



## Türk Doğa ve Fen Dergisi

### Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



## Piston ve supapları ZrO<sub>2</sub> kaplanmış bir dizel motorunda soya yağının kullanılması

Hanbey HAZAR<sup>\*1</sup>, Özkan GÜRBÜZ<sup>2</sup>, Emine ŞAP<sup>3</sup>

### Özet

Önemli alternatif enerji kaynaklarından biri de içten yanmalı motorlar için yakıt olabilecek bitkisel yağ kullanımıdır. Bu çalışmada ham bitkisel yağ bir dizel motorunda yakıt olarak kullanılmıştır. Soya yağı burada S15 olarak adlandırılan %15S-%85 D2 (dizel yakıt), S35 olarak adlandırılan %35S-%65 D2 ve S65 olarak adlandırılan %65 S-%35 D2 oranlarında hacimsel olarak karıştırılmıştır. Bu karışım yakıtlar ve normal dizel yakıtı, 4 zamanlı, tek silindri ve hava soğutmalı bir dizel motorunda kullanılmıştır. Daha sonra yukarıda bahsedilen deney yakıtları piston başı yüzeyi ve emme ve egzoz supaplarının yüzeyleri ZrO<sub>2</sub> seramik malzeme ile kaplanmış motorda test edilmişlerdir. Performans testlerinde motor momenti, motor gücü ve fren özgül yakıt tüketimi değerleri tüm test yakıtları için kaplamalı ve kaplamasız motorlarda bulunmuştur. Emisyon testlerinde, test karışım yakıtlarının kullanımında CO, CO<sub>2</sub>, HC ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının sonuçları bulunmuş ve normal dizel yakıtı değerleri ile karşılaştırılmıştır. Performans testi sonuçları motor performansının bitkisel yağ kullanımı ile bir miktar düştüğünü göstermiştir. Ancak motorun kaplanmasıyla beraber bitkisel yağ kullanımı ile kaplamalı motorda performans parametreleri, belki de silindir duvarlarında olan ısı transferinin azalması sayesinde, artışlar göstermiştir. Emisyon test sonuçları, kaplamasız motorda ve kaplamalı motorda bitkisel yağ kullanımı ile CO ve HC emisyonlarının azaldığını göstermiştir. Ancak hem bitkisel yağ kullanımı hem de motorun kaplanması işlemleri nedeniyle NO<sub>x</sub> emisyonu değerleri artışlar göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dizel motor; soya yağı; zirkonyum oksit (ZrO<sub>2</sub>)

## Use of soybean oil in a pistons and valves ZrO<sub>2</sub> coated diesel engine

### Abstract

One of the major alternative energy sources is the use of vegetable oil, which may be fuel for internal combustion engines. In this study, raw vegetable oil was used as fuel in a diesel engine. The soybean oil was volumetrically mixed here at %15 S -85% D2 (diesel fuel), named here S15, %35S-%65 D2, named here S35, and % 65S-%35 D2, named here S65. The mentioned blend fuels and standard diesel fuel were then used in a single cylinder, four strokes and air cooled diesel engine. Then the above mentioned test fuels were tested in the coating engine which piston head surface and the surfaces of the intake and exhaust valves were covered with ZrO<sub>2</sub> ceramic material. In the performance tests, engine torque, power and brake specific fuel consumption results for test fuels usage in were observed. In the emission test, CO, CO<sub>2</sub>, HC and NO<sub>x</sub> emission results for all the test fuels operation were founded and compared with the standard diesel fuel operation. Results of performance have showed that the performance of the engine was slightly decreased with vegetable oil usage. However, the performance parameters of all the vegetable oils were increased when the test engine was coated probably due to the reduction of heat transfer through the engine cylinder. Emission test results have shown that CO and HC emissions were decreased by the use of vegetable oil on uncoated engine and coated engine. However, NO<sub>x</sub> emissions were increased for both engine coating and vegetable oil usage in diesel engine.

**Keywords:** Diesel engine; soybean oil; zirconium oxide (ZrO<sub>2</sub>)

### 1. Giriş

Yakıt fiyatlarındaki artış ve içten yanmalı motorlarda kullanılan fosil kaynaklı yakıtların yakın bir gelecekte tükenmesi ile birlikte çevresel sorunlar da gittikçe artmaktadır [1]. Petrol kaynaklarının hızla azalması, var olan kaynakların ise sınırlı olması, ekonomik ve politik

farklılıklar, dış ülkelere bağımlılık ve hava kirliliği tüm ülkeler için geçerli problemlerdir.

Petrole bağımlılığın azaltılması ve gelecekte yaşanabilecek petrol krizlerinin en az sıkıntıyla atlatılabilmesi düşüncesi, alternatif yakıt arayışlarına ve bunların motor yakıtı olarak iyileştirilmesi çalışmalarının yoğunlaşmasına sebep olmuştur [2,3]. Adını taşıyan dizel motorun mucidi Rudolph Diesel, toz kömüründen fıstık yağına kadar değişen yakıtlarla deneyler yapmıştır [4]. Birçok çalışmada geleneksel motorlarda bitkisel yağlar

<sup>1</sup> Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, 23119 Elazığ, Türkiye

<sup>2</sup> Batman, Türkiye

<sup>3</sup> Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 12000 Bingöl, Türkiye

\*Sorumlu yazar E-posta: [hbazar@firat.edu.tr](mailto:hbazar@firat.edu.tr)

kullanılmış ve yüksek viskozite, düşük uçuculuk ve çoklu doymamışlık sorunları nedeniyle performansın düşük olduğu belirlenmiştir [2,5]. Bu nedenle bilim adamları kabul edilebilir emisyon sınırları içerisinde yüksek verimle çalışabilecek ve yakıt tasarrufu sağlayacak içten yanmalı motorların araştırılmasına yönelmişlerdir.

Seramik kaplamalar, emisyonları azaltması, yanmayı iyileştirmesi ve motorun termal verimini daha yüksek potansiyelde tutması açısından en önemli tercih sebeplerindedir. Seramik malzemelerin geleneksel metallerden daha iyi aşınma karakteristikleri göstermeleri başka bir tercih edilme nedenidir. Dizel yakıtlarından kükürt içeriği hem korozyon hem de partikül oluşumu bakımından son derece mahsurludur. Su, tuzlu su ve tortular korozyona sebep oldukları için yakıt içerisinde istenmeyen bileşenlerdir [6].

Mevcut dizel yakıtına benzer özellik gösteren biyodizel, dizel motorlarında bazı değişiklikler ve ayarlamalar yapılarak kullanılabilir. Biyodizel, direkt olarak motorin yerine kullanılabilir gibi, mevcut motorin yakıtıyla belli oranlarda karışım oluşturularak da kullanılabilir. Biyodizel yakıtlarının ısı değerinin motorine nazaran daha düşük olması motorin termik veriminin düşüş göstermesine sebebiyet vermektedir. Aynı motor şartları altında biyodizelin güç ve torku daha düşüktür [7].

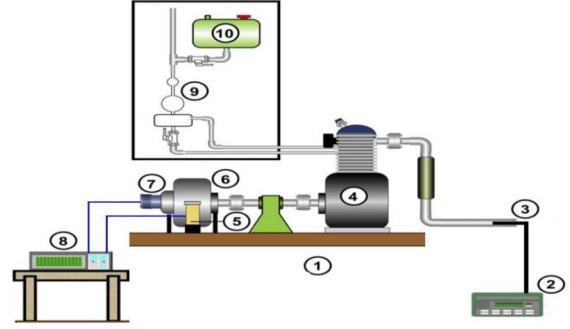
Biyodizel yakıtı, petrol kökenli yakıtlara göre daha az emisyon üretir, kükürt içermez. Biyodizelin içerdiği oksijen miktarı, motorinle karşılaştırıldığında %11 oranında daha fazla olduğu için biyodizel kullanımında karışım oluşumu daha iyi olmakta, bunun sonucunda egzoz emisyonlarında azalma görülmektedir [8].

Çeşitli çalışmalarda, yanma odalarının tamamının veya bir kısmının seramik ile kaplandığı dizel motorlarda motor performansının ve egzoz emisyonlarının arttığı bildirilmiştir [9,10]. Başka bir çalışmada kaplanmış motorun kaplanmamış motora kıyasla motor gücünde bir artış ve spesifik yakıt tüketimindeki azalmanın yanı sıra, egzoz gazı emisyonları ve duman yoğunluğunda önemli gelişmeler olduğu saptanmıştır. [11]. Biyodizel yakıtının, dizel motorlarda, partiküler madde, karbon monoksit (CO) ve yanmamış hidrokarbonlar gibi emisyonları etkin bir şekilde azalttığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, biyodizel gibi oksijenli yakıtların kullanımı ile genel olarak, NO<sub>x</sub> emisyonlarında hafif bir artış gözlemlenmiştir [12-13]. Bir başka çalışmada, LHR motorunda kullanılan tüm test yakıtları konvansiyonel motora kıyasla egzoz gazı emisyonlarında önemli gelişmeler (NO<sub>x</sub> hariç) ve motor gücündeki artış ile spesifik yakıt tüketimindeki azalma olduğu gözlemlenmiştir [14].

Bu çalışmada soya yağı, kaplanmış ve normal tek silindirli bir dizel motorda kullanıldı. Bu çalışmanın amacı, dizel motorlarda alternatif dizel yakıt olarak soya yağı gibi ham bir bitkisel yağ kullanmanın kullanılabilirliği üzerindeki düşük ısı reddi dizel motorunun etkilerini araştırmaktır.

## 2. Materyal ve Metot

Deney motoru olarak, maksimum gücü 10 HP, silindir hacmi 406 cc, tek silindirli, dört zamanlı ve hava soğutmalı olan Rainbow marka bir dizel motor kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan hidrolik dinamometre aşağıdaki şekilde verilmiştir. Sırasıyla 1) Motor Test Yatağı Şasisi 2) Egzoz Emisyon Cihazı 3) Gaz Analiz Cihazının Sondası 4) Tek Silindirli Dizel Motoru 5) Yük Ayarı 6) Dinamometre 7) Takometre 8) Kontrol Ünitesi 9) Yakıt Ölçüm Ünitesi 10) Yakıt Tankı elemanlarından oluşmaktadır.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan BT-140 model hidrolik dinamometrenin şematik görünüşü

Deney motoruna ait teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney Motorunun teknik özellikleri

Markası	Rainbow-186 Dizel
Püskürtme sistemi	Direkt püskürtmeli
Silindir sayısı	1
Strok hacmi	406 cc
Sıkıştırma oranı	18/1
Maksimum moment	25.21 Nm (1800 d/d'da)
Maksimum güç	10 HP
Maksimum motor devri	3600 d/d ±20
Soğutma sistemi	Hava soğutmalı
Püskürtme basıncı	19.6±0.49 Mpa (200 ±5 Kg/cm <sup>2</sup> )
Ortalama piston hızı	7.0 m/sn (3000 d/d'da)

Deney motorunun piston başı, emme ve egzoz supaplarının yüzeyleri ZrO<sub>2</sub> seramik malzeme ile kaplanmıştır. Bu yöntemle deney motoru düşük ısı kayıplı bir motora dönüştürülmüştür. Kaplanmış ve kaplanmamış motor parçalarına ait resimler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2. Motor parçalarının kaplanmış ve kaplanmamış haldeki resimleri

Motor deneylerinde BT-140 model, maksimum gücü 50 KW, maksimum devri 7500 d/d olan hidrolik bir dinamometre kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan motor test cihazının teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Motor test cihazının teknik özellikleri

Fren Modeli	BT-140
Maksimum frenleme gücü	50 HP
Maksimum devir	7000 d/d
Maksimum moment (Tork)	250 Nm
Yük hücresi kapasitesi	1000 N
Maksimum güç için su sarfıyatı	V maks. 0,75 m <sup>3</sup> /h
Fren suyu basıncı	1–2 Kg/cm <sup>2</sup>
Fren kontrol tipi	Kayıcı fan perdeleri ile
Ağırlık sistemi	Metrik-Elekt. Yük Hücresi
Fan adedi	1
Elektrik ihtiyacı	220/380 V. 50 Hz.
Dönüş yönü	Sağ dönüşlü

Motor test standı (Bremze) kontrol cihazının teknik özellikleri tablo 3’de verilmiştir. İzleme cihazının üzerinde motor devrini (d/dak.) cinsinden, motor gücünü beygir gücü (HP) ve motor momentini kg.m olarak gösteren ekranlar mevcuttur. Ayrıca motora uygulanan yük kademeli olarak %10’ar dilimlerde halde değiştirilebilmektedir. Böylelikle motora uygulanan yük azaltılıp artırılabilir.

**Tablo 3.** Motor test tezgâhı (bremze) izleme/kontrol cihazı teknik özellikleri

Modeli	PC101BMS
Doğruluk sınıfı	% 0.2
Hassasiyet	± 1 Digit
Ölçüm hızı	5 ölçüm / saniye
Ağırlık ölçüm tipi	Lineer (Yük Hücresi-Load-Cell)
Devir ölçüm girişi	Manyetik algılayıcı
Güç sarfıyatı	16 W
Çalışma ortam sıcaklığı	0-50° C
Çalışma gerilimi	220± %5 VAC
Çıktı	Döküm almak için paralel yazıcı bağı

Yakıt tüketimi ölçüm cihazı ile yakıt tüketim değeri olarak bir saatlik yakıt tüketimi alınmaktadır. Yakıt tüketimi değişimlerini incelerken, büyüklükleri farklı olan motorlarda saatlik yakıt tüketiminden gidilerek, karşılaştırma yapılmaz. Bu amaçla, saatlik yakıt tüketiminin motor gücüne oranı olan özgül yakıt tüketimi değerlerinden yararlanır. Hacim ölçülmesinde en basit yöntem, bir kap içerisinde hareket eden yakıt yüzeyinin iki ölçü çizgisi arasında geçme süresinin kronometre ile saptanmasıdır. Bu süreden hareket edilerek, saatlik yakıt tüketimi l/h olarak bulunur. Bu değer yakıtın yoğunluğu ile çarpılarak, kg/h olarak yakıt tüketimi belirlenir. Yakıt ölçüm düzeninde 50 ve 100 ml hacminde olan bölmelerdeki yakıtın harcama zamanı kronometre ile saptanarak ilgili bağıntıdan özgül yakıt tüketimi hesaplanmıştır. Şekil 3’te yakıt tüketimi ölçüm ünitesi görülmektedir.



**Şekil 3.** Yakıt tüketimi ölçüm ünitesi

Soya yağından elde edilen yakıtların yanması sonucu oluşan atık gazların analizi için Şekil 4’te görülen CAPELEC CAP 3200 marka gaz analiz cihazı kullanılmıştır. Bu cihazın teknik özellikleri Tablo 4’te görülmektedir.



**Şekil 4.** Gaz analiz cihazı

**Tablo 4.** Gaz analiz cihazının teknik özellikleri

Parametre	Ölçme Aralığı	Hassasiyet
HC	0-20000 ppm	1 ppm
CO <sub>2</sub>	%0-20	%0,1
CO	%0-15	%0,001
O <sub>2</sub>	%0-21,7	%0,01
Lambda	0,6-1,2	0,001
NO <sub>x</sub>	0-5000 ppm	1 ppm

Deneye başlamadan önce yakıt enjektör püskürtme basıncı, püskürtme avansı ve supap ayarlarının motorun katalog değerlerine uygun olduğu tespit edilmiştir. Motor deneylerine başlamadan önce yağlama yağı ve hava filtresi değiştirilmiştir. Deney sırasında alınan veriler motor çalışma sıcaklığına (85–90 °C) ulaştıktan sonra kaydedilmiştir ve deney süresince bu sıcaklıkta tutulmuştur. Yeni bir deneye başlamadan önce motor soğumaya ve dinlenmeye bırakılmıştır. Ayrıca bir önceki deneyde test edilen yakıtın tamamen tükenmesi için motor stop edene kadar çalıştırılmaya devam edilmiş ve daha sonra yakıt deposu yeni yakıt ile doldurulmuş böylece deneylere başlanmıştır. Deneyler önce kaplanmış motorda, dizel yakıtı (D2) ve soya yağının yakıt karışım oranları için sırasına göre yapılmıştır. Daha sonra kaplanmamış motorda testler, aynı yakıt ve aynı sırada kullanılmıştır. Her bir deney 3 defa tekrarlanmış ve aritmetik ortalamaları değerlendirmeye alınmıştır. Bütün yakıtlar için motor performansı ve egzoz emisyonlarının tespitinde motor tam gaz ve 1200, 1700, 2100 ve 2500 d/d motor devirlerde gerçekleştirilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Motor performansı

##### 3.1.1. Özgül yakıt tüketimi

Özgül yakıt tüketimi bir motorda kütleli yakıt tüketiminin aynı koşullarda elde edilen motor gücüne bölünmesi ile elde edilir. Başka bir deyişle özgül yakıt tüketimi kwh başına tüketilen yakıt miktarıdır.

Deney yakıtı olan Soya yağının dizel yakıtı ile karışımları ve bu karışımların kaplamalı ve normal bir dizel motorunda test edilmesi ile elde edilen özgül yakıt tüketim değerleri Şekil 5'te verilmiştir. Şekillerde görüldüğü deney yakıtı için elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri motorun orta devirlerinde en düşük değerini almış ve motor devrinin yükselmesiyle beraber tekrar yükselmiştir. Deney yakıtı karşılaştırıldığında hem kaplamalı hem de normal motorda en düşük özgül yakıt tüketimi değerleri dizel yakıtının kullanımında elde edilmiştir. Bunun nedeni özgül yakıtının ısı değerinin bitkisel yağlardan daha yüksek olması nedeniyle aynı motor gücünü verebilmesi için daha fazla kütleli yakıt tüketimi gerektirmesidir. Soya yağının kaplamalı ve normal motorda özgül yakıt tüketimindeki yüzde değerleri karşılaştırıldığında, kaplamalı motor KD2'de % -7,98 , KS15'te -7,70, KS38'te % -10,40 ve KS65'te % -9,31 azaldığı Şekil 5'te görülmektedir.

##### 3.1.2. Efektif güç

Deney yakıtı olan Soya yağının dizel yakıtı ile belirli oranlardaki karışımlarının ve dizel yakıtının kaplamalı ve normal bir dizel motorunda kullanımları ile elde edilen güç değerleri Şekil 6'da verilmiştir.

Elde edilen veriler tam yükte ve değişik devirlerdeki deneylerden elde edilmiştir. Şekil 6'da görüldüğü gibi dizel yakıtı ile karıştırılmış deney yakıtının kullanımında elde edilen güç değerleri devir sayısının artması ile beraber artış göstermiştir. Ancak çok yüksek devirlerde tekrar azalma eğilimine geçmiştir. Devir sayısındaki artış ile beraber motor gücündeki artışın nedeni birim zamanda gerçekleşen çevrim

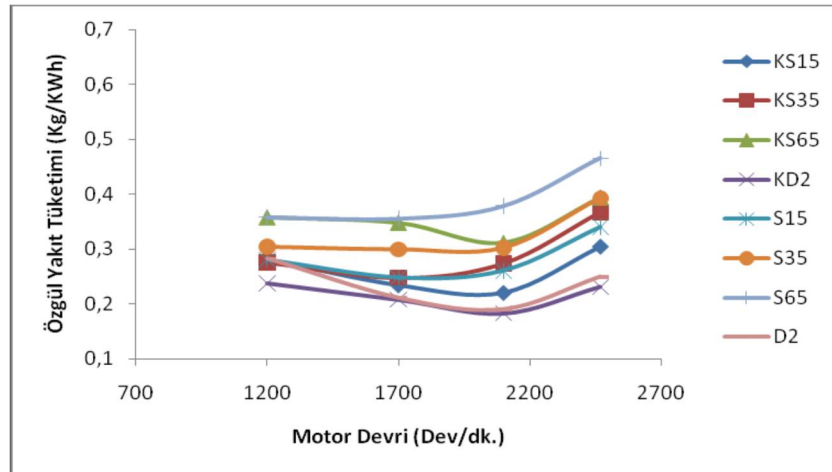
sayısının artması ve birim zamanda tüketilen yakıt kütleli artmasıdır. En düşük motor performans değerleri yüksek oranda soya yağı içeren yakıtlar için elde edilmiştir.

Bunun nedeni bitkisel yağların ısı değerinin düşük olmasından dolayı birim kütle yakıt başına yanma sonucu açığa çıkan ısının bu yağ için dizel yakıtından daha düşük olmasıdır. Kaplamalı ve normal motor deneyleri karşılaştırıldığında test yakıtlarının kaplamalı motorlarda kullanılması ile elde edilen güç değerleri genel olarak normal motordaki değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni motorun kaplanmasıyla beraber silindir içerisinde yanma odasında oluşan sıcaklıklardan daha fazla faydalanmasıdır. Soya yağının kaplamalı ve normal motorda Efektif güçlerinin yüzde değerleri karşılaştırıldığında ise kaplamalı motor KD2'de % 6,63, KS15'te 5,04, KS35'te % 6,96 ve KS65'te % 6,39 artışı tespit edilmiştir.

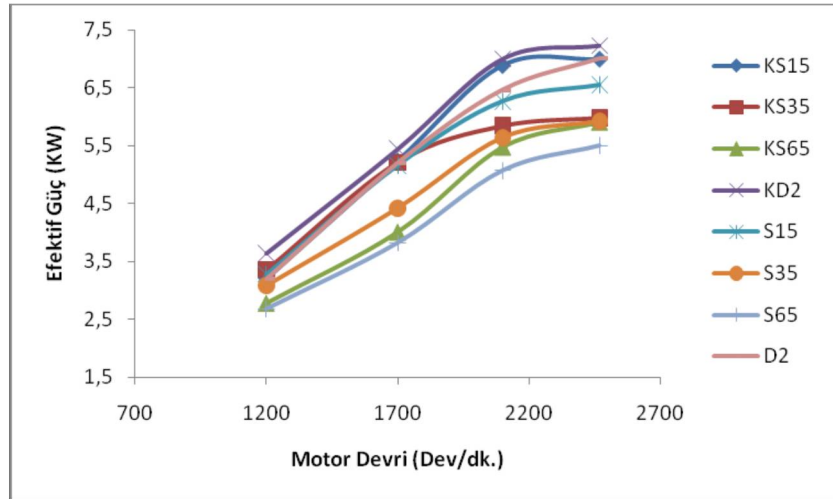
##### 3.1.3. Motor momenti

Soya yağının dizel yakıtı ile karışımlarının motorda test edilmesi sonucu elde edilen motor moment değerleri motorun devir sayısına göre değişimi Şekil 7'de verilmiştir. Şekilde görülebileceği gibi motor devrinin artmasıyla motor momenti önce bir miktar artış göstermiştir. Motorun orta devirlerinde maksimum değerleri aldıktan sonra hızlı bir şekilde azalmıştır. Bunun nedeni artan motor hızıyla beraber hacimsel verimin ve dolayısıyla momentin düşmesidir.

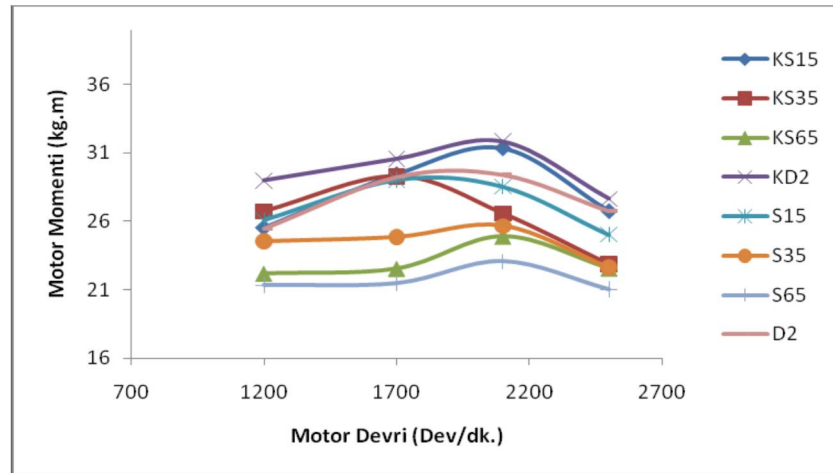
Soya yağları ile elde edilen yakıtların kullanılması sonucu moment değerleri dizel yakıtına oldukça benzer çıkmıştır. Ancak bir miktar düşüşler görülmüştür. Bu düşüşün nedeni bitkisel yağın ısı değerlerinin düşük olmasından dolayı ortalama efektif basınç değerleri ve dolayısıyla motor gücü ve momentin azalması olduğu düşünülmektedir. Motorun kaplama işleminin motor momentine etkilerinin test yakıtlarına göre değişimleri incelendiğinde ise kaplamayla beraber motor silindirlerinin dışına olan ısı transferinin azalmasıyla beraber silindir içi basınçların artmasından dolayı ortalama efektif basınç artmış ve moment değerlerinde bir miktar artış gösterilmiştir.



Şekil 5. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre özgül yakıt tüketimi değişimleri



Şekil 6. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre efektif güç değişimleri



Şekil 7. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre moment değişimleri

Deneysel sonuçlardan elde edilen değerlerden, Soya yağının kaplamalı ve normal motorda motor momentlerinin yüzde değerleri karşılaştırıldığında ise kaplamalı motor KD2'de % 7,38, KS15'te %4,03, KS35'te % 7,97 ve KS65'te % 6,02 artığı tespit edilmiştir.

### 3.2. Egzoz emisyonları

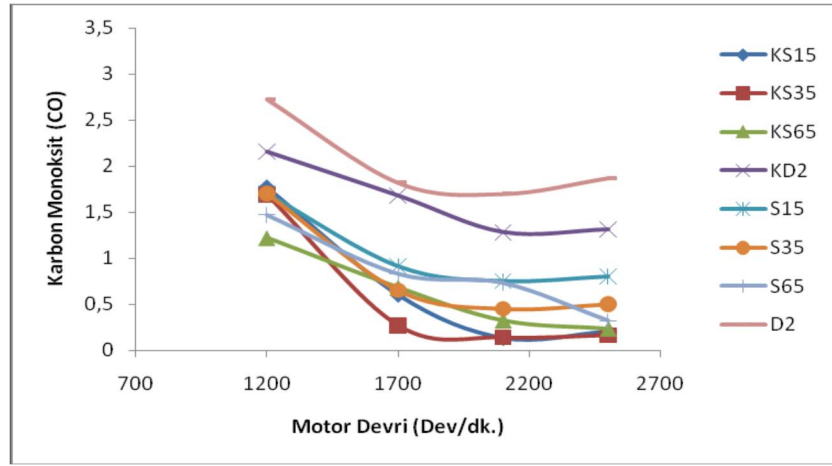
#### 3.2.1. CO emisyonları

Şekilde 8'de görüldüğü gibi soya yağının dizel yakıtı ile karışımlarının motorda kullanılmasıyla CO emisyonlarında önemli miktarda düşüşler meydana gelmiştir. CO emisyonlarındaki bu azalmaların düzeyi karışımda kullanılan soya yağ miktarına göre gerçekleşmiştir. Kaplamalı ve kaplamasız motor uygulamaları karşılaştırıldığında CO emisyonlarının kaplamalı motorlarda

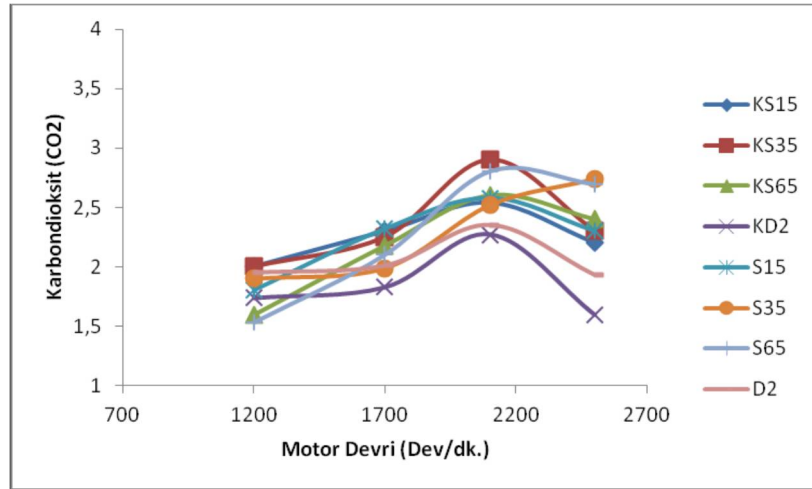
neredeyse bütün yakıtlar için normal motora göre daha az olduğu görülmektedir. Bunun nedeni motorun kaplanmasıyla birlikte silindirden ısı transferinin azalmasıyla beraber sıcaklıkların artması ve tutuşma gecikmesi sürenin azalması dolayısıyla yanmanın iyileşmesi olduğu düşünülmektedir. Soya yağının kaplamalı ve normal motorda CO yüzde değerleri karşılaştırıldığında, kaplamalı motor KD2'de % -20,71, KS15'te % -35,09, KS35'te % -31,39 ve KS65'te ise % -20,71 azaldığı Şekil 8'de görülmektedir.

#### 3.2.2. CO<sub>2</sub> emisyonları

Soya yağının dizel yakıtı ile karışımları ve dizel yakıtının kaplamalı ve normal motorda kullanılması ile elde edilen CO<sub>2</sub> emisyonlarının motor devrine göre değişimi Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 8. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre CO emisyonu değişimleri



Şekil 9. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre CO<sub>2</sub> emisyonu değişimi

Şekil incelendiğinde motorun düşük devirlerinde dizel yakıtının kullanımında elde edilen CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri gerek kaplamalı gerekse normal motorda soya yağı karışım yakıtlardan daha yüksek çıkmıştır. Ancak motorun devir sayısı yükseldikçe soya yağı karışımı yakıtların kullanımında oluşan CO<sub>2</sub> miktarları gerek kaplamalı gerekse normal motor için daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni yüksek motor devirlerinde bitkisel yağların sahip olduğu oksijen içeriğinden dolayı yanmanın dizel yakıtına göre daha iyi olması ve tam yanma ürünü olan CO<sub>2</sub>'nin artmasıdır.

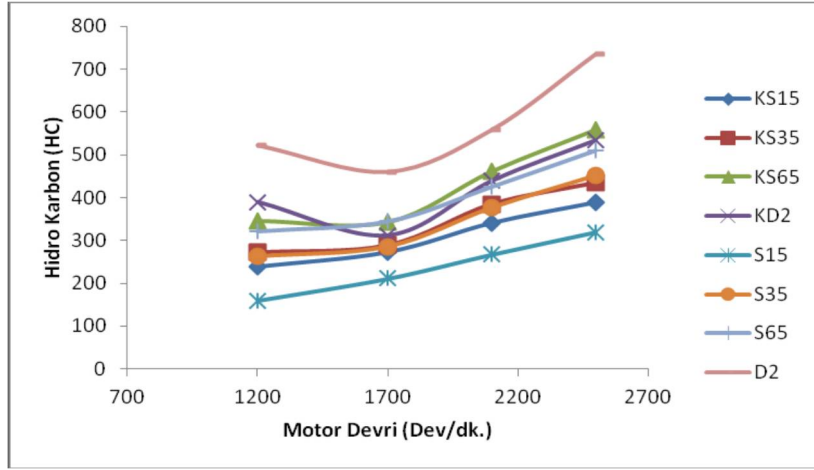
Soya yağının kaplamalı ve normal motorda CO<sub>2</sub> yüzde değerleri karşılaştırıldığında, kaplamalı motor KD2'de % -6,06 ve KS65'te % 12,11 azaldığı, KS15'te % 0,44 ve KS35'te %3,27 artığı deneysel çalışmalardan tespit edilmiştir.

### 3.2.3. HC Emisyonları

Soya yağının dizel yakıtları ile bazı oranlarda karışımlarının bir dizel motorunda kullanılması ile oluşan HC emisyonlarının kaplamalı bir dizel motorunda kullanılmalariyle oluşan HC emisyonları Şekil 10.'da

kaplamalı ve normal motorlarda kullanılması ile elde edilen veriler devir sayısına göre sunulmuştur. Görüldüğü gibi kaplamalı motorlarda bu yakıtların kullanılmasıyla HC emisyonlarının azaldığı sonucuna varılmıştır. Soya yağı için dizel yakıtıyla karışımlarının kullanımında motor egzozundan çıkan HC emisyonlarının dizel yakıtının sebep olduğu HC emisyonlarına göre daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Kaplamalı motorda HC emisyonlarının azalmasının nedeni kaplamayla yanma odasında motor dışına ısı transferinin azalması ile beraber sıcaklıkların artması ve yanmanın tam yanmaya yakın seyretmesi ayrıca yanma sonu sıcaklıklarının yüksek olması nedeniyle HC oksidasyonun egzozu kadar devam etmesi gibi nedenler gösterilebilir. Soya yağı karışımları için HC emisyonlarının dizel yakıtına göre daha düşük olmasının nedeni ise bitkisel yağların kimyasal yapısında bulunan Oksijen içeriğinin yanmayı iyileştirmesi ve eksik yanma ürünlerinden olan HC ve CO emisyonları azaltmasıdır.

Soya yağının kaplamalı ve normal motorda HC yüzde değerleri karşılaştırıldığında, kaplamalı motor KD2'de % -11,78 ve KS35'te % -15,57 azalış, KS15'te % 9,58 ve KS65'te %7,41 artığı Şekil 10 grafiğinde görülmektedir.



Şekil 10. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre HC emisyonu değişimleri

### 3.2.4. NO<sub>x</sub> emisyonları

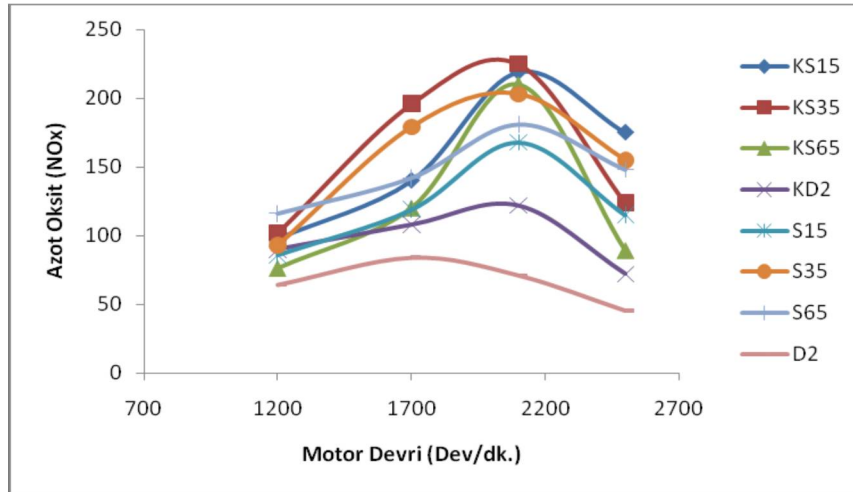
Soya yağlarının dizel yakıtı ile hacimsel karışımları ile dizel yakıtının kaplamalı ve normal bir dizel motorunda kullanımları ile oluşan NO<sub>x</sub> emisyonlarının motor devirlerine göre değişim karşılaştırmalı olarak Şekil 11.'de verilmiştir. Soya yağı yakıtı için NO<sub>x</sub> emisyonları motorun kaplanmasıyla beraber artış göstermiştir. Bu artışın nedeni motorun kaplanması ile beraber silindir içi sıcaklıkların yükselmesi olarak düşünülmektedir. Genel olarak soya yağları karışımları ile dizel yakıtı karşılaştırıldığında dizel yakıtının daha düşük NO<sub>x</sub> emisyonlarına neden olduğu görülmektedir.

Soya yağları kullanımında yüksek olan oksijen içeriğinden dolayı yanma sonucu sıcaklıklarının yüksek

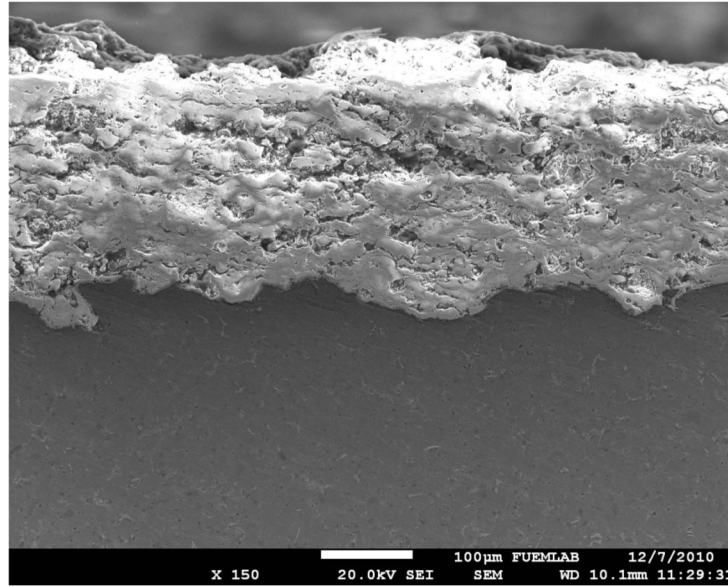
olması NO<sub>x</sub> emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Soya yağının kaplamalı ve normal motorda NO<sub>x</sub> yüzde değerleri karşılaştırıldığında, kaplamalı motor KS15'te % 29,50, KS35'te %2,68 ve KD2'de %48,48 artışı tespit edilmiştir.

### 3.3. Mikroyapı incelemeleri

Şekil 12.'de piston kesit yüzeyinden alınan numunenin x150 büyütmedeki SEM görüntüsü görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi SEM görüntüsünde kaplama tabakası ve ana malzeme net bir şekilde görülmektedir. Kaplama malzemesi olan ZrO<sub>2</sub> piston ana malzemesi ile iyi bir yapışma özelliği göstermiştir.



Şekil 11. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre NO<sub>x</sub> emisyonu değişimi



Şekil 12. Piston kesit yüzeyinden alınan SEM görüntüsü (x 150)

#### 4. Sonuçlar

Dizel motorlarında kullanılacak bir alternatif yakıt olarak bitkisel yağın önemi giderek artmaktadır. Bu çalışmada soya yağı bir dizel motorunda yakıt olarak kullanılmıştır. Soya yağı dizel yakıtı ile %15, %35 ve %65 oranlarında hacimsel olarak karıştırılmıştır. Bu karışım yakıtlar ve normal dizel yakıtı, 4 zamanlı, tek silindri ve hava soğutmalı bir dizel motorunda kullanılmıştır. Daha sonra bu motor düşük ısı kayıplı bir motora dönüştürülmüştür. Motorun piston başı yüzeyi ve emme ve egzoz supaplarının yüzeyleri ZrO<sub>2</sub> seramik malzeme ile kaplanmıştır. Daha sonra yukarıda bahsedilen deney yakıtları kaplamalı motorda test edilmişlerdir. Elde edilen veriler sabit yükte ve değişik devirlerdeki deneylerden elde edilmiştir. Kaplamalı ve kaplamasız motordaki test sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmış ve aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- Kaplamalı ve normal motor deneyleri karşılaştırıldığında test yakıtlarının kaplamalı motorlarda kullanılması ile elde edilen güç değerleri genel olarak normal motordaki değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni motorun kaplanmasıyla beraber silindir içerisinde yanma odasında oluşan sıcaklıklardan daha çok faydalanılmasıdır.
- Deney yakıtları karşılaştırıldığında soya yağından elde edilen yakıtların kullanılması ile elde edilen moment değerleri dizel yakıtına oldukça benzer çıkmıştır. Ancak bir miktar düşüşler görülmüştür. Bu düşüşün nedeni soya yağının ısı değerlerinin düşük olmasından dolayı ortalama efektif basınç değerleri ve dolayısıyla motor gücü ve momentin azalması olduğu düşünülmektedir. Motorun kaplama işleminin motor momentine etkilerinin test yakıtlarına göre değişimleri incelendiğinde ise kaplamayla beraber motor silindirlerinin dışına olan ısı transferinin azalmasıyla beraber silindir içi basınçların artmasından dolayı ortalama efektif basınç artmış ve moment değerlerinde bir miktar artış görülmüştür.
- Deney yakıtları karşılaştırıldığında hem kaplamalı hem de normal motorda en düşük özgül yakıt tüketimi değerleri dizel yakıtının kullanımda elde edilmiştir. Bunun nedeni dizel yakıtının ısı değerinin soya

yağından daha yüksek olması nedeniyle aynı motor gücünü verebilmesi için daha fazla kütleli yakıt tüketimi gerektirmesidir. Kaplamalı ve normal motor karşılaştırıldığında motorun kaplanmasıyla beraber ısı veriminin artmasından dolayı özgül yakıt tüketimi değerlerinde bir azalma görülmüştür.

- Soya yağının dizel yakıtıyla karışımlarının kullanımında motor egzozundan çıkan HC ve CO emisyonlarının dizel yakıtının sebep olduğu bu emisyonlarına göre daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Kaplamalı motorda HC ve CO emisyonlarının azalmasının nedeni kaplamayla yanma odasında motor dışına ısı transferinin azalması ile beraber sıcaklıkların artması ve yanmanın tam yanmaya yakın seyretmesi ayrıca yanma sonu sıcaklıklarının yüksek olması nedeniyle HC ve CO oksidasyonun egzozu kadar devam etmesi gibi nedenler gösterilebilir. Soya yağı karışımları için HC ve CO emisyonlarının dizel yakıtına göre daha düşük olmasının nedeni ise soya yağının kimyasal yapısında bulunan oksijen içeriğinin yanmayı iyileştirmesi ve eksik yanma ürünlerinden olan HC ve CO emisyonlarını azaltmasıdır.
- Genel olarak deney yakıtları için NO<sub>x</sub> emisyonları motorun kaplanmasıyla beraber artış göstermiştir. Bu artışın nedeni motorun kaplanması ile beraber silindir içi sıcaklıkların yükselmesi olarak düşünülmektedir. Soya yağının kullanımında yüksek olan oksijen içeriğinden dolayı yanma sonucu sıcaklıklarının yüksek olması NO<sub>x</sub> emisyonlarının artmasına neden olmaktadır.
- Performans testi sonuçları motor performansının soya yağı kullanımı ile bir miktar düştüğünü göstermiştir. Ancak motorun kaplanmasıyla beraber soya yağı kullanımı ile kaplamalı motorda performans parametreleri, belki de silindir duvarlarında olan ısı transferinin azalması sayesinde, artışlar göstermiştir. Emisyon testi sonuçlarına gelince, hem normal kaplamasız motorda hem de kaplamalı motorda soya yağı kullanımı ile CO ve HC emisyonları azalmıştır. Ancak hem soya yağı kullanımı hem de motorun kaplanması işlemleri nedeniyle NO<sub>x</sub> emisyonu değerleri artışlar göstermiştir.



## Kaynaklar

- [1] Hejwowski, T., Weronki, A., “The Effect Of Thermal Barrier Coatings On Diesel Engine Performance” Surface Engineering, Surface Instrumentation & Vacuum Technology, 427-432. 2002.
- [2] Venkanna BK, Venkataramana C, Reddy B, Swati B, Wadawadagi. Performance, emission and combustion characteristics of direct injection diesel engine running on rice bran oil/diesel fuel blend. International Journal of Chemical and Biological engineering, 2(3):131-137. 2009.
- [3] Venkanna BK, Reddy CV. Performance, emission and combustion characteristics of DI diesel engine running on blends of honne oil/diesel fuel/kerosene. International Journal of Agriculture and Biology engineering, 4(3):1-10. 2009.
- [4] Acharya SK, Swain RK, Mohanti MK. The use of rice bran oil as a fuel for a small horse-power diesel engine. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 33(1):80-88. 2009.
- [5] Misra RD, Murthy MS. Straight vegetable oils usage in a compression ignition engine—A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14:3005–3013. 2010.
- [6] Borat, O., Balcı, M. ve Sürmen A., İçten Yanmalı Motorlar, G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Matbası, Ankara, 1995.
- [7] Heywood J., Internal Combustion Engine Fundamentals, Mc. Graw-Hill Science, Newyork, 667s. 1998.
- [8] Schumacher, L.G., 6V-92TA DDC Engine Exhaust Emission Tests Using Metyili Ester, National Soydiesel Development Board, U.S.A. 1997.
- [9] Sudhakar V. Performance analysis of adiabatic engine. SAE technical paper, 840850. 1984.
- [10] Miyairi Y, Matsuhisa T, Ozawq T. Selective heat insulation of combustion chamber wall for a DI diesel engine with manolithic ceramics. SAE technical paper, 890141. 1989.
- [11] Hazar H. Effects of biodiesel on a low heat loss diesel engine. Renewable Energy, 34(6):1533-7. 2010.
- [12] Lapuerta M, Armas O, Fernandez JR. Biodiesel engine performance and emissions in low temperature combustion. Progress in Energy Combustion Science, 34:198–223, 2008.
- [13] Aydin H, Ilkilic C. Effect of ethanol blending with biodiesel on engine performance and exhaust emissions in a CI engine. Applied Thermal Engineering, 30(10):1199–204. 2010.
- [14] MohamedMusthafa M, Sivapirakasam SP and Udayakumar M. 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. 2011.