

ETANOL-BENZİN KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANSI VE EGZOZ EMİSYONLARINA OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Suat SARIDEMİR¹ Bülent ERYAKALI²

^{1,2} Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Böl., 81620, Düzce, TÜRKİYE

suatsaridemir@duzce.edu.tr

Özet- Motorda yakıt olarak etanol kullanımı, ham petrol tüketimini ve çevre kirliliğini azaltmanın bir yoludur. Etanolün, oktan sayısı, geniş alev alma sınırları, alev hızları ve buharlaşma ısısı benzinden daha yüksektir.

Bu çalışmada kurşunsuz benzin ve etanol-benzin (E0, E20, E30, E40) karışımlarının motor torku, gücü, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarına (CO, CO₂, HC) olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler dört zamanlı, tek silindirli bir motor ile tam yük ve farklı motor devirlerinde yapılmıştır. E0, E20, E30, E40 yakıtlarından elde edilen sonuçlar, benzin ile yapılan test verileri referans alınarak karşılaştırılmıştır. Tork, güç ve özgül yakıt tüketimi (ÖYT) deneysel verilerden yararlanılarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak; motor tork, güç, CO ve HC değerlerinin yakıt karışımları içerisindeki etanol oranına bağlı olarak düştüğü, CO₂ ve özgül yakıt tüketimi değerlerinin ise yakıt karışımları içerisindeki etanol oranına bağlı olarak arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler- SI Motor, Etanol, performans, emisyon.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE ETHANOL-GASOLINE MIXTURE ON THE ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS

Abstract- The use of ethanol as a fuel in engines, is a way of reducing the crude oil consumption and environmental pollution. The octane number, wide flammability range, flame speeds and heat of vaporization of ethanol are higher than gasoline.

In this study, the effects of unleaded gasoline and ethanol-gasoline mixtures (E0, E20, E30, E40) to engine engine torque, power, specific fuel consumption and exhaust emissions (CO, CO₂, HC) were experimentally investigated. Experiments were conducted at full load and different engine speeds with a single-cylinder four stroke engine. The obtained results with E0, E20, E30, E40 fuels were compared with reference gasoline data. Torque, power and specific fuel consumption (SFC) were calculated with experimental data.

Consequently, engine torque, power, CO and HC emissions decreased depending on ethanol ratio in the fuel mixtures and the specific fuel consumption and CO₂ values were increased depending on ethanol ratio in the fuel mixtures.

Key Words- SI Engine, ethanol, performance, emissions.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde fosil kökenli yakıt kullanan araçlar hem şehir alanlarını hem de atmosferi kirleten birer tehlikedir. İçten yanmalı motorlarda kullanılacak yakıtlar, ucuz ve bol miktarda üretilebilmesi, ısı değerlerinin yüksek olması, kolayca depolanabilmesi ve taşınabilmesi, yüksek sıkıştırma oranlarında çalışmaya olanak vermesi ve düşük düzeylerde egzoz emisyonu oluşturması istenir. Yakıt ve otomobil endüstrisi insan sağlığı ve çevre sorunlarının üzerinden teknik, sosyal, politik ve finansal olarak üstesinden gelmek zorundadır. Bununla ilgili olarak biyolojik kökenli yenilenebilir, çevre dostu temiz yakıtlara ihtiyaç vardır. Alkoller otomobilin icat edildiği yıllardan beri motorlarda kullanılmaktadır. Alkollerden sadece metanol ve etanol petrol esaslı olmayan hammaddelerden güncel teknolojiyle pratik olarak üretilmektedir. Etanol yüksek oktan sayısına sahiptir ve tarımsal ürünler gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmektedir. Etanol bu özellikleri nedeniyle buji ateşlemeli motorlar için uygun bir yakıttır ve motorlarda tek başına yada benzine belirli oranlarda katılarak kullanılmaktadır.

Yapılan çalışmalar sonucu, etanolün petrol ile çalışan araç motorlarında herhangi bir katkı maddesine gerek kalmadan başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Bayraktar yaptığı çalışmada, bir buji-ateşlemeli deney motorunda benzin-etanol karışımlarının kullanılmasının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkilerini deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Yakıt içindeki etanol oranı arttıkça CO emisyonunun azaldığı, özgül yakıt tüketiminin arttığı belirtilmiştir [1]. Faroog tarafından yapılan çalışmada, etanol ve etanol-benzin karışımlarının egzoz emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir. CO miktarının karışımdaki etanol miktarının artmasına paralel olarak azaldığı, saf etanol ile çalışmada CO miktarının benzinli çalışmadan düşük olduğu tespit edilmiştir. Karışımda etanol miktarı arttıkça, HC miktarının azaldığı, fakat saf etanol kullanımının HC miktarını arttırdığı ifade edilmiştir. Karışımda etanol yüzdesi arttıkça NO_x emisyonunda azalma görülmüş, en düşük değere saf etanol ile çalışmada ulaşılmıştır [2]. Gautan ve Martin alkol benzin karışımlarının yanma karakteristiklerini incelemiştir. Sonuçlara göre karışımdaki alkol miktarı arttıkça benzinli çalışmaya göre daha iyi vuruntu direnci tespit edilmiştir [3]. Jia ve arkadaşları, dört zamanlı küçük bir motorda etanol-benzin karışımlarının emisyonlara etkisini incelemiştir. Benzinli çalışmaya göre CO ve HC ve NO emisyonlarında azalma elde etmişlerdir [4].

Bu çalışmada kurşunsuz benzin ve etanol-benzin (E0, E20, E30, E40) karışımlarının motor torku, gücü, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarına (CO, CO₂, HC) olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler tam yük altında farklı motor devirlerinde yapılmıştır. Elde edilen veriler kıyaslamalı olarak incelenmiştir.

2. YÖNTEM (METHOD)

Deneylerde yakıt olarak kurşunsuz benzin (E0), %90 kurşunsuz benzin - %10 etanol (E10), %80 kurşunsuz benzin-%20 etanol (E20), %70 kurşunsuz benzin-%30 etanol (E30) ve %60 kurşunsuz benzin-%40 etanol (E40) olarak belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan yakıt

karışımları hacimsel olarak oluşturulmuştur. Kullanılan etanol (Merck) %99 saflıktadır. Benzin ve etanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Benzin, etanol ve metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri (The physical and chemical properties of gasoline and ethanol)

Özellikler	Birim	Kurşunsuz Benzin	Etanol
Kimyasal formülü	-	C ₇ H ₁₇	C ₂ H ₅ OH
Karbon içeriği	% kütleli	85 - 88	52,2
Hidrojen içeriği	% kütleli	12 - 15	13,1
Oksijen içeriği	% kütleli	-	34,7
Yoğunluk (15 °C)	kg/m ³	750,8 ^[10]	809,9
Araştırma oktan sayısı	-	95 ^[10]	108,6
Motor oktan sayısı	-	85 ^[10]	89,7
Ortalama oktan sayısı	-	90	99,15
Alt ısı değeri (Kütleli)	MJ/kg	42,6 ^[11]	26,7
Alt ısı değeri (Hacimsel)	MJ/L	31,98 ^[11]	21,62
Stokiyometrik	-	14,7	9
Hava / Yakıt oranı	-	14,7	9
Buharlaşma gizli ısı	kJ/kg	349 ^[11]	923
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı	°C	257 ^[11]	423
Kaynama noktası	°C	45-207 ^[11]	78

Deneyler tam yük ve farklı devirler (1250 d/d, 1750 d/d, 2250 d/d, 2750 d/d, 3250 d/d, 3750 d/d) altında yapılmıştır. Yakıt karışımlarının motor performansına ve egzoz emisyonlarına olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan motor test düzeneğinde; 4 zamanlı ve tek silindirli hava soğutmalı bir benzinli motor ve 15 kW güç absorbe edebilen bir elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Deney motoruna ait teknik özellikler Tablo 2’de verilmiştir.

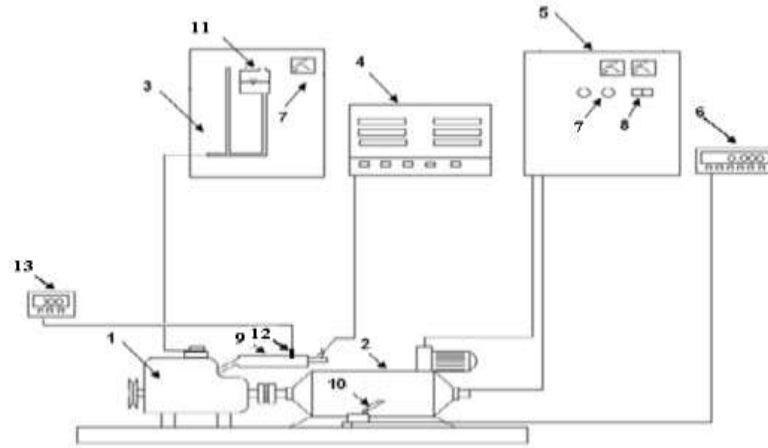
Tablo 2. Deney motorunun teknik özellikleri (The technical specifications of the test engine)

Motorun Markası ve Modeli	Honda GX390
Silindir Sayısı	1
Kurs Hacmi	389 cm ³
Sıkıştırma Oranı	8.0:1
Soğutma Sistemi	Hava Soğutmalı
Maksimum Motor Devri	3600 d/d
Maksimum Motor Gücü	9.6 kW
Maksimum Motor Momenti	2500 d/d’da (27 Nm)

Elektrikli dinamometreye ait teknik özellikler Tablo 3’de ve deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1’de verilmiştir. Deney düzeneği, motor devir ve dinamometreye etki eden kuvveti görüntüleyen dijital göstergeler, 100 ml kapasiteli yakıt tüketimi ölçme büreti ve kontrol panelinden oluşmaktadır.

Tablo 3. Elektrikli dinamometreye ait teknik özellikleri (The technical specifications of the electrical dynamometer)

Markası	Kemsan
Maksimum frenleme gücü	15 kW
Maksimum Devir	6000 d/d
Yük hücresi modeli	Esit STCS 50 model (S tipi)
Yük hücresi kapasitesi	50 kg
Elektrik ihtiyacı	220/380 V. 50 Hz.
Dönüş yönü	Sağa dönüş



1.Motor 2. Elektrikli dinamometre 3. Yakıt ölçüm büreti 4.Egzoz emisyon cihazı 5.Kontrol paneli 6.Hız göstergesi 7. Marş anahtarı 8.Yükleme anahtarı 9. Egzoz borusu 10. Yük sensörü 11. Yakıt deposu 12.Termokupl 13. Sıcaklık göstergesi

Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik görünümü (Schematic view of the experimental setup)

Deneyler 20 °C ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Deneylere başlamadan önce motor 10-15 dakika kadar çalıştırılarak, motor uygun çalışma sıcaklığına getirilmiştir. Tüm deneyler motor yağ sıcaklığı 50 °C'ye ulaşınca aynı şartlar altında yapılmıştır. Her bir deney aynı şartlar altında 3 kere tekrarlanarak, elde edilen verilerin ortalaması alınmıştır. Egzoz emisyonu ölçümü için, K Test marka bir emisyon ölçüm cihazı kullanılmıştır. Egzoz emisyon ölçüm cihazına ait teknik özellikler Tablo 4'te verilmiştir.

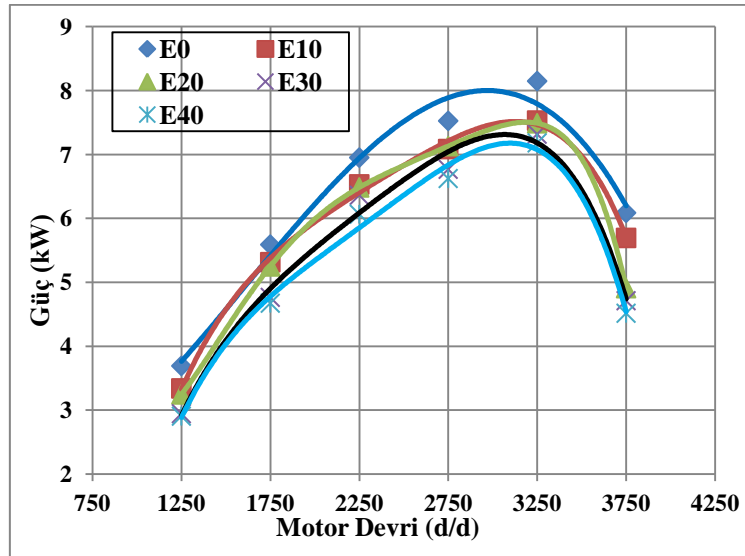
Tablo 4. Emisyon cihazı teknik özellikleri (The technical specifications of the emission device)

Marka	K Test
O ₂ konsantrasyonu (%)	0-25 (%)
CO konsantrasyonu (%)	0-15 (%)
NO _x konsantrasyonu (ppm)	0-5000 (ppm)
HC (ppm)	0-20.000(ppm)
CO ₂ konsantrasyonu (%)	0-20 (%)
OPASİTE %	0 - 99.99
OPASİTE K	0 - 9.99
Lambda	0,5 - 2,0

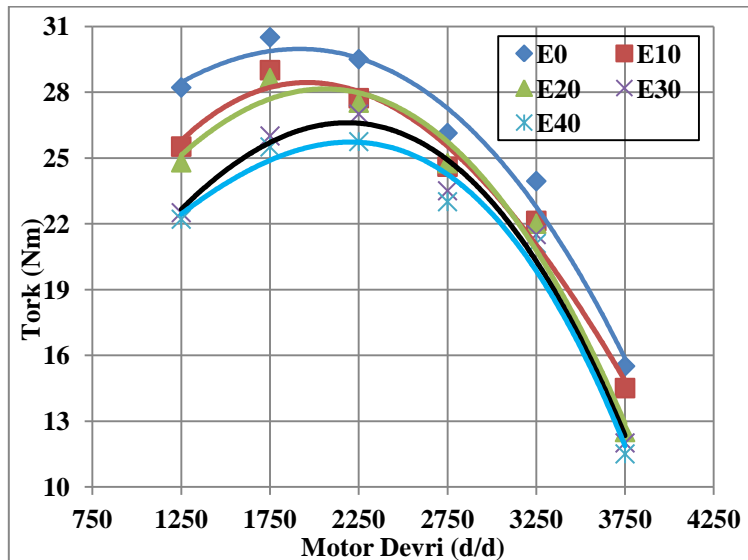
3. BULGULAR (FINDINGS)

3.1. Motor Performans Değerlerinin Değişimleri (Variation of Engine Performance Values)

Motor devir ve yakıt cinsine bağlı olarak güç değişimi Şekil 2’de, moment değişimi ise Şekil 3’de verilmiştir. Şekil 2 ve 3’te görüldüğü gibi, etanol içerikli yakıtların motor güç ve tork değerleri benzine göre daha düşüktür. Motor güç ve tork değerleri, yakıt karışımları içerisindeki etanol oranına bağlı olarak düşmektedir. Bu durum etanolün benzine göre daha düşük alt ısı değere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle etanol içerikli yakıtların yanması esnasında, daha düşük enerji açığa çıkmakta ve motorun iş zamanında daha az enerji üretilmektedir [5].



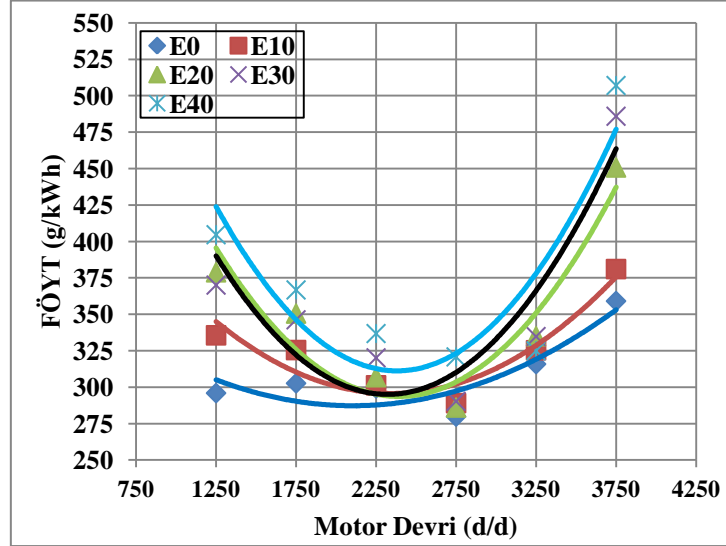
Şekil 2. Yakıt karışımlarının motor gücüne etkisi (The effect of fuel mixture to engine power)



Şekil 3. Yakıt karışımlarının motor torkuna etkisi (The effect of fuel mixture to engine torque)

Şekil 4’te devir ve yakıt cinsine bağlı olarak elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri verilmiştir. Şekil 4’te görüldüğü gibi özgül yakıt tüketimi, yakıt karışımları içerisindeki etanol oranına bağlı olarak artmaktadır. Bu durum etanolün alt ısısının benzine göre daha düşük

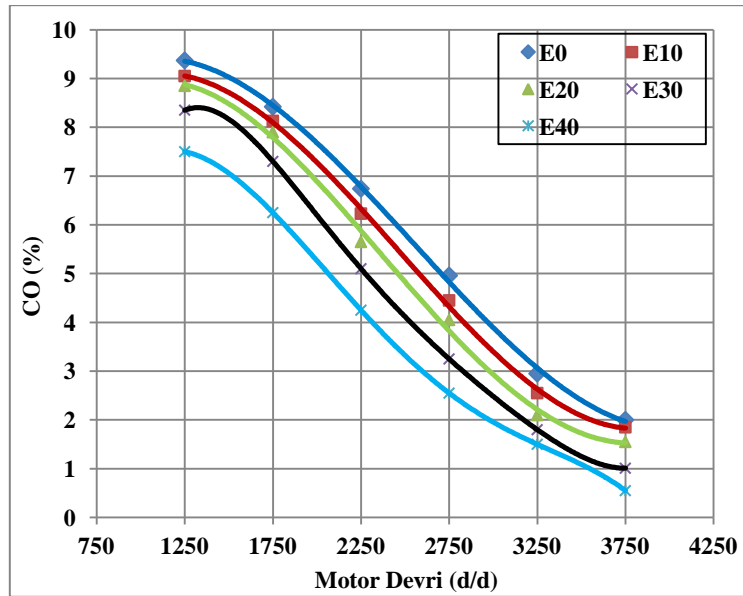
olmasından kaynaklanmaktadır [6]. Yakıt karışımları içerisindeki etanol oranı arttıkça, yakıt karışımlarının enerji içeriği azalmakta ve motor aynı çalışma şartlarında aynı gücü verebilmek için daha fazla yakıt tüketmektedir. Şekil 4'te görüldüğü gibi tüm yakıt karışımları için minimum özgül yakıt tüketimi, maksimum tork devri civarındadır. Bununla birlikte tüm yakıt karışımları için özgül yakıt tüketimi, düşük ve yüksek motor devirlerinde artmaktadır. Düşük devirlerde motor az güç ürettiği için, yüksek devirlerde ise artan sürtünme kuvvetleri ve azalan volumetrik verimden dolayı özgül yakıt tüketimi tüm yakıtlar için artmaktadır.



Şekil 4. Yakıt karışımlarının motor özgül yakıt tüketimine etkisi (The effect of fuel mixture to engine specific fuel consumption)

3.2. Egzoz Emisyonu Değişimleri (Variation of Exhaust Emissions)

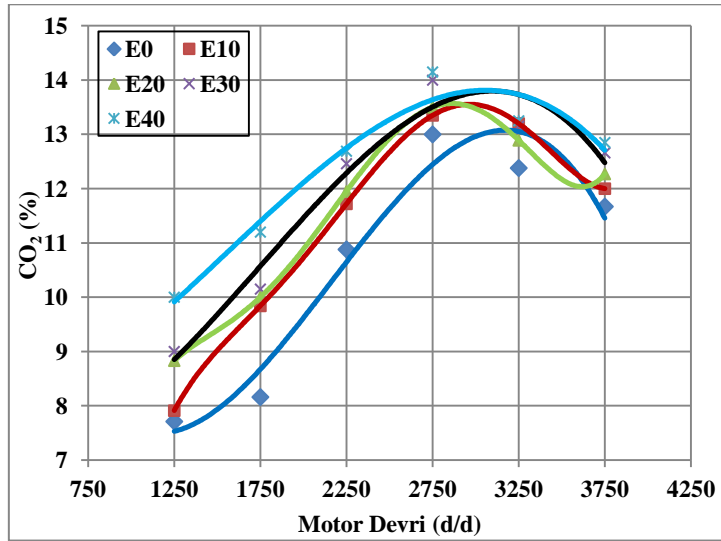
Şekil 5'te motor devri ve yakıt cinsine bağlı olarak CO emisyonlarının değişim görülmektedir.



Şekil 5. Yakıt karışımlarının CO emisyonlarına etkisi (The effect of fuel mixture to CO emissions)

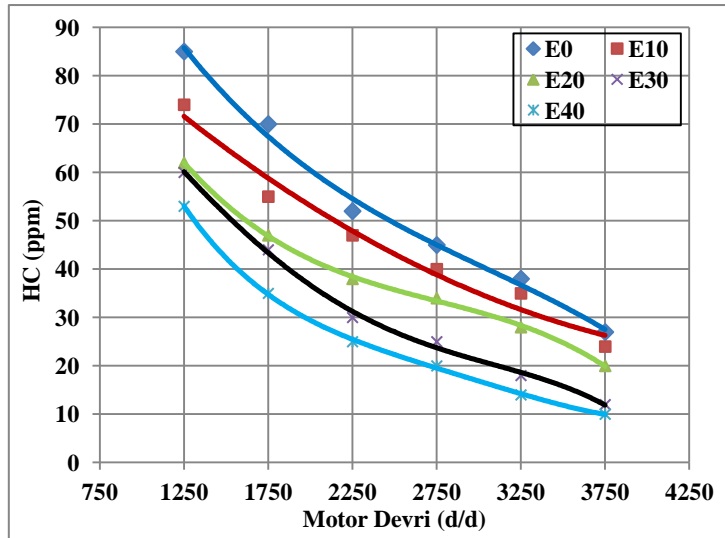
Şekil 5'te görüldüğü gibi, motor devri ve yakıt karışımları içerisindeki etanol oranına bağlı olarak CO emisyonları düşmektedir. Tablo 1'de görüldüğü gibi, benzininin karbon içeriği etanolden daha fazladır. Yakıt içerisindeki karbon, yanma esnasında CO'ya dönüşür. Bu nedenle, yakıt karışımları içerisindeki etanol oranına bağlı olarak CO emisyonları azalmaktadır. Ayrıca etanolün buharlaşma gizli ısı benzine göre daha büyük olduğundan dolayı, emme zamanında motora emilen hava soğur ve volumetrik verim artar. Artan volumetrik verim, daha büyük oranda tam yanma sağlayarak CO emisyonlarını düşürmektedir. Ayrıca, etanolün yüksek oksijen içeriği de yanma kalitesini artırarak CO emisyonlarının düşmesine neden olmaktadır [7].

Şekil 6'da yakıt karışımlarının CO₂ emisyonlarının değişim görülmektedir. Karışım içerisindeki etanol miktarı arttıkça CO₂ emisyonunda artış meydana gelmiştir. Bu durumun temel nedeni, aynı çıkış gücünü elde etmek için daha fazla oksijen içerikli yakıt kullanılmasıdır [8].



Şekil 6. Yakıt karışımlarının CO₂ emisyonlarına etkisi (The effect of fuel mixture to CO₂ emissions)

Şekil 7'de yakıt karışımlarının HC emisyonlarının değişim görülmektedir. HC emisyonlarının temel nedeni, silindir içinde yeterli hava ve oksijen olmamasından dolayı tamamlanmamış yanmadır.



Şekil 7. Yakıt karışımlarının HC emisyonlarına etkisi (The effect of fuel mixture to HC emissions)

Şekil 7’de görüldüğü gibi, tüm yakıtlar için motor devrine ve etanol oranına bağlı olarak HC emisyonları azalmaktadır. Bu durum etanolün oksijen içeriğinin yüksek olmasından ve artan motor devri ile birlikte yanma sıcaklığının artmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca artan motor devri ile, yanma odasında türbülans artarak yanmayı iyileştirmekte ve HC emisyonlarını düşürmektedir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Yapılan çalışmada buji ateşlemeli motorlarda yakıt olarak benzin ve etanol kullanımının, farklı motor hızlarındaki motor performansı ve egzoz emisyonları incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

Etanol benzine göre daha düşük alt ısı değerine sahip olduğundan dolayı, etanol içerikli yakıtlar yanma esnasında daha düşük enerji açığa çıkarmaktadır. Bu nedenle etanol içerikli yakıtlar motorun torkunu ve gücünü düşürmektedir.

Yakıt karışımları içerisindeki etanol oranı arttıkça, yakıt karışımlarının enerji içeriği azalmakta ve motor aynı çalışma şartlarında aynı gücü verebilmek için daha fazla yakıt tüketmektedir. Bu nedenle etanol içerikli yakıtlar motorun özgül yakıt tüketimini artırmaktadır.

Benzininin karbon içeriği etanolden daha fazladır. Yakıt içerisindeki karbon, yanma esnasında CO’ye dönüşmektedir. Bu nedenle, yakıt karışımları içerisindeki etanol oranına bağlı olarak CO emisyonları azalmaktadır. Ayrıca, etanolün yüksek oksijen içeriği de yanma kalitesini artırarak CO emisyonlarının düşmesine neden olmaktadır.

Etanol yüksek oksijen içeriğine sahip olması ve yanma odasında motor devrine bağlı olarak artan türbülansın dolayı, motor devrine ve etanol oranına bağlı olarak HC emisyonları düşmüştür.

TEŞEKKÜR (THANKS)

Bu çalışma Düzce Üniversitesi 2014.07.04.137 nolu Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir. Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine verdiği destek için teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Bayraktar, H., (2005). Experimental and theoretical investigation of using gasoline ethanol blends in spark ignition engines, *Renewable Energy*, 30,1733-1747.
- [2]. Farooq, A., (1988). *Effect of ethanol and gasoline blends on exhaust gas emissions in SI engines*, Master Thesis, METU, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [3]. Gautam, M. and Martin II, D.W., (2000). Combustion characteristics of higher-alcohol/gasoline blends, *Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers*, 214, 497-511.
- [4]. Jia, L.W., Shen, M.Q., Wang, J., Lin, M.Q., (2005). Influence of ethanol-gasoline blended fuel on emission characteristics from a four-stroke motorcycle engine, *Journal of Hazardous Materials*, 123(1-2), 29-34.
- [5]. Ilklic, C., (2011). Performance and emissions characteristics of biofuel blend in a CI engine, *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, 28,369-378.

- [6]. Al-Farayedhi, A.A., Al-Dawood, A.M., Gandhidasan, P., (2004). Experimental Investigation of SI engine performance using oxygenated fuel, *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 126, 178–190.
- [7]. Eyidogan, M., Ozsezen, A.N., Canakci, M., Turkcan, A., (2010). Impact of alcohol–gasoline fuel blends on the performance and combustion characteristics of an SI engine, *Fuel*, 89, 2713–2720.
- [8]. Eyidogan, M., Çanakçı, M., Özsezen, A.N., Alptekin, E., Türkcan, A., Kılıçaslan, İ., (2011). Etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarının buji ile ateşlemeli bir motorun yanma parametrelerine ve egzoz emisyonlarına etkisinin incelenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(3), 499-507.