
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		
	e-ISSN: 2147-835X Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/saufenbilder		
	<u>Geliş/Received</u> 28.02.2017 <u>Kabul/Accepted</u> 25.04.2017	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.295296	

Tek silindirli bir dizel motorda atık biyodizel kullanımının motor performansı ve emisyonlarına etkisi

Mustafa Aydın ^{*1}, Mehmet Afşar², M. Bahattin Çelik³

ÖZ

Bu çalışmada atık yağlardan elde edilen biyodizelin bir dizel motorda alternatif yakıt olarak kullanılmasının motor performansı ve emisyonlarına etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Deneylerde dört zamanlı, tek silindirli, direkt püskürtmeli bir motor kullanılmıştır. Test motoru, dizel ve saf biyodizel yakıtları ile sabit bir hızda ve farklı yüklerde test edilmiştir. Test sonuçlarına göre, biyodizel kullanımı ile dizel yakıtına göre fren özgül yakıt tüketiminde %3 artış, fren özgül enerji tüketiminde %5 azalma elde edilmiştir. Ayrıca, NO_x, CO ve is emisyonlarında dizel yakıtına göre sırasıyla %17, %33 ve %31 oranlarında azalma, HC emisyonunda ise %24 oranında artış tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, dizel motor, performans, emisyon, yakıt tüketimi

The effects of waste biodiesel usage on engine performance and emissions at a single cylinder diesel engine

ABSTRACT

In this study, effect of biodiesel, as an alternative fuel, which was produced from waste oil on motor performance and emissions was investigated experimentally. In the experiments, diesel engine which had four strokes, single cylinder and direct injection was used. Diesel and pure biodiesel were used in engine as a fuel. Besides, the test engine was tested at constant speed under various loads. According to experimental results, when the biodiesel was used as a fuel, brake specific fuel consumption was increased about 3% and break specific energy consumption was decreased about 5% as well. Besides, NO_x, CO, and smut emissions were decreased about 17%, 33%, and 31%, respectively. Moreover, HC emission was increased about 24%.

Keywords: Biodiesel, diesel engine, engine performance, emission, fuel consumption

¹ m.aydin@karabuk.edu.tr Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü Karabük TÜRKİYE

² mehmetafsar06@gmail.com Ankara TÜRKİYE

³ mbcelik@karabuk.edu.tr Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Karabük TÜRKİYE

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İçten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılan petrolün rezerv ömrünün azalması ve gün geçtikçe sıkılaştıran emisyon standartları nedeniyle petrol türevi yakıtlara alternatif olabilecek çevre dostu yakıtların bulunması günümüz otomotiv endüstrisinin en önemli problemleri arasındadır. Bitkisel ürünlerden ve atık yağlardan elde edilebilen biyodizel, dizel motorlarda kullanıldığında egzoz emisyonlarında azalma elde edilebilmektedir. Atık yağlardan biyodizel üretimi, maliyetinin düşük olmasının yanında atık yağların çevreye verdiği olumsuz etkilerin ortadan kalkmasına da büyük fayda sağlamaktadır. Aksi halde atık yağlar çevreye bilinçsiz bir şekilde atılmaktadır bu da büyük bir çevre felaketine yol açmaktadır [1]. Biyodizel fosil yakıtlara oranla daha düşük emisyon değerlerine sahiptir. Başlıca zararlı emisyonlar olarak; CO, NO_x, CO₂, HC ve is emisyonları sayılabilir. Biyodizel yakıtı kullanımı ile bu zararlı emisyonlar düşürülebilmektedir. Bu düşüşün en önemli etkenlerinden birisi biyodizelin kimyasal yapısında bulunun oksijendir. Biyodizel içeriğinde bulunan oksijen yanma esnasında tepkimeye giren homojen oksijen miktarını artırdığından yanmanın kalitesini artırmaktadır [2]. Atık biyodizel, dizel motorların sistemlerinde herhangi bir değişikliğe ihtiyaç duyulmadan kullanılabilen bir alternatif yakıt türüdür. Aşağıda verilen literatür özetinde biyodizelin dizel yakıtı ile birlikte farklı oranlarda karıştırılarak kullanılması sonucu motor performans ve emisyonlarına etkisini inceleyen çalışmalar özetlenmiştir.

Çetinkaya ve Karaosmanoğlu tarafından yapılan çalışmada, atık kızartma yağlarından elde edilen biyodizelin jeneratör motorunda, farklı motor yüklerinde performans ve gürültü emisyonları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kullanılmış yemeklik yağ kökenli biyodizelin, sulama amaçlı tarımsal alanlarda ve sabit tesislerde kullanıma uygun alternatif çevre dostu jeneratör yakıtı olduğunu ayrıca gürültü emisyonlarının ise dizelden daha düşük olduğu ifade edilmiştir [3].

Behçet ve Çakmak tarafından yapılan çalışmada dizel bir motorda balık yağından elde edilen biyodizel karışımlarının motor performans ve emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Biyodizel miktarı arttıkça dizel yakıtına göre motor momenti, motor gücü, SO₂ ve CO emisyonunda

azalma meydana gelirken özgül yakıt tüketimi, egzoz gazı sıcaklığı ve NO_x emisyonunda artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Balık yağından elde edilen biyodizelin dizel yakıtına benzer özellikler gösterdiği ve bu sebeple egzoz emisyonlarını azaltıcı yönde etkilerinden dolayı dizel yakıtına alternatif bir yakıt olarak kullanılabilirliği belirlenmiştir [4].

Sugözü vd. yaptıkları çalışmada, atık motor yağlarını toz, metal parçacıkları, kükürt ve su gibi maddelerden arıtarak, dizel motorlarında kullanılabilir yakıt elde etmişler ve bu yakıtın motor performansı ve egzoz emisyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. %5, %10, %15 atık motor yağı ve motorini, dizel bir motorda kullanarak, motor performans ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırmışlardır. Test sonuçlarına göre, atık motor yağından yaklaşık % 10 oranında dizel motorlarda kullanılabilir dizel benzeri yakıt elde etmişlerdir. Testler 1200-2400 dev/dk ve tam yük pozisyonunda dizel yakıtına %5, %10, %15 oranlarda atık motor yağı katılarak yapılmıştır. Yapılan testlerin sonucunda motor performansının düştüğü, tork ve efektif gücün dizel yakıtına göre daha düşük, özgül yakıt tüketiminin ise daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca elde edilen karışım yakıtlarının CO ve NO_x emisyon değerlerinin dizel yakıtına göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir [5].

Behçet vd. yaptıkları çalışmada, atık kızartma yağı metil esterinin dizel motorunda, motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini araştırmışlardır. Çalışmalar değişik karışım oranlarında ve motor hızlarında yapılmıştır. Yapılan çalışmaların sonucunda elde edilen motor momenti ve efektif motor gücü dizel yakıtından biraz düşük, yakıt tüketimi ise fazla çıkmıştır. Aynı devirlerde elde edilen değerler birbirine yakın çıkmıştır. Emisyon deneylerinde ise, NO_x ve O₂, metil ester karışımlarında dizel yakıtından daha yüksek çıkmıştır. HC, CO₂ ve CO emisyonları metil ester karışımlarında daha düşük seviyelerinde kalmıştır. Motor emisyonlarında metil ester karışımları genel olarak çevreye daha az zararlı olduğu belirlenmiştir [6].

Sekmen yaptığı çalışmada karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerinin bir dizel motorda yakıt olarak kullanılabilirliği araştırmıştır. Testler değişik motor devirlerinde ve değişik karışım oranlarında gerçekleştirilmiştir. Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerinin ısıl değerinin düşük olmasından dolayı

moment ve efektif güçte azalma, özgül yakıt tüketiminde artma gözlemlenmiştir. Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerinin karışımları motorda kullanıldığında, egzoz gaz sıcaklıkları dizel yakıtı göre biraz daha yüksek olarak ölçülmüştür. CO ve HC emisyonları ile duman koyuluğunda azalma elde edilirken, silindir sıcaklıklarının artması ve biyodizelin oksijen içeriği nedeniyle NOx emisyonlarında artış gözlemlenmiştir [7].

Sekmen ve Aktaş yaptıkları çalışmada, soya yağı metil esterinin dizel bir motor da kullanımının performans ve emisyonlara etkisi incelemiştir. Testler tam yükte ve değişik devirlerde yapılmıştır. Testlerin sonucunda biyodizelin ısıl değerinin düşük olmasından dolayı efektif güçte azalma, özgül yakıt tüketiminde artış belirlenmiştir. Biyodizel ile çalışmada egzoz gaz sıcaklığı dizel yakıtı oranla daha düşük olarak ölçüldüğünü ifade etmişlerdir. Ayrıca CO, HC ve NOx emisyonları ile duman koyuluğunda azalma gözlemlenmiştir [8].

Oğuz tarafından yapılan çalışmada dizel yakıtı ayçiçeği yağı karışımlarının belirli oranlarda hacimsel olarak karıştırılarak, dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabilirliği deneysel olarak araştırılmıştır. Ayçiçeği yağı dizel yakıtına hacimsel olarak % 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 oranlarında karıştırılmış ve elde edilen bu yakıtlar 4 zamanlı, 3 silindirli, 43 kW gücünde John Deere 3179 DF dizel bir motorunda denenmiştir. Testlerde yakıt tüketimi, moment, güç, duman koyuluğu ve HC, CO, CO₂ olarak gaz emisyonları incelenmiştir. Testlerin sonucunda rafine edilmiş ayçiçeği yağı ile dizel yakıtı karışımları dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında, motor performansında önemli oranlarda değişme olmadığı belirlenmiştir [9].

Ceviz vd. yaptıkları çalışmada beş farklı bitkisel yağdan üretilen biyodizeller ile dizel yakıtını motor performansı ve emisyon karakteristikleri bakımından karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Çalışmalarında, fındık-ayçiçek yağı karışımı metil esterleri, soya yağı metilesteri, ayçiçek kızartma metilesteri, mısır kızartma metilesteri, fındık yağı metilesterleri ile dizel yakıtı bir dizel motorda 1000, 1250, 1500, 1750, 2000 ve 2250 dev/dk motor devrinde çalıştırmışlardır. Test sonuçlarına göre biyodizel yakıtlarının, dizel yakıtına göre motor gücünde belli oranlarda düşmeye sebep olduğu, bu durumun ise biyodizel yakıtın dizel yakıtına göre daha düşük ısıl değere sahip olmasından kaynaklandığı belirtmişlerdir.

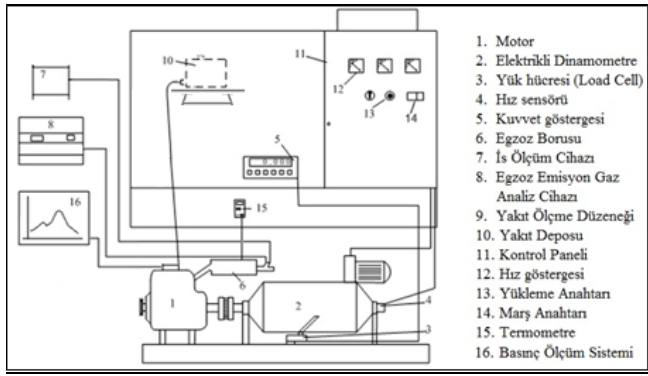
Biyodizel yakıtları ile çalışmada, dizel yakıtı göre özgül yakıt tüketiminin, HC ve CO₂ emisyonunun azaldığını, CO emisyonunda çok az bir miktarda artış olduğunu, beş farklı metil esterleri arasında ise; en yüksek performans ve en düşük emisyon seviyesinin fındık yağı metil esteri ile elde edildiğini belirtmişlerdir [10].

Ulusoy vd. yaptıkları çalışmada; atık yemeklik yağlardan biyodizel üretmişlerdir. Ürettikleri biyodizeli TOFAŞ otomotiv fabrikasında dizel bir motorlu taşıtta şasi dinamometresi kullanarak test etmişlerdir. Testlerin sonucunda, biyodizel kullanımının 2 numaralı dizel yakıtına göre tekerlek gücünde %2,03'lük, tekerlek momentinde %3,35'lik, ivmelenme test sonuçlarında, 40 km/sa'ten 100 km/sa'e hızlanmada %7,32'lik, 60 km/sa'ten 100 km/sa'e hızlanmada %8,59'luk bir azalma meydana getirdiğini, emisyon testlerinde ise biyodizel kullanımı ile CO, yanmamış HC, PM emisyonunda 2 numaralı dizel yakıtına göre sırasıyla %8,59, %30,66, %63,33 azalma olurken CO₂ emisyonunun %2,62, NOx emisyonunun %5,03 arttığını gözlemlenmiştir. Yapılan testlerde biyodizel yakıtı, 2 numaralı dizel yakıtına göre %2,43 daha az yakıt tüketimi sağlamıştır [11].

Bu çalışmada atık yağdan elde edilen biyodizelin, tek silindirli dört zamanlı direkt püskürtmeli bir dizel motorda, motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Deneyler Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı'na ait motor test laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. DC dinamometre, dizel motor, yakıt tüketimi ölçüm ünitesi, hava tüketimi ölçüm ünitesi, egzoz gaz ölçüm ve is (opasite) ünitesi, silindir basıncı ve yakıt hat basıncı ölçüm ünitesinden oluşan test düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1'de verilmiştir.



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

Deneyler, KEMSAN marka bir motor test dinamometresinde yapılmıştır. Motor test dinamometresi, test motoruna ilk hareket vermek için, test motorunu boşa çevirebilmek ve yüklemek için kullanılabilir. Motor test dinamometresinin maksimum hızı 4000 d/d olup 10 kW'a kadar güç yutabilmektedir. Motor devrinin ölçümünde dinamometre üzerindeki takojenaratör kullanılmıştır. Deney sırasında, motor yükte çalışırken baskı kuvveti değeri dinamometreye 0,25 m uzaklıktaki yük hücresinden okunmuştur. Yük hücresinden okunan baskı kuvveti değeri motor momentinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Yakıt tüketimi, herhangi bir zaman diliminde yakıt deposundaki yakıtın ağırlığının değişimi hassas terazi ile ve bir kronometre yardımı ile ölçülmüştür. Kütleli yakıt tüketimini ölçmek için Dikomsan marka 0,1 g hassasiyetli elektronik bir terazi kullanılmıştır. Yakıt tüketim süresinin ölçülmesinde Charles Sernard marka bir kronometre kullanılmıştır. Kronometre 1 salise hassasiyetinde dijital ölçüm yapabilmektedir. Egzoz gaz sıcaklığının ölçümünde K tipi termokupl kullanılmıştır. Emisyonlar (HC ve NO_x (ppm), CO (%)) ITALO Plus Spin egzoz emisyon ölçme cihazı ile ve is (opasite) MRU Optrans 1600 ile ölçülmüştür. Egzoz gaz analiz cihazının ve opasimetrenin özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Egzoz gaz analizörü ve opasimetre özellikleri (Exhaust gas analyzer and opacimeter technical specifications).

		Ölçüm Aralığı	Doğruluk
Egzoz Gaz Analizörü	CO (% ,v/v)	0~15	0,01
	HC (ppm)	0~20000	1
	NO _x (ppm)	0~4000	1
Opasimetre	İs (Opasite) (%)	0~100	± 2

Deney motoru olarak tek silindirli hava ile soğutmalı bir dizel motor kullanılmıştır. Motor testlerinde kullanılan dizel motora ait teknik özellikler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Dizel motor özellikleri (Diesel engine specifications).

Model	Katana KM 178 F
Genel	Tek Silindirli, direkt püskürtmeli, hava ile soğutmalı, doğal emişli, ve dört zamanlı
Güç (kW, 3000 d/d-3600 d/d)	4-4,4
Çap (mm) x Kurs (mm)	78x62
Silindir Hacmi (cm ³)	296
Sıkıştırma Oranı	18/1
Yakıt Pompası Avansı (KMA)	31°
Enjektör Açılma Basıncı (bar)	205 ±5

Deneylerde yakıt olarak atık yağlardan elde edilen biyodizel yakıtı kullanılmıştır. Atık yağlardan elde edilen biyodizel yakıtı Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yakıt Araştırma Laboratuvarında üretilmiş ve analiz edilmiştir. Deneylerde kullanılan yakıtların özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Deney yakıtlarının özellikleri (Test fuels specifications).

Yakıtın Adı	Yoğunluk (kg/m ³)	Kinematik Viskozite (mm ² /s)	Isıl Değer (kJ/kg)	Parlama Noktası (°C)	Setan Sayısı
Biyodizel	889	5,0	39576	163	60,4
Dizel	828	2,6	42640	60	56,5

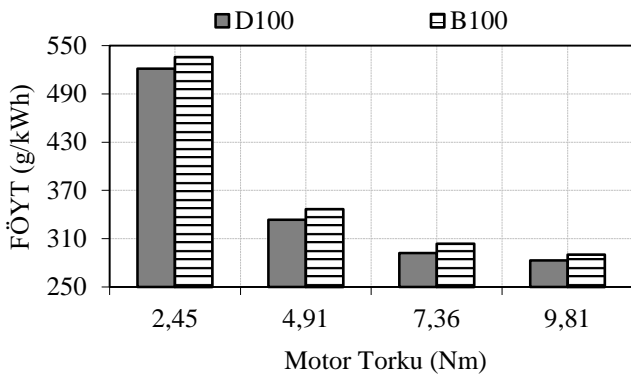
Deneylere başlamadan önce motorun ayarları kontrol edilmiş ve motor çalışma sıcaklığına getirildikten sonra deneylere başlanmıştır. Deneysel çalışma sırasında motor; dizel yakıtı D100 (%100) ve biyodizel yakıtı B100 (%100) ile farklı yüklerde ve sabit bir hızda (2600 d/d) test edilmiştir. Testler 4 değişik yükte yapılmıştır. Bunlar 2,45 Nm, 4,91 Nm, 7,36 Nm ve 9,81 Nm'dir. Deneylerde, her bir adımda motor devri ve momenti sabitleştikten, kuvvet ve termometre göstergeleri kararlı hale geldikten sonra yanma ile ilgili veriler kaydedilmiştir.

3. DENEYSEL SONUÇLAR (EXPERIMENTAL RESULTS)

Deneysel sonuçlar motor performansı ve egzoz emisyonları olmak üzere iki alt başlıkta incelenmiştir.

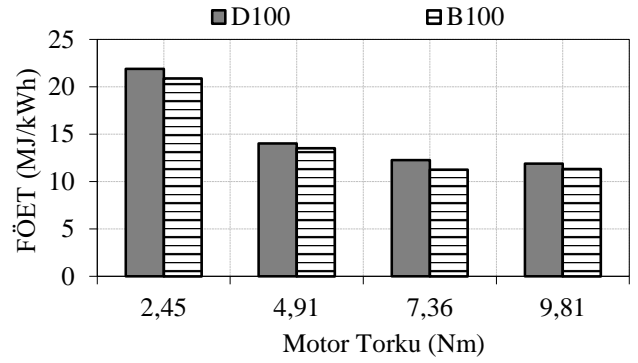
3.1. Motor Performansı (Engine Performance)

Motor yükü ve test yakıtların (Fren Özgül Yakıt Tüketimi) FÖYT'ye etkisi Şekil 2'de verilmiştir. Tüm motor yüklerinde B100 yakıtı kullanımında D100 yakıtına oranla FÖYT'de yaklaşık ortalama %3'lük bir artış gözlenmiştir. Bunun nedeni biyodizelin alt ısı değerinin dizel yakıtına göre düşük olmasıdır. Motor yükü arttıkça FÖYT'de iyileşme gözlenmiştir. B100 ve D100 yakıtları arasındaki yaklaşık %3'lük fark 4,91 Nm ve 7,36 Nm motor yüklerinde %4'e yükselmiştir. Yük arttıkça FÖYT'nin düşmesinin nedeni yanma veriminin artması ve ısı kayıpların azalmasıdır.



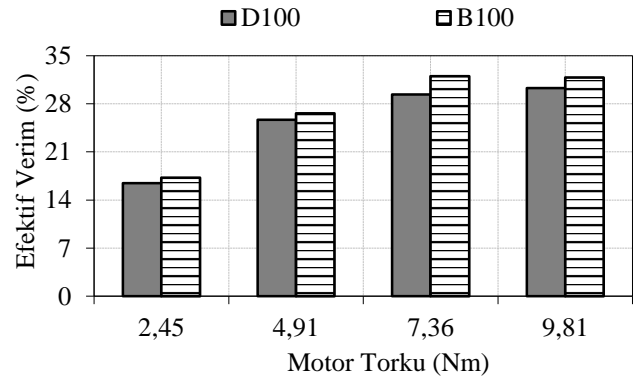
Şekil 2. Motor yükünün ve test yakıtlarının FÖYT'ye etkisi (The effects of Engine load and test fuels on FÖYT).

Motor yükünün ve test yakıtlarının (Fren Özgül Enerji Tüketimi) FÖET'e etkisi Şekil 3'te verilmiştir. Özellikle farklı yoğunluk ve ısı değerindeki yakıtların karşılaştırılmasında FÖET uygun bir parametredir. FÖET, belirli bir çıkış gücü için verilmesi gereken enerjiyi ifade eder ve FÖYT ve yakıtın ısı değeri kullanılarak hesaplanır. 2,45 Nm de, B100 yakıtı kullanımında D100 yakıtına oranla FÖET'de yaklaşık %4,2 lik bir düşme, 4,91 Nm de %3,43'lük bir düşme, 7,36 Nm de %8,32 bir düşme ve 9,81 Nm de %4,8 lik bir düşme gözlenmiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi, test yakıtlarından B100 yakıtı bütün motor yüklerinde D100 yakıtına oranla daha düşük FÖET göstermiştir. Biyodizelin yapısında oksijen bulunması yanmayı iyileştirmekte ve FÖET dizel yakıtına göre daha düşük olmaktadır. Motor yükü arttıkça her iki yakıtta da FÖET azalmıştır.



Şekil 3. Motor yükünün ve test yakıtlarının FÖET'ye etkisi (The effects of Engine load and test fuels on FÖET).

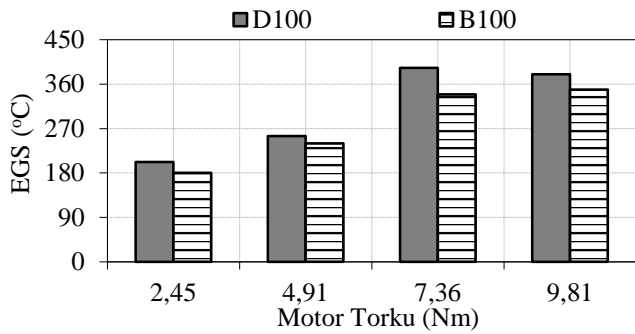
Motor yükü ve test yakıtlarının efektif verim üzerine etkisi Şekil 4'te gösterilmiştir. 7,36 Nm motor yüküne kadar efektif verimde bir artış gözlenmekle birlikte bu değerden sonra hava-yakıt oranının azalması nedeniyle efektif verimdeki artış azalmıştır. Bütün motor yüklerinde B100 yakıtı efektif verim açısından D100 yakıtına göre daha iyi performans göstermiştir. B100 yakıtı için efektif verim en yüksek değeri 7,36 Nm motor yükünde %9,13'lük bir artış göstermiştir. Efektif verim ile FÖET ters orantılı olarak değişir. FÖET azaldıkça efektif verim de artmaktadır.



Şekil 4. Motor yükünün ve test yakıtlarının efektif verime etkisi (The effects of Engine load and test fuels on effective yield).

Motor yükünün B100 ve D100 yakıtlarında Egzoz Gaz Sıcaklığına (EGS) etkisi Şekil 5'te verilmiştir. Her iki yakıt için 7,36 Nm motor yüküne kadar EGS'de artış gözlenmekle birlikte bu motor yükünden sonra D100 yakıtı için EGS'de azalma görülürken B100 yakıtı için EGS'nin artmaya devam ettiği gözlenmiştir. Ancak bu artış çok küçük düzeydedir. B100 yakıtı tüm motor yüklerinde D100 yakıtına göre ortalama 30,5 oC daha düşük EGS'ye sahiptir. Bunun nedeni; biyodizel yakıtının standart dizel yakıtına göre

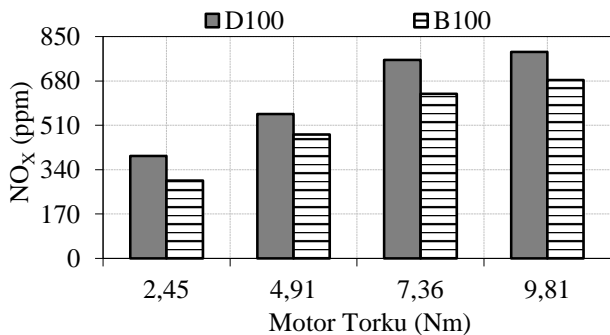
daha uçucu olmasıdır. Genellikle yüksek uçuculuğa sahip yakıtlar buharlaşırken çevrelerinden ısıyı çekerek soğutma etkisi sağlarlar ve EGS'yi düşürürler.



Şekil 5. Motor yükünün ve test yakıtlarının EGS'ye etkisi (The effects of Engine load and test fuels on EGS).

3.2. Egzoz Emisyonları (Exhaust Emissions)

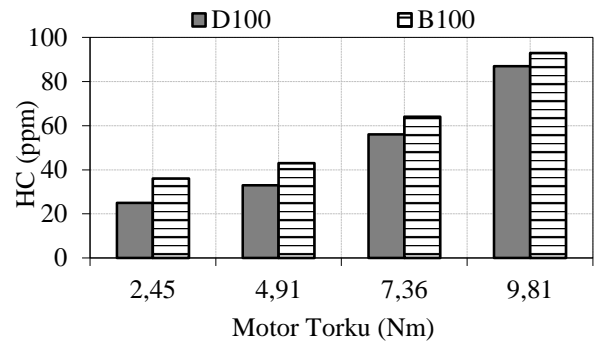
NO_x emisyonları havanın içerisinde bulunan azotun yüksek sıcaklıklarda oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu oluşmaktadır. Şekil 6 incelendiğinde NO_x miktarının motor yükü artışı ile arttığı görülmektedir. NO_x miktarının B100 yakıtında D100 yakıtına oranla ortalama %17,26'lık bir düşme olduğu görülmektedir. Bunun sebebi B100 yakıtının alt ısıl değerinin, D100 yakıtına göre daha düşük olmasından dolayı yanma sonu sıcaklıklarının daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar NO_x emisyonları açısından literatürdeki bazı çalışmalar ile benzerlik gösterirken, bazı çalışmalarda ise farklı sonuçlar göstermiştir.



Şekil 6. Motor yükünün ve test yakıtlarının NO_x emisyonuna etkisi (The effects of Engine load and test fuels on NO_x emission).

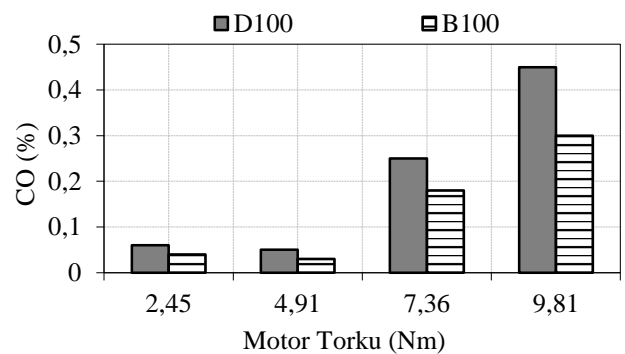
HC emisyonlarının oluşumu silindir içerisine gönderilen yakıtın hepsinin yanmaması sonucu dışarı atılan yakıttan kaynaklanmaktadır. Şekil 7'

de B100 ve D100 yakıtların HC emisyonuna etkisi görülmektedir. Motor yükü arttıkça HC emisyonunun arttığı gözlemlenmiştir. B100 yakıtının HC emisyonunun D100 yakıtına göre ortalama %24 daha yüksek olması B100 yakıtının yoğunluğunun D100 yakıtına göre daha yüksek olduğundan kaynaklanmaktadır. Daha yüksek yoğunluklu yakıtlar karışımı zenginleştirmekte ve HC emisyonlarını artırmaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar HC emisyonları açısından literatürdeki bazı çalışmalar ile benzerlik gösterirken, bazı çalışmalarda ise farklı sonuçlar göstermiştir.



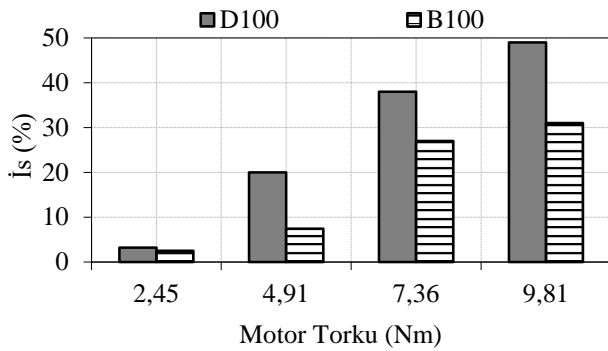
Şekil 7. Motor yükünün ve test yakıtlarının HC emisyonuna etkisi (The effects of Engine load and test fuels on HC emission).

CO oluşumunun gerçek sebebi yeterli oksijen bulunmadığı için yanmanın eksik olmasıdır. Motor yükü arttıkça hava/yakıt oranı azalmakta ve CO miktarı da artmaktadır. Şekil 8'de B100 ve D100 yakıtlarının CO emisyonuna etkisi görülmektedir. Bütün motor yüklerinde B100 yakıtının CO emisyonu D100 yakıtına göre ortalama %33 daha düşüktür. Bunun nedeni, B100 yakıtının yapısında oksijen bulunmasıdır.



Şekil 8. Motor yükünün ve test yakıtlarının CO emisyonuna etkisi (The effects of Engine load and test fuels on CO emission).

Şekil 9'da B100 ve D100 yakıtının is emisyonlarına etkisi görülmektedir. Yakıtın hava ile yeterli düzeyde karışmaması ve karbon taneciklerinin yeterli oksijen bulamaması is emisyonunu artırmaktadır. Yük arttıkça motora verilen yakıt miktarı da arttığı için is emisyonu artan motor yüküne paralel olarak artmıştır. Bütün motor yüklerinde B100 yakıtının is emisyonları D100 yakıtına göre ortalama %31 daha düşük çıkmıştır. B100 yakıtının oksijen içeriğinden dolayı hava/yakıt oranı daha yüksek olduğundan karışım daha fakirdir. Bu durum is emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olur.



Şekil 9. Motor yükünün ve test yakıtlarının is emisyonuna etkisi (The effects of Engine load and test fuels on smut emission).

4. TARTIŞMA (DISCUSSION)

B100 ve D100 yakıtları ile yapılan testler motor performansı açısından değerlendirildiğinde; B100 yakıtı kullanımında D100 yakıtına oranla FÖYT'de yaklaşık %3'lük bir artış, FÖET'de yaklaşık %5'lük bir düşme gözlenmiştir. B100 yakıtı efektif verim açısından D100 yakıtına göre bütün motor yüklerinde ortalama %5,62'lik daha iyi performans göstermiştir. B100 yakıtının tüm motor yüklerinde D100 yakıtına göre ortalama 30,5 oC daha düşük EGS değeri çıkmıştır.

B100 ile D100 yakıtı egzoz emisyonu açısından değerlendirildiğinde, NO_x miktarının B100 yakıtında D100 yakıtına oranla ortalama %17,26 daha düşük olduğu görülmüştür. HC emisyonu ise; biyodizel ile çalışmada tüm yüklerde ortalama %24 daha yüksek çıkmıştır. B100 yakıtının D100 yakıtına göre CO emisyonunun yaklaşık %33 daha düşük olduğu belirlenmiştir. B100 yakıtının is emisyonları D100 yakıtı is emisyonlarına göre ortalama %31 daha düşük çıkmıştır.

5. SONUÇLAR (RESULTS)

Biyodizel yakıtının motor performansını arttırırken yakıt tüketimini ve egzoz sıcaklığını azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca atık biyodizel yakıtının HC, CO ve is emisyonları bakımından dizel yakıtı göre daha düşük emisyonlar ürettiği görülmüştür. Deney sonuçları, motor yakıt sisteminde herhangi bir değişikliğe gidilmeksizin dizel yakıtı yerine atık biyodizel kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] Kadıköy Belediyesi, «Evlerden bitkisel atık yağ toplama projesi» [Çevrimiçi]. Available: http://www.atikyonetimi.kadikoy.bel.tr/Files/atikyag_sunum_2013.pdf. [Erişildi: 2016].
- [2] A. Demirbaş, «Importance of biodiesel as transportation fuel,» *Energy policy*, cilt 35, no. 9, pp. 4661-4670, 2007.
- [3] M. Çetinkaya ve F. Karaosmanoğlu, «Biodiesel as a generator fuel,» *8th International Combustion Symposium*, Ankara, 2004.
- [4] R. Behçet ve A. V. Çakmak, «Bir dizel motorda yakıt olarak kullanılan balık yağı metil esteri karışımlarının motor performans ve emisyonlarına etkisi,» *6th International Advanced Technologies Symposium*, Elazığ, 2011.
- [5] İ. Sugözü, F. Aksoy ve Ş. A. Baydır, «Atık motor yağının alternatif yakıt olarak bir dizel motorunda kullanılması,» *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*, cilt 1, no. 1, pp. 9-16, 2009.
- [6] R. Behçet, A. V. Çakmak, S. Aydın, C. İlkılıç ve H. Aydın, «Atık kızartma yağı metil esterinin bir dizel motorunda motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisinin araştırılması,» *6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Elazığ, 2011.
- [7] Y. Sekmen, «Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterinin dizel motorlarda yakıt olarak kullanılması,» *Teknoloji Dergisi*, cilt 10, no. 4, pp. 295-302, 2007.
- [8] Y. Sekmen ve A. Aktaş, «Soya yağı metil esterinin motor performans ve egzoz

emisyonlarına etkileri,» *Politeknik Dergisi*, cilt 11, no. 3, pp. 249-254, 2008.

- [9] H. Oğuz, «Dizel yakıtı-ayçiçek yağı karışımlarının dizel motorlarında yakıt olarak kullanılmasının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi,» *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1998.
- [10] A. M. Ceviz, F. Koncuk, F. Yüksel, Ö. Küçük ve C. A. Gören , «Beş farklı bitkisel

yağdan üretilen biyodizeller ile dizel yakıtının motor performans ve emisyon karakteristiklerinin karşılaştırmalı analizi,» *Mühendis ve Makina*, cilt 50, pp. 20-26, 2009.

- [11] Y. Ulusoy, Y. Tekin , M. Çetinkaya ve F. Karaosmanoğlu, «The engine tests of biodiesel from used frying oils,» *Energy Sources*, cilt 26, pp. 927-932, 2004.