

## İki Zamanlı Ters-Doğru Akışlı Benzinli Bir Motorun Performans Analizi

Göksel KAYA<sup>1\*</sup> , Bülent ÖZDALYAN<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, TBMYO, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Ordu

<sup>2</sup>Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Karabük

(Geliş Tarihi/Recived Date: 08.05.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 20.10.2017)

### Öz

Bu çalışmada, iki zamanlı ters-doğru akışlı, karbüratörlü, buji ile ateşlemeli bir motorun çevrim analizi teorik matematiksel model kullanılarak belirlenmiş ve yapılan deneylerle motorun performansı ve egzoz emisyonları incelenmiştir. Teorik çevrim analizi için motorun gerçek çevrim hesaplamalarını içeren termodinamik bir model geliştirilmiş ve bu modele göre MATLAB programlama dilinde bir bilgisayar programı yazılarak motorun performansını ortaya koyan diyagramlar elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmanın deneysel aşamasında öncelikle, motor performans parametrelerinin belirlenmesi amacıyla, tam ve kısmi yüklerde, 1000 rpm ile 2000 rpm arasında 200 rpm aralıklarla motor devri değiştirilerek deneyler gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, motor 1800 rpm'lik sabit hızda, tam ve kısmi yüklerde çalıştırılarak egzoz emisyon değerleri belirlenmiştir. Motor performans parametrelerinin, teorik analiz sonuçları ve deneysel verileri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca elde edilen deneysel sonuçlar klasik iki zamanlı bir motorun ve dört zamanlı bir motorun performans değerleriyle kıyaslanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İki zamanlı motor, Motor performansı, Egzoz emisyonu, Benzinli motor, MATLAB

## Performance Analysis of a Two Stroke Reverse-Uniflow Gasoline Engine

### Abstract

In this study, the cycle analysis of two stroke reverse-uniflow, carburettor, spark ignition engine was determined by using a theoretical mathematical model and the performance of the engine and the exhaust emissions were investigated by experiments. A thermodynamic model that includes real cycle calculations of the engine has been developed for theoretical cycle analysis and the diagrams that reveal the performance of the engine has been obtained by writing a computer program that was developed in MATLAB programming language. In the experimental stage of this study, firstly, the experiments were realized in order to determine the engine performance parameters at under full and low loads, between 1000 rpm and 2000 rpm engine revolution by changing it with 200 rpm interval. Then, the engine was started at 1800 rpm fixed speed with full and partial loads and the exhaust emission values were determined. The theoretical analysis results and empirical results of the engine performance parameters were compared to each other. Also, the empirical results have been compared with the performances of a classical two-stroke engine and a four-stroke engine.

**Keywords:** Two stroke engine, Engine performance, Exhaust emission, Gasoline engine, MATLAB

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: kayagoksel@odu.edu.tr

## 1. Giriş

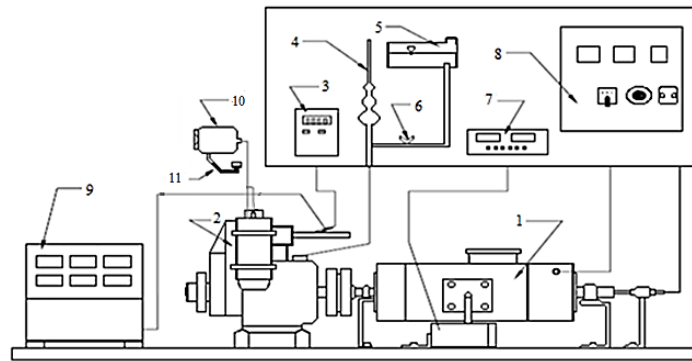
Klasik iki zamanlı buji ile ateşlemeli motorlar yüksek güç yoğunluğu ve tasarım basitliği gibi avantajlara sahiptir. Ancak, düşük yanma verimi ve özellikle düşük yüklerdeki aşırı HC ve CO emisyonları bu tip motorların kullanılabilirliğini azaltmaktadır (Tribotte et al 2012; Andrawi et al 2014; Payri et al 2001; Omid 2004). Bu kusurları önlemek için geliştirilen süpürme yöntemlerinden biri de ters-doğru akışlı süpürmedir. Bu süpürme yöntemine sahip iki zamanlı motorların temel karakteristiği silindir duvarından ziyade silindir kapağına yerleştirilmiş bir emme valfi ve bu emme valfinin karşı tarafındaki silindir duvarına yerleştirilmiş bir egzoz portuna sahip olmalarıdır. Bu motorlar üzerine yapılan çalışmaların çoğu akış süreçlerinin geliştirilmesi ve direk enjeksiyon sistemi kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini araştırmaya yönelik olmuştur (Bosman & Goldsborough 2008; Moriyoshi et al 2001; Moriyoshi et al 2001; Johnson & Goldsborough 2008; Moriyoshi et al 2002; Junpei & Yasuo 2004; Moriyoshi et al 2004; Moriyoshi et al 2004).

Bu çalışmada, literatürden farklı olarak iki zamanlı ters-doğru akışlı karbüratörlü buji ile ateşlemeli bir motorun performans analizi ortaya konulmuştur. Motor devrine bağlı olarak değişen döndürme momenti, efektif güç, özgül yakıt tüketimi, efektif verim, süpürme verimi, dolgu tutma verimi ve dağıtım oranı gibi motor performansını gösteren büyüklüklerin, literatürde bu tip motorların performans karakteristiklerinin sayısal verilerine ait eksikliği tamamlaması beklenmektedir.

## 2. Deney Düzenegi ve Yöntemi

Deney düzenegi esas olarak elektrikli DC tip dinamometre, buji ile ateşlemeli motor ve egzoz gaz analizöründen oluşmaktadır. Deney sisteminin şematik görünüşü Şekil 1’de görülmektedir.

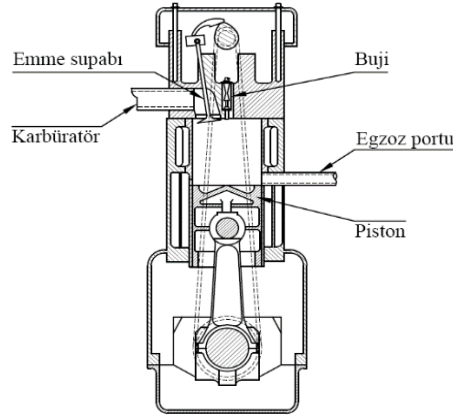
Deneylerde iki zamanlı ters-doğru akışlı buji ile ateşlemeli bir motor kullanılmıştır. Deney motorunun teknik özellikleri Çizelge 1’de, şematik görünümü ise Şekil 2’de görülmektedir.



**Şekil 1.** Deney düzeneginin şematik görünüşü (1- Dinamometre, 2- Motor, 3-Dijital termometre, 4-Yakıt ölçme ünitesi, 5-Yakıt tankı, 6-Yakıt akış kontrol valfi, 7-Yük hücresi göstergesi, 8-Kontrol paneli, 9-Egzoz gaz analizörü, 10-Hava tankı, 11-Eğik manometre)

Çizelge 1. Deney motorunun teknik özellikleri

<b>Motor tipi</b>	İki zamanlı, tek silindirli, benzinli motor
<b>Süpürme tipi</b>	Ters-doğru akışlı süpürme
<b>Çap x kurs (mm)</b>	50 x 49,5
<b>Sıkıştırma oranı</b>	6:1
<b>Emme valfi açılma-kapanma</b>	30 °KMA AÖN'dan önce – 70 °KMA AÖN'dan sonra
<b>Egzoz portu açılma-kapanma</b>	75 °KMA AÖN'dan önce – 75 °KMA AÖN'dan sonra
<b>Ateşleme avansı</b>	20 °KMA ÜÖN'dan önce



Şekil 2. Deney motorunun şematik görünüşü

DC dinamometre 4000 rpm'de 10 kW güç absorbe edebilmekte ve aynı zamanda deney motoruna ilk hareket vermek için de kullanılabilir. Dinamometre yükü yük hücresi kullanılarak ölçülmüştür. Motorun döndürme momentine karşılık gelen kuvvet dinamometre yapısında bulunan ESİT marka SP 100 kg C1 Load cell ve PWI-P marka gösterge ile okunmuştur. Yakıt tüketiminin tespiti için için BAYKON marka, 0,1 g hassasiyete sahip hassas bir terazi ve TİGA marka 1,100 s hassasiyete sahip dijital bir kronometre kullanılmıştır. Hava tüketimi, değişken orifis plakalı hava tankı ve eğik manometre aracılığıyla ölçülmüştür.

Motorun çalışması hakkında bilgi edinme yollarından biri de egzoz gazlarının analizidir. Bu amaçla egzoz emisyon değerlerinin belirlenmesi için ITALO PLUS marka egzoz emisyon cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz CO, CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub>'nin değerlerini yüzde olarak HC ve NO'nun değerlerini ise ppm olarak vermektedir.

Motor deneylerinde sıcaklığın, zamanın, motor hızının ölçülmesi sırasında, hem sabit hatalardan hem imalat hatalarından ve hem de rastgele hatalardan kaynaklanan hatalar etkili olabileceği için, ölçülen değerler dikkate alınarak motor deneyleri için bu değerlerden kaynaklanan belirsizliklerin hesaplanması gerekir. Bir parametrenin değerinin ölçülmesindeki belirsizlik hesabı Eşitlik (1) denklemindeki gibi yapılmaktadır. Farklı bağımsız değişkenlerden dolayı ortaya çıkan  $W_R$  belirsizliği aşağıdaki eşitlikten elde edilmiştir (Holman 1971);

$$W_R = \left[ \left( \frac{dR}{dx_1} w_1 \right)^2 + \left( \frac{dR}{dx_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left( \frac{dR}{dx_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

Çalışmada yapılan ölçüm parametrelerindeki doğruluk ve belirsizlik değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Doğruluk ve belirsizlik değerleri

Ölçülen parametre	Birim	Doğruluk	Belirsizlik
Zaman	s	± % 0.25	
Motor hızı	1 rpm	± % 0.05	
Sıcaklık	°C	± % 1	
Dinamometre yükü	N	± % 0.5	
Moment	Nm	-	± % 0,91
Güç	kW	-	± % 1.79
Yakıt tüketimi	g/h	-	± % 0,71
Özgül yakıt tüketimi	g/kWh	-	± % 1.27

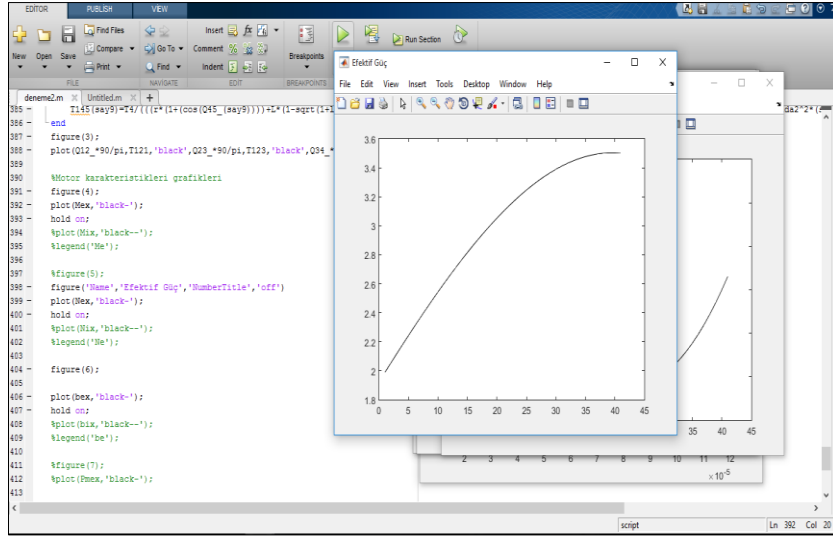
### 3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde deney motorunun, motor devrine ve yüküne bağlı olarak değişen performans ve emisyon karakteristiklerine ait sayısal veriler sunulmuştur.

#### 3.1 Motor Performansı

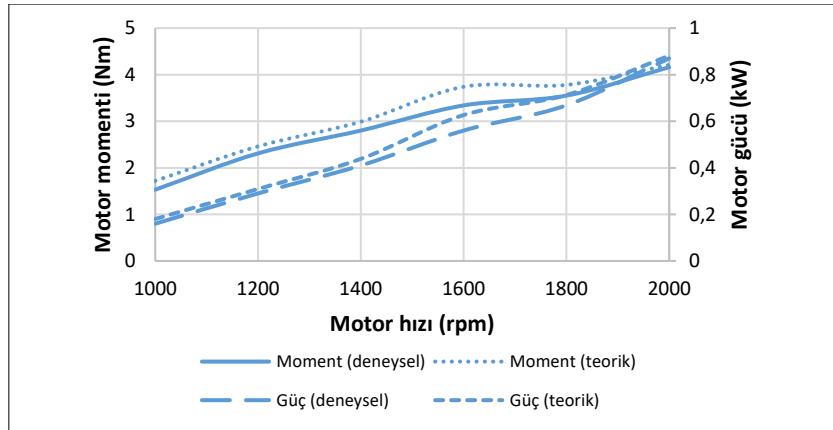
Performans parametrelerinin belirlenmesi amacıyla deney motoru ideal ateşleme avansında (ÜÖN’den önce 20 °KMA), tam ve kısmi yüklerde ve 200 rpm aralıklarla 1000-2000 rpm motor hızı aralığında çalıştırılmıştır. Deney motorunun maksimum hızı 2000 rpm’e kadar ulaşabildiği için performans testlerinde motor bu hız aralığında çalıştırılmıştır. Ayrıca, süpürme işlemi için taze dolguyu silindire daha basınçlı gönderecek bir kaynak kullanılmadığından motor hızı yüksek devirlere çıkamamış ve buna bağlı olarak da motor performans grafikleri literatürdeki klasik görünümünden daha farklı değişimler göstermiştir. Deneylerde ölçülen değerler kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen döndürme momenti, efektif güç, özgül yakıt tüketimi, efektif verim, süpürme verimi, dolgu tutma verimi ve dağıtım oranı gibi motor performansını gösteren büyüklükler teorik analiz sonuçlarıyla karşılaştırmalı olarak grafikler şeklinde gösterilmiştir. Elde edilen deneysel performans verileri klasik iki zamanlı bir motorun ve dört zamanlı bir motorun performans verileri ile kıyaslanmıştır. Ateşleme avansı 1000-2000 rpm devir aralığında sabit olup, ÜÖN’den önce 20 °KMA değerini almaktadır. Simülasyon programının değişken parametrelere karşı duyarlılığı ve gerçek motor test sonuçları ile uyuşması, programın hassasiyeti ve kabul edilebilirliği açısından da çok önemlidir. Şekil 3’de MATLAB programlama dilinde geliştirilen simülasyon programının sonuç ekranı görülmektedir.

Şekil 4’te motor gücü ve momentinin motor hızı ile değişimi görülmektedir. Motor gücü 1800 rpm’de teorik analiz sonuçlarına göre 0,71 kW olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre 0,67 kW olarak ölçülmüştür. Motor momenti ise 1800 rpm’de teorik analiz



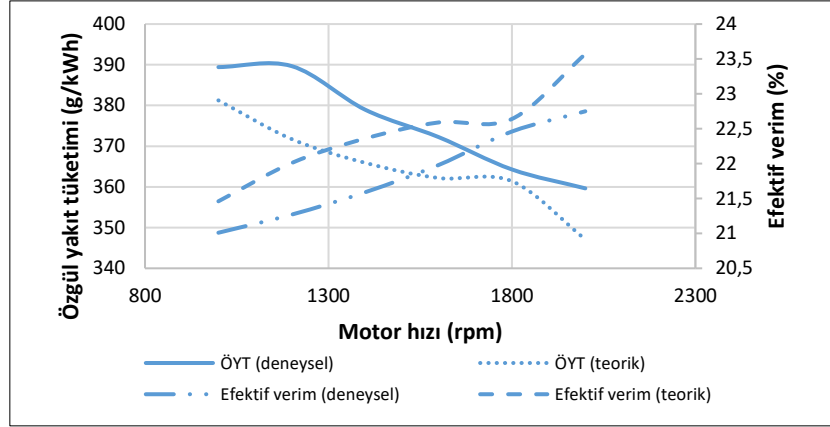
Şekil 3. MATLAB programlama dilinde geliştirilen simülasyon programına ait sonuç ekranı

sonuçlarına göre 3,78 Nm olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre 3,55 Nm olarak ölçülmüştür. Teorik sonuçlarla deneysel sonuçlar arasında motor gücünde %5,63, motor momentinde ise %6,08'lik bir farklılık oluşmuş olup kabul edilebilir seviyededir.



Şekil 4. Deney motorunun motor gücü ve momentinin motor hızı ile değişimi

Şekil 5'de özgül yakıt tüketimi ve efektif verimin motor hızı ile değişimi görülmektedir. Özgül yakıt tüketimi deneysel ve teorik sonuçların en çok yakınsadığı 1800 rpm'de teorik analiz sonuçlarına göre 361,38 g k/Wh olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre 364,24 g/kWh olarak ölçülmüştür. Efektif verim ise 1800 rpm'de teorik analiz sonuçlarına %22,64 olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre %22,46 olarak ölçülmüştür.



Şekil 5. Deney motorunun özgül yakıt tüketimi ve efektif verimi değerlerinin motor hızı ile değişimi

### 3.1.1 Deney Motorunun Performansının İki Zamanlı Bir Motorun Performansı İle Karşılaştırılması

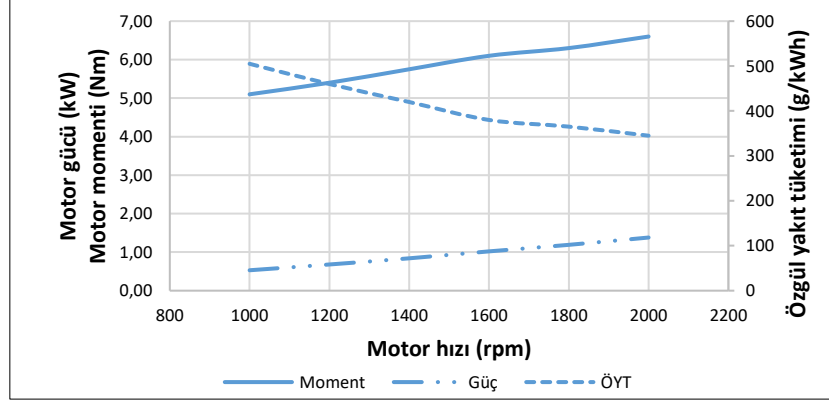
Literatürde tasarımı yapılan iki zamanlı ters-doğru akışlı motor ile aynı ana boyutlara sahip iki zamanlı bir motorun performans verilerine ulaşamamıştır. Deney motorunun ana boyutlarına yakın ana boyutlarda olması ve karşı-akışlı süpürme yöntemine sahip olması nedeni ile ROBIN ENGINES firmasının ürettiği iki zamanlı benzinli EX 13D motoru tercih edilmiştir. Bu motorun çeşitli teknik özellikleri Çizelge 3'de ve motor hızına bağlı moment, güç ve özgül yakıt tüketimi grafikleri Şekil 6'da görülmektedir.

Çizelge 3. 2 zamanlı EX 13D motorunun teknik özellikleri [Alahmer et al 2016]

<b>Motor tipi</b>	İki zamanlı karşı-akışlı, tek silindirli, benzinli motor
<b>Yakıt sistemi</b>	Karbüratör
<b>Çap x kurs (mm)</b>	58 x 48
<b>Silindir hacmi</b>	126 cm <sup>3</sup>
<b>Sıkıştırma oranı</b>	8,5:1
<b>Maksimum güç</b>	4000 rpm'de 3,1 kW
<b>Maksimum tork</b>	2500 rpm'de 8,1 Nm

Şekil 6'da görüldüğü gibi ROBIN ENGINES firmasının ürettiği EX 13D modelinin motor gücü, moment ve özgül yakıt tüketimi 1800 rpm'de sırasıyla 1,19 kW, 6,30 Nm ve 365,18 g/kWh değerlerini almaktadır. Deney motoru ile kıyaslandığında, daha büyük silindir hacmi ve sıkıştırma oranı değerine sahip EX 13D modelinin moment ve güç değerlerinin beklenildiği gibi deney motorunun moment ve güç değerlerinden (1800 rpm'de sırasıyla 0,67 kW ve 3,55 Nm) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Deney motorunun özgül yakıt tüketimi (1800 rpm'de 364,24 g/kWh) EX 13D modelinin özgül yakıt tüketimi değerine çok yakındır. Bunun sebebi olarak seçilen süpürme yöntemi ve buna bağlı olarak dolgu kaçağı olayının azaltılması söylenebilir. Deney motoru ters-doğru akışlı süpürme yöntemine, EX 13D modeli ise karşı akışlı tip süpürme yöntemine sahiptir. İki zamanlı motorlar arasında dolgu kaçağı olayının en az meydana geldiği ve buna bağlı

olarak yakıt tüketiminin en düşük olduğu süpürme yönteminin doğru akışlı ve ters-doğru akışlı tip süpürme yöntemleri olduğu bilinmektedir (Savioli et al 2017).



Şekil 6. 2 zamanlı EX13D motorunun motor gücü, momenti ve özgül yakıt tüketiminin motor hızı ile değişimi [Alahmer et al 2016]

### 3.1.2 Deney Motorunun Performansının Dört Zamanlı Bir Motorun Performansı İle Karşılaştırılması

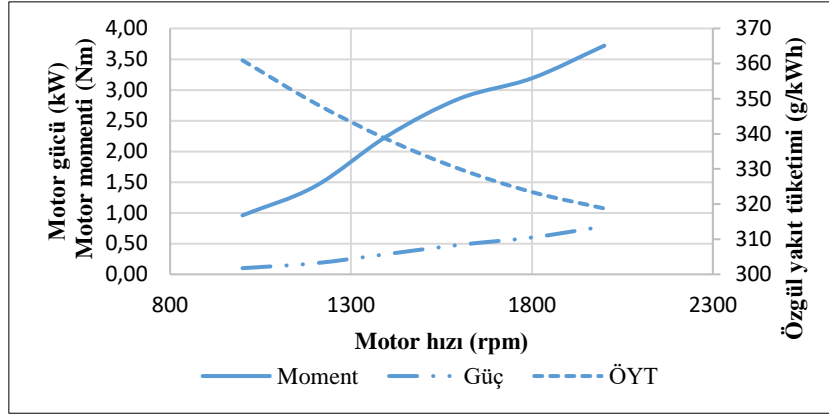
HONDA firması tarafından üretilen ve deney motoruyla aynı ana boyutlara sahip, dört zamanlı benzinli GX100 modelinin teknik özellikleri Çizelge 4'te verilmiştir. Bu motorun motor hızına bağlı moment, güç ve özgül yakıt tüketimi grafikleri Şekil 7'de görülmektedir.

Çizelge 4. Dört zamanlı HONDA-GX100 motorunun teknik özellikleri [Anh et al 2013]

<b>Motor tipi</b>	Dört zamanlı, tek silindirli, benzinli motor
<b>Yakıt sistemi</b>	Karbüratör
<b>Çap x kurs (mm)</b>	50 x 49,5
<b>Silindir hacmi</b>	97 cm <sup>3</sup>
<b>Sıkıştırma oranı</b>	7:1

Şekil 7'de görüldüğü gibi HONDA firmasının ürettiği GX100 modelinin motor gücü, momenti ve özgül yakıt tüketimi 1800 rpm'de sırasıyla 0,60 kW, 3,19 Nm ve 323,43 g/kWh değerlerini almıştır. Deney motoru ile kıyaslandığında aynı ana boyutlara sahip GX100 modelinin moment ve güç değerlerinin deney motorunun moment ve güç değerlerinden (1800 rpm'de sırasıyla 0,67 kW, 3,55 Nm) daha düşük değerler aldığı görülmektedir. Bunun sebebi olarak deney motorunun her devirde bir iş yapmasının bir avantajı olduğu söylenebilir. Deney motorunun özgül yakıt tüketimi (1800 rpm'de 364,24 g/kWh) GX100 modelinin özgül yakıt tüketimi değerinden daha yüksek bir değer

almıştır. Bunun sebebi iki zamanlı motorlarda dolgu kaçağı olarak isimlendirilen ve silindire alınan karışımın bir kısmının yanmadan egzoz portundan dışarı atılması olayıdır.



Şekil 7. 4 zamanlı HONDA-GX100 motorunun motor gücü, momenti ve özgül yakıt tüketiminin motor hızı ile değişimi [Anh et al 2013]

### 3.2 Süpürme İşlemi

İki zamanlı motorlarda süpürme işlemini tanımlamak için süpürme verimi, dolgu tutma verimi ve dağıtım oranı gibi parametreler kullanılmaktadır (Liu et al 2016). Süpürme verimi Eşitlik 2’de görüldüğü gibi silindire alınan taze karışım kütlelerinin (süpürme karışımı) referans kütleyle oranıdır. Referans kütle, silindir hacmi ile giriş havası yoğunluğunun çarpımı ile bulunabilir (Ghazikhani et al 2014).

$$\eta_{sc} = \frac{m_s}{m_R} \quad (2)$$

Burada;

- $\eta_{sc}$  : Süpürme verimi (%)
- $m_s$  : Silindire her çevrimde alınan karışım kütlesi (kg)
- $m_R$  : Referans kütle (kg)

Dolgu tutma verimi, silindire verilen karışımın fraksiyonunu göstermektedir. Silindirden atılan dolgu miktarının, silindire alınan dolgu miktarına oranı olarak da tanımlanmaktadır. Egzoz gaz analizörünün kullanılmasıyla Eşitlik 3 yardımı ile bulunabilir (Carlucci et al 2015).

$$\eta_{tr} = 1 - \frac{[O_2]_{eg}}{[O_2]_{atm}} \quad (3)$$



Burada;

$\eta_{tr}$  : Dolgu tutma verimi (%)

$[O_2]_{eg}$  : Egzoz gazları içindeki oksijen konsantrasyonu (%)

$[O_2]_{atm}$  : Giriş havası içindeki oksijen konsantrasyonu (%)

Dağıtım oranı, Eşitlik 4’de görüldüğü gibi süpürme veriminin dolgu tutma verimine oranından bulunabilir (Carlucci et al 2015).

$$\Lambda = \frac{\eta_{sc}}{\eta_{tr}} \quad (4)$$

Burada;

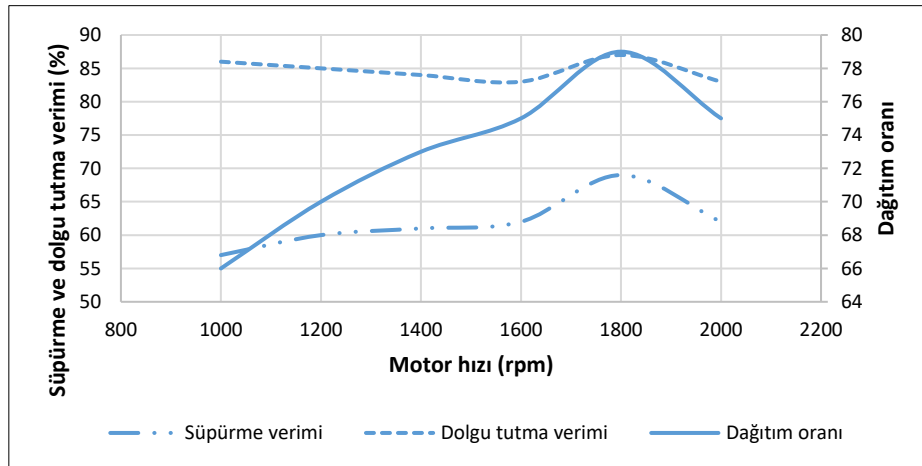
$\Lambda$  : Dağıtım oranı

$\eta_{sc}$  : Süpürme verimi (%)

$\eta_{tr}$  : Dolgu tutma verimi (%)

Şekil 8’de süpürme verimi, dolgu tutma verimi ve dağıtım oranının motor hızı ile değişimi görülmektedir.

İki zamanlı doğru akışlı ve ters-doğru akışlı motorlarda, dağıtım oranının 1’den küçüktür ve yakıtla havanın tam karıştığı durumlarda süpürme verimi %60 ila %90 aralığındadır (Carlucci et al 2015). Deney motorunda ise süpürme veriminin maksimum değeri, 1800 rpm’de 0,78’lik dağıtım oranı değeri için %69 değerini almıştır.



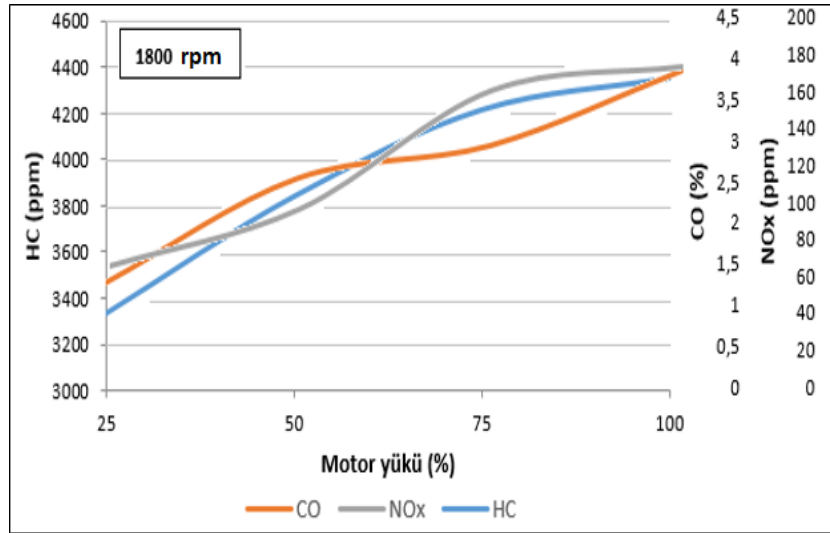
Şekil 8. Dağıtım oranı, süpürme verimi ve dolgu tutma veriminin motor hızı ile değişimi

#### 4. Egzoz Emisyonları

Bu bölümde deney motoru, egzoz emisyonlarının belirlenmesi amacıyla ideal ateşleme avansında, 1800 rpm'lik sabit motor devrinde ve dört farklı motor yükünde (%25, %50, %75 ve %100) çalıştırılmıştır. Deneyler sonucunda motor yüküne bağlı olarak HC, CO ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının değişimleri Şekil 9'da görülmektedir.

Düşük yük şartlarında motor fakir karışımla çalıştığından, silindir içinde yanma işleminin tamamlanması için yeterli oksijen bulunmakta ve HC emisyonu düşük değerler almaktadır. Yük artırıldıkça karışımın zenginleşmesi ve cidarlarda biriken yakıt miktarının artması HC emisyonlarında artış görülmesine neden olmaktadır. Şekil 9'da görüldüğü gibi HC emisyonu 1800 rpm'de tam yükte 4356 ppm olarak ölçülmüştür. İki zamanlı motorlarda ise buna ek olarak süpürme işlemi boyunca meydana gelen dolgu kaçağı olayı hidrokarbon emisyonu oluşumuna neden olmaktadır.

Karbonmonoksit (CO) emisyonu, yanmanın tamamlanması için yeteri kadar zamanın bulunamaması ya da yakıtın tamamen yanabilmesi için hava-yakıt karışımının içerisinde gerekli miktarda havanın bulunamaması sonucu oluşan bir eksik yanma ürünüdür. Şekil 9'da görüldüğü gibi motor yükünün artışı ile karışım zenginleşmekte ve yanma yetersiz oksijen ortamı içinde olduğundan yakıttaki karbonun tümü karbondioksit dönüşemeyerek bir kısmı karbonmonoksidi oluşturmaktadır. Ayrıca motor yükünün artması ile yanma süresinin kısalması da CO emisyonunun artışına neden olmaktadır. Şekil 9'da görüldüğü gibi CO emisyonu tam yükte % 4,16 değerini almıştır.



Şekil 9. HC, CO ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının motor yükü ile değişimi

İki zamanlı motorlarda silindir içinde bir önceki çevrimden kalan art gaz miktarının fazlalığı NO<sub>x</sub> emisyonunu azaltıcı yönde etki etmektedir. Art gazlar karışıma seyreltici olarak etki ederler ve art gaz miktarının artmasıyla yanma sonu sıcaklıkları düşmektedir. Sonuç olarak art gaz miktarının artması NO<sub>x</sub> emisyonları azaltmaktadır. Şekil 9'da görüldüğü gibi motor yükünün artışı ile silindir içi gaz sıcaklıkları artmakta ve buna bağlı

olarak azot oksit emisyonları da artmaktadır. Şekil 9’da görüldüğü gibi NO<sub>x</sub> emisyonu 1800 rpm’de tam yükte 179 ppm olarak ölçülmüştür.

Yük arttıkça CO, HC ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının artış göstermesindeki neden olarak gösterilen egzoz gazları içindeki oksijen yüzdeleri, 1800 rpm sabit motor devrinde dört farklı motor yükü (%25, %50, %75 ve %100 ) için sırasıyla %0,38, %0,23, %0,17 ve %0,08 olarak ölçülmüştür.

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada, piyasada kullanılması mümkün olabilecek 97 cm<sup>3</sup>’lük iki zamanlı ters-doğru akışlı, karbüratörlü, buji ile ateşlemeli bir motorun performansı ortaya konulmuştur. Çalışmada şu sonuçlara varılmıştır;

- Motor gücü 1800 rpm’de teorik analiz sonuçlarına göre 0,71 kW olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre 0,67 kW olarak ölçülmüştür. Motor momenti ise 1800 rpm’de teorik analiz sonuçlarına göre 3,78 Nm olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre 3,55 Nm olarak ölçülmüştür. Teorik analiz sonuçları ile deneysel sonuçlar uyuşmaktadır.
- Özgül yakıt tüketiminin teorik ve deneysel sonuçların en çok yakınsadığı 1800 rpm’de teorik analiz sonuçlarına göre 361,38 g/kWh olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre 364,24 g/kWh olarak ölçülmüştür. Efektif verim ise 1800 rpm’de teorik analiz sonuçlarına %22,64 olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre %22,46 olarak ölçülmüştür. Teorik analiz sonuçları ile deneysel sonuçlar uyuşmaktadır.
- Deneysel motorunun moment ve güç değerleri, aynı ana boyutlara sahip dört zamanlı bir motorun moment ve güç değerlerinden daha yüksek değerler almıştır. Deneysel motorunun özgül yakıt tüketimi değeri ise özellikle süpürme işlemi boyunca meydana gelen dolgu kaçağı olayından dolayı aynı ana boyutlara sahip dört zamanlı bir motorun özgül yakıt tüketimi değerinden daha yüksektir.
- 1800 rpm’de ve tam yükte, deneysel motorunun HC emisyonu 4356 ppm, CO emisyonu % 4.16 ve NO<sub>x</sub> emisyonu 179 ppm olarak ölçülmüştür.

## Teşekkür

Bu deneysel çalışma TÜBİTAK tarafından 113M788 No’lu proje ile desteklenmiştir.

## Kaynakça

1. Alahmer, A. and Aladayleh, W., (2016). “Effect two grades of octane numbers on the performance, exhaust and acoustic emissions of spark ignition engine”, Fuel, 180, 80-89
2. Anh, T., Duc, T., Thu, H. and Van, T., (2013). “Improving performance and reducing pollution emissions of a carburetor gasoline engine by adding HHO gas into the intake manifold”, SAE Technical Paper, 2013-01-0104

3. Andrawi, A., M., Aziz, A., A., Said, M., F., M. and Latiff, Z., A., (2014). An Experimental Study On The Influence Of EGR Rate and Fuel Octane Number On The Combustion Characteristics Of A CAI Two-Stroke Cycle Engine, *Applied Thermal Engineering*, 71, 248-258
4. Bosman, C.B. and Goldsborough, S., 2008, Developing A 10 cc Single-Valve, Reverse Uniflow, 2S Engine, SAE, Paper No: 2008-01-0953
5. Carlucci, A. P., Ficarella, A., Laforgia, D. and Renna, A., (2015). “Supercharging system behavior for high altitude operation of an aircraft 2-stroke diesel engine”, *Energy Conversion and Management*, 101, 470-480
6. Carlucci, A. P., Ficarella, A., Laforgia, D. and Longo, M., (2015). “An easy and inexpensive to estimate the trapping efficiency of a two stroke engine”, *Energy Procedia*, 82, 17-22
7. Ghazikhani, M., Hatammi, M., Safaria, B. and Ganji, D. D., (2014). “Experimental investigation of exhaust temperature and delivery ratio effect on emissions and performance of a gasoline–ethanol two-stroke engine”, *Case Studies in Thermal Engineering*, 2, 82-90
8. Holman J.P., (1971). *Experimental Methods for Engineers*, McGrawHill Book Company, New York, 37-52
9. Johnson, M.V. and Goldsborough, S.S., (2008) A small-Scale Flow Rig for Swirl Studies of A Single-Valve, Reverse Uniflow 2S Engine, SAE, Paper No: 2008-01-0609
10. Junpei, K. and Yasuo, M., (2004) Performance Tests of Reverse-Uniflow Type 2-Stroke Direct Injection Gasoline Engine. World Automotive Congress. Spain
11. Liu, Y., Zhang, F., Zhao, Z., Dong, Y., Ma, F. and Zhang, S., (2016). “Study on the synthetic scavenging model validation method of opposed-piston two-stroke diesel engine”, *Applied Thermal Engineering*, 104, 184-192
12. Moriyoshi, Y., Kukuchi, K., Morikawa, K. and Takimoto, H., (2001). Numerical Analysis of Mixture Preparation in a Reverse Uniflow-Type Two-Stroke Gasoline DI Engine, SAE, Paper No: 2001-01-1815
13. Moriyoshi, Y., Kukuchi, K., Morikawa, K. and Takimoto, H., (2001). Development and Evaluation of A Reverse Uniflow-Type Two-Stroke Gasoline DI Engine, SAE, Paper No: 2001-01-1839
14. Moriyoshi, Y., Morikawa, K. and Takimoto, H., (2002). Analysis of a Mixture Formation Process In A Reverse Uniflow-Type Two-Stroke Gasoline DI Engine, SAE, Paper No: 2002-32-1774
15. Moriyoshi, Y., Arai, M., Katsuta, J. and Morikawa, K., (2004). Performance Tests of Reverse-Uniflow Type 2-Stroke Direct Injection Gasoline Engine, SAE, Paper No: 2004-32-0040
16. Moriyoshi, Y., Arai, M., Katsuta, J. and Morikawa, K., (2004). Performance Analysis of Reverse-Uniflow Type 2-Stroke Direct Injection Gasoline Engine, SAE, Paper No: 2004-08-0088

- 17.** Omidi Kashani, B., (2004). The Improvement Of Combustion Process and Reduction Of Unburned Hydrocarbon Emission In A Two-Stroke Motorcycle, Iranian Journal of science & Technology, Transaction B: Engineering, 28, 505-508
- 18.** Payri, F., Galindo, J., Climent, H., Pastor, J.M. and Gaia, C., (2001). Optimisation Of The Scavenging And Injection Processes Of An Air-Assisted Direct Fuel Injection 50cc 2-Stroke S.I. Engine By Means Of Modeling, SAE, Paper No: 2001-01-1814
- 19.** Savioli, T., Zardin, B., and Borghi, M., (2017). “Development of a 2-Stroke GDI Engine”, Energy Procedia, 126, 1091-1098
- 20.** Tribotte, P., Ravet, F., Dugue, V., Obernesser and P., Quechon, N., (2012). Two Strokes Diesel Engine –Promising Solution to Reduce CO2 Emissions, Procedia – Social and Behavioral Sciences, 48, 2295-2314