



ISSN:1306-3111  
e-Journal of New World Sciences Academy  
2009, Volume: 4, Number: 2, Article Number: 2A0015

**TECHNOLOGICAL APPLIED SCIENCES**

Received: March 2009  
Accepted: April 2009  
Series : 2A  
ISSN : 1308-7223  
© 2009 www.newwsa.com

Hanbey Hazar  
Cumali İlkılıç  
Cengiz Öner  
Hüseyin Aydın  
Firat University  
hanbeyhazar@hotmail.com  
Elazığ-Türkiye

**BİR DİZEL MOTORUNDA KANOLA YAĞI KULLANIMINDA ÖN-ISITMA İŞLEMİNİN EGZOS EMİSYONLARINA ETKİLERİNİN DENEYSEL ARAŞTIRILMASI**

**ÖZET**

Bu çalışmanın amacı; bitkisel yağlardan olan kanola yağının önceden ısıtılarak bir dizel motorunda kullanımından kaynaklanan egzoz emisyonlarının nasıl değiştiğini incelemektir. Bu amaçla saf kanola yağı %20 ve %50 oranlarında dizel yakıtı ile karıştırılmış ve bu karışım yakıtlar dört zamanlı, tek silindirli ve hava soğutmalı bir dizel motorda kullanılmıştır. Karışım yakıtlar kullanım sırasında 100°C sıcaklığa kadar ısıtıldıktan sonra kullanılmış ve bu ön ısıtma işleminin dizel motorda ısı verim, egzoz gazı sıcaklığı, NO<sub>x</sub>, CO ve duman emisyonlarına etkileri araştırılmıştır. Ön ısıtma işleminin CRO'nun viskozitesini azalttığı ve daha uygun bir yakıt akışı sağlayarak emisyonlar üzerinde olumlu etki yaptığı sunucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Dizel Motor, Ön-Isıtma, Kanola Yağı, Emisyon, Bioyakıt

**THE EFFECT OF PREHEATED CRUDE RAPESEED OIL-DIESEL BLENDS ON EXHAUST EMISSIONS OF A DIESEL ENGINE**

**ABSTRACT**

The aim of this study is to investigate the emissions resulted from a diesel engine operated with rapeseed oil. Crude rapeseed oil was mixed with diesel fuel by the volume of 20% CRO-%80 DF called here (O20) and 50% CRO-%50 DF called here (O50). The blend fuels were used in a single cylinder, four stroke, and naturally aspirated diesel engine. The fuels were also preheated to 100°C before using in the engine. The main purpose of this study is to clarify the effect of preheating on NO<sub>x</sub>, CO and smoke emissions of a diesel engine. Results show that preheating of CRO lowered CRO's viscosity and provided smooth fuel flow. It can also be concluded that preheating of the fuel have positive effects on emissions when operating with vegetable oil.

**Keywords:** Diesel Engine, Preheating, Rapeseed Oil, Emissions, Biofuels



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yeni-yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji teknolojisinde değerlendirilmesi konusuna artan bir ilgi ve uygulama yoğunluğu görülmektedir. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemlilerinden biride biyoyakıtlardır.

Dizel motorlarında yakıtın püskürtme karakteristikleri ve püskürtme sonrası atomizasyonu yanma işleminin nasıl gelişeceği göz önünde bulundurulduğunda büyük önem arz etmektedir. Bu durum dizel motorlarında yakıt olarak bitkisel yağlar kullanıldığında yüksek viskoziteleri ve dolayısıyla kötü atomizasyon karakteristikleri nedeniyle çok daha önemli hale gelmektedir. Bu nedenle bitkisel yağlar hiçbir işleme tabi tutulmadan dizel motorlarında kullanıldığında kötü yanma karakteristikleri sergilemektedir.

Sıvı bir dizel yakıtında atomizasyonu etkileyen özellikler viskozite, yoğunluk ve yüzey gerilimidir. Kötü atomizasyon yanmayı olumsuz etkilemektedir [1]. Bu nedenle dizel motorlarında bitkisel yağlar kullanıldığında ön-ısıtma tabanlı kontrol stratejisi iyi bir yöntem oluşturmaktadır.

Önceki çalışmalarda da [2, 3, 4, 5 ve 6] görüldüğü gibi bitkisel yağlar, dizel motorlarında saf olarak kullanıldığında birçok farklı problem ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlar ve nedenleri, yüksek viskozite ve yoğunluk, düşük uçuculuk dolayısıyla yakıt püskürtme sisteminde tıkanmalar, kötü atomizasyon nedeniyle oluşan sorunlu yanmadır. Uzun süreli bitkisel yağ kullanımında başlıca reçineleşme, enjektörlerin tıkanması, piston ve segman sıkışması ve yağlama yağının bozulması gibi önemli problemler ortaya çıkabilmektedir. Bu sorunların birçoğu bitkisel yağların yüksek viskoziteleri nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bütün bu sorunlar bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanıldığında viskozitelerinin düşürülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bitkisel yağların viskozitelerini düşürmekte verimli olarak görülen metotlar, transesterifikasyon, daha hafif bir yakıt ile karışım oluşturma ve ön ısıtmadır [7]. Bu metotlardan en yaygın olarak kullanılanı transesterifikasyon yöntemidir. Bu yöntemle bitkisel yağların viskozite ve yoğunlukları düşürülerek dizel motorlarında kullanılabilir hale getirilmektedir [8, 9, 10, 11 ve 12]. Ancak transesterifikasyon sonucu bitkisel yağların ısı değerleri düştüğünden, motor performansı düşmekte ve özgül yakıt tüketimi ise önemli bir miktarda artmaktadır [13, 14 ve 15].

Dizel motorlarında bitkisel yağ kullanımı için en verimli yöntemlerinden biride yakıtın önceden ısıtılmasıdır [16]. Ancak bu yöntemle NO<sub>x</sub> emisyonlarının bir miktar arttığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmanın sonucunda yakıt filtresindeki tıkanmaların önüne geçmek için bitkisel yağların 70-90°C sıcaklığa kadar ısıtılarak dizel motorlarında kullanılabilceği bildirilmiştir [17]. Bir çalışmada da dizel motorlarında kullanılacak bir yakıt için kabul edilebilir viskozite değerini elde edebilmek için, bitkisel yağın 140°C'ye kadar ısıtılabilceği söylenmiştir [18].

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmanın amacı; bitkisel kanola yağının ön-ısıtılması ve bir dizel motorunda kullanımından kaynaklanan egzoz emisyonlarının nasıl değiştiğini ortaya çıkarmaktır. Enerji kaynaklarından biri olan petrolün yakın bir zamanda tükeneyecek olması petrole alternatif olabilecek kaynaklar üzerinde araştırmaları yoğunlaştırmaktadır. Bunun yanı sıra özellikle son yıllarda dünyanın büyük bir problemi haline gelen hava kirliliği artışının önlenmesi amacıyla endüstriyel kirlililiğin ve istenilmeyen dizel ile benzinli motorların emisyonlarının azaltılması için çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bitkisel

yağ kökenli yakıtlar yanma sonucu oluşan emisyonlarının azaltılmasında da önemli bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle çalışma bundan sonra yapılacak benzer çalışmalara ışık tutması açısından önem arz etmektedir.

### 3. DENEYSEL DONANIM VE YÖNTEM (METHOD AND EXPERIMENTAL SETUP)

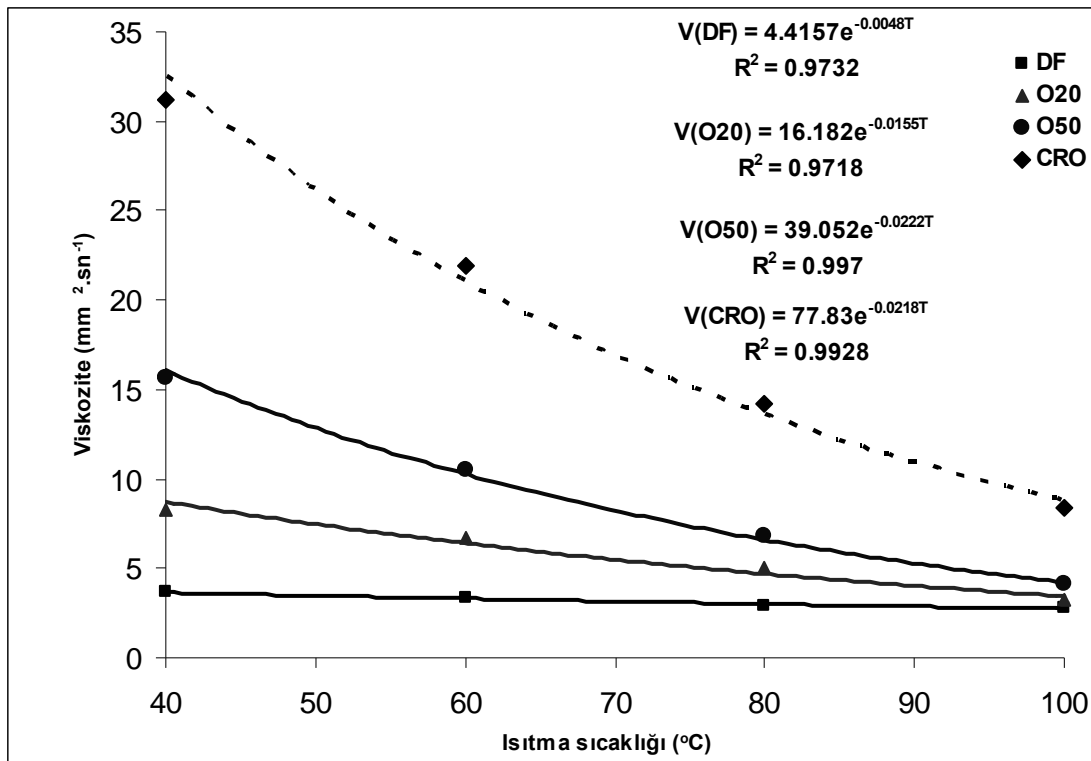
Deneylerde saf kanola yağı %20 (O20) ve %50(O50) oranlarında dizel yakıtı(DF) ile karıştırılmış ve bu karışım yakıtlar 100°C sıcaklığa ısıtıldıktan sonra dört zamanlı, tek silindirli ve hava soğutmalı bir dizel motorda kullanılmıştır.

DF, saf kanola yağı(CRO), O20 ve O50 yakıtlarının bazı teknik özellikleri Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. DF, CRO, O20 ve O50 yakıtlarının teknik özellikleri  
(Table 1. Technical properties of DF, CRO, O20 and O50 oil-diesel blends)

Yakıt	Isıl değer Kj.kg <sup>-1</sup>	Yoğunluk g.cm <sup>-3</sup> (15 °C)	Parlama noktası ( °C)	Viskozite mm <sup>2</sup> .sn <sup>-1</sup> (40 °C)
CRO	40112	0.903	234	31.23
DF	42940	0.843	68	3.66
O20	42150	0.868	86	8.26
O50	41630	0.882	122	15.64

Test yakıtlarının sıcaklığa bağlı viskozite değişimleri Şekil 1'de görülmektedir. Şekil 1'de görüldüğü gibi karışım yakıtlarının viskoziteleri sıcaklığa bağlı olarak dizel yakıtından çok daha hızlı bir şekilde azalmıştır.



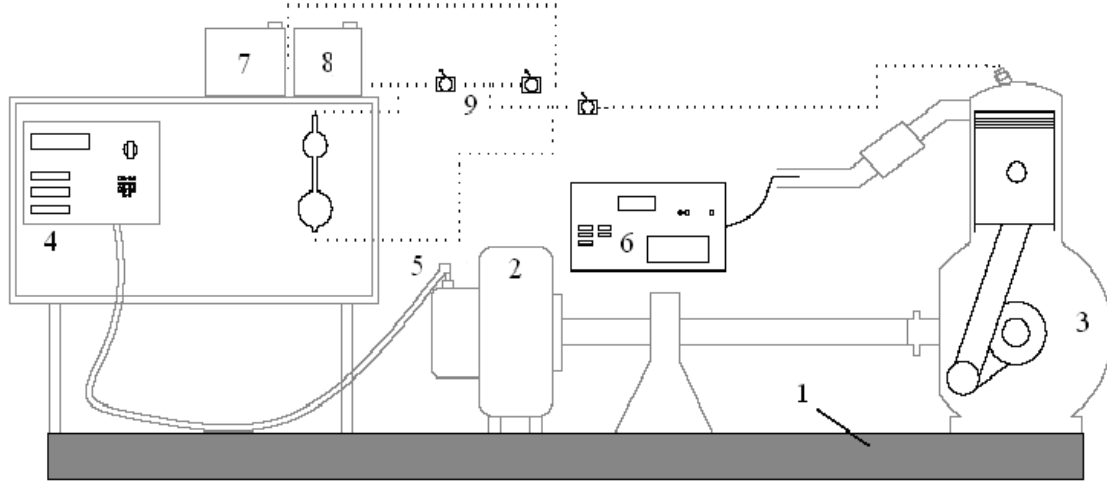
Şekil 1. Sıcaklığın CRO ve karışım yakıtların viskozite değişimine etkisi  
(Figure 1. Effect of temperature on viscosity of CRO, blends and diesel)

Tablo 2. Ön-ısıtma sonrası DF, CRO, O20 ve O50 yakıtlarının viskozite değerleri

(Table 2. Viscosity of preheated DF, CRO, O20 and O50 fuels)

	CRO	DF	O20	O50
Viskozite mm <sup>2</sup> .sn <sup>-1</sup> (100°C)	8.44	2.78	3.24	4.11

Deney setinin şematik görünüşü Şekil 2 de verilmiştir.



1. Test Yatağı Şasisi
2. Dinamometre
3. Test Motoru
4. Kontrol Ünitesi
5. Sensör
6. Egzoz Gazı Analiz Cihazı
7. Dizel Yakıt Tankı
8. Biyodizel Tankı
9. Kontrol Valfleri

Şekil 2. Deney setinin şematik görünümü  
(Figure 2. Schematic diagram of experimental setup)

Ölçümler için, maksimum gücü 15 HP, silindir hacmi 406 cc, tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı Rainbow marka bir dizel motoru kullanılmıştır. Deneyler ASTM D975 Motor standartlarına göre yapılmıştır.

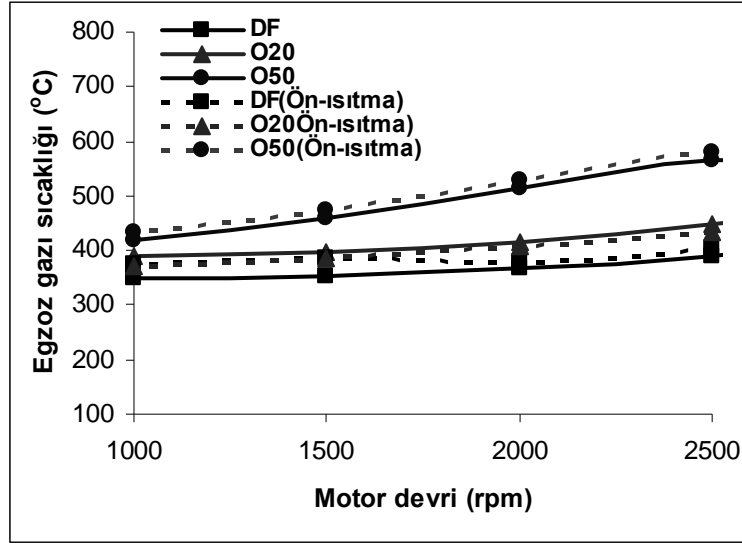
Deneylerde egzoz gazlarının ölçümü için DRAGER marka MSI COMPACT 150 model gaz analiz cihazı kullanılmıştır. Bu analiz cihazı ppm cinsinden CO ve NO<sub>x</sub> emisyonlarını 5 ppm hassasiyetinde ölçebilmektedir. Duman emisyonları ise SUN ASA 1200 smoke-meter cihazı ile tespit edilmiştir. Ölçüm cihazının probu egzoz borusuna yerleştirilerek motor çalışma sıcaklığına geldikten sonra, cihazın okuduğu değerler yine cihaz üzerinde bulunan bir yazıcı ile çıktı şeklinde alınabilmektedir.

Motor deneylerinde motora bağlı olarak çalışan BT-140 model, maksimum gücü 50 kW, maksimum devri 7500 d/d olan hidrolik bir dinamometre kullanılmıştır. Deney sırasında alınan veriler motor çalışma sıcaklığına (85°C-90°C) ulaştıktan sonra kaydedilmiş ve deney süresince bu sıcaklıkta sabit tutulmuştur.

#### 4. DENEYSEL SONUÇLAR (EXPERIMENTAL RESULTS)

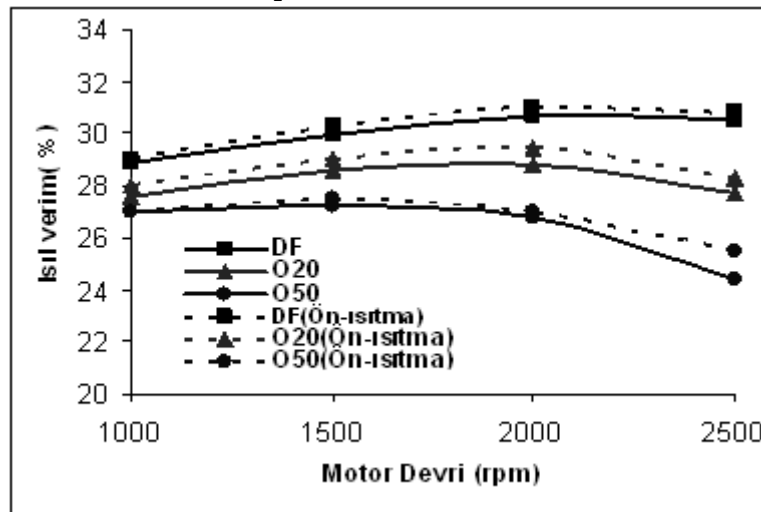
Ön-ısıtma işleminin DF, O20 ve O50 yakıtlarında egzoz gazı sıcaklıklarına etkileri Şekil 3'de görülmektedir. Ön-ısıtma işlemi test yakıtlarının egzoz gazı sıcaklık değerlerini dikkate değer bir biçimde etkilememiştir. Bununla beraber O50 yakıtı uçuculuğu az olan ve yanma safhasının sonlarına doğru yanabilen yakıt tanecikleri bakımından daha zengin olduğundan dolayı çok daha yüksek egzoz gazı

sıcaklığına neden olmuştur. Bunun esas nedeni gecikmiş yanma prosesidir.



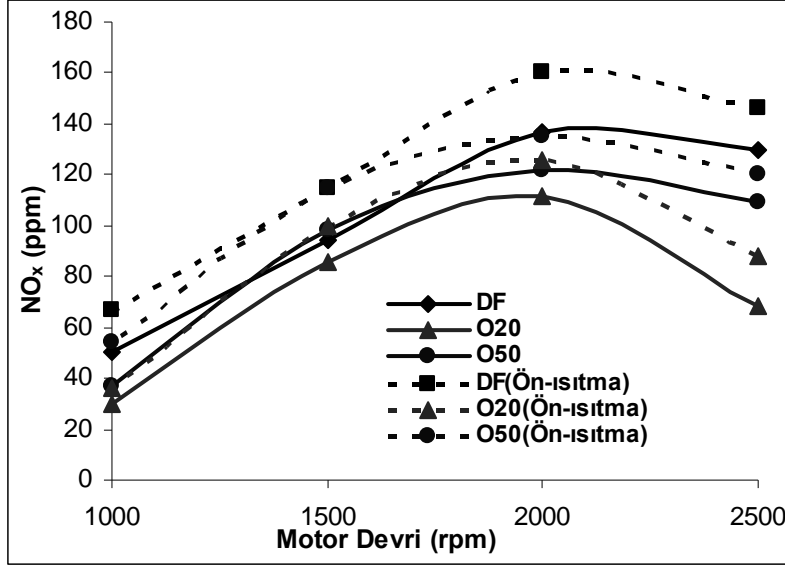
Şekil 3. Ön-ısıtma işleminin DF O20 ve O50 yakıtlarının kullanımında egzoz gazı sıcaklıklarına etkileri  
(Figure 3. The exhaust gas temperature variation with preheated diesel fuel, O20 and O50 mixtures)

Isıl verim ısı değer ile birlikte değişik yakıtların performansını belirlemede yakıt tüketimine göre daha uygun bir parametredir. DF, O20 ve O50 yakıtlarının ön-ısıtma işlemi uygulanarak kullanılması ile motorun ısı verimindeki değişim miktarları Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 4'de görüldüğü gibi ön-ısıtma işlemi ile DF, O20 ve O50 yakıtlarının kullanımında motorun ısı verimi sırasıyla bütün devir için (1000-2500 rpm) %0.64, %1.78 ve %1.63 oranında artmıştır. Isıl verimdeki bu artışın ön-ısıtma işlemi ile viskozitenin azalması dolayısıyla uçuculuk, atomizasyon, püskürtmenin düzelmesinden kaynaklandığı öngörülmektedir. Ayrıca bitkisel yağ kullanımı ile yağlama veriminin yükselmesi dolayısıyla sürtünme kayıplarının azalması da diğer bir neden olarak söylenebilir.

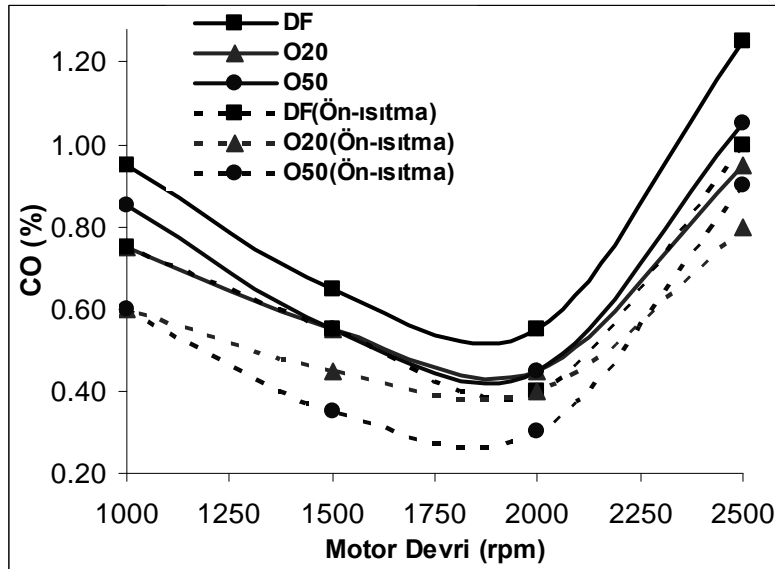


Şekil 4. DF, O20 ve O50 yakıtlarının ön-ısıtma işlemi uygulanarak kullanılması ile motorun ısı verimindeki değişim  
(Figure 4. The thermal efficiency variation with preheated DF, O20 and O50 mixtures)

Şekil 5’de görüldüğü gibi CRO kullanıldığında  $NO_x$  emisyonları azalmıştır. Bu olumlu durum CRO kullanımında ısı değerinin düşük olması dolayısıyla maksimum sıcaklığın azalmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca  $NO_x$  emisyonlarının ön-ısıtma işlemi ile arttığı da görülmektedir. DF, O20 ve O50 yakıtlarının önceden ısıtılarak kullanılması ile  $NO_x$  emisyonları sırasıyla %19, %18 ve %15 oranlarında artış göstermiştir. Bu artışın nedeninin ön-ısıtma işlemi ile birlikte gaz sıcaklığının artması ve dolayısıyla yanma sonucu sıcaklıklarının artışından kaynaklandığı kanısına varılmıştır.

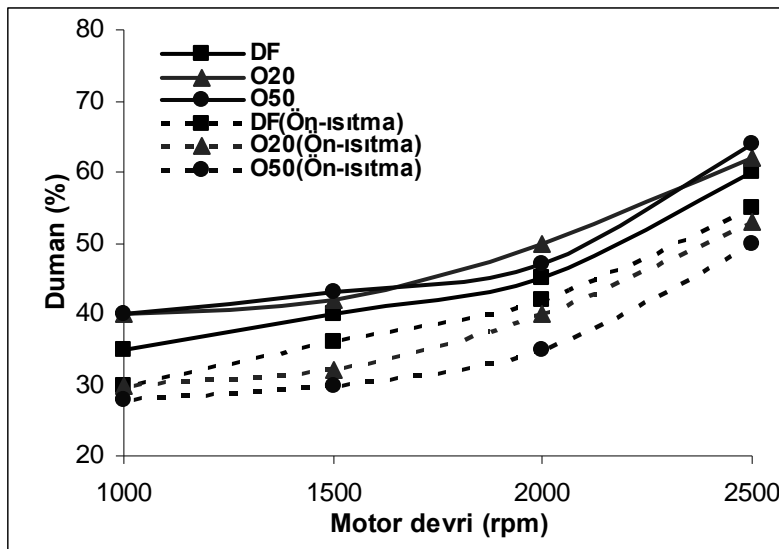


Şekil 5. Ön ısıtmanın  $NO_x$  emisyonlarına etkilerinin yakıt türüne göre değişimi  
(Figure 5. The effect of preheating on  $NO_x$  emissions of CRO blends and DF)



Şekil 6. Ön ısıtmanın CO emisyonlarına etkilerinin yakıt türüne göre değişimi  
(Figure 6. The effect of preheating on CO emissions of CRO blends and DF)

Ön-ısıtma işleminin CO emisyonlarına etkileri Şekil 6'da görülebilmektedir. Sahip oldukları oksijen sayesinde, bitkisel kökenli yakıtlar dizel motorlarında yakıt olarak kullanıldıklarında CO emisyonlarını önemli bir miktarda düşürmesi gerektiği görüşü yaygın bir şekilde kabul görmektedir. Ancak çalışmamızda görülmüştür ki, CRO karışımları kullanıldığında CO emisyonlarında istenilen düzeydeki düşüşler elde edilememiştir. Bunun nedeninin ise yüksek viskozite olduğu öngörülmektedir. Yüksek viskoziteden dolayı püskürtme karakteristiklerinin kötüleştiği, yanma sırasında lokal de zengin hava-yakıt karışım bölgelerinin oluştuğu, bu nedenlerden dolayı da CO emisyonu oluşumunun hızlandığı tahmin edilmektedir. Bununla beraber, test yakıtları ön-ısıtma işlemine tabi tutulduklarında püskürtme karakteristiklerinin iyileştiği ve daha homojen hava-yakıt karışımlarının elde edildiği deney sonuçlarından da anlaşılmaktadır. Bu olumlu durum sayesinde CO emisyonlarında DF yakıtı, O20 ve O50 yakıtları için sırasıyla %20.59, %16.67 ve %25.86 oranlarında düşüşler sağlanmıştır.



Şekil 7. Ön ısıtmanın duman yoğunluğuna etkilerinin yakıt türüne göre değişimi

(Figure 7. The effect of preheating on Smoke density of CRO blends and diesel fuel)

Duman yoğunluğunun kanola yağı karışımları için D2 yakıtından daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin bitkisel yağın yüksek viskozitesi ve düşük uçuculuğu olduğu kanaatine varılmıştır. Yakıtların düşük viskoziteleri yakıt akış hattında Reynolds sayısının düşmesine neden olmaktadır. Bu durum silindir içerisinde laminer akış bölgelerinin artmasına dolayısıyla kötü bir atomizasyon ve pülverizasyon ve homojen olmayan hava-yakıt karışım bölgelerine neden olmaktadır. Bütün bu faktörler eksik yanma ve yüksek is emisyonuna neden olmaktadır. Şekil 7'de görüldüğü gibi ön-ısıtma ile yakıtlardan kaynaklanan duman yoğunluğu düşüş göstermiştir. En etkili düşüşler kanola yağı karışımlarında tespit edilmiştir. Dizel yakıtı, O20 ve O50 yakıtları kullanıldığında duman emisyonları sırasıyla ortalama %9.4, %20.1 ve %26.3 oranlarında düşmüştür. En düşük duman oğunluğu ise sırasıyla O50 ve O20 yakıtlarında elde edilmiştir. Bunun nedeni ise viskozitenin düşmesi dolayısıyla püskürtme karakteristiklerinin



düzelmesi, hava-yakıt karışımının daha homojen hale gelmesi ve dolayısıyla yanmanın iyileşmesidir.

##### 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, %20 kanola yağı-%80 dizel karışımı(O20) ve %50 kanola yağı-%50 dizel karışımı(O50) yakıtlarının bir dizel motorunda egzoz gazı sıcaklığı, ısı verim, NO<sub>x</sub>, CO ve duman yoğunluğu üzerine etkileri deneysel olarak araştırılmıştır.

Ön-ısıtma işlemi ile egzoz gazı sıcaklıklarının düştüğü ancak bu düşüşün dikkate değer bir düzeyde olmadığı görülmüştür. Bunun yanı sıra O50 yakıtı kullanımında egzoz gazı sıcaklıkları diğer yakıtlara nazaran çok daha yüksek çıkmıştır.

Bitkisel yağ karışımları kullanıldığında NO<sub>x</sub> emisyonları dizel yakıtından daha düşük çıkmıştır. Ancak ön-ısıtma işlemi uygulandığında bütün yakıtlar için NO<sub>x</sub> emisyonları artış göstermiştir. CO emisyonları da viskozitedeki düşüş ile sağlanan daha iyi hava-yakıt karışımı ve püskürtme karakteristikleri sayesinde bütün yakıtlar ön-ısıtma işlemi ile düşüş göstermiştir. Ön-ısıtma ile tüm yakıtlardan kaynaklanan duman emisyonları düşüş göstermiştir.

Saf bitkisel yağlar motorda yakıt olarak kullanıldıklarında ön-ısıtma işleminin egzoz emisyonlarını dikkate değer miktarda düşürebildiği görülmektedir. Ön-ısıtma işlemi bitkisel yağ karışımının viskozitesini düşürmekte ve dolayısıyla yüksek viskoziteden kaynaklanan sorunları büyük oranda ortadan kaldıracığı sonucuna varılmıştır.

##### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. McDonnell, K.P., Ward, S.M., McNulty P.B., and Howard-Hildige, R., (2000). Results of engine and vehicle testing of semi-refined rapeseed oil, Trans ASAE 43 (6), pp:1309-1316.
2. Pryde, E.H., (1983). Vegetable oils as diesel fuels: overview, JAACS 60 (8), p:1557.
3. Murayama, T., Oh Y-t., Miyamoto, N., Chilahisa, T., Low carbon flower buildup, low smoke, and efficient diesel operation with vegetable oils by conversion to monoesters and blending with diesel oil or alcohols. SAE No. 841161.
4. Vellguth G. Performance of vegetable oils and their monoesters as fuels for diesel engines. SAE No. 831358.
5. de Almeida, S.C.A., Belchior, C.R., Nascimento, M.V.G., Vieira, L.S.R. and Fleury, G., (2002). Performance of a diesel generator fuelled with palm oil, Fuel 81 (16), pp:2097-2102.
6. Ziejewski, M. and Kaufman, K.R., (1983). Laboratory endurance test of a sunflower oil blend in a diesel engine, JAACS 60 (8), pp:1567-1575.
7. Murayama, T., Fujiwara, Y., and Noto, T., (2000). Evaluating waste vegetable oils as a diesel fuel. Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers, Part D 214, pp:141-148.
8. Demirbas, A., (2005). Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods, Progress in Energy and Combustion Science 31, pp:466-487.
9. L.C.Meher, Vidya Sagar, D., and Naik, S.N., (2006). Technical aspects of biodiesel production by transesterification - a review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 10, pp. 248-268.
10. Al-Widyan, M.I., Tashtoush, G. and Abu-Quadis, M., (2002). Utilization of ethyl ester of waste vegetable oils as fuel in diesel engines, Fuel Processing Technology 76, pp:91-103.
11. Cetinkaya, M., Ulusoy, Y., Tekin Y. and Karaosmanoglu, F., (2005). Engine and winter road test performances of used cooking





- oil originated biodiesel, *Energy Conversion and Management* 46, pp:1279-1291.
12. Canakci, M., (2007). The potential of restaurant waste lipids as biodiesel feedstocks, *Bioresource Technology* 98, pp:183-190.
  13. Altin, R., Çetinkaya S., and Yücesu, H.S., (2001). The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines, *Energy Conv Manage* 42, pp:529-538.
  14. Nwafor, O.M.I., (2004). Emission characteristics of diesel engine operating on rapeseed methyl ester, *Renew Energy* 29, pp:119-129.
  15. Labeckas, G. and Slavinskas, S., (1999), The research of biofuels usage in diesel engine. In: Proceedings of international conference TRANSBALTICA-99 published by Vilnius Gediminas Technical University and Lithuanian Academy of Science. Vilnius, Technika. p. 409-15 [Lithuanian, abstract in English].
  16. Prasad, C.M.V., Krishna, M.V.S.M., Reddy, C.P., and Mohan, K.R., (2000). Performance evaluation of non-edible vegetable oils as substitute fuels in low heat rejection diesel engines. *Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers, Part D* 214, pp:181-188.
  17. Barsic, N.J., and Hurnke, A.L., (1981). Performance and emission characteristic of a naturally aspirated diesel engine with vegetable oil fuels, *SAE*, pp:1173-1187 (paper no. 810262).
  18. Ryan, T.W., Dodge, T.G., and Callahan, T.J., (1984). The effect of vegetable oil properties on injection and combustion characteristics in two different diesel engines, *J Am Oil Chem Soc* 61, pp:1610-1619.