

# FUZEL YAĞI BENZİN KARIŞIMLARININ BUJİ İLE ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA PERFORMANS VE EMİSYONLARA ETKİSİ

Yakup İÇİNGÜR\*, Alper CALAM\*\*

\*Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, 06500 Teknikokullar/ANKARA

\*\*Gazi Üniversitesi Atatürk Meslek Yüksek Okulu, Otomotiv Teknolojisi Programı, Çubuk Kampüsü/ANKARA  
[icingur@gazi.edu.tr](mailto:icingur@gazi.edu.tr), [acalam@gazi.edu.tr](mailto:acalam@gazi.edu.tr)

(Geliş/Received: 21.03.2011; Kabul/Accepted: 14.12.2011)

## ÖZET

Artan enerji ihtiyacı ve çevre kirliliği nedeniyle, buji ile ateşlemeli motorlarda etanol, metanol, doğal gaz, hidrojen ve LPG gibi alternatif yakıtlar kullanılmaktadır. Biyokütle kaynaklarından üretilen alkoller yüksek oktan sayıları nedeniyle alternatif yakıtlar içinde önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada kurşunsuz benzin ve fuzel yağı karışımlarının buji ile ateşlemeli bir motorda motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel dört zamanlı, tek silindirli, enjeksiyonlu ve buji ile ateşlemeli motorda tam yük şartlarında gerçekleştirilmiştir. Değişik motor hızlarında ve maksimum motor momentini veren ateşleme zamanında yapılan deneylerde, fuzel yağı ilavesi ile motor momentinde artış olmuş ve en yüksek artış F30 yakıtı ile %3,4 olarak elde edilmiştir. Bütün motor hızlarında özgül yakıt tüketimi, karışımdaki fuzel yağı miktarına bağlı olarak artış göstermiştir. En yüksek artış F30 yakıtı ile %7,7 olarak elde edilmiştir. Azot oksit (NO<sub>x</sub>) emisyonları karışımlardaki fuzel yağı miktarına bağlı olarak azalırken, hidrokarbon (HC) ve karbon monoksit (CO) emisyonları artış göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fuzel yağı, motor performansı, egzoz emisyonları, alternatif yakıt.

## THE EFFECTS OF THE BLENDS OF FUSEL OIL AND GASOLINE ON PERFORMANCE AND EMISSIONS IN A SPARK IGNITION ENGINE

### ABSTRACT

Due to the increasing energy demand and environmental pollution, with spark-ignition engines, ethanol, methanol, natural gas, hydrogen and alternative fuels such as LPG is used. Alcohols produced by biomass sources has an important place in alternative fuels because of their high octane number. In this study effects of the unleaded gasoline and fusel oil blends in a spark ignition engine on engine performance and exhaust emissions examined experimentally. Tests were performed at full load conditions with four-stroke, single cylinder, fuel injection type spark ignition engine. The ignition time was set to maximum engine torque position. Experiments were performed at different engine speeds with fusel oil and gasoline blends. It was observed that, the highest increase on engine torque was obtained as %3.4 for F30 blend. Specific fuel consumption of all engine speeds increased depending on the amount of fusel oil in the mixture. The highest increase in specific fuel consumption and 7.7% were obtained in F30. Nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>) emissions decreased depending on the amount of oil blends Fusel, hydrocarbon (HC) and carbon monoxide (CO) emissions have increased.

**Key Words:** Fusel oil, engine performance, exhaust emissions, alternative fuel.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji ihtiyacının artması ve fosil kaynaklı enerjinin giderek azalması alternatif enerji kaynakları üzerindeki araştırmaları hızlandırmıştır. Yine de dünya üzerinde halen fosil kaynaklı yakıtlara bağımlılık oldukça yüksektir. Özellikle içten yanmalı

motorların kullanıldığı taşımacılık, ulaşım gibi sektörler enerji ihtiyacının büyük bölümünü fosil yakıtlardan karşılamaktadırlar. Bu nedenle fosil kaynaklı yakıtların ve yakıt katkılarının geliştirilmesi çalışmaları devam etmektedir.

Benzinin içerisine katkı maddesi konularak vuruntu direncinin ve motor performansının artırılması çalışmaları 1900'ü yılların başlarına dayanmaktadır. Bu yıllarda vuruntu direncinin artırılması için iyot, kurşun tetra etil ve alkol kökenli ürünler denenmiştir. İyotun motorda korozyona sebebiyet vermesi, kurşun tetra etilin de çevreye zararlı etkilerinden dolayı yasaklanması ilginin alkoller üzerine yoğunlaşmasına sebep olmuştur [1,2].

Etanol-benzin karışımından oluşan yakıtın motor momentinde artış sağlaması ve bunun yanında içerisinde bulunan oksijenin tepkimeye girerek CO ve HC emisyonlarını azaltması bu yakıtın kullanılabilirliğini giderek arttırmaktadır (3-6). Ayrıca white spirit, terebentin gibi maddelerin benzine katkı maddesi olarak kullanılabilirliği çeşitli çalışmalarda araştırılmıştır [7-11].

Fuzel yağı, etil alkol üretim proseslerinde destilasyon işlemi sırasında yan ürün olarak elde edilmektedir. Bir çok ülkede fabrikaların enerji ihtiyacının bir kısmını karşılamakta kullanılan fuzel yağının rengi sarı ile koyu kahverengi arasında değişmektedir ve keskin bir kokuya sahiptir [12,13]. Fuzel yağı ile ilgili çalışmalar genellikle amil alkol elde edilmesi ve izoamil asetat üretimi üzerinde yoğunlaşmıştır [14].

Fuzel yağının bileşimi ve miktarı, fermentasyonla alkol üretim prosesinde kullanılan karbon kaynağının türü ve hazırlanma metodu ile fuzel yağının fermentasyon karışımından ayırma yöntemine bağlı olarak değişmektedir. Fuzel yağı, başlıca düşük molekül ağırlıklı alkoller (i-amil alkol başta olmak üzere i-bütil alkol, n-propil alkol, n-bütil alkol, etil alkol ve n-amil alkol), az miktarda su ve eser miktarda aldehitler, serbest asitler ve onların esterleri, yüksek

alkoller, terpenlerden oluşmaktadır [15]. Fuzel yağı bileşiminin fiziksel özellikleri Tablo 1'de görülmektedir.

Literatürde fuzel yağı ile ilgili ilk çalışma, Wetherill tarafından 1853 yılında gerçekleştirilmiştir [14-17]. Bu tarihten sonra fuzel yağı ile ilgili fazla çalışma yapılmadığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda genellikle fuzel yağının zararlı etkileri, alkollü içeceklerdeki fuzel yağı azaltma yöntemleri, alkollü içeceklerdeki fuzel yağı ve etanolün HPLC ile analizi, fuzel yağının dehidrasyonu, fuzel yağından yağlayıcı üretimi üzerine incelemeler yapılmıştır [18-23]. Fuzel yağının alternatif yakıt olarak değerlendirilmesiyle ilgili 2005 yılında Salis ve arkadaşları tarafından fuzel yağından biyodizel üretimi konusunda bir çalışma yapılmıştır [24]. Bunun dışında içten yanmalı motorlarda kullanılabilirliğinin araştırılması konusunda bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Ülkemizde, her 100 litre etil alkol üretimine karşılık 0,4-0,7 litre fuzel yağı açığa çıkmaktadır. 2006 yılı içinde üretilecek saf etil alkol miktarı 7,2 milyon litre, 2007 yılı için ise taleplere göre değişmek üzere 8 milyon litre olarak planlanmıştır. Sadece 2006 yılı için 28800-50400 litre fuzel yağı elde edildiği ve bu ürünün ülkemizde etkin olarak değerlendirilemediği dikkate alınırsa ortaya çıkacak kirliliğin boyutları önemli olmaktadır [14].

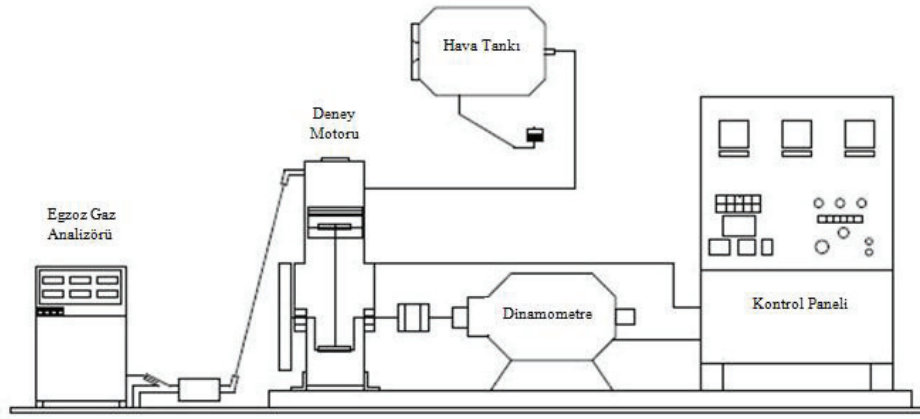
Bu çalışmada, buji ile ateşlemeli bir motorda petrol kökenli yakıt olan kurşunsuz benzine alternatif bir enerji kaynağı olarak, etanol üretim proseslerinden yan ürün olarak elde edilen fuzel yağı eklenmesinin, motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi araştırılmıştır.

**Tablo 1.** Fuzel yağı bileşiminin özellikleri [16]. (Properties for fusel oil composition)

Bileşen	Kimyasal Formülü	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Kaynama Noktası (°C)	Donma Noktası (°C)	% Hacimsel	% Kütleli
<b>i-amil alkol</b>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	88,148	0,8104	131,1	-117,2	63,93	61,52
<b>i-bütil alkol</b>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74,122	0,802	108	-108	16,66	15,87
<b>n-bütil alkol</b>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74,122	0,8098	117,73	-89,5	0,736	0,708
<b>n-propil alkol</b>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	60,09	0,8034	97,1	-126,5	0,738	0,704
<b>etanol</b>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	46,07	0,789	78,4	-114,3	9,58	8,98
<b>su</b>	H <sub>2</sub> O	18	1	100	0	10,3	12,23

**Tablo 2.** Deney yakıtlarının özellikleri (The properties of test fuels)

	Test Standardı	Kurşunsuz Benzin	Fuzel Yağı	F10	F20	F30
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	ASTM D4052	745	849	754	759	766
Alt ısı değeri (kJ/kg)	ASTM D240	43580	29514	42681	42124	41794
Motor oktan sayısı	ASTM D2700	86,51	103,61	87,08	87,09	87,1
Araştırma oktan sayısı	ASTM D2699	96,33	106,82	97,8	97,84	98,3
Donma noktası(°C)	ASTM D6749	-53	<-50	<-50	<-50	<-50

**Şekil 1.** Deney düzeneğinin genel görünüşü (The layout of test bench)

## 2. MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHOD)

### 2.1 Deney Yakıtları (Test Fuels)

Bu çalışmada kullanılan fuzel yağı, %99,5 saflıkta etil alkol üretimi yapan Eskişehir Şeker Fabrikası Alkol Ünitesi'nden temin edilmiştir. Kurşunsuz benzin ve fuzel yağından üç farklı oranda yakıt karışımı hazırlanmıştır. Bunlar F10 (%10 fuzel yağı + %90 kurşunsuz benzin), F20 (%20 fuzel yağı + %80 kurşunsuz benzin), ve F30 (%30 fuzel yağı + %70 kurşunsuz benzin)'dir. Kurşunsuz benzin, fuzel yağı ve yakıt karışımlarının çeşitli özellikleri Çukurova Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Yakıt Analiz Laboratuvarı'nda belirlenmiştir ve bu özellikler Tablo 2'de görülmektedir. Hazırlanan yakıt karışımları oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiş ve herhangi bir faz ayrışması görülmemiştir. Gerçekleştirilen deneylerde yakıt sistemi, kullanılacak yeni yakıt ile bir önceki yakıttan temizlenmiştir.

### 2.2 Deney Prosedürü (Test Procedure)

Deney düzeneği; Hydra marka, dört zamanlı, tek silindirli, buji ile ateşlemeli ve enjeksiyonlu tip yakıt sistemine sahip bir motordan, McClure marka DC bir dinamometreden ve Sun MGA1500 egzoz gaz analizöründen meydana gelmektedir. Deney düzeneği Şekil 1'de görülmektedir.

Deneylerde kullanılan motorun teknik özellikleri Tablo 3'te görülmektedir. Deneyler, motorun sıkıştırma oranının 11:1 konumunda gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 3.** Deney motorunun teknik özellikleri (Technical specifications for test engine)

Markası	Hydra
Silindir sayısı	1
Çap X Kurs	80,26 X 88,9 (mm)
Maksimum devir	5400 (devir/dakika)
Maksimum güç	15 (kW)
Sıkıştırma oranı	5/1 – 13/1
Yakıt sistemi	Enjeksiyonlu
Ateşleme zamanı uygulama aralığı	70° ÜÖN'dan önce - 20° ÜÖN'dan sonra

Deneylerde kullanılan Sun MGA1500 marka egzoz gaz analizörü NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> ve HC emisyonlarını ve lamdayı (λ) Tablo 4'te görülen hassasiyetlerde ölçebilmektedir. Deneylere başlamadan önce egzoz gaz analizörü kalibrasyonu ilgili firmaya yaptırılmıştır. Yakıt tüketimini ölçmek için 1g hassasiyetinde 30 kg'a kadar ölçüm yapabilen Dikomsan JS-B marka bir elektronik terazi ve 0,01 s hassasiyetinde Rucanor marka kronometre kullanılmıştır.

**Tablo 4.** Egzoz gaz analizörü ölçüm aralıkları  
(The measurement range for the exhaust gas analyzer)

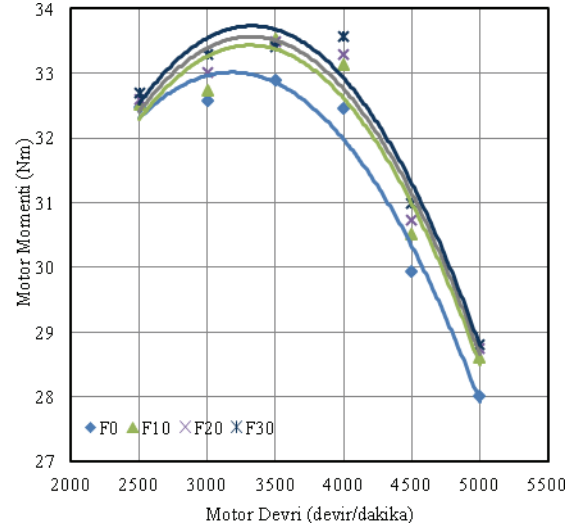
Parametre	Ölçme Aralığı	Hassasiyet
CO	0 - 14 %	0,001 %
HC	0 - 9999 ppm	1 ppm
NO <sub>x</sub>	0 - 5000 ppm	1 ppm
CO <sub>2</sub>	0 - 18 %	0,1 %
O <sub>2</sub>	0 - 25 %	0,01 %
$\lambda$	0 - 4	0,001

Deney motoru, veri alma işlemine geçmeden önce deney yakıtıyla, motor çalışma sıcaklığına gelinceye kadar çalıştırılmıştır. Deneyler, tam yük şartlarında, maksimum motor momentini veren ateşleme avansında, 2500-5000 dev/dak motor hızları aralığında 500 dev/dak artışlarla gerçekleştirilmiştir. Bu motor hızlarında kurşunsuz benzin (F0), F10, F20 ve F30 yakıtlarının performans ve emisyon testleri gerçekleştirilmiştir. Düşük motor hızlarında (1500 ve 2000 dev/dak) vuruntu sebebiyle ölçüm yapılamamıştır. Deneylerde, motor momentini, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları (CO, HC ve NO<sub>x</sub>) ölçülmüştür. Her bir motor devrinde gerçekleştirilen deneylerde, motor momentinin ve egzoz emisyonlarının sabitlenme eğilimi göstermesi için beklenerek veriler kaydedilmiştir. Tüm deneyler stokiyometrik hava/yakıt oranında yapılmıştır.

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

#### 3.1. Motor Momenti (The Engine Torque)

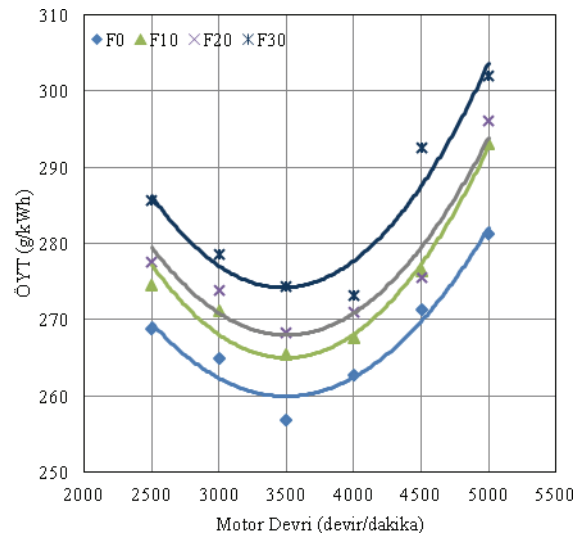
Fuzel yağı-kurşunsuz benzin karışımlarının (%10, %20 ve %30) kurşunsuz benzine (F0) göre, motorun 2500-5000 devir/dakika hızlarındaki motor momentini değişimleri Şekil 2'de görülmektedir. Tüm motor hızlarında fuzel katkılı yakıtların moment değerleri kurşunsuz benzine göre daha yüksek ölçülmüştür. Kurşunsuz benzine fuzel yağı ilave edilmesiyle elde edilen yakıtların alt ısıl değerlerinin daha düşük olmasına rağmen motor momentinde artış gerçekleşmiştir. Bu durumun sebebi fuzel yağının içerisindeki oksijen nedeniyle yanmanın daha iyi olarak gerçekleşmesidir. Ayrıca aynı silindir hacmi için kurşunsuz benzine göre fuzel karışimli yakıtlarda yakıtın yoğunluğuna bağlı olarak daha fazla yakıt püskürtülmektedir. Bu durum motor momentinin ve efektif gücün artmasına neden olmaktadır. Bununla beraber fuzel karışimli yakıtların kurşunsuz benzine göre buharlaşma gizli ısısının yüksek olması volümetrik verimi arttırmaktadır. Silindir dolgununun artışı motor momentini ve efektif gücü direkt olarak etkilemektedir. F0 yakıtına göre tüm motor hızları için ortalama artış F10 yakıtında %1,44, F20 yakıtında %1,86 ve F30 yakıtında %2,32 olarak gerçekleşmiştir.



**Şekil 2.** Motor momentinin motor hızına bağlı değişimi (The changing of engine torque depend on engine speed)

#### 3.2. Özgül Yakıt Tüketimi (Specific Fuel Consumption)

Özgül yakıt tüketiminin belirlenebilmesi için, deney motorunun deneyler sırasında kararlı bir çalışma haline gelmesi beklenmiş ve yakıt tüketimi ölçülerek özgül yakıt tüketimi (ÖYT) değerleri hesaplanmıştır. Yakıt tüketimi için bir terazi ve kronometre kullanılmıştır. Şekil 3'te deney yakıtlarının motor hızına bağlı olarak özgül yakıt tüketimi değişimleri görülmektedir. Bir motorun ÖYT'ni birinci derecede etkileyen en önemli parametre yakıtın alt ısıl değeridir. Deney motorunda herhangi bir değişiklik yapılmadan kullanılan fuzel yağı-kurşunsuz benzin karışımlarının ÖYT'i, F0 yakıtına göre, karışımlardaki fuzel yağı miktarının artışına bağlı olarak artış göstermiştir.



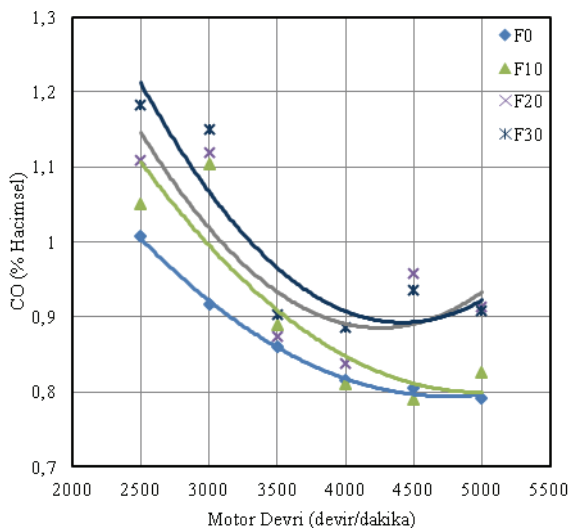
**Şekil 3.** ÖYT'nin motor hızına bağlı değişimi (The changing of specific fuel consumption depend on engine speed)

Fuzel yağının alt ısıl değeri yaklaşık olarak kurşunsuz benzininkinden %30 daha azdır. Kurşunsuz benzine göre fuzel karışimli yakıtlar daha düşük alt ısıl değere sahip olmalarına rağmen aynı miktarda güç üretmelidirler. Bu nedenle fuzel yağı kurşunsuz benzin içeren karışım yakıtlarının ÖYT değerleri F0 yakıtına göre artmaktadır. Bu artış F0 yakıtına göre tüm motor hızları için ortalama olarak F10 yakıtında %2,65, F20 yakıtında %3,43 ve F30 yakıtında %6,1 olarak gerçekleşmiştir.

### 3.3. Egzoz Emisyonları (Exhaust Emissions)

#### 3.3.1. Karbon monoksit (CO) (Carbon monoxide)

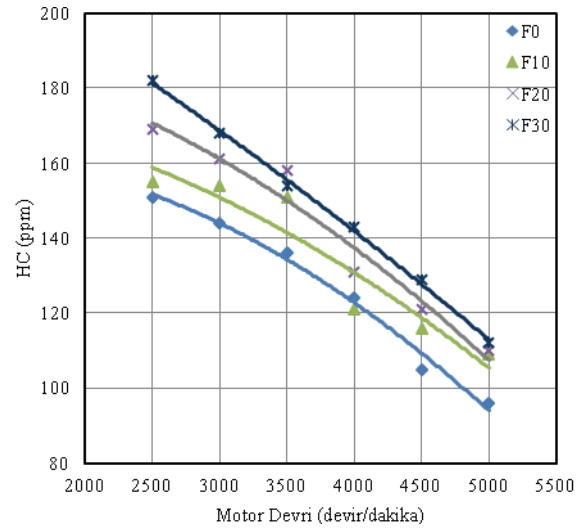
Şekil 4'te CO emisyonlarının motor hızına bağlı olarak değişimi görülmektedir. CO emisyonu konsantrasyonu, büyük ölçüde motor çalışma durumuna ve hava/yakıt oranının durumuna bağlıdır. CO emisyonları, silindir içerisinde yanma için yeterli sürenin bulunmaması nedeniyle eksik yanmadan ve zengin hava/yakıt karışımlarında silindir içerisinde tam yanmayı gerçekleştirecek miktarda yeterince oksijen bulunmaması durumlarında açığa çıkmaktadır. CO emisyonu deneyler esnasında hava/yakıt oranında meydana gelen küçük değişikliklerden oldukça etkilenmektedir, bu nedenle ölçüm değerleri motorun kararlı çalışması durumunda hızlı bir şekilde kaydedilmiştir. CO emisyonları F0 yakıtına göre, yakıt karışımlarındaki fuzel yağı miktarındaki artışa bağlı olarak artış göstermiştir. Bu durum fuzel yağının yanma safhalarını kötüleştirmesinden dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu artış tüm motor hızlarında ortalama olarak F0 yakıtına göre F10 yakıtında %4,97, F20 yakıtında %11,84 ve F30 yakıtında %14,6 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4. CO emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi (The changing of CO emissions as a function of engine speed)

#### 3.3.2. Hidrokarbon (HC) (Hydrocarbon)

Silindir içerisindeki ısı kayıpları nedeniyle soğuk cidarlara ulaşan alevin sönmesi, oksijen miktarının veya zamanın yetersiz olması sonucu yanmanın tamamlanamaması egzoz gazları içerisinde HC bulunmasına neden olmaktadır. Ayrıca silindir içerisinde homojen bir karışımın sağlanamaması, bölgesel zengin ve fakir karışımların bulunması da HC emisyonlarını arttırmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmada HC emisyonları F0 yakıtına göre, kullanılan yakıtlardaki fuzel yağı miktarının artışına bağlı olarak tüm motor hızlarında artmıştır. Bu artış tüm motor hızlarında ortalama olarak F0 yakıtına göre en yüksek F30 yakıtında %17,6 olarak gerçekleşmiştir. Şekil 5'te HC emisyonlarının motor hızına bağlı olarak değişimi görülmektedir. Fuzel yağının oluşturan alkollerde oksijenin bulunması volümetrik verimin bir miktar artmasına neden olsa da yanma sonu sıcaklıkların fuzel karışimli yakıtlarda F0 yakıtına göre daha düşük olması HC emisyonlarının artmasına neden olmuştur.

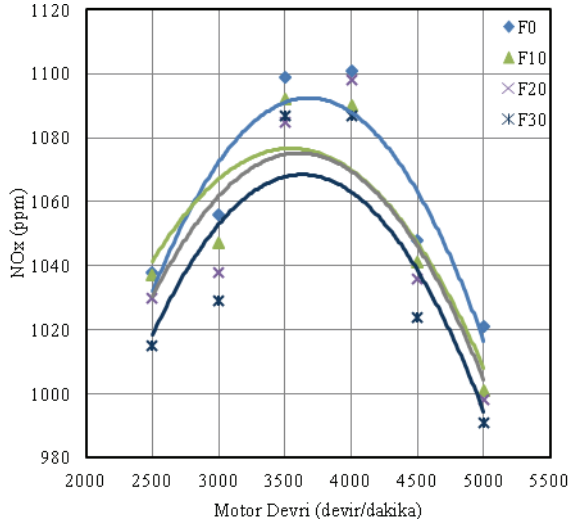


Şekil 5. HC emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi (The changing of HC emissions as a function of engine speed)

#### 3.3.3. Azot oksit (NO<sub>x</sub>) (Nitrogen Oxide)

NO<sub>x</sub>, silindir içi sıcaklıklarına bağlı olarak ortaya çıkan bir egzoz emisyon ürünüdür. NO<sub>x</sub> emisyonları özellikle 1500°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda oluşur. Ayrıca NO<sub>x</sub> oluşumunu etkileyen en önemli ikinci parametre ise silindir içerisindeki oksijen konsantrasyonudur. NO<sub>x</sub> emisyonlarının motor hızına bağlı olarak değişimi şekil 6'da görülmektedir. F0 yakıtına göre fuzel karışimli yakıtların tümünde NO<sub>x</sub> emisyonu azalma göstermiştir. Fuzel yağının oluşturan alkollerin buharlaşma gizli ısılarının yüksek oluşu alev sıcaklığını düşürmektedir ve bu da NO<sub>x</sub> emisyonlarının azalmasına neden olmaktadır. Bu yüzden farklı çalışma koşulları ve karışımlardaki fuzel yağı oranlarına bağlı olarak NO<sub>x</sub> emisyonları

değişebilir. Maksimum motor momentinin elde edildiği motor hızında silindir içi sıcaklığın en yüksek değere ulaşması  $\text{NO}_x$  emisyonunun maksimum seviyeye çıkmasına neden olmuştur.



Şekil 6.  $\text{NO}_x$  emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi (The changing of  $\text{NO}_x$  emissions as a function of engine speed)

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışma, kurşunsuz benzin (F0) ve kurşunsuz benzin-fuzel yağı karışımlarının (F10, F20 ve F30) motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi, tek silindirli, buji ile ateşlemeli, enjeksiyonlu tip yakıt sistemiyle donatılmış bir 4 zamanlı motorda gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar elde edilmiştir;

Fuzel karışımı yakıtların buharlaşma gizli ısılarının kurşunsuz benzinden daha yüksek olması nedeniyle motor momenti bu yakıtlarda bir miktar artış göstermiştir.

Fuzel karışımı yakıtların kurşunsuz benzine göre daha düşük alt ısı değerine sahip olmaları, özgül yakıt tüketimlerinin artmasına neden olmuş ve karışımlardaki fuzel yağı miktarına bağlı olarak artış göstermiştir.

Yanma sonu sıcaklıklarının kurşunsuz benzine göre daha düşük olması nedeniyle fuzel karışımı yakıtların HC emisyonlarında artış gözlenmiştir.

Fuzel karışımı yakıtların buharlaşma gizli ısılarının yüksek olması yanma sonu sıcaklıklarını düşürerek kurşunsuz benzine göre daha düşük  $\text{NO}_x$  emisyonlarının elde edilmesini sağlamıştır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Nadim F., Zack P., Hoag G. E., Liu S., "United States experience with gasoline additives", **Energy Policy**, 29(1): 1-5, 2001.

- Thomas, V.M., "The elimination of lead in gasoline", **Annual Review of Energy and Environment** 20: 301-324 1995.
- Koç, M., Sekmen, Y., Topgöl, T., Yücesu, H.S., "The effects of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine", **Renewable Energy**, 34(10): 2101-2106, 2009.
- Topgöl, T., Yücesu, H.S., Çınar, C., Koca, A., "The effects of ethanol-unleaded gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions", **Renewable Energy**, 31(15): 2534-2542, 2006.
- Hsieh W.-D., Chenb R.-H., Wub T.-L., Lina T.-H., "Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuels", **Atmospheric Environment**, 36: 403-410, 2002.
- Wu, C.W., Chen, R.H., Pu, J.Y., Lin, T.H., "The influence of air-fuel on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline-blended fuels", **Atmospheric Environment**, 38: 7093-7100, 2004.
- Baydır, Ş.A., Aksoy, F., Bayrakçeken, H., Özgören, Y.Ö., "Farklı yük koşullarında buji ile ateşlemeli motora terebentin ilavesinin motor performans ve emisyonlarına etkisi" **5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu**, Karabük, 13-15 Mayıs, 2009.
- Aksoy, F., Baydır, Ş.A., Bayrakçeken, H., "White spirit katkısının motor performans ve emisyonlarına etkisi", **Teknolojik Araştırmalar**, 4: 11-18, 2008.
- Yumrutas R., Alma M. H., Özcan H., Kaşka Ö., "Investigation of purified sulfate turpentine on engine performance and exhaust emission", **Fuel**, 87: 252-259, 2008.
- Karthikeyan, R., Mahalakshmi, N.V., "Performans and Emission characteristics of a turpentine-diesel dual fuel engine", **Energy**, 32: 1202-1209, 2007.
- Butkus, A., Pukalskas, S., Bogdanovicus, Z., "The influence of turpentine additive on the ecological parameters of diesel engines", **Transport**, 22(2): 80-82, 2007.
- Kirk, R.E. ve Othmer, D.F., "Encyclopedia of Chemical Technology," **New York:Wiley**, 2: 709-728, 1992.
- Welsh, F.W. ve Williams, R.E., "Lipase Mediated Production of Flavor and Fragrance Esters from Fusel Oil", **Journal of Food Science**, 54(6): 1565-1568, 1989.
- Güvenç, A., Aydoğan, Ö., Kapucu, N., Mehmetoğlu, Ü., "Fuzel yağından izoamil asetat üretimi", **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 22(4): 801-808 (2007).
- Patil, A.G., Koolwal, S.M., Butala, H.D., "Fusel oil: composition, removal and potential

- utilization”, **International Sugar J.**, 104: 51-58 (2002).
16. Calam, A., “Fuzel yağının buji ile ateşlemeli bir motorda yakıt karışımı olarak kullanılmasının motor performansı ve emisyonlara etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 21-22, (2011).
  17. Wetherill, C.M., “Examination of fusel oil from indian corn and rye”, **Journal of the Franklin Institute**, 55(6): 385-391, 1853.
  18. “The Symptoms of Poisoning by Fusel Oil”, **The Lancet**, 158: No 4070, 606, 1901.
  19. Kunkee, R., Snow, S.R. ve Rous, C., “4374859 Method for reducing fusel oil in alcoholic beverages and yeast strain useful in that method”, **Biotechnology Advances**, 1(1): 148-149, 1983.
  20. Neale, M.E., “Rapid high-performance liquid chromatography method for determination of ethanol and fusel oil in the alcoholic beverage industry”, **Journal of Chromatography**, 447: 443-450, 1988.
  21. Kraetz, L., “Dehydration of alcohol fuels by pervaporation”, **Desalination**, 70: No 1-3, 481-485, 1988.
  22. Vauclair, C., Tarjus, H. ve Schaetzel, P., “Permselective properties of PVA-PAA blended membrane used for dehydration of fusel oil by pervaporation”, **Journal of Membrane Science**, 125(2): 293-301, 1997.
  23. Dörmő, N., Bélafi-Bakó, K., Bartha, L., Ehrenstein, U. ve Gubicza L., “Manufacture of an environmental-safe biolubricant from fusel oil by enzymatic esterification in solvent-free system”, **Biochemical Engineering Journal**, 21(3): 229-234, 2004.
  24. Salis, A., Pinna, M., Monduzzi, M. ve Solinas, V., “Biodiesel production from triolein and short chain alcohols through biocatalysis”, **Journal of Biotechnology**, 119(3): 291-299, 2005.

