalin oluşturduğu metal tertiplerinde metal yüzeyi ile temas eden elektrolitlerde üretilir.

Gemilerde deniz suyu sirkülasyonu yapılır, ısıtılır ve depolanır. İyi bir elektrolit olduğundan kuvvetli bir orta korozif maddedir. Deniz suyunda birbirine benzemeyen metaller, galvanik oluşumu ile sonuçlanır ve daha çok anodik metal korozyona uğrar.

#### **5.4.1.1 Korozyon türleri**

Kazanlarda birçok korozyon birarada gelişebilir. Aşağıdaki korozyon türleri en sık karşılaşılan türlerdir. [12, s 144-147]

##### **5.4.1.1.1 Kemirici korozyon**

Temasta olan iki farklı yüzeyden biri, hafif sarkaç hareketi yapan bir diğerine bağlı olarak, mikroskobik boyutta meydana gelir. Bu korozyonun meydana geldiği parçalar, incelmeye başlar. Hidrolik basınca uğrarlar ve biri diğerini mekanik olarak

sıkıştırılmaya maruz bırakır. Küçük bağıl hareketler metal aşınmasına ve metalde oksit tabakası oluşmasına sebep olur. Kalkan olarak kullanılan metal, metaloksit tozu oluşturmak için oksijenle birleşir. Bu metalin kendini aşındırmasından daha kolay olacaktır. Koruyucu metaloksit filmi, hasarı artırarak yerleşecektir.

Kemirici korozyon ile sebep olunan hasarlarda şu faktörler etkindir:

- 1.Hareket sıklığı ve genliği ile hasar büyüklüğü,
- 2.Yüzeyin taşıdığı yük ile hasar büyüklüğü,
- 3.Oksijen seviyesi düşüklüğü ve rutubet varlığı,
- 4.Metalin sertliği.

#### **5.4.1.1.2 Çukur korozyonu**

Korozyon geniş alanlar üzerinde olabildiği gibi çukur korozyonu gibi lokal de olabilir. Ortamda büyük bir katodik alan ve küçük bir anodik alan olduğu zaman çukur korozyonu meydana gelir. Bundan dolayı anoddaki deformasyon yoğunluğu yüksektir. Büyük alan farklarına oksit film tabakası, suyun asit cepleri, tuzdan dolayı kısır, gözenek yada çatlaklar, yağlar, gazlar ve kazandaki metaller sebep olabilir. Bu tür çok tehlikeli bir korozyon oluşumdur ve oluşum derecesi sıcaklık yükselmesiyle artar. Bundan dolayı metal yüzeylerinin daha yüksek sıcaklıktaki bölgelerinde daha erken meydana çıkar. Erken teşhis yapılarak engellenmelidir.

#### **5.4.1.1.3 Elektro kimyasal korozyon**

Demir su içinde bulunan hidrojen iyonlarıyla temas ettiği zaman, korozyon meydana gelir. Hidrojen iyonları metal yüzeyi ile temas ettiği zaman metalden elektron alır. Neticede metal iyonları (elektron kaybının neden olduğu) metal yüzeyleri ile temas

ettiğinde hidroksil iyonları ile birleşir ve pH değerine bağlı olarak suda çözünebilen metaloksitler oluşur. Böylece metal korozyona uğrar. Bu işlev, anodik bölgeden katodik bölgeye doğru akmanın sebep olduğu akımın meydana geldiği yerlerde pil işlevine benzer.

Metal elektronları ve hidrojen iyonlarının birleşmesi nedeniyle metalin yüzeyinde hidrojen kutuplu tabaka oluşur. Bu daha fazla korozyon oluşmasına engel olur. Suda bulunan çözünmemiş oksijen su oluşturmak için hidrojenle birleşir. Kutuplaşma olmaz ve korozyon devam eder. Su yeterince asidikse hidrojen, hidrojen gazı olarak metal yüzeyinden ayrılır ve kutuplaşma engellenir, korozyon devam eder. Kazanlarda meydana gelen daha yaygın bu tür korozyon oluşumu, çözünmemiş O<sub>2</sub> içeren asitli su şartlarına sokulmakla maruz bırakılan elektro kimyasal sonuçtur. Bu maruziyet nedeniyle kazan metalinin genel kaybı uygulamada, besleme suyu kimyasal katkıları kullanılarak yok edilir. Fakat izole edilmiş çukurcuklar, katkı maddeleri doğru dozda kullanılmazlarsa yine oluşabilir. Kazanın kısmen dolu bırakıldığı ve genellikle zayıf kapatma ve depolama prosedürünün sonucu olarak, dramdaki su seviyesi boyunca bu görülebilir. Dramın tavanı boyunca yoğunlaşmadan dolayı çukurcuklar ve kötü dreyn edilmeden dolayı kazanın alt kısımlarında bu tür korozyon meydana gelebilir.

#### **5.4.1.2 Korozyon yorgunluğu**

Eğer metal korozif bir ortamda ve aynı zamanda dairesel gerilmeye maruz ise, metal yorulması için normal olarak gerekli olan gerilme miktarından çok daha az gerilmeye maruz kalarak zarar görebilir. Bu muhtemelen, amorf metallerin zayıflama etkisini ilerletmesi yüzündendir. Borularda dairesel gerilmeler, boruların titreşimi yada yüzeylerdeki ısı seviyesinin dalgalanması yüzünden meydana gelebilir.

#### 5.4.2 Aşırı ısınma

Yanma ısısına maruz kalan işletimdeki kazan metali su yada buhar ile devamlı olarak soğutulmalıdır. Eğer herhangi bir nedenle soğutma etkisi kayboluyorsa yada çok düşüyorsa kazan metali aşırı ısınır ve bunun sonucunda gerginlik kaybolur ve eğilmeler, bozulmalar başlar. Borulardaki genleşmeler, kazan aynalarını çekmesiyle ve boru yüzeylerinde olası kopmalara yol açacak şişkinliklere ve sarkmalara neden olur.

Su kayıpları orta ve ciddi boyutlarda zarar getirir. Boru boyunca sirkülasyon kaybı hasar oluşumunda hızlanmaya sebep olur. Su tarafında kalıntı ve tortu oluşması, izole edici bir tabaka gibi rol oynar ve metal boyunca ısı transferi oranını düşürür. Böylece aşırı ısınma ve ardından olası deformasyona neden olur. Kazana yağ girmesi yalnızca zayıf bir tabaka oluşturur fakat etkilidir ve ısı transfer yüzeyinde izolasyon tabakası meydana getirir. Aynı zamanda kısır oluşumunu olumsuz yönde etkiler.

İşletim esnasında aşırı ısınmayla kızdırıcılar hasar görebilirler. Kazan buhar ürettiği müddetçe içindeki buhar sirkülasyonu devam ettirilmelidir. Eğer buhar kullanılmıyorsa atmosfere bırakarak sirkülasyon yaptırılır. Gaz geçiş yollarındaki kurum kalıntıları yüzünden bacalarda ve kızdırıcılarda yangın çıkabilir. Ayrıca, kazanın basınç altındaki parçalarında çok ciddi boyutta aşırı ısınma ve hasara yol açabilir.

#### 5.4.3 Çatlama

Kaynaklı kazanlar, kötü dizayn ve işçilik nedeniyle yorulma çatlamlarından dolayı özellikle zarar görebilir. Çatlaklar küçük kaynaklı bölgelerde başlasa bile yayılmaya devam eder. Yorgunluk çatlamları aynı zamanda zayıf buhar yükselmesinden ve



genişleme olmamasından dolayı oluşan dairesel ısıl gerilimlerle birleşir. Aynalara bağlı olan borulardaki aşırı genişleme birleşme yerlerinde ve aynalarda çatlamalara sebep olur.

Perçinli yapıya sahip olan kazanlarda yer alan perçinli dikiş yerlerinden uzun zaman periyodunu aşacak şekilde devam etmesine izin verilen hafif kaçaklar yüzünden çatlamlar oluşur.

#### **5.4.4 Mekanik hasarlar**

Mekanik hasarlar zayıf işçiliğin bir sonucudur. Boru bağlantılarının yapılması esnasında aşırı genişleme yaparak aynalarda meydana gelen hasarlar, conta yüzeylerinin çizilmesi ve aşırı sıkma nedeniyle kapakların eğilmesi bu nedenle olur.

#### **5.4.5 Vardiyacının göstereceği öndikkat**

Vardiyacı görev başındayken kazanın çalışmasını iyi takip etmelidir. Bütün cihazlar dikkatle kontrol edilir ve kontrol sinyalleri, akış değerleri, sıcaklıklar ve genel yükleme şartları kontrol altında tutularak, normalden sapmalar çabucak farkedilebilir. Vardiyacı tarafından göstergeler nadiren normal değerlerin üstünde, acil koşullarda alarm çaldırılarak doğru çalışıp çalışmadığı kontrol edilir.

Bütün kazanın ve emniyetli kapatma cihazının tam işletme şartlarında çalışması sağlanarak düzenli aralıklarla test edilmeli ve işletim için hazır tutulmalıdır. Bütün alarm ve otomatik kontrol cihazları üretici firmanın belirttiği çalışma sınırlarında çalıştırılmalıdır.

Kontrol odasındaki bütün kontrol listeleri tarihlerine uygun olarak tutulmalıdır. Normal çalışma prosedüründen farklı sapmalar çıkacak olan vardiyacı tarafından, başlayacak olan vardiyacıya mutlaka rapor edilmelidir. Vardiya esnasındaki ufak sayılabilecek bozulmalar ve sapmaların farkedilmeden kalması potansiyel olarak çok daha ciddi hasarlara yol açabileceği unutulmamalıdır.

Çok kritik değerlerde otomatik kontrol cihazları mantık yürütemediklerinden normal olarak işini yapmayı dener. Bu durum kontrol işlevinin doğru olmaması sonucunu doğuracak ve sistem görünen arızayı telafi etmek için aşırı çalışabilir. Kritik parametrelerle otomatik kontrolün olduğu durumlar güvenilir olmadığından elle kontrole gereksinim duyulur.

Yüksek performanslı su borulu kazanlar yüksek kaliteli besleme suyu ister, Besleme suyuna hiç bozulma hakkı tanımaz. Herhangi bir bulaşmanın hemen takibi yapılır ve hata varsa giderilir.

Yüksek basınç ve sıcaklıktaki buhar kaçakları çok küçük miktarda bile olsalar çok çabuk bir şekilde daha da kötüleşeceğinden ihmal edilmemelidir. Kaçak olan yere doğrudan teşebbüs yapılmamalı fakat arızalı sistem mümkün olduğunca çabuk kapatılarak kaçak giderilmelidir. Su ve buhar kaçaklarının kazan verimini düşürmesine izin verilmemelidir. Onlar kazan suyundaki kaçınılmaz yükselmeye, ilave bir besleme talebinin yükselmesine yol açar.

Makina dairesinde potansiyel yangın riskini yükselten şartlar için uyanık olmalıdır. Yangınla savaşmanın en iyi yöntemi, ilk anda başlamasına fırsat vermemektir. Bu nedenle bütün boşluklar, tank tepeleri vs. temiz ve kuru tutulmalıdır. [13,s 111-114]

## 5.5 Kazanın Temizlenmesi

Kazan temizliğinin sıklığı, nasıl bir gemide kullanıldığı, besleme suyunun kalitesi vs. gibi değişik faktörlere bağlıdır. Kazan kapatıldığı zaman iç ve dış yüzeyler incelenmelidir. Kazanın durumunu göstereceğinden baca ve kızdırıcı sıcaklıkları kaydedilir. Tortu oluşumu, kazanın ısınan yüzeylerinde ısı transferi oranını düşürür. Bu nedenle, kızdırıcı sıcaklığı düşerken kazanı terk eden egzost gaz sıcaklığında yükselme olur.

Gerekli görüldüğü zaman mümkün olan yerlerde temizlik yapılmalıdır. Eğer uygulanabilirse kapatılmadan hemen önce kurum üfleyici çalıştırılır. Kazan basıncı belirli değere kadar düşürüldüğü zaman, kalıntı çamuru atmak için başlık ve dramlardaki boşaltma valfleri açılır. Sonuç olarak, kazan uygun şekilde dreyn edilerek boşaltılır. Kazan zorlanarak soğutulmaya çalışılmamalıdır. Çünkü bu zorlama ısıl şoka neden olabilir. Bütün besleme suyu ve buhar devreleri uygun valfler kapatılarak izole edilir. Soğutma esnasında vakum oluşmaması için hava ventilleri açık tutulur. [13,s 114-115]

### 5.5.1 İçten Temizlik

Soğutulmuş kazanda buhar dramı kapakları ve su dramı kapakları açılır. Temizliğin gerekli olduğundan emin olmak için gerekli güvenlik önlemleri alınarak kazanın içine girilir ve içten kontrol yapılır. Gerekli görülürse temizliğe başlanır. Bu nedenle borulara ulaşmak için gerekli donanımlar sökülür ve kaydedilir.

Kazan dizaynının uygun olduğu yerlerde temizlik esnek saplı mekanik fırçalarla yapılır. Eğer bunlar uygun olmazsa, kimyasal temizlik yöntemi uygulanmalıdır. Temizlikten sonra, arıtılmış suyla kazan flush edilir.

Girmek için müsait olan yerlerde muayene topları yada esnek muayene telleri kullanılabilir. Bunları hiçbiri pratik değilse, yüksek basınçlı su yada hava jeti kullanılır. Boruların ucundan su yada hava miktarı ne kadar tıkalı olduğu hakkında bilgi verir. Kaynaklı kazanlarda borular, kaynak yapılmadan önce incelenir ve boruya herhangi bir yabancı madde girişinden kaçınmak için önlemler alınarak gerekli dikkat gösterilmelidir.

Kazanın temizliğinden emin olmak için bütün delikler kontrol edilir. Kullanılan aletler ve kimyasal maddeler dışarı çıkarılır. Sökülen iç donanımlar tekrar yerleştirilir. Bütün kapakların contaları yenilenerek kapatılır.

### 5.5.2 Dış temizlik

Boruların arası kurum üfleyci ile yeterince temizlenmemiş ve tıkalı kalmış olabilir. Yeterli serbestlikteki yerlerdeki tortular basınçlı hava ve fırçalar kullanarak kuru temizlemeyle giderilebilir. Fakat çoğu kez suyla yıkama gerekli olur. Yıkama için sıcak su gerekir. Tercih edilebilir olanı basınçlı tatlı sudur. Bu işlemde su çözülebilir tortuların çözülmesi ve gevşek fakat çözülemez tortuların kırılması ve flush edilmesi gibi iki amaca hizmet eder.

Yıkamaya ilk başlama esnasında süre uzun tutulmalı ve tam olarak yapılmalıdır. Çünkü yarı çözülmüş kalıntılar sertleşmeye eğilimli olarak kalır ve kazan tekrar yanmaya başladığı zaman pişerek sertleşir. Daha sonraki temizlik işlemi esnasında bu kalıntıları temizlemek oldukça zorlaşacaktır. Temizleme öncesi dış tarafın korozyonuna neden olduğundan suyla ıslanmasını engellemek için koruyucu boyayla boyanmalıdır. İnatçı tortular için yıkama öncesinde yumuşatma maddeleri kullanılabilir.

Yıkamadan sonra, yarıklarda, boruların uçlarında ıslanan tortular kontrol edilmelidir. Benzer olarak ekonomayzer etrafındaki keysteki tortular tamamen temizlenmelidir. Bütün temizleme maddeleri ve aletler kazandan uzaklaştırılması sağlanır. Giriş kapakları kapatılır.

Gevşeyen tortuları temizlemek için fanları tam açarak, tam güçte bir müddet çalıştırılır. Daha sonra normal olarak flush işlemi yapılır. Bu işlemler tamamlandıktan sonra dış yüzeyi kurutmak için sıcak hava üflenmelidir.

### 5.5.3 Kurum üfleme işlemi

Kurum üfleme işlemi başlamadan önce yeterli besleme suyu hazır bulundurulur. Böylece kurum üfleme sistemi, blöver dişli kutusu yağ seviyesinin yeterli olmasıyla beraber iyi durumda bulundurulur. Yatakların bulunduğu yerler yüksek sıcaklık gresiyle yağlanır. Alçak su seviye alarmlarının ve çalışmayı durdurma tertibatının tam çalışma konumunda olduğundan emin olunmalıdır.

Kurum üfleleyiciye buhar sağlayan ana valf açılır ve devrenin ısınmasına ve dreyn yapmasına izin verilir. Dreyn valfları eğer otomatik değilse, sonra kapatılır ve buhar sağlayan valflar tam olarak açılır. Kurum üfleme sistemi kullanıldığı zaman içine buhar kaçmasını önlemek için aralarında bir dreyn olan iki valf devreye donatılmıştır.

Otomatik yanma kontrolü kapatılır yada sadece hava üfleme moduna ayarlanır. Gerekirse kızdırıcı vb. sıcaklıkları düşürülür. CO<sub>2</sub> kaydedicilerine vb giden numune hattı kapatılır. Kurumu üfleme için gaz ve hava kontrol damperleri optimum pozisyona ayarlanır.

Kurum üfleleyici bu işlemlerin arkasından en üst blöverin ve sonra bu üfleme tamamlandığı zaman alt blöverin çalıştırılmasıyla işlevine başlayabilir.

## 5.6 Kazan Suyu Testleri

Kazan suyu kazana zarar vermemesi için düzenli olarak test edilir ve testlerden sağlanan sonuçlara uygun olarak, kazan suyuna katkı maddeleri ilave edilir. Özellikle alçak basınçlı egzost gaz kazanlarında tuzölçerler ve litmus kağıtları sık kullanılır.

[12,s 163-170]

### 5.6.1 Tuzölçer (Salinometer)

Kışır miktarı sıfırdan 32.000 ppm'e kadar normaldir. Tuzölçerler, 93°C sıcaklıktaki saf suda bulunduğu zaman sıfırı göstermelidir. Tuzölçerler 93°C sıcaklıktaki tuzlu çözeltilerde bulunduğu zaman 32.000 ppm'i göstermelidir ve bağıl yoğunluk 1.025 olmalıdır.

Eğer düşük basınçlı bir kazanda deniz suyu besleme yapmak için kullanılırsa, kazandaki tuz yoğunluğunun 125.000 ppm'i geçirilmemesi doğru olur. Kazana besleme suyu olarak deniz suyu verilmesinden mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır. Zarureten kullanıldığı durumlarda kazana bir miktar soda külü katılarak koruma yapılabilir.

### 5.6.2 Litmus kağıtları

Bu kağıtlar kazan suyunun alkalinitesi ve asititesinden emin olmak için kullanılır. Litmus kağıdı kazan suyuna sokulduğu zaman rengi değişir. Eğer su alkaline maviye, asidikse kırmızıya döner. Renklenmenin derecesi kazan suyunun pH

değerini sağlıklı bir şekilde gösterir. Tam bir kazan suyu testinin yapılması için yukarıda anılan litmus kağıdı ve tuzölçer yetersiz kalır

### 5.6.3 Alkalinite Testi

Alkalinite için şu testler yapılır:

1. Fenolftalen İçin Alkalinite: Fenolftalen, hidroksit yada karbonattan daha az alkalindir. Fenolftalen, hidroksit yada karbonat içeriği numunesine ilave edildiği zaman renkte pembeye dönüşme olur. Bu renklendirmeden sonra kullanılan asit, öncelikle nötralize olacak, sonra tuzlar oluşacak, daha sonra karbonat molekülleriyle tepkimeye girer ve bikarbonat molekülleri oluşur. Bikarbonat molekülleri fenolftalenden daha az alkalindir. Bundan dolayı, pembe renklenme görülmez olacaktır. Hidroksit ve karbonat asitle ilk kez tepkimeye girdiğinde iki karbonat molekülünden bir karbonat molekülü oluşur. Bundan dolayı, testte kullanılan asit miktarı, bulunan hidroksit ve yarım karbonatlar sayesinde alkalinite ölçülür.
2. Toplam Alkalinite: Metilorange göstergesi fenolftalen ve bikarbonatlardan daha az alkalindir. Fenolftalen numunesine alkalinite için metilorange ilave edildiği zaman numunede bikarbonat bulunmaz. Bundan dolayı karbonatlarda bulunmaz. Bundan başka, alkalinite, hidroksitler yüzünden oluşan fenolftalen yapılan alkalinite tespit edilir.
3. Kostik Alkalinite: Bu testte var olan bütün karbonatları çöktürmek için kazan suyu numunesine ilk olarak, baryumklorid ilave edilir. Bu test, daha sonra fenolftalen testine alkalinite için yapılır. Fakat bu durumda sadece hidroksit ölçülebilir.

### 5.6.4 Klorid testi

Kazan suyunda klorid bulunabilir. Bu test, kondenserden vs. besleme sistemine tuzlusu kaçığının göstergesi olan bir ölçümdür. Alınan fenolftalen numunesi için alkalinite hidroksitlere sahiptir. Numuneye küçük bir miktar asit katılarak belirgin

asidik yapılıdır. Bu, kimyasal reaksiyonu hızlandırır. Gümüşnitratın potasyumkromat ve kloridlerle birleşme eğilimi vardır. Fakat öncelik daima kloridler içindir. Numunede bulunan kloridi nitralize ettiği zaman, daha sonra potasyum kromatla tepkimeye girmek için serbest kalır ve kırmızımtırak kahverengi renklenme oluşturur. Bu, kullanılan gümüş nitrat çözeltisi miktarıdır ve doğrudan kazan suyu numunesi klorid içeriğinin ölçüsünü gösterir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta numuneye gümüş nitrat damlaları konurken, lokal olarak kırmızımtırak kahverengi renkle sonuçlanır ve eğer klorid varsa gözden kaçacak kaybolur.

### 5.6.5 Sülfid testi

Kimyasal tepkimeyi hızlandırmak için kazan suyu numunesi hafif asidik yapılıdır. Potasyum iyodit tepkime boyunca mavi renklendirme ve nişasta oluşturur. Fakat potasyumiyodit, eğer numune içinde sülfid varsa onunla kimyasal tepkimeye girer. Daha sonra numune içinde var olan nişasta ile tepkimeye girer ve mavi bir renklendirme oluşturur. Bu renklenme, kullanılan potasyum iyodid miktarıdır ve doğrudan kazan suyu numunesindeki sülfid içeriğinin ölçüsünü gösterir. Yanlış sonuç verdirebileceğinden mümkün olduğu kadar atmosfere maruz bırakılmamalıdır.

### 5.6.6 Sertlik testi

Eğer numunede sertlik tuzları varsa çözeltinin rengi şarap kırmızısına döner. Çözeltinin rengi önce mor renge, sonra maviye dönüncüye kadar Edta çözeltisiyle karıştırılır.

### 5.6.7 pH değeri

Bir kazanın suyunun pH değeri başlıca üç yöntem ile bulunabilir.



1.Litmus Kağıdı Yöntemi: Litmus kağıdı ile ölçüm yöntemi önceden de anlatılmıştır fakat bu tür test çok isabetli sonuç vermez, sadece suyun asidik yada alkalın olduğunu gösterir.

2.Renkölçerli Yöntem: Ölçüm yapılabilmesi için özel olarak hazır bulundurulan silindirlere birine kazan suyu numunesi alınır ve gerekli tabletler numune içine atılarak meydana gelen renk sıkalayla karşılaştırılarak sonuca ulaşılır.

Bu testlere ilave olarak çözünmüş oksijen testi, toplam çözünmüş katılar testi, hidrazin testi vs. gibi testler de yapılabilir.

### 5.7 Kazan Suyu İşlemcileri

Kazansuyu işlemcilerinin genel olarak konuları şunlardır:[7]

1.Kazandaki kışır oluşumunun engellenmesi ve besleme suyu devresinde, (a) Arıtılmış su kullanarak, (b) Kışır oluşturan tuzların meydana gelen yapışkan olmayan çamurda çökeltilmesi.

2.Kazanda korozyonun engellenmesi ve besleme sistemindeki kazan suyunun alkalinite koşullarının ayarlanması ve çözünmeyen gazlardan arındırılması.

3.Çamur oluşumunun kontrol edilmesi ve buharla taşınmasının engellenmesi.

4.Kazana yağ, atık, demir oksitleri, bakır parçaları, kum vs. yabancı maddelerin girmesinin engellenmesi. Yağ ısıtma düzenlemelerinin kullanımında dikkatli olunması. Çalışma öncesi etkin temizlik yapılması, buhar ve yoğuşurma sistemlerinin korozif olmayan şartlarda bulundurulması. [12,s 155-160]

#### 5.7.1 Lime ve soda işlemi (Alçak basınçlı kazanlarda)

Lime (Kalsiyumhidroksit,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ve soda külü (sodyumkarbonat,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) kazansuyundaki kalsiyum ve magnezyum bileşikleriyle etkileşir. Kalsiyumhidroksit

magnezyum bileşikleri ve alkalın sertlik tuzlarıyla tepkimeye girer. Sodyumkarbonat, kazandaki besleme suyu içindeki kalsiyum bileşikleriyle tepkimeye girer ve kalsiyumhidroksit oluşur. Lime ve soda herikisi beraber kullanılırlarsa besleme suyuna sıfır sertlik ve alkalinite verir. Buharlaştırılarak elde edilen tatlısu, su kazan yada ısıtıcı ile ısıtıldığı ve besleme suyu alkalın sertlik tuzları ihtiva ettiği zaman yumuşak çamur ve kışır oluşumunu ve çökelmesini sağlar. Bundan dolayı su sisteme alınmadan önce lime ve soda ile işleme tabi tutulur. Tablo 5.1 ve Tablo 5.2 lime ve soda kullanıldığı zaman luşan tepkimeleri göstermektedir.

Tablo 5.1 Kalsiyum hidroksit [Lime,Ca(OH)<sub>2</sub>] magnezyum bileşikleri ve geçici sertlik tuzlarıyla girdiği tepkimeler

Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Kalsiyum Bikarbonat	+ Ca(OH) <sub>2</sub> + Kalsiyum hidroksit	→ 2CaCO <sub>3</sub> → Kalsiyum karbonat	+ 2H <sub>2</sub> O + Su
Mg(HCO <sub>3</sub> ) Magnezyum Bikarbonat	+ 2Ca(OH) <sub>2</sub> + Kalsiyum hidroksit	→ Mg(OH) <sub>2</sub> → Magnezyum hidroksit	+ 2CaCO <sub>3</sub> + Kalsiyum karbonat +2H <sub>2</sub> O +Su
MgSO <sub>4</sub> Magnezyum Sülfat	+ Ca(OH) <sub>2</sub> + Kalsiyum hidroksit	→ Mg(OH) <sub>2</sub> → Magnezyum hidroksit	+ CaSO <sub>4</sub> + Kalsiyum sülfat
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Magnezyum Nitrat	+ Ca(OH) <sub>2</sub> + Kalsiyum hidroksit	→ Mg(OH) <sub>2</sub> → Magnezyum hidroksit	+ Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + Kalsiyum karbonat
MgCl <sub>2</sub> Magnezyum klorit	+ Ca(OH) <sub>2</sub> + Kalsiyum hidroksit	→ Mg(OH) <sub>2</sub> → Magnezyum hidroksit	+ CaCl <sub>2</sub> + Kalsiyum klorit

Tablo 5.2 Sodyum karbonatın (Soda külü, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) suda kalsiyum bileşikleriyle tepkimeye girmesi

CaSO <sub>4</sub> Kalsiyum sülfat	+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + Sodyum karbonat	→ CaCO <sub>3</sub> → Kalsiyum karbonat	+ Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + Sodyum sülfat
CaCl <sub>2</sub> Kalsiyum klorit	+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + Sodyum karbonat	→ CaCO <sub>3</sub> → Kalsiyum karbonat	+ 2NaCl + Sodyum klorit
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Kalsiyum nitrat	+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + Sodyum karbonat	→ CaCO <sub>3</sub> → Kalsiyum karbonat	+ 2Na(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> + Sodyum nitrat

### 5.7.2 Kostik soda işlemcileri

Bu, soda ve lime tertibi yerine kullanılır. Kostik soda (NaOH) alkalın yada alkalın olmayan magnezyum bileşikleri ile tepkimeye girer, alkalın kalsiyum bileşikleri ve aynı zamanda alkalın olmayan kalsiyum bileşikleriyle tepkimeye girerek sodyumkarbonat oluşturur. Tablo 5.3'te sodyumhidroksit kullanıldığında oluşan tepkimeleri göstermektedir.

Tablo 5.3 Kostik Soda (Sodyum Hidroksit, NaOH) tepkimesi

Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Kalsiyum Bikarbonat	+ 2NaOH + Sodyum hidroksit	→ CaCO <sub>3</sub> → Kalsiyum karbonat	+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + Sodyum karbonat	+ 2H <sub>2</sub> O + Su
Mg(HCO <sub>3</sub> ) Magnezyum Bikarbonat	+ 4NaOH + Sodyum hidroksit	→ Mg(OH) <sub>2</sub> → Magnezyum hidroksit	+ 2Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + Sodyum karbonat	+ 2H <sub>2</sub> O + Su
MgCl <sub>2</sub> Magnezyum Klorit	+ 2NaOH + Sodyum hidroksit	→ Mg(OH) <sub>2</sub> → Magnezyum hidroksit	+ 2NaCl + Sodyum klorit	
MgSO <sub>4</sub> Magnezyum Sülfat	+ 2NaOH + Sodyum hidroksit	→ Mg(OH) <sub>2</sub> → Magnezyum hidroksit	+ Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + Sodyum sülfat	

Tablo 5.3 (Devam) Kostik Soda (Sodyum Hidroksit, NaOH) tepkimesi

Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	+ 2NaOH	→ Mg(OH) <sub>2</sub>	+ 2Na(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Magnezyum nitrat	+ Sodyum hidroksit	→ Magnezyum hidroksit	+ Sodyum nitrat

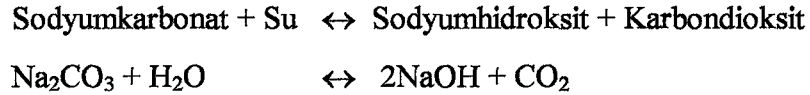
Sodyumhidroksit kullanarak oluşturulan sodyumkarbonat, alkalın olmayan kalsiyum bileşikleriyle etkin şekilde işlem görecektir miktarda olmalıdır.

Kışır oluşturan tuzların çamurda çökmesi için ve alkalinitesini almak için fosfat kullanılır. Fosfat kazan suyundaki kalsiyumla birleşir ve trikalsiyumfosfat (Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) oluşturur. Bu, çözünürlüğü çamurda yada süngerimsi kışırda düşük olduğu zaman çökecektir. Kışırın engellenmesi kagulanlar kullanılarak başarılabilir.

Tablo 5.4 Fosfat Tepkimeleri

3CaCO <sub>3</sub>	+ 2Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	→ Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Kalsiyum	+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Kalsiyum Karbonat	+ Sodyum fosfat	→ fosfat		+ Sodyum karbonat
3CaSO <sub>4</sub>	+ 2Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	→ Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>		+ 3Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Kalsiyum Sülfat	+ Sodyum fosfat	→ Kalsiyum fosfat		+ Sodyum sülfat
3CaCl <sub>2</sub>	+ 2Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	→ Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>		+ 6NaCl
Kalsiyum Klorit	+ Sodyum fosfat	→ Kalsiyum fosfat		+ Sodyum klorit
MgSO <sub>4</sub>	+ 2Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	→ Mg(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>		+ 3Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Magnezyum sülfat	+ Sodyum fosfat	→ Magnezyum fosfat		+ Sodyum sülfat

Fosfatlar aynı zamanda magnezyum bileşikleriyle birleşerek, çamurda çökelen magnezyumfosfat  $[Mg_3(PO_4)_2]$  oluşturur. Şartlanmış yüksek konsantrasyonlu kostik soda için sodyumkarbonat yerine fosfat kullanılması sayesinde kaçınılabılır. Yüksek sıcaklıkta sodyumkarbonat aşağıdaki gibi bozulur.



Tepkime tersinirdir. Fakat denklemde yüksek basınç ve sıcaklıklarda, sola olmaktan daha çok sağa eğilim olmaktadır. Bundan başka kazan suyundaki kostik soda içeriği yükselir.

Yukarıdaki tabloda gösterilen tepkimelerden kullanılan trisodyumfosfat sayesinde sodyumkarbonat oluştuğu görülür. Sodyumkarbonat bozulmasının normal olarak aşılması yüzünden muhtemel olarak sodyumhidroksit oluşur. Bu, orta derecede alkaliniteyi sağlamak için gerekli olan hidroksil (HO) iyonlarını verir.

Kullanılan fosfat, sodyum hexametafosfat, sodyum-metafosfat, disodyumfosfat ve trisodyum fosfatlardır. Metafosfatlar besleme suyu sistemine konulur, tepkimeye girmek için yavaşlırlar. Besleme suyu devresinde çamur ve kışır üretmemelidirler. Disodyumfosfat ve trisodyumfosfat doğrudan kazana pompalanır, tepkimeye daha çabuk girer ve muhtemelen besleme sistemine çamur ve kışır oluşturur.

Kazansuyunda sodyumhidroksil varlığında metafosfat, monosodyum ve disodyumfosfat, trisodyumfosfata dönüşür. Bundan dolayı alkaliniteye bağlı olarak işletmeciler, gerekli fosfatı seçer. Fosfatlar ile kalsiyumun tutulması sayesinde suda bulunan silikatlar için kışır oluşturma eğilimi büyük oranda düşer.

### 5.7.3 Çökelticiler (coagulant)

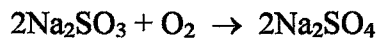
Kazansuyunda çökeltici kullanımı, çökmesi ve kazandan atmak için yapışkan olmayan çamura dönüştürmek içindir. Kalsiyum fosfat, magnezyumhidroksit ve kalsiyumkarbonat kışır oluşturabilir. Çökeltici kullanarak onlar nisbeten zararsız olarak yapışkan olmayan çamura dönüştürülebilirler. Çökelticiler şu amaçlar için kullanılabilirler: polielektrolitler (bunlar yüksek moleküler ağırlığa sahip sentetik organik polimerlerdir), sodyumalüminat, nişasta, tanin, jel, vs. sodyumalüminat aynı zamanda lime ve soda işlemcileriyle kullanılabilirler.

### 5.7.4 Havasızlandırma (Deaeration)

Metaloksitlerin oluşumunu yapması için bulunması gereken oksijenle yerdeğiştirmek için oluşturulan korozyon olarak ifade edilir. Besleme suyunun havasızlandırılması gerekir.

Havasızlandırma hem mekanik olarak hemde kimyasal olarak yada herikisinin kombinasyonu olarak yapılabilir. Havasızlandırma teçhizatının işletimde olmaması yada diğer bazı Koşullar yüzünden ortaya çıkan çözünmemiş oksijenle etkileşime girmesi için kazan suyunda ihtiyaten kimyasallar bulundurmamak alışılmıştır. Suyun havasızlandırılması için kullanılan oksijeni süpüren kimyasallar, genellikle, sodyumsülfat yada hidrazindir. Sodyumsülfat aşağıdaki gibi tepkimeye girer:

Sodyum sülfat + Oksijen → Sodyum sülfat



Havasızlandırma için kullanılan sodyum sülfat yüzünden oluşan sodyum sülfat, normal şartlar altında kazandaki çözeltide kalır. Hidrazin çözeltisinin (%60 hidrazin,

%40 su) oksijen süpürülmesi için tercih edilir. Hidrazin kazan şartlarında su oluşturmak için oksijenle tepkimeye girer.

Hidrazin + Oksijen → Su + Nitrojen



Böylece kazan suyu yoğunluğunun yükselmemesinde önemli üstünlüğe sahiptir. Başlangıç olarak aşırı dozajdaki hidrazinin ayrışması ve amonya açığa çıkması nedeniyle buhar ve yoğuşma devrelerinde korozyona yol açar.

(Hidrazin → Amonya + Nitrojen).

Fakat kontrollü miktardaki buhar ve yoğuşma, sistem için yararlıdır. Karbondioksit korozyonuna karşı işlev görür. Kazan suyundaki hidrazin rezervinin oluşturulmasında bir gecikme olur ki, o zaman hidrazin mevcut metaloksitlerle tepkimeye girer.

Hidrazin yangın tehlikesi olduğundan dolayı, iyi havalandırılmış, soğuk yerlerde depolanır. Elle dokunulacağı zaman kostik sodada olduğu gibi koruyucu elbise giyilir. Ayrıca hidrazin havasızlandırılmış besleme devresine katılmalıdır.

Sodyum sülfid oksijen süpürücü olarak kullanılır ve aşağıdaki noktalar önemlidir:

- a) pH değeri oksijenle tepkime oranı için önemlidir. pH 7 civarında iken miktarı maksimum demektir. Bundan dolayı sodyum sülfid hiçbir alkalın bileşimi katılmadan önce sisteme katılmalıdır.
- b) Yüksek basınçlı kazanlarda sülfid, hidrojen sülfid (H<sub>2</sub>S) vermek için bozulabilir ve muhtemelen çelik, pirinç ve bakıra musallat olan sülfirdioksit üretir,
- c) Çözünmemiş katı içeriğini artırır.

### 5.7.5 Yoğunlaştırılmış kalsiyumhidroksit işlemi

Buharın yağ olduğu yerlerde ve yoğuşma sistemlerinde korozyon, buharla taşınan karbondioksit varlığı yüzünden oluşur. Sistemin bu bölümündeki alkaliniteyi sağlamak için buhar devresine bir alkalize edici ilave edilir.

Köpük engelleyiciler: Bunlar yüksek moleküler ağırlıkların karmaşık organik bileşikleridir. Kazandaki köpürmeyi ve taşınmasını kontrol etmek için kullanılırlar.





## BÖLÜM 6. SONUÇLAR

Tüm atık ısıyı geri kazanan sistemler için genel olarak,

1. Atık ısıyı geri kazanmak için kurulan sistemler teorik olarak bilinmeli ve pratik olarak tanınmalıdır. Ancak bu şekilde bilinçli ve verimli işletim yapılarak optimizasyon sağlanır.
2. Bakım ve onarım esnasında yapılan işlemler takip edilmeli ve amacına uygun ve yeterli olmaları sağlanmalıdır.
3. Bu sistemlerin işletme şartları öngörülen limitler içinde tutulmalı, limitlerin altında veya üstünde çalıştırılmamalıdır.
4. Sistemlerin muayene, test, çalıştırma ve kapatma, bakım ve onarımı zamanında ve prosedürüne uygun yerine getirilmelidir. Böylece hasar ve kayıplar minimuma indirilebilir.
5. Yerleştirmeleri işletim kolaylığı açısından kolay ulaşılabilecek yerlerde ve kullanışlı yapılmalıdır. Ayrıca kaynağa, en az kayba yol açacak uzaklıkta ve tarzda olmalıdır.
6. Çok kritik değerlerde otomatik kontrol cihazları mantık yürütemediklerinden her zaman ayarlandığı şekilde işlevini yapmayı deneyecektir. Bu durumda işlevinin doğru olmaması sonucunu doğurabilir. Kritik parametrelerle otomatik kontrolün yapıldığı durumlar çok güvenilir olmadığından elle kontrole gereksinim duyulur.
7. Mühendisler vardiyası esnasında yada işletimin herhangi bir anında tespit ettiği aksaklık ve arızaları not almalıdır. Onarım aşamasında bu notlar dikkate alınmalıdır.
8. Atık ısıyı geri kazanmak için kurulan sistemler kuruluş aşamasındaki ilk yatırım maliyetleri kaçınılmazdır. Fakat optimum bir işletimle tasarlanan verim korunur, yatırımın ömrü uzatılır ve zamanında yapılan işlemlerle ileride yapılacak bakım ve onarım maliyetleri azaltılır.

## BÖLÜM 7. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Turboşarjer sistemi için,

1. Hava yoğunluğunda meydana gelen düşme, turboblöverdeki sıkıştırmanın sonucu ve hava sıcaklığındaki yükselmenin karşılığıdır. Hava yoğunluğundaki düşme potansiyel güç kaybına neden olur. Örneğin 0,35 bar'lık dolgu havası basıncı farkında, sıcaklıktaki yükselme 35°C olur, buna karşılık dolgu havası yoğunluğu %10 düşer. Bu nedenle dolgu havası kuleri giriş çıkış sıcaklıkları iyi takip edilerek, gerekli sınırlar içinde kalması sağlanmalıdır.
2. Turboşarjerde uygunluk sağlanmazsa, bu her durumda alçak yada yüksek basınçta dolgu sağlanmasına yada türbinde dalgalanmaya (surging) neden olur. Bu durum blöver yayıcısının değiştirilmesi ile giderilebilir. Bu işlem uygun impellere, blövere ait yayıcı setinden en uygun yayıcı takılarak yapılır.
3. Türbin ve blöver tarafı düzenli aralıklarla yıkanarak kir birikimi engellenmelidir. Bu kirlilik blöverin verimi üzerinde de olumsuz etki oluşturur.
4. Türbin ve blöver tarafının ıslak ve kuru yıkanması esnasında prosedüre uygun hareket edilmelidir.
5. Ana makinada yakılan yakıtın ön ısıtma, sıkıştırma oranı, enjektör püskürtmesi ve makine yükü türbin verimi ve aşınması üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu nedenle bir laboratuvara yakıt analizi yaptırılmalıdır. Makine düşük yüklerde çalıştırılmamalı, mümkün olduğu kadar yüksek yüklerde çalıştırılmalıdır.
6. Türbin yağının özelliğini kaybetmeden çalışmasına dikkat edilmelidir. Yağdan şüphelenilirse dreyn edilerek yağda metal parçaları olup olmadığı kontrol edilir. Yağ yeni değiştirildiği halde birkaç saat içinde rengi değişiyorsa mekanik hasar söz konusudur.

Evaporeyter için,

1. Evaporeyterin yerleştirmesi, işletimi kolaylaştıracak konumda olmalıdır. Gerekli müdahalenin yapılabilmesi için önünde boşluk bırakılmalıdır. Mümkün olduğu kadar

ana makinaya yakın olmalıdır. Evaporeytere silindir soğutma suyu boru bağlantıları kısa ve doğrudan yapılmalıdır.

2. Silindir soğutma suyunun sıcaklığının yüksek olması için ana makinanın mümkün olduğu kadar yüklü çalışması gerekir.
3. Evaporeyterin işletimi için açma ve kapatma prosedürüne uyulmalı, çalıştırdıktan sonra kayıt tutularak takibi yapılmalıdır.
4. Evaporeyterde kışır ısı transferini düşüreceğinden, sertleşmesinin önüne geçmek için (tatlısu üretimi evaporeyterin tasarlanan, üretiminin en fazla%75'i olduğunda) yılda 3-4 kez kışır temizliğinin yapılması gerekir.
5. Gerekli vakum sağlanması için kaçaklar tespit edilerek giderilmelidir.

İnertgaz sistemi için,

1. Nem alıcıdan ayrılan gazın içinde yüksek oranda su buharı olur. Gazın içerdiği su miktarı gazın nem alıcıdan çıkış sıcaklığına bağlıdır. Eğer gaz sıcaklığı yüksekse, nisbeten daha soğuk olan güverte devrelerinde yoğuşma olur. İnertgaz istenen miktarın üzerinde kükürt içerirse güverte devresinde korozyona neden olur. Bu nedenle İnertgaz iyi soğutularak sıcaklık deniz suyu sıcaklığına yakın tutulmalıdır.
2. Baca gazı yüksek sıcaklık nedeniyle baca gazı izole valfine ve sistemin diğer elemanlarına zarar vermemesi için bacanın uygun bir yerinden alınmalıdır.
3. Yıkama kulesi işlevini iyi yapmalı, yeterli soğutma suyu sağlanmalı, normal yalpa ve trim şartlarında kapasitesi %3'ten fazla düşmemeli, gazın çıkış sıcaklığı 3°C' den fazla yükselmemelidir,
4. İnertleme işlemi esnasında kazan yükünün düşürülmesinden kaçınılmalıdır. Çünkü kazan yükü düşürülürse egzost gazındaki oksijen oranı yükselir.

Egzost gaz kazanı için,

1. Klas kuruluşları besleme kaynağındaki arızalar yada boru yanmaları yüzünden kazan suyu kayıpları nedeniyle hasar riskini düşürmek için kazan suyu alçak seviye alarmı donatılmasını ve çalışır durumda tutulmasını şart koşturmaktadırlar.
2. Isıl gerilmelere ve çatlamalara neden olmaması için kazan aşırı ve ani yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmamalıdır.

3. Kazan hidrolik testinde güç pompası çalıştırıldığında basınç ani yükselmelidir. Basınç yükselmesi yavaşladığında kazan su mahallinin hava ventili açılarak havası çıkarılmalıdır.
4. Kazan temizliği esnasında boruların bağlantı yerleri, dikiş ve birleşme yerleri muhtemel hasara karşı kontrol edilmelidir. Aşırı ısınma ve pleyt incelmelerine karşı muayene yapılır. Kazana pislik, yağ vs. taşınmaması için iç temizlik tamamlanmadan dış temizliğe geçilmemelidir. Temizlik işlemi yapıldıktan sonra tıkalı boru ve kazan içinde kalması muhtemel nesnelere için muayene yapılmalıdır.
5. Denetimlerden (survey) sonra limanda buhar üretilmediği için egzost gaz kazanlarında geminin baş mühendisi denizde emniyet valfinin doğru ayarlanmasından sorumludur. Baş mühendis onay verebileceği neticeyi almadıkça işlem tamamlanmış olmaz.
6. Kazanda aşırı ısınma herhangi bir nedenle kazan metalinin soğutulmamasından dolayı meydana gelir. Sonucunda gerilmeler kaybolur ve eğilmeler ve bozulmalar başlar. Borulardaki genişlemeler, kazan aynalarını çeker ve boru yüzeylerinde kopmalara yol açacak şişkinlik ve sarkmalara neden olur. Aşırı ısınmaları engellemek için birinci olarak kazan suyu seviyesi alt seviyenin altına düşürülmemelidir. İkinci olarak kışır birikmesine engel olunmalıdır. Su tarafında kalıntı ve tortu oluşması izole edici bir tabaka gibi rol oynar ve metal yüzeyler boyunca ısı transferi oranını düşürür.
7. Kaynaklı kazanlar kötü dizayn ve işçilik nedeniyle yorulmalardan ve kaçaklardan kaynaklanan çatlamlar nedeniyle zarar görebilir. Küçük kaçaklara müdahale edilmezse kısa sürede yayılarak daha büyük hasarlara neden olabilirler.
8. Kazanda korozyon ve kışırın önüne geçmek için gerekli testler düzenli aralıklarla yapılmalıdır. Test sonuçlarına göre kazan suyunun gerekli işlemciler (treatments) yeterli miktarda ilave edilmelidir. Bu miktarlar ne az ne de fazla olmamalıdır.

**KAYNAKLAR**

- [1] KÜÇÜKŞAHİN, F.,: “Dizel Motorları”, s. 223-225, 1985
- [2] WIGHT, D.A., C.Eng. “Pounder's Marine Diesel Engines”, pp 52 55, 61-64, 1984
- [3] PUBLISHED BY ABB SUPERCHARGERS, “OPERATING TURBOCHARGERS”, pp 10-13, 1995
- [4] WHARTON, A.J., “C.Eng.Diesel Engines”, pp 36, 1991
- [5] PUBLISHED BY ABB SUPERCHARGERS, “TIPS FOR THE OPERATORS”, 1995
- [6] SMITH, D.W., C.Eng. “Marine Auxiliary Machinery”, pp 187-189, 1984
- [7] WILKINSON FRESH WATER PLANTS INC., “INSTRUCTION MANUAL”, pp 10-13, 17-19, 1973
- [8] YAĞIZ, F., “TANKERLERDE İNERT GAZ SİSTEMLERİ VE HAM PETROL İLE YIKAMA”, s 10-11, 15-17, 38-40, 1988
- [9] IMO, “1981 SOLAS AMENDMENTS”, REGULATION 62
- [10] OCS TECHNOLOGY GROUP, “CRUDE OIL WASHING”, s.4, p 3, 1993
- [11] IMO, “1983 SOLAS AMENDMENTS”, REGULATION 60-61
- [12] JACKSON, L., CEng. “Reed's General Engineering Knowledge for Marine Engineering”, pp 25-29, 1990
- [13] FLANAGAN G.T.H., CEng. “Marine Boilers”, pp 22-25, 67-70, 109-115, 1990
- [14] MILTON, J.H., “Marine Boilers Handbook”, pp 48-56.

## ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Üsküdar'da doğan Gökhan AKKAŞ, 1991 yılında Fenerbahçe Lisesinden, 1996 yılında İ.T.Ü. Sakarya Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu.

Mezun olduktan sonra 1996-1999 yılları arasında Gemak Gemi İnşaatı San. ve Tic. A.Ş.' de Bakım Atelyesi Şefliği yaptı. 1999-2001 yılları arasında Türk Silahlı Kuvvetleri, Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nda Makina Mühendisi Yedeksubay olarak askerlik vazifesini yerine getirdi. 2001 yılından bu yana Gemak Gemi İnşaatı San. ve Tic A.Ş.'de Planlama Mühendisliği yapmaktadır.

