



## Bir Dökme Yük Gemisi Dizel Jeneratörünün Farklı Yükleri için Enerji ve Ekserji Analizi

Görkem KÖKKÜLÜNK

Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Türkiye  
gorkemk@yildiz.edu.tr; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6788-2982>

### Öz

Enerji, sistemlerin iş yapabilme yeteneğidir. Ekserji ise bu enerjinin kullanılabilirliği veya yapılabilecek maksimum iş olarak tanımlanır. Bu çalışmada turbo dolduruculu bir gemi dizel jeneratörünün %25, %50, %75 ve %100 yük şartları için enerji ve ekserji analizi yapılmıştır. Yapılan enerji ve ekserji hesaplamaları sonucunda motorun %25, %50, %75 ve %100 yük koşullarına göre I. ve II Kanun verimleri sırasıyla %34,29, %39,69, %42,01, %42,49 ve %38,36, %44,38, %46,8 ve %47,04 olarak hesaplanmıştır. Maksimum shaft gücü değerleri, motorun en çok çalıştırıldığı %50 ve %75 yükler için sırasıyla 744,1 kW ve 1058,2 kW' dir. Kullanılabilir enerji yani ekserji değerlerine bakıldığında ise en yüksek potansiyelin maksimum yükte 55,7 kW ile egzoz gazında ve maksimum yükte 160,9 kW ile soğutma suyunda olduğu tespit edilmiştir. Çevreden ve yağlama yağından geri kazanılabilecek ekserji değerleri ise yadsınamayacak kadar büyüktür.

**Anahtar Kelimeler:** Gemi, Enerji, Ekserji, Dizel Jeneratör.

## Energy and Exergy Analyses of a Bulk Carrier Diesel Generator for Different Loads

### Abstract

Energy is the ability to do work of the systems. Exergy is defined as the availability of energy or the maximum work to be done. In this study, energy and exergy analyses of a turbo charged marine diesel generator is conducted for the loads of 25%, 50%, 75% and 100%. As a result of energy and exergy analysis, the first and second law efficiencies of a engine at 25%, 50%, 75% and 100% load conditions are calculated as 34.29%, 39.69%, 42.01%, 42.49% and 38.36%, 44.38%, 46.8% and 47.04%, respectively. The maximum shaft power values are 744.1 kW and 1058.2 kW for 50% and 75% loads, respectively. Considering the exergy values which means the available energy, the highest potentials are found as 55.7 kW at maximum load in the exhaust gases and 160.9 kW at maximum load in the cooling water. The exergy values that can be recovered from the surrounding and lubricating oil are big enough not to be neglected.

**Keywords:** Ship, Energy, Exergy, Ship, Diesel Generator.

## 1. Giriş

Dizel motorlar; gemilerde sevk ve elektrik üretim sistemlerinde kullanılırlar ve gemilerde en fazla enerji tüketen makinelerdir. Bununla birlikte gemi dizel motorlarının enerji tüketimlerine bakıldığında; yakıtla verilen enerjinin büyük bir oranının ceket soğutma suyu, egzoz gazları, yağlama yağı ve hava ara soğutucusu vasıtasıyla dışarı atıldığı bilinmektedir. Burada; enerjinin kullanılabilirliği, bir başka ifade ile ekserji kavramı ortaya çıkmaktadır [1].

Literatürde enerji tüketen farklı türde makinelerin enerji ve ekserji analizleri ile ilgili çalışmalara bakıldığında; Ünver vd. bir dizel motorun farklı yük ve devirlerin deneyler gerçekleştirmiş ve sonuç olarak; dizel motorun birinci kanun veriminin %30, ikinci kanun veriminin de %65 civarında olduğunu hesaplamışlardır. Ayrıca dizel motorun iş yapabilme kapasitesine sahip enerjisini de %35 civarında olduğunu belirtmişlerdir [2]. Yaşar ve Ali yaptıkları çalışmalarında, bir dizel motorunda biyodizel yakıt kullanılması durumu için, enerji ve ekserji analizleri yapmışlardır. Çalışmalarının sonucunda da; dizel yakıtı ve pamuk ile soya yağından elde edilen biyodizel yakıtları kullanılması durumunda ekserji verimlerini sırasıyla %31,6, %29,3 ve %29,7 olarak tespit etmişlerdir [3]. Khoobakht vd. yaptıkları çalışmada; dizel motorda biyodizel, etanol ve dizel yakıtı kullanılması durumları incelemişlerdir ve ekserji veriminin motor yükü ve devriyle birlikte arttığını belirtmişlerdir. Dizel motorda enerji kayıplarını 71,36 kW ve ısıl verimini de %36,61 olarak hesaplamışlardır [4]. Abuşoğlu ve Kanoğlu, dizel motor kullanılan kojenerasyon sistemlerinin ekserji verimlerini ve emisyon özelliklerini incelemişlerdir. Dizel motor kullanılan sistemin, buharlı güç sistemleri ile karşılaştırması sonucunda yakıt tüketiminde %34,8,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$  ve  $\text{SO}_2$  emisyonlarında da sırasıyla %87,6, %50

ve %41,3 azalma olduğu hesaplanmıştır [5]. Özkan yaptığı çalışmasında, bir dizel motorun farklı yük ve yakıt püskürtme basınçlarındaki enerji ve ekserji analizlerini gerçekleştirmişlerdir [6]. Baldi vd. bir yolcu gemisinin enerji ve ekserji analizlerini yapmış ve sonuç olarak; ana makine, dizel jeneratör ve kazanın ekserji verimlerini sırasıyla %34,7, %38,3 ve %29,2 olarak hesaplamışlardır [7]. Baldi vd. yaptığı bir diğer çalışmada; bir tanker gemisindeki sistemlerin enerji ve ekserji analizini yapmışlardır. Gemi sevk sistemi, kazan ve dizel jeneratör enerji harcamalarını, tüm enerji harcamasının sırasıyla %70'i, %16,5'i ve %13,5'i, olarak tespit etmişlerdir [8]. Ghazikhani vd. turbo dolduruculu bir dizel motorda, farklı devirlerdeki ekserji geri kazanımını ve özgül yakıt tüketimindeki meydana gelecek azalmaları incelemişlerdir [9]. Chintala ve Subramanian hidrojen yakıtlı bir dizel motorun enerji ve ekserji analizini yapmışlardır [10].

Literatürdeki farklı enerji sistemleri için yapılan çalışmalara bakıldığında, Başhan ve Parlak bir geminin soğutma sisteminin, değişken deniz suyu sıcaklıkları için ekserji analizini yapmışlardır. Sonuç olarak ise deniz suyu sıcaklığının azalması ile soğutma tesir katsayısı ve ikinci kanun veriminin arttığını, ekserji yıkımlarının ise azaldığını tespit etmişlerdir [11]. Turan ve Aydın [12] aeroderivetif gaz türbininin, Çoban vb. [13] bir helikopter motorunun, Kaya vb. [14] bir kâğıt fabrikasındaki kojenerasyon sisteminin, Tekel [15] termik santrallerin, Bozoğlan vb. [16] bir zeytinyağı rafinasyon tesisinin, Güngör [17] bir kombine çevrim santralının, Yıldız [18] bir entegre demir çelik tesisinin enerji ve ekserji analizlerini yapmışlardır.

Sonuç olarak; bu çalışmada literatürden farklı olarak, gemilerde atık ısı potansiyeli olan fakat değerlendirilmeyen ve uygulaması olmayan gemi dizel jeneratörlerinin, farklı yük şartları için enerji ve ekserji analizi gerçekleştirilmiştir. Örnek bir durum

değerlendirmesi yapmak amacıyla, M/V İnce Ege gemisinde kullanılan 660 kW'lık dizel jeneratör verileri ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. İlk olarak enerji dengesi yani soğutma suyu, yağlama yağı, egzoz gazı, çevre ve sürtünme kaynaklı kayıplar hesaplanmıştır. Sonrasında ekserji dengesi hesaplanmıştır. Birinci ve ikinci kanun verimleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Ayrıca tersinmezlikler ve maksimum shaft gücü değişken yük şartları için hesaplanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

M/V İnce Ege gemisi ve enerji-ekserji analizi yapılan dört stroklu gemi dizel jeneratörünün özellikleri sırasıyla Şekil 1'de ve Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 2'de enerji ve ekserji analizi yapılan motorun performans parametreleriyle ilgili %25, %50, %75 ve %100 yükleri için test değerleri verilmiştir.

**Tablo 2. Gemi Dizel Jeneratörü Test Değerleri**

Yük/Parametre	%25	%50	%75	%100
Yakıt Mili (Rak) Pozisyonu, mm	8	11	14	18
Güç, kW	165	330	495	660
ÖYS, g/kWh	242,8	209,9	198,3	196,2
Giriş Hava Sıcaklığı, °C	43	43	45	46
Giriş Hava Basıncı, barg	0,36	1,02	1,84	2,75
Yağ Sıcaklığı, °C	70	71	71	71
Yağ Basıncı, barg	5,10	5,10	5,10	5,10
Ortalama Egzoz Sıcaklıkları, °C	350	388	415	445
Turbo Doldurucu Giriş Sıcaklığı, °C	380	457	508	530
Turbo Doldurucu Çıkış Sıcaklığı, °C	330	368	372	362



**Şekil 1. M/V İnce Ege**

**Tablo 1. Gemi Dizel Jeneratörünün Özellikleri**

Silindir Sayısı, adet	6
Nominal Güç@%100 Yük, kW	660
Strok, mm	240
Silindir Çapı, mm	160
Devir, d/d	1200
Sıkıştırma oranı	15,2:1
Ortalama Efektif Basınç@100 Yük, bar	21,8

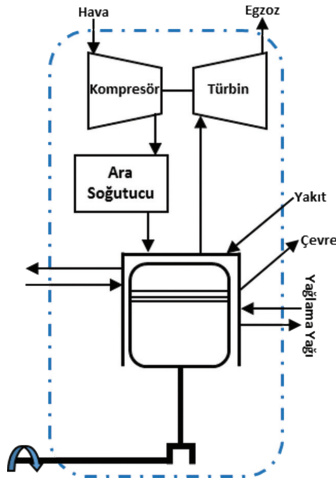
Tablo 3'te gemi dizel jeneratörünün performans ölçümlerinde kullanılan cihazların özellikleri verilmiştir.

Şekil 2'de enerji ve ekserji analizi için kullanılan motor ve sistemleri için sınır şartları belirtilmiştir. Hava turbo doldurucu vasıtasıyla ara soğutucudan geçerek yanma odasına girmektedir. Yanma sonucu ürünler de turbo doldurucunun türbin tarafından geçerek atmosfere atılmaktadır. Soğutma

suyu sisteme girmekte ve çıkmaktadır. Sistem içerisine giren ve çıkan bir başka bileşen de yağlama yağıdır. Sistemden çevreye ışınlama atılan ısı da “çevre” olarak belirtilmiştir.

**Tablo 3.** Ölçümlerde Kullanılan Cihazların Özellikleri

Parametre	Ölçüm Aralığı	Sapma Değeri
Güç	0-1400 kW	± %0,5
Yakıt Debisi	0-200 kg	± %0,025
Giriş Hava Sıcaklığı	0-150 °C	± 0,14 °C
Giriş Hava Basıncı	0-4 bar	± %0,3
Egzoz Gazı Sıcaklığı	50-650 °C	± 0,9 °C
Soğutucu Sıcaklığı	40-120 °C	± 0,6 °C
Yakıt Sıcaklığı	0-160 °C	± 1,2 °C



**Şekil 2.** Termodinamik Açık Sistem

### 2.1. Enerji Dengesi

Yapılan hesaplamalar MATLAB R2017b ve Engineering Equation Solver (EES) V10.421 programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

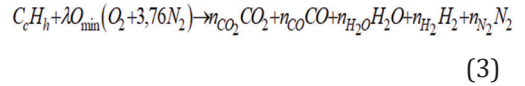
Sistemin enerji dengesi aşağıda ifade edilen denklem (1) de belirtilmiştir.

$$\dot{W}_{\text{şaft}} = \dot{Q}_{\text{yakıt}} + \dot{Q}_{\text{ss}} + \dot{Q}_{\text{çevre}} + \dot{Q}_{\text{yy}} - \dot{Q}_{\text{egzoz}} - \dot{W}_{\text{sür}} \quad (1)$$

Burada  $Q_{ss}$  soğutmaya harcanan ısıyı,  $Q_{yy}$  yağlama yağı ile çıkan ısıyı ve  $W_{sür}$  ise sürtünme kaynaklı kayıp gücü ifade etmektedir. Sürtünmeye harcanan güç ise;

$$\dot{W}_{\text{sür}} = P_{m\text{sür}} \times V_H \times n \times i \quad (2)$$

Burada  $P_{msür}$  sürtünme ortalama basıncı,  $V_H$  strok hacmini,  $n$  devir sayısını ifade eder. Yanma denklemi ve egzozla atılan ısı aşağıdaki verilmiştir.



$$\dot{Q}_{\text{egzoz}} = \dot{n}_{CO_2} \Delta H_{CO_2} + \dot{n}_{O_2} \Delta H_{O_2} + \dot{n}_{H_2O} \Delta H_{H_2O} + \dot{n}_{N_2} \Delta H_{N_2} + \dot{n}_{CO} \Delta H_{CO} + \dot{n}_{H_2} \Delta H_{H_2} \quad (4)$$

Denklem (3) analizde kullanılan beş bileşenli yanma denklemidir. Burada  $n$  molar debi,  $\Delta H$  hissedilebilir entalpi,  $\lambda$  hava fazlalık katsayısı ve  $O_{\min}$  teorik hava miktarını ifade etmektedir.

### 2.2. Ekserji Dengesi

Aşağıdaki hesaplamalar için ekserji analizinde kullanılan standart hava şartları için ilgili gazların mol oranları Tablo 4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Ekserji Analizinde Kullanılan Standart Hava Şartları [19]

Gazlar	Mol Oranı, %
N <sub>2</sub>	75,670
O <sub>2</sub>	20,350
H <sub>2</sub> O	3,03
CO <sub>2</sub>	0,0345
CO	0,0007

Sistemin ekserji dengesi aşağıda ifade edilen denklem (5) de belirtilmiştir.

$$\dot{W}_{\text{şaft,maks}} = \dot{E}_{\text{hava}} + \dot{E}_{\text{yakıt}} + \dot{E}_{\text{ss}} + \dot{E}_{\text{çevre}} + \dot{E}_{\text{yy}} - \dot{E}_{\text{egzoz}} \quad (5)$$

Burada  $E_{\text{hava}}$ ,  $E_{\text{yakıt}}$ ,  $E_{\text{ss}}$ ,  $E_{\text{yy}}$ ,  $E_{\text{çevre}}$  ve  $E_{\text{egzoz}}$  aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$\dot{E}_{hava} = \dot{m}_{hava} \times (h_{hava} - T_0 S_{hava}) \quad (6)$$

$$\dot{E}_{yakıt} = \dot{m}_{yakıt} \times H_u \times \left( 1,04224 + 0,011925 \frac{h}{c} - 0,042 \right) \quad (7)$$

$$\dot{E}_{ss} = \dot{Q}_{ss} \times \left( 1 - \frac{T_{çevre}}{T_{gövde}} \right) \quad (8)$$

$$\dot{E}_{yy} = \dot{Q}_{yy} \times \left( 1 - \frac{T_{çevre}}{T_{gövde}} \right) \quad (9)$$

$$\dot{E}_{çevre} = \dot{Q}_{çevre} \times \left( 1 - \frac{T_{çevre}}{T_{gövde}} \right) \quad (10)$$

$T_{gövde}$  için soğutma suyu giriş ve çıkış sıcaklıklarının ortalaması alınmıştır [19].  $E_{yakıt}$  eşitliğindeki  $h$  ve  $c$  alt indisleri yakıtın kimyasal formülündeki karbon ve hidrojenin alt indisleridir [20]. Egzoz ekserji, termomekaniksel ve kimyasal ekserjiler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\dot{E}_{egzoz} = \dot{E}_{egzoz, kim} + \dot{E}_{egzoz, tm} \quad (11)$$

Maksimum şaft gücü bir başka şekilde aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\dot{W}_{şaft, maks} = \dot{W}_{şaft} + T_{çevre} \dot{S}_p \quad (12)$$

Birinci ve İkinci Kanun verimleri;

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{şaft}}{\dot{Q}_{yakıt}} \quad (13)$$

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{şaft}}{\dot{W}_{şaft, maks}} \quad (14)$$

Burada  $S_p$  sistemin entropi üretimidir. Tersinmezlikler de aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

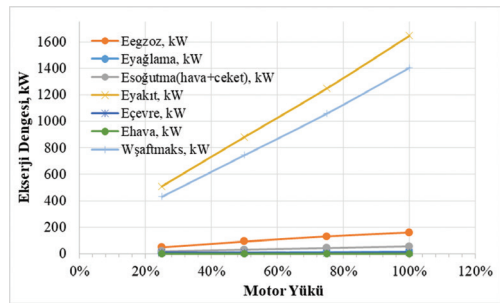
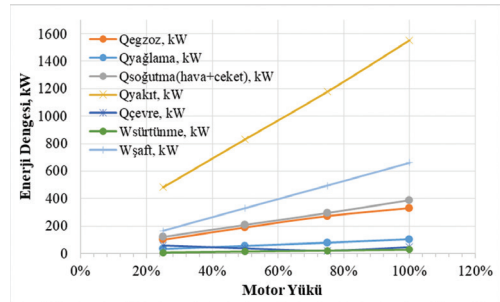
$$I = T_{çevre} \dot{S}_p = \dot{W}_{şaft, maks} - \dot{W}_{şaft} = \dot{W}_{kayıp} \quad (15)$$

### 3. Bulgular ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada %100 yükte 660 kW şaft gücüne sahip bir dökme yük gemisinin gemi dizel jeneratörünün farklı yükleri (%25-%50-%75-%100) için enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır.

Şekil 3'te analiz yapılan motorun %25, %50, %75 ve %100 yüklerde çalışması durumları için egzoz gazı, yağlama yağı ve soğutma kaynaklı ısı kaybı (enerji dengesi) ve ekserji gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi egzoz gazının ekserjisi motorun yoğun olarak çalıştığı %50 ve %75 yükler için sırasıyla 92,1 kW ve 131,1 kW olarak hesaplanmıştır.

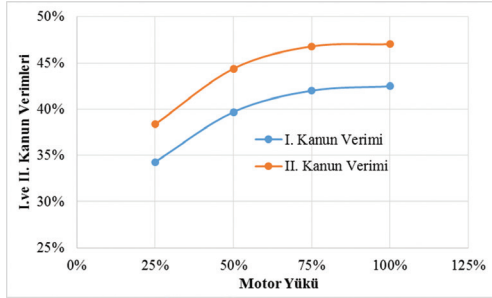
Şekil 4'te gemi dizel jeneratörünün farklı yükleri için I. ve II. Kanun verimlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere motorun %50 ve %75 yükleri için ekserji yani I. ve II. Kanun



Şekil 3. Gemi Dizel Jeneratörü için Enerji ve Ekserji Dengeleri

verimleri arasındaki fark %4,69 ve %4,79'dur. Yani varolan enerjinin %4,69 ve %4,79'luk kısmı halen geri kazanılabilir ve motor verimi %47'ler mertebesine çıkartılabilir.

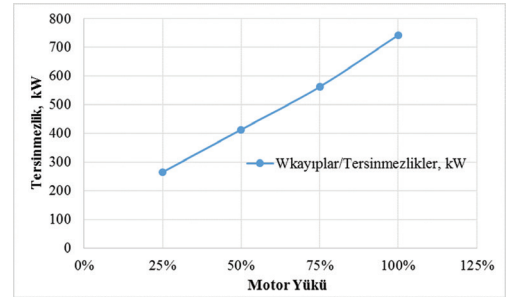
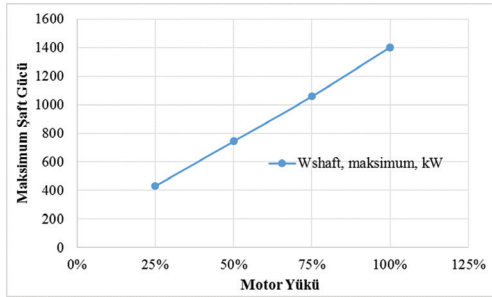
Şekil 5'te gemi dizel jeneratörünün farklı yüklerdeki maksimum kullanılabilir shaft gücü ve kayıplar hesaplanmıştır. Maksimum shaft gücü motorun en çok çalıştırıldığı %50 ve %75 yükler için sırasıyla 744,1 kW ve 1058,2 kW ve yine bu yükler için kayıplar sırasıyla 414,1 kW ve 563,2 kW olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. Farklı Motor Yükleri için I. ve II. Kanun Verimlerinin Karşılaştırılması

Tablo 5'te gemi dizel motorunun enerji dengesi gösterilmiştir. Yakıtlı giren enerjinin motorun %50 ve %75 yükleri için sırasıyla %60,31 ve %57,99' u yağlama yağına, sürtünmeye, egzoz gazına çevreye, hava ara soğutucusu ve soğutma suyuna gitmektedir. Sonuç olarak da %25, %50, %75 ve %100 yük şartları için verimler (I. Kanun) sırasıyla %34,29, %39,69, %42,01 ve % 42,49 olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere en büyük kayıplar egzoz gazı ve soğutma suyuna gitmektedir.

Tablo 6'da gemi dizel motorunun ekserjisi gösterilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere en fazla ekserji değeri egzoz gazında ortaya çıkmıştır. Ayrıca soğutma suyu ile atılan enerji, özellikle hava ara soğutucusu ve ceket soğutma suyu ile geri kazanılabilecek enerji de oldukça fazladır.



Şekil 5. Gemi Dizel Jeneratörünün Farklı Yükleri için Maksimum Shaft Gücü ve Kayıplar

Tablo 5. Gemi Dizel Jeneratörünün Enerji Dengesi

ENERJİ DENGESİ							
Yük	$Q_{yakıt}$ , kW	$Q_{yağlama}$ , kW	$Q_{soğutma}$ , kW	$Q_{çevre}$ , kW	$W_{sürtünme}$ , kW	$Q_{egzoz}$ , kW	$W_{shaft}$ , kW
%25	481,2	31,9	120,2	58,3	6,5	99,3	165,0
%50	831,5	55,1	207,7	36,3	13,1	189,3	330,0
%75	1178,3	78,1	294,3	19,0	19,7	272,2	495,0
%100	1553,4	103,0	388,0	45,8	26,3	330,3	660,0



**Tablo 6.** Gemi Dizel Jeneratörünün Ekserji Dengesi

EKSERJİ DENGESİ								
Yük	$\dot{E}_{yakit}$ , kW	$\dot{E}_{yağlama}$ , kW	$\dot{E}_{soğutma}$ , kW	$\dot{E}_{çevre}$ , kW	$\dot{E}_{egzoz}$ , kW	$\dot{E}_{hava}$ , kW	$W_{softmaks}$ , kW	I, kW
%25	509,8	4,6	17,3	9,3	48,3	0,204	430,4	265,4
%50	881,0	7,9	29,8	7,1	92,1	0,376	744,1	414,1
%75	1248,3	11,2	42,3	5,6	131,1	0,584	1058,2	563,2
%100	1645,7	14,8	55,7	10,4	160,9	0,784	1404,0	744,0

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada bir turbo doldurucu lu bir gemi dizel jeneratörünün farklı yük şartlarında enerji ve ekserji analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan enerji analizi sonucunda yağlama yağına, sürtünmeye, egzoz gazına çevreye, hava ara soğutucusu ve ceket soğutma suyuna atılan enerji sonucunda shafta aktarılan gücün motor yüküne göre sırasıyla 165 kW, 330 kW, 495 kW ve 660 kW olduğu görülmüştür. I. Kanun verimleri ise %34,29, %39,69, %42,01 ve %42,49 olarak tespit edilmiştir. Ekserji analizi sonucunda %25, %50, %75 ve %100 a ise II. Kanun verimleri motor yüküne bağlı olarak sırasıyla %38,36, %44,38, %46,8 ve %47,04 olarak hesaplanmıştır. Geri kazanılacak enerjilere bakıldığında ise en yüksek potansiyelin egzoz gazında ve soğutma suyunda olduğu görülmektedir. Soğutma suyunun, motorun en fazla çalıştığı %50 ve %75 yükler için ekserji değerleri sırasıyla 29,8 kW ve 42,3 kW olarak hesaplanmıştır. Burada soğutma suyu potansiyelinin büyük bir kısmını hava ara soğutucusu oluşturmaktadır. Egzoz gazı için ise bu değerler sırasıyla 92,1 kW ve 131,1 kW olarak tespit edilmiştir. Son olarak toplam enerjinin kullanılabilir kısmı yani toplam ekserji ise %25, %50, %75 ve %100 motor yüklerine göre sırasıyla 108,2 kW, 186,8 kW, 260,7 kW ve 334,9 kW olarak hesaplanmıştır.

#### Teşekkür

İnce Denizcilik A.Ş. ve DPA & Teknik Müdürü Sayın Müh. A. Yaşar CANCA'

ya bu çalışmada gemiye ait verilerin kullanılmasında sağladıkları desteklerden ötürü teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- [1] Çengel, Y.A. ve Boles M.A. (2002). Mühendislik Termodinamik. Dördüncü Basım. McGraw-Hill-Literatür Yayınları.
- [2] Ünver, Ü., Kaynaklı, Ö. ve Kılıç, M. (2002). İçten yanmalı motorlarda ekserji analizi üzerine bir çalışma. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, 24-26 Haziran 2002, Bursa.
- [3] Yaşar, A. ve Ali, A.A. (2016). Investigation of effects of diesel and biodiesel fuels on energy and exergy analysis in Diesel Engines. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2016:31(1):159-174.
- [4] Khoobakht, G., Akram, A., Karimi, M. ve Najafi, G. (2016). Exergy and Energy Analysis of Combustion of Blended Levels of Biodiesel, Ethanol and Diesel Fuel in a DI Diesel Engine. Applied Thermal Engineering, 2016:99:720-729.
- [5] Abuşoğlu, A. ve Kanoğlu, M. (2009). Dizel Motorlu Kojenerasyon Sistemlerinin Emisyon Özelliklerinin İncelenmesi. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 2009:29(1):45-53.
- [6] Özkan, M. (2015). A Comparative Study on Energy and Exergy Analyses of a CI Engine Performed with Different Multiple Injection Strategies at Part Load: Effect of Injection Pressure. Entropy, 2015:17:244-263.

- [7] Baldi, F., Ahlgrenb, F., Nguyenc, T., Gabrieliid, C. ve Andersssone, K. (2015). Energy and exergy analysis of a cruise ship. Proceedings of Ecos 2015 - The 28th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems June 30-July 3, 2015, Pau, France.
- [8] Baldi, F., Johnson, H., Gabrieli, C. ve Andersson, K. (2015). Energy and Exergy Analysis of Ship Energy Systems - The Case study of a Chemical Tanker. International Journal of Thermodynamics, 2015:18(2):82-93.
- [9] Ghazikhani, M., Hatami, M., Ganji, D.D., Gorji-Bandpy, M., Behravan, A. ve Shahi, G. (2014). Exergy recovery from the exhaust cooling in a DI diesel engine for BSFC reduction purposes. Energy, 2014:65:44-51.
- [10] Chintala, V. ve Subramanian, K.A. (2014). Assessment of maximum available work of a hydrogen fueled compression ignition engine using exergy analysis. Energy, 2014:67:162-175
- [11] Başhan, V. ve Parlak, A. (2016). Değişken Deniz Suyu Sıcaklıklarında Çalışan Bir Gemiye Ait Soğutma Sisteminin Ekserji Analizi. Journal of Eta Maritime Science, 2016:4(2):149-155.
- [12] Turan, Ö ve Aydın, H. (2014). Exergetic and exergo-economic analyses of an aero-derivative gas turbine engine. Energy, 74:638-650.
- [13] Çoban, K., Çolpan, Ö. ve Karakoç, H. (2016). Bir Helikopter Motorunun Enerji ve Ekserji Analizi. Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi, 2016:1(1):26-38.
- [14] Kaya, A., Duymaz, M.M. ve İmal, M. (2016). Bir Kâğıt Fabrikasındaki Kojenerasyon Tesisinin Enerji ve Ekserji Analizi. KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2016:19(2),58-69.
- [15] Tekel, E. (2006). Termik Santrallerin Enerji ve Ekserji Analizi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.
- [16] Bozoğlan, E., Hepbaşlı, A. ve Günerhan, H. (2015). Bir Zeytinyağı Rafinasyon Tesisinin Enerji ve Ekserji Analizi. 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi - 8-11 Nisan 2015/İzmir.
- [17] Güngör, A. (2013). Bir Kombine Çevrim Santralin Ekserji Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü,
- [18] Yıldız, G. (2016). Bir Entegre Demir-Çelik Tesisi Kuvvet Santralindeki Ekipmanların Enerji ve Ekserji Analizlerinin Yapılması. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.
- [19] Parlak, A., Erbaş, Y., Yaşar, H., Soyhan, H. ve Deniz C. (2009). First and second law analysis of a gasoline engine for various compression ratios. International Journal of Vehicle Design, 2009:49:1-3:111-124.
- [20] Moran, M.J. ve Shapiro, H.N. (2000). Fundamentals of Thermodynamics, Wiley, New York.