

ETANOL-BENZİN VE METANOL-BENZİN KARIŞIMLARININ BUJİ İLE ATEŞLEMELİ BİR MOTORUN YANMA PARAMETRELERİNE VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Muharrem EYİDOĞAN, Mustafa ÇANAKCI*, Ahmet Necati ÖZSEZEN

Ertan ALPTEKİN, Ali TÜRKCAN, İbrahim KILIÇASLAN

Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Otomotiv ABD, 41380, Umuttepe-İzmit

Kocaeli Üniversitesi, Alternatif Yakıtlar Araştırma-Geliştirme ve Uygulama Birimi, 41275, Yeniköy, İzmit

*canakci@kocaeli.edu.tr

(Geliş/Received: 02.11.2009; Kabul/Accepted: 22.06.2011)

ÖZET

Bu çalışmada, kurşunsuz benzin, etanol-benzin (E5, E10) ve metanol-benzin (M5, M10) karışımlarının motor performansı, yanma karakteristiği ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler dört zamanlı, dört silindirli, buji ile ateşlemeli motora sahip bir taşıtta, şasi dinamometresi kullanılarak 80 km/h taşıt hızı ve 5, 10, 15, 20 kW sabit güç şartlarında yapılmıştır. E5, E10, M5 ve M10 yakıtları kullanılarak elde edilen sonuçlar, benzin ile yapılan test verileri referans alınarak karşılaştırılmıştır. Deneyler sonucunda, etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarının fren özgül yakıt tüketimleri benzine göre artış göstermiştir. Benzinin silindir gaz basıncı ve ısı yayma oranı, alkol-benzin karışımlarına göre daha erken yükselmeye başlamış ve hemen hemen tüm test şartlarında en düşük ısı yayma oranı tepe noktası ise benzinde elde edilmiştir. Ayrıca alkol karışımları kullanımı ile genel olarak CO, HC, CO₂ ve NO_x emisyonlarında azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Etanol, Metanol, Buji ile ateşlemeli motor, Performans, Emisyon

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF ETHANOL-GASOLINE AND METHANOL-GASOLINE BLENDS ON THE COMBUSTION PARAMETERS AND EXHAUST EMISSIONS OF A SPARK IGNITION ENGINE

ABSTRACT

In this study, the effects of unleaded gasoline, ethanol-gasoline (E5, E10) and methanol-gasoline (M5, M10) blends on combustion characteristics and exhaust emissions were investigated experimentally. In the experiments, a vehicle which has a four-cylinder and four-stroke spark ignition engine was used. The experiments were performed at 80 km/h vehicle speeds and 5, 10, 15, 20 kW constant vehicle power by using a chassis dynamometer. The results obtained from E5, E10, M5 and M10 were compared with the reference unleaded gasoline fuel. At the end of the experiments, it was seen that the brake specific fuel consumptions of ethanol-gasoline and methanol-gasoline blends were increased. The increase in the cylinder gas pressure and heat release rate of gasoline were started earlier than alcohol-gasoline blends. Almost in the all test conditions, the lowest peak heat release rate was obtained in the gasoline fuel use. Moreover, when the alcohol blends were used in the engine, it was generally seen that CO, HC, CO₂ and NO_x emissions decreased.

Keywords: Ethanol, Methanol, Spark ignition engine, Performance, Emission

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyada enerji ihtiyacının büyük bir kısmı fosil kökenli yakıtlardan sağlanmaktadır. 1970 yılına kadar

üretilen motorlar fosil kökenli yakıtlarla çalışacak şekilde dizayn edilmiştir. Özellikle 1973 petrol krizi ve 1991 Körfez savaşından sonra petrol fiyatlarının aşırı derecede yükselmesi ve giderek artan taşıt sayısı

ülkelerin yakıt gereksinimlerini karşılamada güçlükler meydana getirmiştir [1]. Ayrıca, fosil kökenli yakıtların çevre ve insan sağlığı açısından yarattığı olumsuzluklar da giderek artmıştır. Petrol ve türevi yakıtlar yakıldığında sera gazı olarak nitelendirilen gazların açığa çıkmasına neden olmaktadır. Sera gazına neden olan emisyon kaynaklarının en başında içten yanmalı motorlar gösterilmektedir.

Günümüzdeki yakıt tüketim eğilimi göz önüne alındığında doğalgazın 123, ham petrolün 67 ve kömürün ise 123 yıllık rezervleri olduğu tahmin edilmektedir [2, 3]. Fosil yakıt kaynaklarının tükenmeye başlamasıyla açığa çıkan enerji krizi, alternatif enerji kaynaklarının kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Hidrojen, metanol, etanol, LPG, çeşitli bitkisel yağlar vb. alternatif yakıt türleri taşıtlarda kullanılmış ve bazıları halen kullanılmaktadır. Bu kaynakların kullanılması durumunda bazı sorunlarla karşılaşmış (Örneğin; hidrojenin depolanması ve sıvı halde püskürtülmesi ile yaşanan zorluklar, bitkisel yağlardan gliserinin tamamen uzaklaştırılmamasından kaynaklanan problemler) ve bu sorunlar aşılmaya çalışılmıştır.

Genel olarak metanol-benzin [4, 5] ve etanol-benzin [6, 7] karışımlarının kullanımı ile alkollerin ısı değerlerinin benzine göre daha düşük olması nedeniyle özgül yakıt tüketiminin arttığı, CO, HC ve NO_x emisyonlarında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Shenghua ve ark., [8] motorda herhangi bir değişiklik yapılmadan yakıt karışımı içerisindeki metanol oranı artırıldığında, motor çıkış gücünde ve torkunda bir düşüşün olduğunu, fakat tam yükte ateşleme avansı artırılması ile motor çıkış gücünde ve torkunda iyileşme olabileceğini ifade etmişlerdir. Bunun yanında, metanol-benzin yakıt karışımının HC

ve CO emisyonlarını bir miktar düşürdüğü belirtilmektedir.

Etanol-benzin karışımları kullanılarak farklı sıkıştırma oranlarında yapılan çalışmalarda E10 yakıtının maksimum silindir gaz basıncının benzine göre daha yüksek olduğu, diğer karışımlarda ise benzinin maksimum silindir gaz basıncının etanolden daha yüksek olduğu belirlenmiştir [9]. Ayrıca, başka bir çalışmada katalitik konvertörden önce yapılan ölçümlerde etanol-benzin karışımı kullanıldığında yanmamış HC emisyonunda ciddi bir azalma olduğu gözlemlenmiş, CO ve NO_x emisyonlarında ise ciddi bir azalma olmadığı ifade edilmiştir [6].

Yapılan bu çalışmada etanol-benzin ve metanol-benzin karışımları Honda Civic marka bir otomobilde kullanılarak, karışımların taşıt performansı, yanma karakteristiği ve egzoz emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Elde edilen her bir parametre (fren özgül yakıt tüketimi, silindir basıncı, ısı yayılım oranı, ısı verim, egzoz gazı sıcaklığı, O₂, CO, CO₂, NO_x ve HC emisyonları) grafiklerle gösterilerek yorumlanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT (MATERIAL and METHOD)

Bu çalışmada, motor testlerinde kullanılmak üzere hacimsel olarak %5, %10 etanol-benzin ve metanol-benzin karışımları hazırlanmıştır. Testlerde kullanılan etanol (Carlo Erba) ve metanol (JT Baker) %99 saflıktadır. Yakıtların Tablo 1’de gösterilen özellikleri üretici firmalardan ve literatürden elde edilmiştir. Karışımların Tablo 2’de gösterilen özellikleri ise Kocaeli Üniversitesi-Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv ABD Yakıt Laboratuvarında tespit edilmiştir.

Tablo 1. Benzin, etanol ve metanol’un fiziksel ve kimyasal özellikleri
(Physical and chemical properties of unleaded gasoline, ethanol and methanol)

Özellikler	Birim	Kurşunsuz Benzin	Etanol	Metanol
Kimyasal formülü	-	C ₇ H ₁₇	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ OH
Karbon içeriği	% kütleli	85 - 88	52,2	37,5
Hidrojen içeriği	% kütleli	12 - 15	13,1	12,6
Oksijen içeriği	% kütleli	-	34,7	49,9
Yoğunluk (15 °C)	kg/m ³	750,8 ^[10]	809,9	796
Araştırma oktan sayısı	-	95 ^[10]	108,6	108,7
Motor oktan sayısı	-	85 ^[10]	89,7	88,6
Ortalama oktan sayısı	-	90	99,15	98,65
Alt ısı değeri (Kütleli)	MJ/kg	42,6 ^[11]	26,7	19,85
Alt ısı değeri (Hacimsel)	MJ/L	31,98 ^[11]	21,62	15,8
Stokiyometrik	-	14,7	9	6,45
Hava / Yakıt oranı	-	14,7	9	6,45
Buharlaştırma gizli ısı	kJ/kg	349 ^[11]	923	1178
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı	°C	257 ^[11]	423	464
Kaynama noktası	°C	45-207 ^[11]	78	64

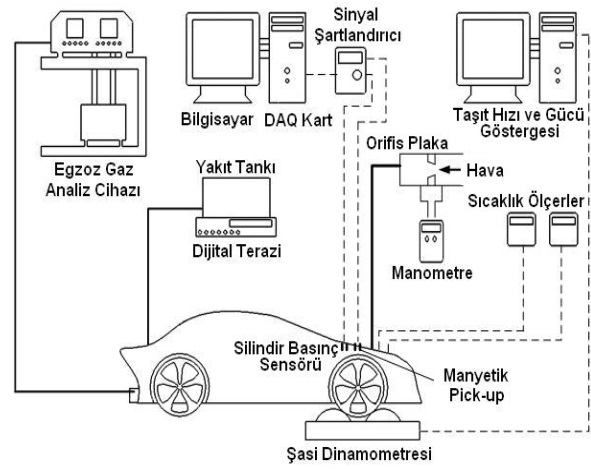
Tablo 2. Testlerde kullanılan karışımların fiziksel ve kimyasal özellikleri
(Physical and chemical properties of the fuel blends)

Özellikler	Birim	E5	E10	M5	M10
Yoğunluk (15 °C)	kg/m ³	752,8	755,4	751,9	754,1
Viskozite (40 °C)	mm ² /s	0,497	0,572	0,529	0,545
Alt ısı değer	kJ/kg	41799	40969	41462	40268
Bakır şerit korozyon (3 saat 50°C)	-	1a	1a	1a	1a
Damıtma					
İlk kaynama noktası		46	46	42	43
%10		53	53	48	48
%50	°C	79	66	91	81
%90		162	160	163	165
Son kaynama noktası		208	207	207	206
Geri kazanım	%	96,8	96,7	96,4	96,4

Deneyler Honda Civic (2001) marka bir otomobilde eddy current şasi dinamometresi (Bapro HTP 6100 brand) kullanılarak yapılmıştır. Testler dört farklı taşıt çıkış gücü (5, 10, 15, 20 kW) ve 80 km/h taşıt hızında yapılmıştır. Test düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1'de gösterilmektedir. Taşıtın motoru ile ilgili teknik özellikler Tablo 3'de verilmektedir. Deneyler öncesinde, taşıt üzerinde herhangi bir modifikasyon ve motorun üretim sonrasında yapılan ayarlarda herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Test taşıtı beş ileri manuel vites kutusuna sahip olup, testler dışı oranın 1:1 olduğu 4. viteste gerçekleştirilmiştir.

Silindir basıncını ölçmek için Kistler 6117 BFD17 tip piezzo elektrik kristalli basınç sensörü kullanılmıştır. Kullanılan basınç sensörü birinci silindirde bujinin yerine takılmış olup, hem buji hem de basınç sensörü görevi görmektedir. Basınç sensöründen gelen bilgiler, Kistler 5015A 1000 model sinyal şartlandırıcı ve Advantech PCI 1716 veri toplama kartı kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır. Bilgisayara aktarılan veriler LabVIEW bilgisayar yazılımı kullanılarak işlenmiştir. Motora giren hava miktarını ölçmek için emme manifoldu hattına (ISO 5167 (1980)) 45 mm orifis çapına sahip orifis plakası yerleştirilmiştir. Orifis plakasının iki ucu arasındaki basınç farkını ölçmek için Kimo MP 102 tip bir manometre kullanılmıştır.

Tüketilen yakıt miktarını ölçmek için 1 g hassasiyetli CAS SW-1 dijital terazi ve birim zamandaki yakıt tüketimini belirlemek için de dijital kronometre kullanılmıştır. Motorun farklı yerlerdeki sıcaklıklarını belirleyebilmek için motor soğutma suyu girişi, soğutma suyu çıkışı, motor yağı ve egzoz manifolduna K tipi ısı çifti yerleştirilmiştir. Deneyler sırasındaki ortam sıcaklığı ve izafi nemi belirlemek için Meitav M4000 marka sıcaklık ve nemölçer cihazı kullanılmıştır. Motor egzoz çıkışında katalitik konvertör öncesinde HC, O₂, CO, CO₂ ve NO_x emisyonları Capelec Cap 3200 marka gaz analizörü ile belirlenmiştir.

**Şekil 1.** Deney materyalleri şematik resmi (Schematic of experimental setup)**Tablo 3.** Deney motorunun teknik özellikleri
(Specifications of the test engine)

Taşıt	2001 model Honda Civic 1.4i
Tipi	4 Zamanlı
Soğutma şekli	Su soğutmalı
Yakıt sistemi	Çok nokta yakıt püskürtmeli
Silindir sayısı	4
Silindir hacmi	1396 cm ³
Supap sayısı	16
Sıkıştırma oranı	10,4/1
Maksimum moment	130 Nm (4300 d/d)
Maksimum güç	66 kW (5600 d/d)

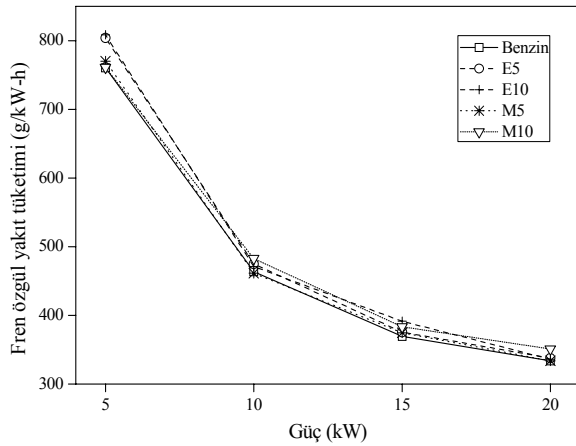
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Fren Özgül yakıt tüketimi (Brake specific fuel consumption)

80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki fren özgül yakıt tüketimi değişimi Şekil 2'de verilmiştir. E5, E10, M5 ve M10 kullanımında benzine göre

ortalama artış miktarları sırasıyla %2,8; %3,6; %0,6 ve %3,3 olarak ölçülmüştür.

Etanol-benzin ve metanol-benzin yakıt karışımlarında fren özgül yakıt tüketiminin artmasının temel nedeni, etanol ve metanol yakıtlarının benzine kıyasla daha düşük ısı değerlerine sahip olmalarıdır. 80 km/h taşıt hızında, taşıt çıkış gücünün artmasıyla birlikte fren özgül yakıt tüketiminde azalma meydana gelmiştir. Taşıt çıkış gücünün artmasıyla birlikte volümetrik verim ve yanma verimi arttığından, fren özgül yakıt tüketiminin azaldığı düşünülmektedir. 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki volümetrik verim değerleri Tablo 4’de verilmiştir.



Şekil 2. Test yakıtları için 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki fren özgül yakıt tüketiminin karşılaştırılması (Comparison of brake specific fuel consumption for the test fuels at vehicle speed of 80 km/h and different vehicle power)

Tablo 4. 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki volümetrik verim (%) (Volumetric efficiency for the test fuels at the 80 km/h vehicle speed and different vehicle power)

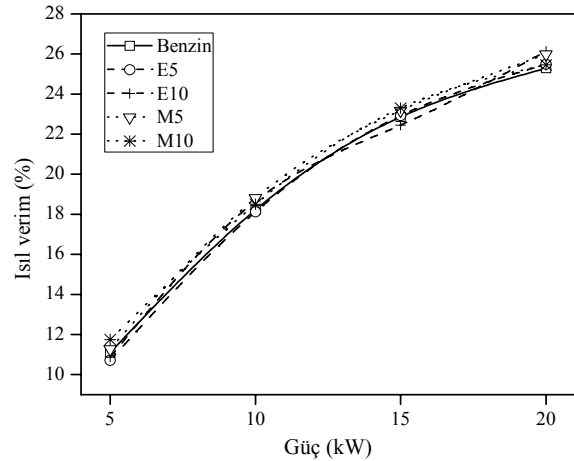
Yakıt	Çıkış gücü			
	5 kW	10 kW	15 kW	20 kW
Benzin	29,48	40,89	44,88	53,33
E5	29,78	35,57	43,08	53,45
E10	29,48	35,55	43,89	51,44
M5	26,91	33,15	41,84	51,46
M10	26,05	34,61	41,88	52,83

Isıl verimler (Thermal efficiencies)

Isıl verim, motordan alınan net işin motora sürülen ısıya oranıdır. 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki ısı verim değişimi Şekil 3’de gösterilmiştir. Bu taşıt hızında, çıkış gücünün artmasıyla birlikte ısı verim artmaya başlamıştır. Taşıt çıkış gücüyle birlikte ısı veriminin artış nedeni, volümetrik verim ve yanma veriminin artmasıdır. E10, M5 ve M10 kullanımı ile ısı veriminde benzine göre sırasıyla %0,4; %2,2; %2,5 artış olurken, E5

kullanıldığında ise ısı veriminde %0,8 azalma tespit edilmiştir. E10, M5 ve M10 yakıtları içeriğinde E5 göre daha fazla oksijen bulundurduğundan dolayı daha iyi yanma meydana gelmekte ve ısı verim artmaktadır. Bununla birlikte, Al-hasan [12], yakıtın buharlaşma gizli ısısının artması durumunda sıkıştırma zamanında da buharlaşmanın devam edeceğini, yakıt buharlaşırken silindirden ısı çekeceği için yakıt-hava karışımının sıkıştırılması için ihtiyaç duyulan ısı azalacağını ve bu durumun ısı verimi artıracağını belirtmiştir.

Buji ile ateşlemeli motorlarda ısı verimi etkileyen en önemli parametrelerden biri sıkıştırma oranıdır [13, 14]. Etanol ve metanol, benzine göre daha yüksek oktan sayısına sahiptir [15]. Yakıtın oktan sayısının yüksek olması ise vuruntu olmaksızın sıkıştırma oranının artırılmasına izin vermektedir. Etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarının oktan sayısına uygun bir motor kullanılması durumunda, ısı veriminin daha da artacağı düşünülmektedir.

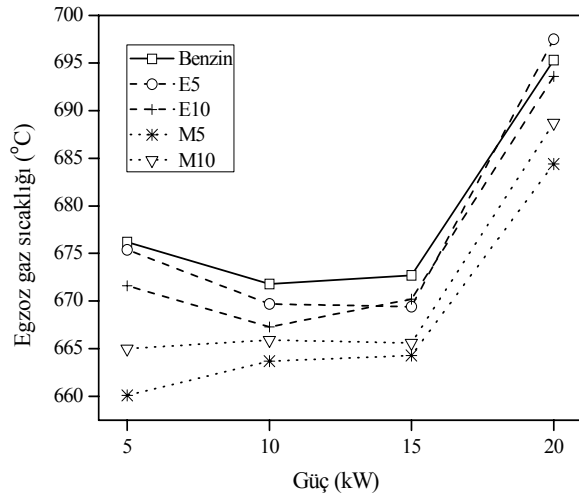


Şekil 3. Test yakıtları için 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki ısı verim değerlerinin karşılaştırılması (Comparison of thermal efficiency values for the test fuels at vehicle speed of 80 km/h and different vehicle power)

Egzoz gazı sıcaklıkları (Exhaust gas temperatures)

80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki egzoz gazı sıcaklığı değişimi Şekil 4’de gösterilmiştir. E5, E10, M5, ve M10 yakıtlarında benzine göre egzoz gazı sıcaklıklarındaki ortalama azalma miktarı sırasıyla %0,2, %0,5, %1,6 ve %1,2 olarak belirlenmiştir. Bu azalmanın temel nedeni, etanol ve metanolun buharlaşma gizli ısısının benzine göre daha yüksek olmasıdır [14]. Bu taşıt hızında genel olarak tüm yakıtlarda egzoz gazı sıcaklığında azalma meydana gelmiştir. Ayrıca etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarında fren özgül yakıt tüketimi daha fazla olduğundan, aynı çıkış gücünü sağlamak için silindire alınan fazla yakıtın buharlaşması egzoz gazı sıcaklığını kısmen azaltmaktadır. Test yakıtlarında en

yüksek egzoz gazı sıcaklığı, maksimum gücün elde edildiği 20 kW taşıt çıkış gücünde ölçülmüştür.



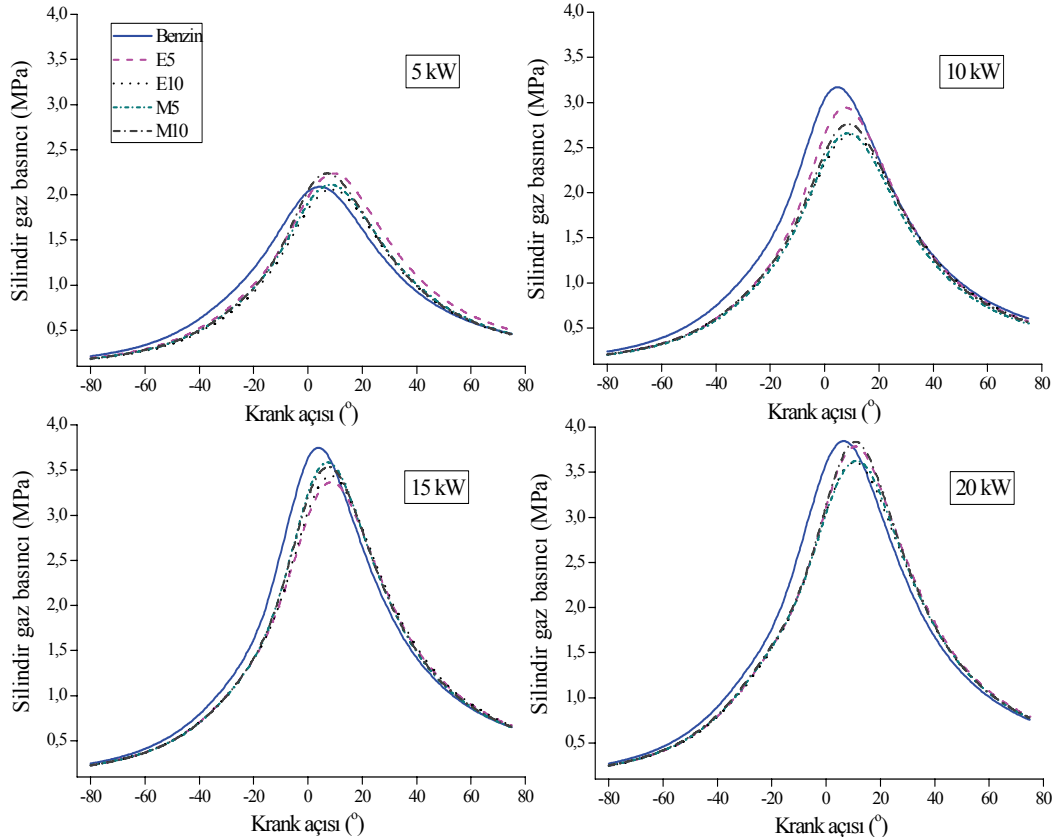
Şekil 4. Test yakıtları için 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki egzoz gazı sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması (Comparison of exhaust gas temperature values for the test fuels at vehicle speed of 80 km/h and different vehicle power)

M10'un buharlaşma gizli ısısı diğer yakıtlara göre daha yüksek olmasına rağmen, minimum egzoz gazı

sıcaklıkları M5 yakıtı kullanımı ile elde edilmiştir. Bu durumun nedeni M5 yakıtında silindire alınan hava miktarının M10 yakıtına göre daha yüksek olması neticesinde, silindire alınan fazla havanın egzoz gazı sıcaklığını kısmen azaltması şeklinde yorumlanmıştır.

Silindir gaz basınçları (Cylinder gas pressures)

80 km/h taşıt hızı ve 5, 10, 15 ve 20 kW taşıt çıkış güçlerinde silindir gaz basıncının krank mili açısına göre değişimi Şekil 5'de gösterilmiştir. Taşıt gücünün artmasıyla birlikte silindir gaz basıncı artış göstermiştir. 10, 15 ve 20 kW çıkış gücünde maksimum silindir gaz basıncı, benzin kullanımı ile elde edilmiştir. 5 kW çıkış gücünde ise maksimum silindir gaz basıncı M10'da gerçekleşmiştir. Ayrıca, tüm çıkış güçlerinde benzinin silindir gaz basıncı daha erken yükselmeye başlamış ve maksimum silindir basıncı üst ölü noktaya daha yakın oluşmuştur. Motorun daha kararlı çalıştığı 10, 15 ve 20 kW çıkış güçlerinde, benzinin silindir gaz basıncı altında kalan alan etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarına göre daha geniştir. Bunun nedeni olarak benzinde, alkollere göre daha uzun bir yanma gerçekleştiği gösterilebilir.



Şekil 5. Test yakıtları için 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki silindir gaz basınçlarının karşılaştırılması 80 km/h taşıt hızındaki (Comparison of cylinder gas pressures for test fuels at vehicle speed of 80 km/h and different vehicle power)

Isı yayma oranı (Heat release rates)

Bu çalışmada Kriger ve Borman tarafından tanımlanan tek boyutlu model referans alınarak ısı yayma oranları hesap edilmiştir [16]. Model kurulurken, sıcaklık gradyanları, basınç dalgalanmaları, segmanlardaki kaçaklar, yakıt buharı yüzdesi ve karışım oranları ihmal edilmektedir. Bu model sonucunda elde edilen ısı yayılım denklemi aşağıda verilmiştir.

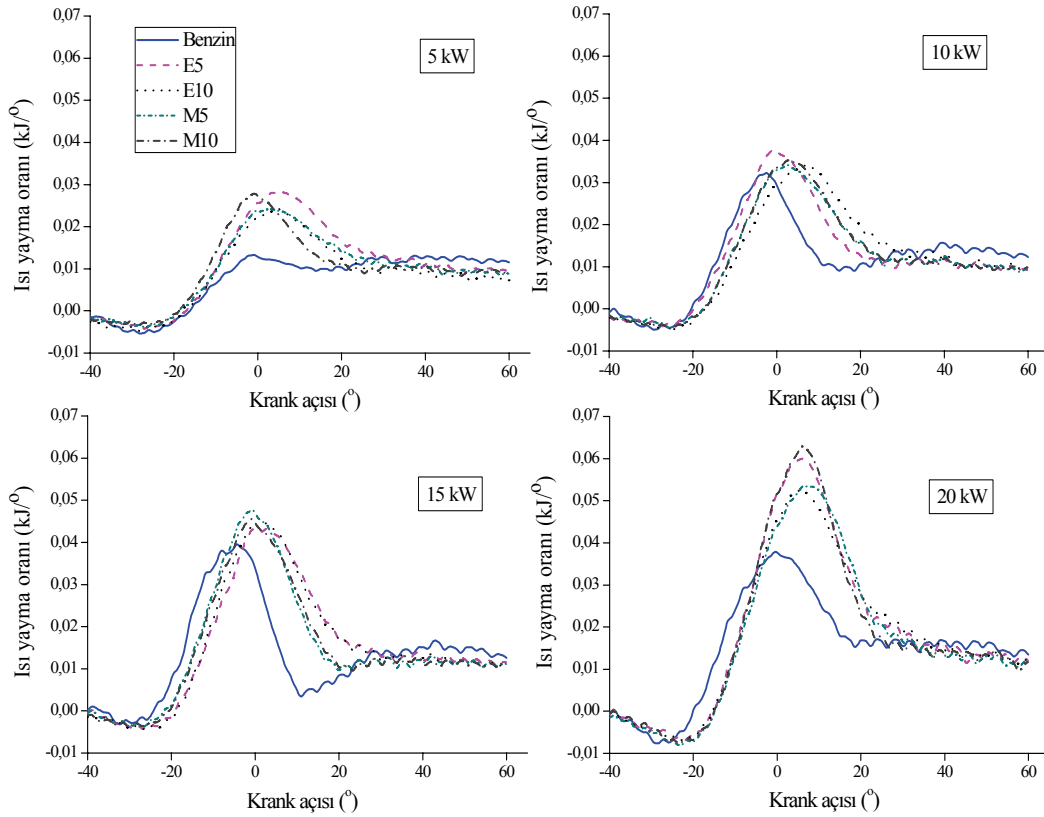
$$\dot{Q}_n = \frac{\lambda}{\lambda - 1} P \frac{dV}{d\theta} + \frac{1}{\lambda - 1} V \frac{dP}{d\theta} \quad (1)$$

Burada; \dot{Q}_n krank açısına bağlı olarak açığa çıkan ısı yayılım oranını (kJ/°), P silindir dolgu basıncını (kPa) ve V ise silindir hacmini (m³), k ise özgül ısı oranını ifade etmektedir. 80 km/h taşıt hızı ve 5, 10, 15 ve 20 kW taşıt çıkış güçlerinde ısı yayma oranının krank mili açısına göre değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu hızda en düşük maksimum ısı yayma oranı benzinde meydana gelmiştir. 10, 15 ve 20 kW çıkış güçlerinde benzinin ısı yayma oranı başlangıcı diğer yakıtlara göre daha erken oluşmaya başlamıştır. Bu durum önceki bölümde sunulan basınç grafikleri ile de paralellik göstermektedir.

Etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarının ani ısı yayma oranı tepe noktalarının benzine göre daha geniş olduğu belirlenmiştir. Benzinin ısı yayma oranının ise özellikle 20° krank açısından sonra diğer yakıtlara oranla daha yüksektir. Bunun sebebi, etanol ve metanolün tek tip hidrokarbon yapısına ve tek bir kaynama noktasına sahip olmasıdır. Taşıt çıkış gücünün artmasıyla birlikte ısı yayma oranı üst ölü noktaya yakın bölgelerde gerçekleşmekte ve üst ölü noktadan uzaklaştıkça ani bir düşüş göstermektedir. Isı yayma oranının büyük bir kısmının üst ölü noktaya yakın bir bölgede gerçekleşmesi ise ısı veriminin artmasını sağlamaktadır.

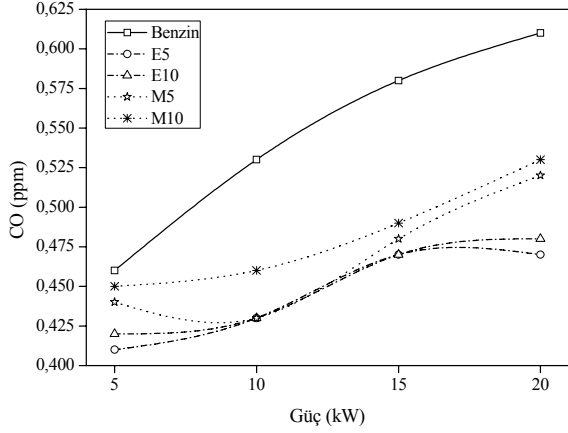
CO emisyonları (CO emissions)

80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki karbon monoksit emisyon değerleri Şekil 7'de gösterilmiştir. Literatür incelendiğinde, yapılan birçok çalışmada [6, 17-19] belirtildiği gibi, egzoz emisyonlarındaki CO emisyonu hem metanol-benzin hem de etanol-benzin karışımlarında, kurşunsuz benzine göre azalma göstermiştir. Yapılan bu çalışmada, E5, E10, M5 ve M10 karışımlarının kullanımında benzine göre ortalama CO azalma miktarları sırasıyla %18; %17; %14 ve %11 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6. Test yakıtları için 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki ısı yayma oranlarının karşılaştırılması (Comparison of heat release rates for test fuels at vehicle speed of 80 km/h and different vehicle power)

Alkoller tek bir kaynama noktasına sahip oldukları için yakıtın tamamı birlikte buharlaşmakta ve benzine göre daha homojen karışım oluşturmakta ve daha temiz yanmaktadır. Ayrıca etanol ve metanolün içeriğindeki oksijenin bu yakıtların daha iyi yanmasına imkân sağladığı düşünülmektedir [20].



Şekil 7. 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki CO emisyonunun karşılaştırılması (Comparison of CO emission for test fuels at vehicle speed of 80 km/h and different vehicle power)

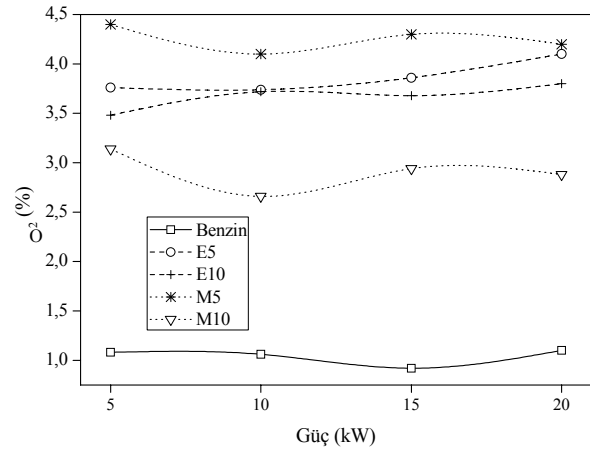
80 km/h taşıt hızında taşıt çıkış gücünün artmasıyla birlikte tüm yakıtlarda karbon monoksit emisyonu artmıştır. Metanol, etanole göre içeriğinde daha fazla oksijen bulundurmasına rağmen metanol-benzin karışımlarının CO emisyonu, etanol-benzin karışımlarına göre daha yüksek çıkmıştır. Bu sonucun temel nedeni olarak, metanol-benzin karışımlarının kullanıldığı testlerde hava-yakıt oranlarının kısmen düşük olması gösterilebilir. Egzoz emisyonları arasında CO bulunmasının temel nedeni karışım içerisindeki oksijenin yetersiz olmasıdır. Yanma esnasında, silindir hacminin tamamı düşünüldüğünde, oksijen; genel olarak yetersiz olabileceği gibi, karışımın tam homojen olmadığı durumda da silindir içinde belli bir konumda kısmi olarak yetersiz olabilir. Testlerde kullanılan yakıtların hava-yakıt oranları Tablo 5’de verilmiştir.

Hava-yakıt oranı genel olarak incelendiğinde, taşıt çıkış gücünün artmasıyla birlikte benzin dışında diğer yakıtlarda artış göstermektedir. Benzinde ise 10 kW çıkış gücünde maksimum hava-yakıt oranı 12,80 olarak elde edilmiştir. E5, E10, M5 ve M10 yakıtlarının testlerinde egzoz gazında ölçülen oksijen miktarları, benzine göre daha yüksektir. Etanol-benzin karışımlarında oksijen değişimi benzer eğilimler gösterirken, M5 ve M10 yakıtları arasında farklılıklar gözlenmiştir. Egzoz emisyonundaki O₂ miktarı hem yakıt içerisinde bulunan oksijen miktarına hem de silindire alınan hava-yakıt oranına göre değişiklik göstermektedir. Alkol-benzin karışımları kullanıldığında, yakıt tüketiminin artmasıyla, hava-yakıt oranında azalma meydana gelirken, alkol yakıtların içeriğinde oksijen egzoz emisyonundaki O₂

miktarının artmasına neden olmuştur. 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki oksijen değişimi Şekil 8’de görülmektedir.

Tablo 5. 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki hava-yakıt oranı (Air-fuel ratio for test fuels at the 80 km/h vehicle speed and different vehicle power)

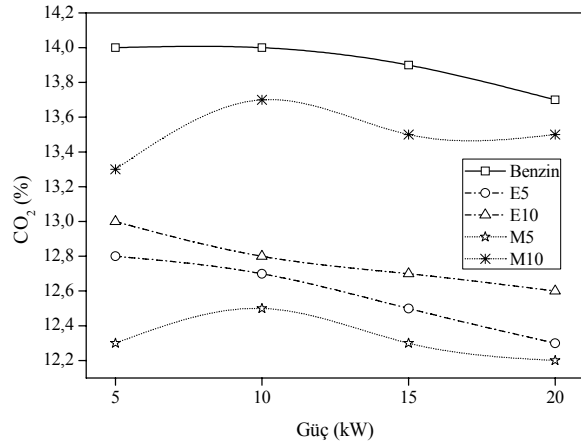
Çıkış gücü Yakıt	5 kW	10 kW	15 kW	20 kW
Benzin	11,30	12,80	11,74	11,69
E5	10,90	10,96	11,09	11,48
E10	10,60	10,95	10,75	11,10
M5	10,30	10,61	10,81	11,28
M10	10,02	10,40	10,46	10,92



Şekil 8. Test yakıtları için 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki O₂ emisyonu değerlerinin karşılaştırılması (Comparison of O₂ emission values for the test fuels at vehicle speed of 80 km/h and different vehicle power)

CO₂ emisyonları (CO₂ emissions)

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan CO₂ emisyonlarını azaltma yöntemlerinden biri de, içeriğinde karbon atomu az olan veya hiç olmayan yakıtlar kullanmaktır [21]. 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki karbondioksit emisyonu değişimi Şekil 9’da gösterilmiştir. E5, E10, M5 ve M10 yakıtlarında benzine göre meydana gelen ortalama CO₂ azalma miktarları sırasıyla %9,5; %8; %11,3 ve %3 olarak belirlenmiştir. CO₂ emisyonlarında meydana gelen azalmanın temel sebebi alkollerin C/H oranlarının benzine göre daha düşük olmasıdır. Karışım içerisindeki etanol ve metanol miktarı arttıkça CO₂ emisyonunda artış meydana gelmiştir. Bu durumun temel nedeni, aynı çıkış gücünü elde etmek için daha fazla oksijen içerikli yakıt kullanılmasıdır. E10’daki CO₂ artışının nedeni, yanmanın iyileşmesi sonucu, yanmamış HC emisyonunun E5’e göre azalmasıdır. M10 yakıtında M5’e göre meydana gelen CO₂ artışının nedeni ise hava-yakıt oranının daha düşük olması şeklinde ifade edilebilir.



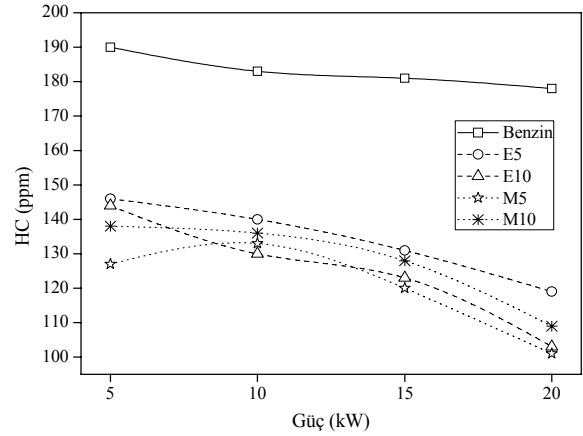
Şekil 9. Test yakıtları için 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki CO₂ emisyonu değerlerinin karşılaştırılması (Comparison of CO₂ emission values for the test fuels at vehicle speed of 80 km/h and different vehicle power)

HC emisyonları (HC emissions)

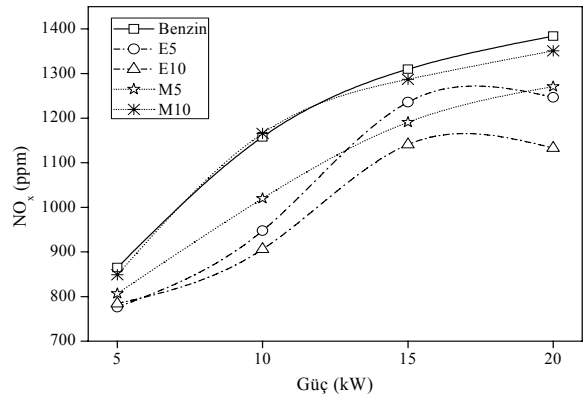
80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki yanmamış hidrokarbon emisyonu değişimi Şekil 10'da gösterilmiştir. E5, E10, M5 ve M10 kullanımındaki HC emisyonlarının benzine göre ortalama azalma miktarları sırasıyla %27; %32; %35 ve %30'dur. Yakıt karışımındaki etanol oranı arttıkça HC emisyonu azalmaktadır. M10 yakıtında ise HC emisyonu M5'e göre artmıştır. Bunun nedeni, metanolün yüksek buharlaşma gizli ısısı nedeniyle, ortam sıcaklığının düşmesidir. Özellikle silindir duvarlarına yakın bölgelerde düşük sıcaklıktan dolayı alev sönmesi meydana gelmekte ve HC emisyonu artış göstermektedir. Taşıt çıkış gücünün artmasıyla birlikte, M5 dışında diğer yakıtlarda HC emisyonunda azalma meydana gelmiştir. M5'de ise 10 kW taşıt çıkış gücünde HC emisyonu bir miktar artış göstermiş ve tekrar azalmaya başlamıştır. Taşıt çıkış gücünün artmasıyla HC emisyonunda meydana gelen azalmanın temel sebebi, yanmanın iyileşmesi, volümetrik verimi (bkz. Tablo 4) ve hava-yakıt oranı (bkz. Tablo 5) artması olarak değerlendirilebilir.

NO_x emisyonları (NO_x emissions)

Havanın içerisinde bulunan azot ve oksijenin yüksek sıcaklıklardaki reaksiyonu sonucu azot oksit emisyonları oluşmaktadır. NO_x'i oluşturan bileşikler genelde NO ve NO₂'dir. NO emisyonu oluşumunu etkileyen başlıca faktörler, oksijen konsantrasyonu, hava-yakıt oranı, yüksek sıcaklıktaki reaksiyon süresi ve yüksek basınçtır. Maksimum NO emisyonu 2200-2400 K sıcaklıkta meydana gelmekte, daha yüksek sıcaklıklarda ise azalmaya başlamaktadır. Maksimum NO_x konsantrasyonu ise stokiometrik şartlardan biraz daha fakir karışımlarda ($\lambda=1,05-1,1$) meydana gelmektedir [22]. 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki NO_x emisyonu değişimi Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 10. Test yakıtları için 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki HC emisyonu değerlerinin karşılaştırılması (Comparison of HC emission values for the test fuels at vehicle speed of 80 km/h and different vehicle power)



Şekil 11. Test yakıtları için 80 km/h taşıt hızı ve farklı taşıt çıkış gücündeki NO_x emisyonu değerlerinin karşılaştırılması (Comparison of NO_x emission values for the test fuels at vehicle speed of 80 km/h and different vehicle power)

Yapılan bu çalışmada E5, E10, M5 ve M10 yakıtlarında benzine göre meydana gelen ortalama NO_x azalma miktarları sırasıyla %11; %16; %9 ve %1,3'dir. Metanol ve etanol, benzine göre daha yüksek buharlaşma gizli ısısına sahip olduğu için E5, E10, M5 ve M10 yakıtlarında NO_x emisyonu azalmaktadır [23]. M10 yakıtında NO_x emisyonunda meydana gelen azalmanın M5'e göre daha düşük olmasının nedeni ise M10'un içeriğinde M5'e göre daha fazla oksijen bulunmasıdır. M10 içerisinde bulunan oksijen havanın içerisinde bulunan azotla reaksiyona girerek daha fazla NO_x emisyonu oluşturmaktadır.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, 80 km/h taşıt hızı ve 5, 10, 15, 20 kW taşıt çıkış gücünde benzin, E5, E10, M5 ve M10 yakıtları kullanılarak buji ile ateşlemeli motora sahip bir taşıttın performans, yanma ve emisyon değerleri incelenmiştir.

- Alkol yakıtlarının kullanımı ile egzoz sıcaklıklarında azalma, fren özgül yakıt

tüketiminde ise artış meydana gelmiştir. Bunun yanında, E10, M5 ve M10 yakıtı kullanımı ile ısı veriminde benzine göre artış görülürken, E5 yakıtında azalma gözlemlenmiştir. Alkol-benzin karışımı kullanımında egzoz gazı sıcaklıkları benzine göre azalma göstermiştir.

- Bu taşıt hızında 10, 15 ve 20 kW taşıt çıkış güçlerinde maksimum silindir gaz basıncı benzinde, 5 kW çıkış gücünde ise maksimum silindir gaz basıncı M10 yakıtında gerçekleşmiştir. Ayrıca, tüm çıkış güçlerinde en düşük maksimum ısı yayılım oranı benzinde ortaya çıkmıştır.
- Tüm taşıt çıkış güçlerinde E5, E10, M5 ve M10 kullanımıyla CO ve HC emisyonlarında benzine göre azalma meydana gelmiştir.
- NO_x emisyonu incelendiğinde M10 yakıtı hariç diğer alkol-benzin karışımlarında benzine göre NO_x emisyonlarında azalma gözlenmiştir.

6. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi'nin desteklediği 2006/25 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın ortaya çıkmasında emeği geçenlere teşekkür ederiz.

7. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Durgun, O., "Motorlarda Benzin-Etilalkol-İzopropanol Karışımlarının Kullanılması", **İkinci Yanma Sem.**, 325-335 İstanbul, 1989.
2. Bilgin, A., Durgun, O., Şahin, Z., "Dizel Yakıtına MTBE Katılmasının Motor Performansına Etkisi", **13. Ulusal Isı Bilim ve Tekniği Kongresi**, 141-146, Konya, 2001.
3. Borman, G.L., Rangeland, K.W., "Combustion Engineering", **McGraw-Hill Book Company**, New York, 1998.
4. Yanju, W., Shenghua, L., Hongsong, L., Rui, Y., Jie L., Ying, W., Effects of Methanol/Gasoline Blends on a Spark Ignition Engine Performance and Emission", **Energy Fuels**, Cilt 22, No 2, 1254-1259, 2008
5. Cragg, C. "Cleaning Up Motor Car Pollution: New Fuels and Technology", **Financial Times Management Report**, London, 1992.
6. Bang-Quan, H., Jian-Xin, W., Ji-Ming, H., Xiao-Guang, Y., Jian-Hua, X., "A Study on Emission Characteristics of an EFI Engine with Ethanol Blended Gasoline Fuels", **Atmospheric Environment**, Cilt 37, No 7, 949-957, 2003.
7. Ceviz, M.A., Yüksel, F., "Effects of Ethanol-Unleaded Gasoline Blends on Cyclic Variability and Emissions in an SI Engine", **App. Ther. Eng.**, Cilt 25, 917-925, 2005.
8. Shenghua, L., Cuty Clemente, E.R., Tiegang, H., Yanju, W., "Study of Spark Ignition Engine Fueled with Methanol/Gasoline Fuel Blends", **App. Ther. Eng.**, Cilt 27, 1904-1910, 2007.
9. Abdel-Rahman AA., Osman MM., "Experimental Investigation on Varying the Compression Ratio of SI Engine Working under Different Ethanol-Gasoline Fuel Blends", **Int. J. of Energy Research**, Cilt 21, 31-40, 1997.
10. Owen, K., Coley, T. "Automotive Fuels Reference Book", Second Edition, Society of Automotive Engineers, 265-266 (1995).
11. Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. "Kurşunsuz Benzin 95 Oktan (243)" ürün bilgileri, 2011.
12. Al-Hasan, M., "Effect of Ethanol-Unleaded Gasoline Blends on Engine Performance and Exhaust Emission", **Energy Conversion and Management**, Cilt 44, 1547-1561, 2003.
13. Yüksel, F., Yüksel, B., "The Use of Ethanol-Gasoline Blend as a Fuel in an SI Engine", **Renewable Energy**, Cilt 29, 1181-1191, 2004.
14. Topgül, T., "Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Etil Alkol-Benzin Karışımı Kullanımında Optimum Çalışma Parametrelerinin Araştırılması", Doktora Tezi, **Gazi Üni. Fen Bil. Ens.**, Ankara, 68-72, 2006.
15. Poulton, M.L., "Alternative Fuels for Road Vehicles", **Com. Mec. Publ.**, 29-66, 1994.
16. Krieger, R.B., Borman, G.L., "The computation of applied heat release for internal combustion engines", **ASME Paper**, No.66-WA/DGP-4, 1966.
17. Richard, L., Bechtold, P.E., "Alternative Fuels Guidebook", **Society of Automotive Engineers**, Inc. Warrendale, PA, USA, 1997.
18. Pitstick, M.E., "Emissions from Ethanol and LPG Fueled Vehicles", Preprint Paper No.930527, **Transportation Research Board 72nd Annual Meeting**, Washington, DC, USA, 10-14 January, 1993.
19. Magnusson, R., Nilson, C., "Emissions of Aldehydes and Ketones from a Two-Stroke Engine Using Ethanol and Ethanol Blended Gasoline as Fuel", **Env. Sci. and Tech.**, Cilt 36, No 8, 1656-1664, 2002.
20. Charalampos, A.I., Anastasios, K.N., Panagiotis, S.D., "Gasoline-Ethanol, Methanol Mixtures and a Small Four-Stroke Engine", **Heat and Technology**, Cilt 22, 2, 69-73, 2004.
21. Çelik, M.B., Çolak, A., The Use of Pure Ethanol as Alternative Fuel in a Spark Ignition Engine, **J. of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 23 (3), 619-626, 2008.
22. Van Basshuysen, R., Schafer, F., "Internal Combustion Engine Handbook", **SAE International**, USA, 565-576, 2004.
23. Varde, K., Jones, A., Knutsen, A., Mertz, D., Yu, P., "Exhaust Emissions and Energy Release Rates from a Controlled Spark Ignition Engine Using Ethanol Blends", **J. Automobile Engineering**, 221, 933-941, 2007.

