



**Makale  
(Article)**

## **SERAMİK KAPLI BİR DİZEL MOTORUNDA BİYODİZEL KULLANIMININ EMİSYON PARAMETRELERİNE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

**Hüseyin AYDIN\***, **Cenk SAYIN\*\***, **Selman AYDIN\*\*\***, **Bahattin İŞCAN\*\*\*\* M**, **Zerrakki IŞIK\***

\* Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

\*\* Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği

\*\*\* Batman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği

\*\*\*\* Batman Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar Teknolojisi

[huseyinaydin@gmail.com](mailto:huseyinaydin@gmail.com)

### **Özet**

Bu çalışmada, dört silindirli, dört zamanlı bir dizel motor plazma sprej yöntemi ile 100 µm NiCrAl astar tabaka ve bu tabakanın üzerine 400 µm olmak üzere ZrO<sub>2</sub>, %4 MgO ve %8 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ana kaplama malzemesi ile kaplanmıştır. Bu motorda, seramik kaplama yönteminin yanma ve emisyon parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere pamuk yağı kökenli atık kızartma yağından üretilen biyodizel, dizel yakıtı ile %20 ve %50 oranında karıştırılarak sırası ile (B20) ve (B50) yakıtları oluşturulmuştur. Bu yakıtlar ile normal dizel (D2) yakıtı motor testlerinde kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar kısmi yükte olmak üzere emisyon değerleri için 1200, 1500, 1800, 2100 ve 2400 dev/dk'da gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışma sırası ile D2, B20 ve B50 yakıtları ile önce kaplanmamış motorla egzoz emisyonları değerleri alınmıştır. Çalışma boyunca elde edilen sonuçlar ve belirgin avantajlar burada sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Dizel motor, Seramik kaplama, Biyodizel, Emisyon

## **THE EFFECTS OF THE USAGE OF BIODIESEL ON COMBUSTION PARAMETERS IN A CERAMIC COATED DIESEL ENGINE**

### **Abstract**

Then the top surfaces of the piston and valves of a four cylinder diesel engine were coated with plasma spray coating method by using 100 µm of NiCrAl as lining layer and over this layer the same surfaces were coated with 400 µm of the mixture that consists of %88 ZrO<sub>2</sub>, %4 MgO and %8 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. In the engine the effects of coating process on the combustion parameters have been investigated. The cottonseed oil origin waste cooking oil has been selected in order to produce biodiesel for experimental studies. Then the blends of B20 and B50 were prepared. The blend fuels and D2 were then used in engine tests. The combustion parameters were observed at 1800 rpm engine speed and partial load [50%]. The results have now been presented in this study.

**Keywords :** Diesel Engine, Ceramic coatings, Biodiesel, Combustion

## **1. GİRİŞ**

Yakıt fiyatlarındaki artış ve içten yanmalı motorlarda (İYM) kullanılan fosil kaynaklı yakıtların yakın bir gelecekte tükenmesi ile birlikte çevresel sorunlar da gittikçe artmaktadır. Bu nedenle bilim adamları kabul edilebilir emisyon sınırları içerisinde yüksek verimle çalışabilecek ve yakıt tasarrufu sağlayacak İYM'nin araştırılmasına yönelmişlerdir. Seramik kaplamanın, emisyonları azaltması, yanmayı

*Bu makaleye atf yapmak için*

*Aydın H.\*, Sayın C.\*\*, Aydın S.\*\*\*, İşcan B.\*\*\*\* Işık M. Z.,\* "Seramik Kaplı Bir Dizel Motorunda Biyodizel Kullanımının Emisyon Parametrelerine Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması" Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2015 12(4)51-60*

*How to cite this article*

*Aydın H.\*, Sayın C.\*\*, Aydın S.\*\*\*, İşcan B.\*\*\*\* Işık M. Z.,\* "The Effects Of The Usage Of Biodiesel On Combustion Parameters In A Ceramic Coated Diesel Engine" Electronic Journal of Machine Technologies, , 2015 12(4)51-60*

iyileşmesi ve motorun termal verimini daha yüksek potansiyelde tutması en önemli tercih sebeplerindedir. Seramik malzemelerin geleneksel metallere daha iyi aşınma karakteristikleri göstermeleri başka bir tercih edilme nedenidir. Termal olarak izole edilen yanma odasında bulunan parçalardaki düşük ısı kaybı, yararlanılabilen egzoz gazlarının enerjiye dönüştürülme miktarındaki artış ve silindirdeki işin artması, enerji artışının bir göstergesidir [1].

Seramik kaplı motorların yanma odası sıcaklığının kaplanmamış motora göre daha yüksek olması, daha geniş damıtma aralığında ve daha az kaliteli yakıt kullanılmasına imkan vermektedir.

Yanma odası ısı iletkenliği düşük seramik malzeme ile kaplanmış dizel motorlardan beklenen belli başlı faydalar: soğutma yükünün azaltılmasıyla soğutma sistemi gereksiniminin minimize edilmesi, egzoz emisyonlarında azalma, performansta iyileşme, egzoz enerjisinde artma ve motor gürültüsünün azalması olarak sayılabilir [2].

Tek silindirli, 4 zamanlı ve ön yanma odalı bir dizel motor üzerinde yapılan çalışmada, ara bağlayıcı elemanı NiCoCrAlY ve  $Y_2O_3$ -  $ZrO_2$  seramik malzemelerini termal bariyer olarak kullanmıştır. Sonuç olarak, özgül yakıt tüketiminde ortalama %2,5 ve duman emisyonunun %28 azaldığı,  $NO_x$  emisyonunun ise %2 arttığı olduğu belirtilmiştir [3].

Aşırı doldurmalı, ara soğutmalı ve direkt enjeksiyonlu seramik kaplı (0,15 mm NiCrAl + 0,35 mm  $ZrO_2$ - $MgZrO_2$ ) bir dizel motorunda yapılmış deneyler sonucunda, CO emisyonlarında %35-40, HC emisyonlarında %40, partikül madde emisyonlarında %48'lik azalma olurken  $NO_x$  emisyonlarının ise arttığı belirtilmiştir [4].

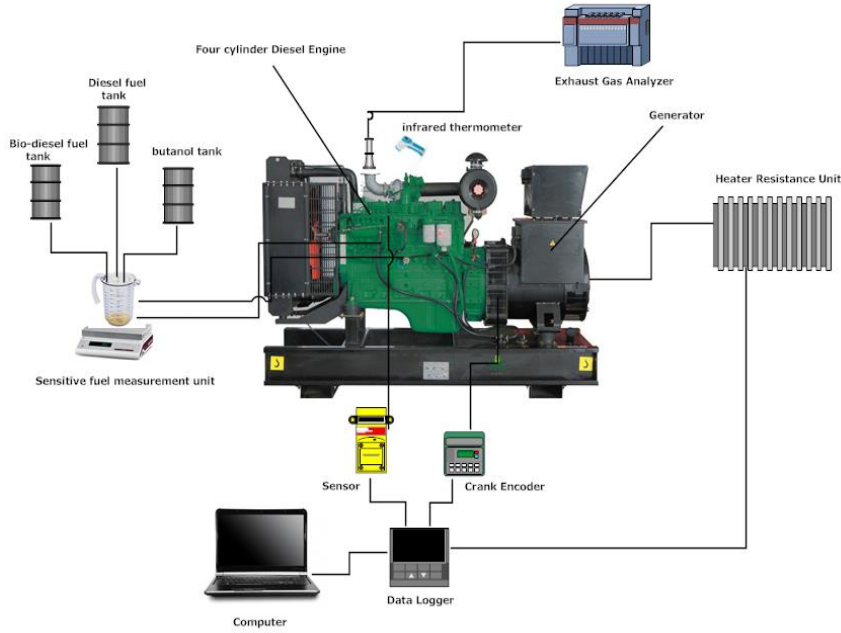
Yapılan bir çalışmada dört zamanlı, tek silindirli, hava ile soğutmalı ve direkt püskürtmeli bir dizel motorun pistonunu ve supaplarını seramik malzeme olan  $ZrO_2$  ile plazma spreyle kaplamıştır. Yakıt olarak, pamuk yağı – normal dizel yakıtı karışımları (karışımdaki yağ oranları %15 ve %35) ve ayçiçeği yağı- normal dizel yakıtı karışımları (karışımdaki yağ oranları %15 ve %35) kaplanmış motorda denenmiştir. Aynı koşullarda kaplanmamış dizel motorunda normal dizel yakıtını da test ederek diğer karışımlarla karşılaştırılmıştır. Testler sonucunda, 100 saatlik çalışma sonucunda kaplanmış parçalarda herhangi bir anormalliğin olmadığını, bitkisel yağların kaplanmış motorda kullanılması ile motor performansında iyileşmelerin olduğunu, kaplanmış motorda ısı transferinin azaldığını, kaplanmış motorla CO, HC ve duman emisyonlarında azalmalarının olduğunu ancak silindir içi sıcaklıkların artışında dolayı  $NO_x$  emisyonlarında artışların olduğunu bildirmiştir [5].

Yapılan bir çalışmada dört silindirli direkt püskürtmeli aşırı doldurmalı bir dizel motorunda önce motorin ve daha sonra ayçiçeği yağından transesterifikasyon yöntemi ile elde edilen biyodizel yakıt olarak denemiştir. Daha sonra aynı motorun silindir kapağı ve supapları plazma spreyle yöntemiyle 0,15 mm nikel-krom-alüminyum (NiCrAl) astar tabaka olarak ve 0,35 mm yitriumla stabilize zirkonya ( $Y_2O_3$ - $ZrO_2$ ) ile kaplayarak deney motoru düşük ısı kayıplı (DIK) haline getirmiştir. Son olarak DIK motorda, standart motor (STM) ile aynı şartlarda motorin ve biyodizel yakıtları yeniden kullanmıştır. Elde edilen veriler sonucunda her iki yakıt için seramik kaplama ile deney motorunun  $NO_x$ , ve  $CO_2$  emisyonları artarken, duman emisyonlarında azalma olduğu belirtilmiştir [6].

## 2. MALZEME ve METOT

Deneyler, Batman Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Otomotiv Anabilim Dalı Motor Test Laboratuvarında yapılmıştır. Deneyler için, maksimum gücü 18 kW,

silindir hacmi 2400 cc, 4 silindirli, dört zamanlı, su ile soğutmalı bir dizel jeneratör motoru kullanılmıştır. Motor test setinin şematik diyagramı Şekil 1’de gösterilmiştir. Deney Motoruna ait teknik özellikler Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Motor test sisteminin şematik görünüşü.

Tablo 1. NWK22 dizel motorunun teknik özellikleri

Model	NWK22
Güç @1500 rpm	18 kW
Motor soğutma sistemi	Su ile
Emme sistemi	Doğal emişli
Motor modeli	4DW81-23D
Çapxstrok (mm)	85x100
Kurs Hacmi (cm <sup>3</sup> )	2400
Silindir sayısı	4
Yanma sistemi	Doğrudan püskürtme
Sıkıştırma oranı	17:1
Enjektör delik sayısı	4

Bu çalışmada, dört silindirli, dört zamanlı bir dizel motor plazma sprey yöntemi ile 100 µm NiCrAl astar tabaka ve bu tabakanın üzerine 400 µm olmak üzere ZrO<sub>2</sub>, %4 MgO ve %8 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ana kaplama malzemesi ile kaplanmıştır. Bu motorda, seramik kaplama yönteminin yanma ve emisyon parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere pamuk yağı kökenli atık kızartma yağından üretilen biyodizel, dizel yakıtı ile %20 ve %50 oranında karıştırılarak sırası ile (B20) ve (B50) yakıtları oluşturulmuştur. Bu yakıtlar ile normal dizel (D2) yakıtı motor testlerinde kullanılmıştır.

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneyler kısmi yükte olmak üzere emisyon değerleri için 1200, 1500, 1800, 2100 ve 2400 dev/dk’da gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışma sırası ile D2, B20 ve B50 yakıtları ile önce kaplanmamış motorla egzoz emisyonları değerleri alınmıştır. Çalışma boyunca elde edilen sonuçlar ve belirgin avantajlar

burada sunulmuştur.

Deneyleerde kullanılan dizel motorun sıkıştırma oranının değişmemesi için, ilk önce yedek orijinal piston ve supapların alın yüzeylerinden 500 µm kadar talaş kaldırılmıştır. Daha sonra plazma spreyle yöntemi ile 100 µm NiCrAl astar tabaka ve bu tabakanın üzerine 400 µm olmak üzere ZrO<sub>2</sub>, %4 MgO ve %8 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ana kaplama malzemesi ile kaplanmıştır. Şekil 2’de Piston ve supapların alın yüzeyleri kaplandıktan sonraki görünümü görölmektedir.



**Şekil 2.** Piston ve supapların alın yüzeyleri kaplandıktan sonraki görünümü

B20, B50, ve D2 yakıtlarının yanması sonucu oluşan atık gazların analizi için CAPELEC CAP 3200 marka gaz analiz cihazı kullanılmıştır. Bu cihazın teknik özellikleri Tablo 2’de görölmektedir.

**Tablo 2.** Gaz analiz cihazın teknik özellikleri

Parametre	Ölçme Aralığı	Hassasiyet
HC	0-20000 ppm	1 ppm
CO	% 0-10,5	% 0,001
O <sub>2</sub>	% 0-21,7	% 0,01
NO <sub>x</sub>	0-10000 ppm	1 ppm
Duman koyuluğu	% 0-99,9	% 0,01

Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere pamuk yağı kökenli atık kızartma yağından üretilen biyodizel, dizel yakıtı ile %20 ve %50 oranında karıştırılarak sırası ile (B20) ve (B50) yakıtları oluşturulmuştur. Bu yakıtlar ile normal dizel (D2) yakıtı motor testlerinde kullanılmıştır. Testlerde kullanılan yakıt numuneleri Şekil 3’de, fiziksel ve kimyasal özellikleri ise Tablo 3’te görölmektedir.



**Şekil 3.** Deney yakıtları

**Tablo 3.** Deney yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri [5]

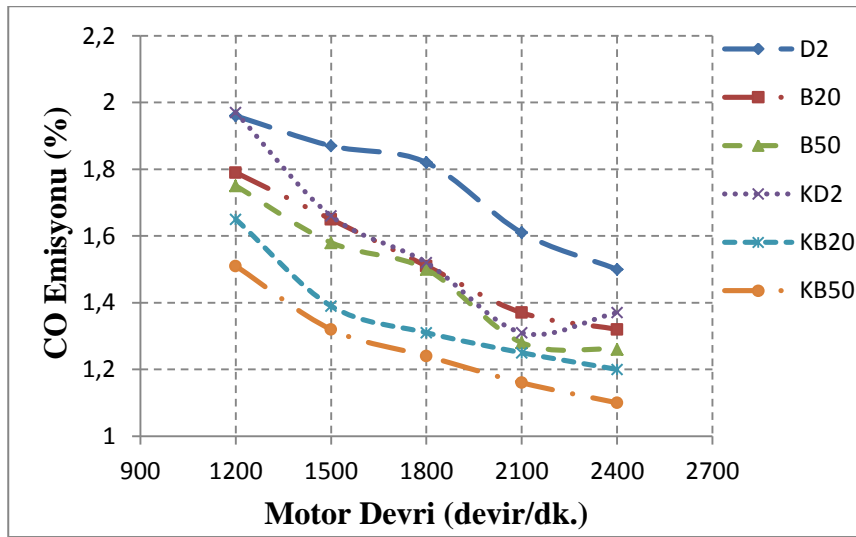
Özellik	Birim	ASTM D6751	EN 14214	B20	B50	D2
Yoğunluk	gr/cm <sup>3</sup> , 20°C	-	0,86-0,90	0,842	0,851	0,847
Kinematik viskozite	mm <sup>2</sup> /sn, 40°C	1,9-6	3,5-5	3,871	4,039	3,146
Isıl değer	KJ/kg	-	-	39465	39290	43085
Parlama noktası	°C	130 min.	120 min.	81	87	67
Dizel İndeksi	-	-	-	52,80	52,20	49

Deneyler kısmi yükte olmak üzere emisyon değerleri için 1200, 1500, 1800, 2100 ve 2400 devir/dk. gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışma sırası ile D2, B20 ve B50 yakıtları ile önce kaplanmamış motorla egzoz emisyonları alınmıştır. Gereken tüm veriler alındıktan sonra seramik malzeme ile kaplanmış piston ve supaplar motora takılmıştır. Daha sonra oluşturulan kaplanmış motorla aynı deney şartlarında ve aynı parametre değerleri alınmıştır.

#### 4. TARTIŞMA

##### Egzoz Emisyon Karakteristiklerinin Karşılaştırılması

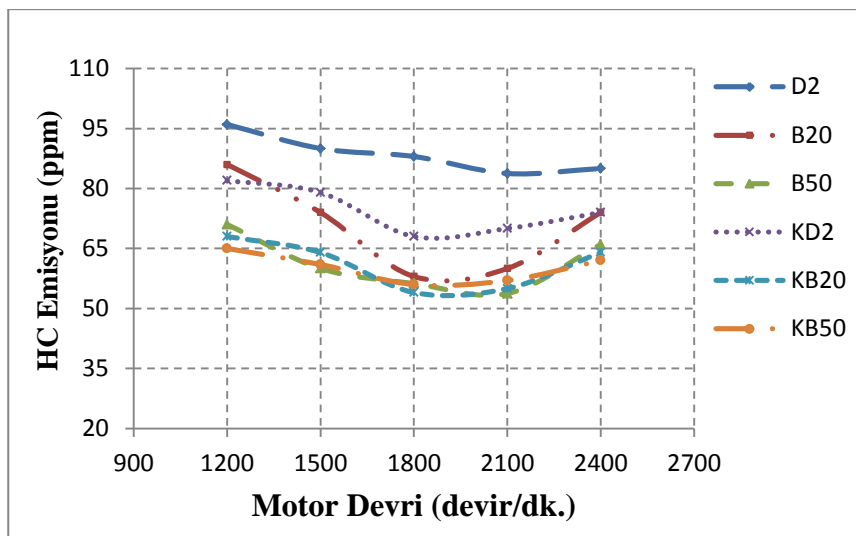
Kaplamasız ve kaplamalı motorda kısmi yük ve değişik devirlerde test yakıtlarının kullanılması ile elde edilen CO emisyonu değişimi Şekil 4.'de görülmektedir. CO emisyonları, eksik yanma ürünleri arasında olup, yanma odasında alev oluşumu ve ilerlemesi sırasında yanmaya iştirak eden hidrokarbonların yeteri kadar oksijen ile temas edememesi sonucu oluşmaktadır. Dizel motorlarında motor genellikle fakir karışım bölgesinde yani fazla hava ile çalışmaktadır. Bu nedenle dizel motorlarında oluşan CO emisyonu miktarı oldukça azdır. CO emisyonlarının oluşumu birçok nedene bağlı olmakla beraber, hava/yakıt eşdeğer oranına göre değişmektedir [8-9]. Biyodizel karışimli yakıtlarda CO emisyonu her iki motorda da dizel yakından daha az çıkmıştır. Bunun sebebi, biyoyakıt katkılı yakıtların kimyasal yapısında bulunan oksijen molekülünün varlığı ve setan indekslerinin dizel yakıtından daha yüksek olmasıdır.



Şekil 4. Kısmi yük ve değişik devirlerde CO emisyonlarının değişimi

Seramikle kaplanmış motorda D2, B20 ve B50 yakıtların kullanılması elde edilen egzoz CO emisyon değerleri, kaplamasız motora göre KD2 yakıtında % 10.61, KB20 yakıtında % 10.99, ve KB50'de % 14.11'lik kadar bir azalma tespit edilmiştir. Bütün deney yakıtları incelendiğinde motor devrinin artması ile beraber CO emisyonlarının devir ile beraber düştüğü görülmektedir. Genel olarak bakıldığında kaplamalı motorun CO emisyonları dizel yakıtı dahil bütün karışımlar için azaldığı görülmüştür.

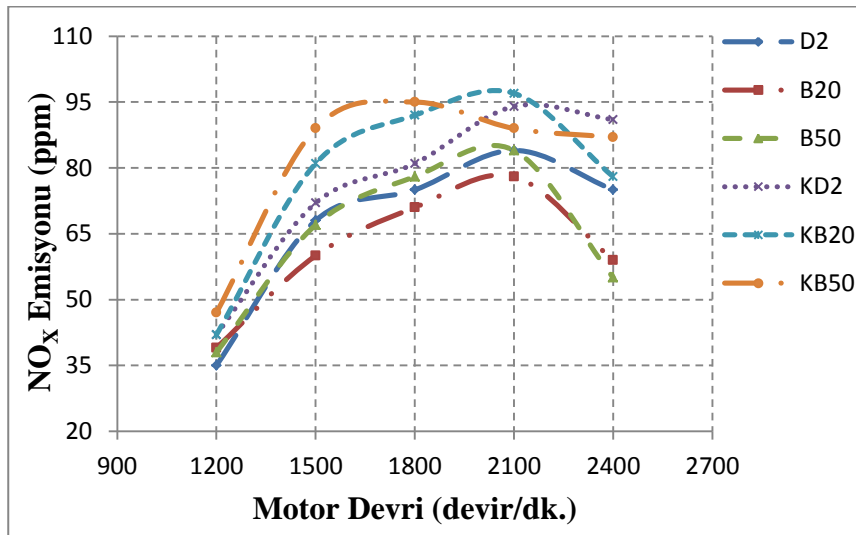
Kaplamasız ve kaplamalı motorda kısmi yük ve değişik devirlerde test yakıtlarının kullanılması ile elde edilen HC emisyon değişimi Şekil 5'de görülmektedir. Dizel motorlarından kaynaklanan HC emisyonu miktarları çok farklı nedenlere ve çalışma şartlarına göre değişmektedir. Bunlardan en önemlileri, yanma ortamında havanın normalden çok daha az olması, yani oksijen eksikliği, yanma ortamında sıcaklığın düşük kalması nedeniyle yakıtın yanma sıcaklığına ulaşamaması veya düşük sıcaklıklardan dolayı sönmeye olayının gerçekleşmesi, yakıtın tutuşma gecikmesi periyodunun uzun olması ve motorun ağır yük şartlarında çalışması nedeniyle aşırı zengin karışımla çalışmasıdır. Bunların yanı sıra, kullanılan yakıtın özellikleri ve dolayısıyla yanmaya elverişliliği de HC emisyonlarının etkileyen en önemli parametrelerdir [9].



Şekil 5. Kısmi yük ve değişik devirlerde HC emisyonlarının değişimi

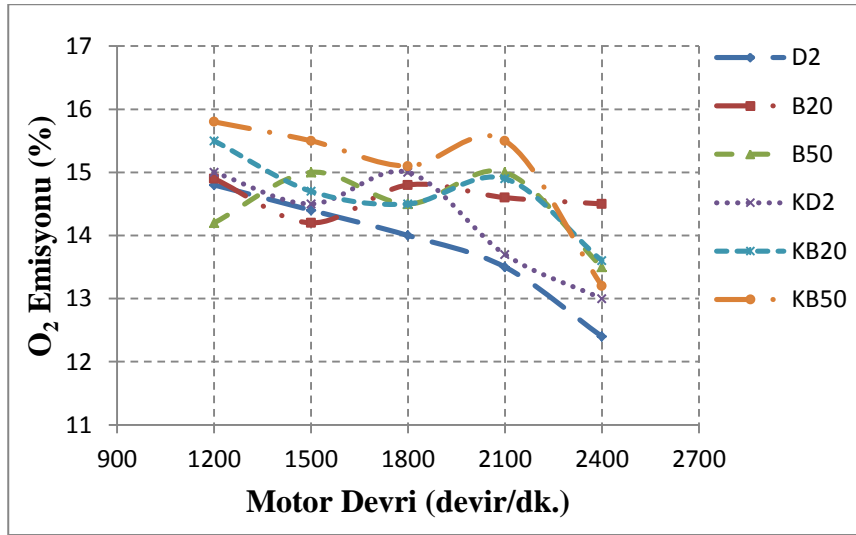
Seramikle kaplanmış motorda D2, B20 ve B50 yakıtların kullanılması elde edilen egzoz HC emisyon değerleri, kaplamasız motora göre KD2 yakıtında % 15.75, KB20 yakıtında % 13.35 ve KB50'de % 1.95'lik kadar bir azalma tespit edilmiştir. Meydana gelen bu azalmaların muhtemel nedeni biyodizel karışimli yakıtların kimyasal bileşiminde  $O_2$  molekülünün bulunması ile yanmanın tam yanma yönüne kayarak eksik yanma ürünleri olan CO ve HC emisyonlarını azaltmasıdır [10].

Kaplamasız ve kaplamalı motorda kısmi yük ve değişik devirlerde D2, B20 ve B50 yakıtlarının kullanılması ile elde edilen  $NO_x$  emisyon değişimi Şekil 6'da görülmektedir. Azot oksit emisyonu; silindirde oluşan yüksek sıcaklıklar, azot ile oksijenin birlikte bulunma süreleri ve oksijen miktarına bağlı olarak oluşmaktadır. Düşük devirlerde silindir içerisine alınan hava miktarı az olduğundan silindir içerisinde azot monoksit (NO) oluşumu düşük olmaktadır. Genişleme zamanında, egzoz borusundan atılan NO'lar havanın oksijeni ile birleşerek  $NO_x$ 'lere dönüştüğü bildirilmektedir [9]. Seramikle kaplanmış motorda D2, B20, B50 ve B100 yakıtların kullanılması elde edilen egzoz  $NO_x$  emisyon değerleri, kaplamasız motora göre KD2 yakıtında % 12.75, KB20 yakıtında % 27.03 ve KB50'de % 26.39'luk kadar bir artış tespit edilmiştir. Seramik malzeme ile kaplanmış motordaki bu artışları, silindirde oluşan yüksek sıcaklıklara ve biyodizel karışimli yakıtların kimyasal bileşiminde  $O_2$  molekülünün bulunması ile açıklanabilir.



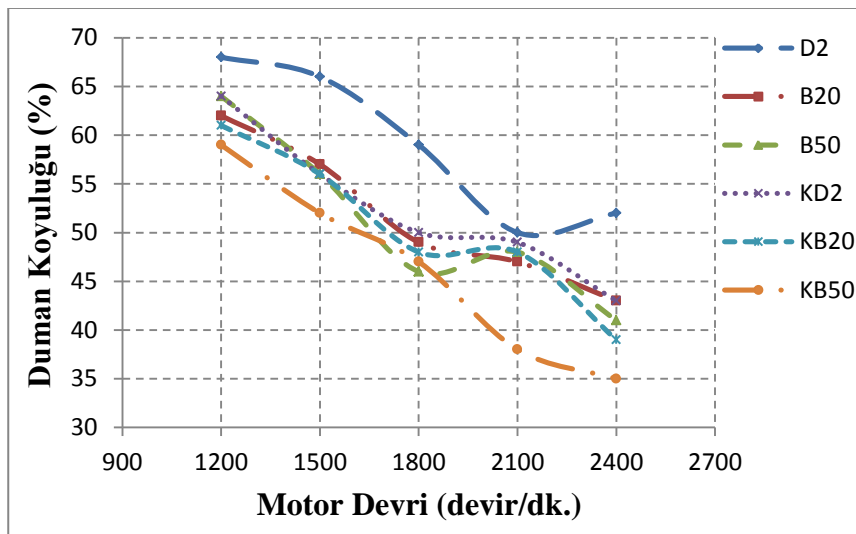
Şekil 6. Kısmi yük ve değişik devirlerde  $NO_x$  emisyonlarının değişimi

Kaplamasız ve kaplamalı motorda kısmi yük ve değişik devirlerde D2, B20 ve B50 yakıtlarının kullanılması ile elde edilen  $O_2$  emisyon değişimi Şekil 7'de görülmektedir. Seramikle kaplanmış motorda D2, B20 ve B50 yakıtların kullanılması ile elde edilen egzoz  $O_2$  emisyon değerleri, kaplamasız motora göre KD2 yakıtında % 3.03, KB20 yakıtında % 0.27, KB50'de % 4.01'lik bir artış tespit edilmiştir. Dizel motorları fazla hava ile çalıştığından hem kaplamalı hem de kaplamasız motorda bütün yakıtlar için  $O_2$  emisyonları oldukça yüksekte çıkmıştır. Tüm test yakıtları için en yüksek oksijen emisyonu miktarı 1200 d/d'da ölçülmüştür.



Şekil 7. Kısmi yük ve değişik devirlerde O<sub>2</sub> emisyonlarının değişimi

Kaplamasız ve kaplamalı motorda kısmi yük ve değişik devirlerde D2, B20 ve B50 yakıtlarının kullanılması ile elde edilen duman koyuluğu değişimi Şekil 8'de görülmektedir. Dizel motorlu taşıtlarda partikül maddeler, is ve karbon, karbon-hidrojen bağları ve yakıttaki kükürttan kaynaklanan kükürt dioksit ve hidrojen sülfürden oluşmaktadır. Is teşekkülü, oksijence fakir ortamda bulunan yakıt moleküllerinin ısı parçalanması; özellikle hidrojen moleküllerinin kolayca oksitlenmesi, karbon moleküllerinin ise oksitlenmeden ortamda çoğalması şeklinde açıklanabilir. Hidrojeni ayrılan karbonca zengin büyük moleküller birleşmekte (polimerizasyon) ve iri molekül guruplarının bir araya toplanması ile is zerrecikleri oluşmaktadır [11]. Is emisyonları, genellikle zengin karışım bölgelerinde oksijen yetersizliğinden oluşmaktadır. Oluşum mekanizmaları çok değişik olmakla beraber, is yüksek sıcaklıklarda uzun zincir yapısına sahip hidrokarbonların oksijensiz ortamda kalarak bozundurulması ile oluşmaktadır. Yanma sırasında oksijenin yeterli düzeyde olması is emisyonlarının oksidasyona uğramasını ve azalmasını sağlar. Yakıtın veya yanma odasının oksijen bakımından zengin olması, is emisyonlarını düşürürken, yakıtın kükürt içeriğinin yüksek olması ise is emisyonunu artırmaktadır. Seramikle kaplanmış motorda D2, B20 ve B50 yakıtların kullanılması elde edilen egzoz duman koyuluğu değerleri, kaplamasız motora göre KD2 yakıtında % 11.18, KB20 yakıtında % 2.32 ve KB50'de % 9.41'lik kadar bir azalma tespit edilmiştir. Seramik malzeme ile kaplanmış motorda, artan gaz sıcaklıkları ile duman oksidasyon hızının artması sonucu duman koyuluklarının azaldığı düşünülmektedir [6].



Şekil 8. Kısmi yük ve değişik devirlerde duman koyuluklarının değişimi

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kaplamalı-kaplamasız motorda D2, B20 ve B50 yakıtlarının kısmi yük değişik devirlerde test edilmesi ile elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

•Motorun kısmi yük şartlarında, hem kaplamasız ve hem de kaplamalı motorda düşük devirlerde CO emisyonu yüksek çıkmıştır. Motor hızının artışı ile beraber CO emisyonunda azalmalar tespit edilmiştir. Biyodizel karışimli yakıtlarda CO emisyonu her iki motorda da dizel yakından daha az çıkmıştır. Bunun muhtemel sebebi biyodizel katkılı yakıtların kimyasal yapısında bulunan oksijen molekülünün varlığı ve setan indekslerinin dizel yakıtından daha yüksek olmasıdır. Seramikle kaplanmış motorda test yakıtlarının kullanılması ile elde edilen toplam CO emisyon değerleri, kaplamasız motora göre karşılaştırdığımızda KD2 yakıtında % 10,61, KB20 yakıtında % 10,99, KB50'de % 14,11'lik kadar bir azalma tespit edilmiştir.

•Hem kaplamasız ve hem de kaplamalı motorda, düşük devirlerde HC emisyonları yüksek iken motor hızının artışı ile beraber HC emisyonlarında azalmalar tespit edilmiştir. Seramikle kaplanmış motorda deney yakıtlarının kullanılması ile elde edilen ortalama HC emisyon değerlerini, kaplamasız motora göre karşılaştırdığımızda KD2 yakıtında % 15,75, KB20 yakıtında % 13,35, KB50'de % 1,95'lik kadar bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalmaları termal bariyer kaplama sayesinde silindirde oluşan yüksek sıcaklıklarda yakıtın tutuşma sıcaklığına gelmesi ile açıklanabilir. Bir diğer sebepte biyodizel karışimli yakıtların kimyasal bileşiminde O<sub>2</sub> molekülünün bulunması ile yanmanın tam yanma yönüne kayarak eksik yanma ürünleri olan CO ve HC emisyonlarını azaltmasıdır [10].

•Hem kaplamalı ve hem de kaplamasız motorda kısmi yük durumu için; düşük devirlerde NO<sub>x</sub> emisyonları düşük iken motor hızının artışı ile beraber artarak maksimum değere, 2100 devrinde ulaşmıştır. Her iki motorda da 2100 devirden sonra NO<sub>x</sub> emisyonları düşmüştür. Hem kaplamalı ve hem kaplamasız motorda biyodizel karışimli yakıtlar dizel yakıtından daha fazla NO<sub>x</sub> emisyonu çevreye salınmıştır. Bu durumu, biyodizel karışimli yakıtların setan indekslerinin dizel yakıtından fazla olması ile tutuşma gecikmelerinin kısılması ve biyodizel karışimli yakıtların kimyasal bileşiminde O<sub>2</sub> molekülünün bulunmasından daha sıcak bölgelerin oluşması ile açıklanabilir [10]. Seramikle kaplanmış motorda test yakıtlarının kullanılması ile elde edilen toplam NO<sub>x</sub> emisyon değerleri, kaplamasız motora göre KD2 yakıtında % 12,75, KB20 yakıtında % 27,03, KB50'de % 26,39'luk kadar bir artış tespit edilmiştir. Seramik malzeme ile kaplanmış motordaki bu artışları termal bariyer kaplama sayesinde silindirde oluşan yüksek sıcaklıklara ve biyodizel karışimli yakıtların kimyasal bileşiminde O<sub>2</sub> molekülünün bulunması ile açıklanabilir.

•Motorun kısmi yük koşullarında; her iki motorda da düşük devirlerde duman emisyonları düşük iken motor hızının artması ile beraber duman emisyonlarından azalmalar görülmüştür. Biyodizel karışimli yakıtlarda duman koyulukları her iki motorda da dizel yakından daha az çıkmıştır. Bu durumu biyodizel katkılı yakıtların kimyasal yapısında oksijen molekülünün varlığı ve setan indekslerinin dizel yakıtından daha yüksek olması ile açıklanabilir. Seramikle kaplanmış motorda deney yakıtlarının kullanılması ile elde edilen duman koyuluğu değerleri, kaplamasız motora göre karşılaştırdığımızda KD2 yakıtında % 11,18, KB20 yakıtında % 2,32, KB50'de % 9,41'lik kadar bir azalmalar tespit edilmiştir. Seramik malzeme ile kaplanmış motordaki bu durumu, artan silindir içi gaz sıcaklıkları ile duman oksidasyon hızının artması sonucu duman koyuluklarının azaldığı düşünülmektedir [6].

**TEŞEKKÜR**

Bu alışma Batman Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından BTÜBAP-2012-MYO-1 proje koduyla desteklenmiştir.

**6. KAYNAKLAR**

1. Hejwowski, T., Weronki, A., 2002, “The Effect of Thermal Barrier Coatings on Diesel Engine Performance”, *Vacuum.*, 65, 427-432
2. Gataowski, J.A., 1990, “Evaluation of a Selectively Cooled Single Cylinder 0.5 Lt. Diesel Engine” SAE Paper No: 900693
3. Marks, D.A., Boehman, A.L., 1997, “The Influence of Thermal Barrier Coatings on Morphology and Composition of Diesel Particulates”, International Congress & Exposition, February 24-27, Detroit, Michigan
4. Uzun, A., evik, İ., Akil, M., 1999, “Effects of Thermal Barrier Coating on a Turbocharged Diesel Engine Performance”, *Surface and Coating Technology.*, 116(119), 505-507
5. Aydın, H., 2013, “Combined Effects of Thermal Barrier Coating and Blending with Diesel Fuel on Usability of Vegetable Oils in Diesel Engines”, *Applied Thermal Engineering.*, 51(1-2), 623-629
6. Haşımoğlu, C., 2005, “ Düşük Isı Kayıplı Bir Dizel Motorunda Biyoyakıt Kullanımının Performans ve Emisyon Parametrelerine Etkisi”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye
7. Aydın, S., Sayin, C., 2014, “Impact of Thermal Barrier Coating Application on the Combustion Performance And Emissions of a Diesel Engine Fueled With Waste Cooking Oil Biodiesel–Diesel Blends”, *Fuel.*, Volume 136, 334-340
8. Soruşbay, C., 1999, “İten Yanmalı Motorlarda Egzoz Gazları Emisyonu. Ders Notları”, İTÜ., İstanbul
9. Heywood, J., 1988, “Internal Combustion Engine Fundamentals”, Macgraw-Hill Book Company, New York
10. Mohamed, M.M., Sivapirakasam, S.P., Udayakumar, M., 2011, “Comparative Studies on Fly Ash Coated Low Heat Rejection Diesel Engine on Performance and Emission Characteristics Fueled by Rice Bran and Pongamia Methyl Ester and their Blend with Diesel”. *Energy.*, 36(5), 2343-2351
11. Altın, R., 1998, “Bitkisel Yağların Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılmasının Deneysel Olarak İncelenmesi”, Doktora Tezi., Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye