

Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Atık Biyodizel Kullanımının Motor Performansı ve Emisyonlarına Etkisi

¹Mustafa AYDIN, ²Mehmet AFŞAR, ³M. Bahattin ÇELİK

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

ÖZET

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, izel motor, motor performans, emisyon, yakıt tüketimi

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. Giriş

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 bulunan 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 yakıtı benzer özellikler gösterdiği ve bu sebeple egzoz emisyonlarını azaltıcı yönde etkilerinden dolayı dizel yakıtı alternatif bir yakıt olarak kullanılabilceği belirlenmiştir [4].

Sugözü vd. yaptıkları çalışmada, atık motor yağlarını toz, metal parçacıkları, kükürt ve su gibi maddelerden arıtarak, dizel motorlarında kullanılabilen 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 kullanılabilen 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 yakıtı 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 karışımlarının 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 kullanılabilirliğini araştırmıştır. Testler değişik motor devirlerinde ve değişik karışım oranlarında gerçekleştirilmiştir. Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerinin ısı değeri 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 yakıtına göre biraz daha yüksek olarak ölçülmüştür. CO ve HC emisyonları ile duman yoğunluğunda azalma elde edilirken, silindir sıcaklıklarının artması ve biyodizelin oksijen içeriği nedeniyle NO_x emisyonlarında artış gözlemlenmiştir [7].

Sekmen ve Aktaş yaptıkları çalışmada, soya yağı metil esterinin dizel bir motor da kullanımının performans ve emisyonlara etkisini incelemiştir. Testler tam yükte ve değişik devirlerde yapılmıştır. Testlerin sonucunda biyodizelin ısı değeri düşük olmasından dolayı efektif güçte azalma, özgül yakıt tüketiminde artış belirlenmiştir. Biyodizel ile çalışmada egzoz gaz sıcaklığı dizel yakıtına oranla daha düşük olarak ölçülmüştür. Ayrıca CO, HC ve NO_x emisyonları ile duman yoğunluğunda 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 yoğunluğu 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 değişim olmadığı belirlenmiştir [9].

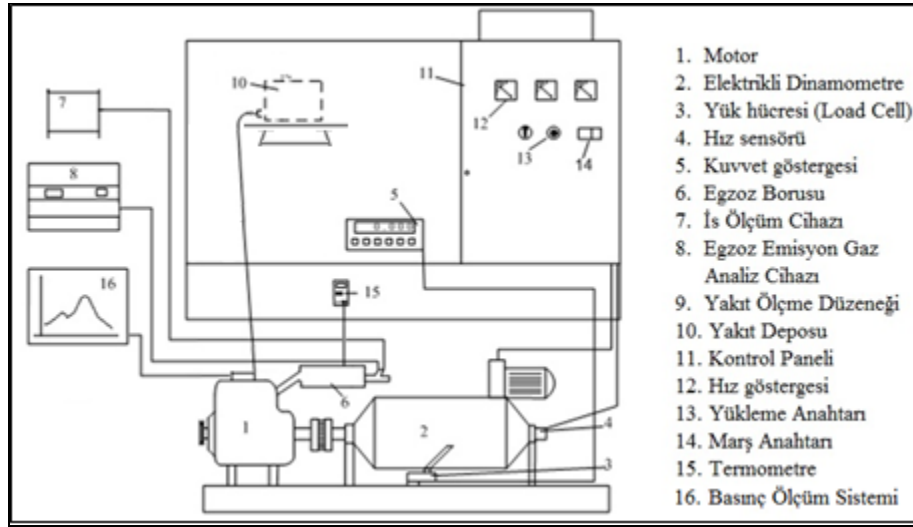
Ceviz vd. yaptıkları çalışmada beş farklı bitkisel yağdan üretilen biyodizeller ile dizel yakıtını motor performansı ve emisyon karakteristikleri bakımından karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Çalışmalarında, fındık-ayçiçek yağı karışımı metil esterleri, soya yağı metilesteri, ayçiçek kızartma metilesteri, mısır kızartma metilesteri, fındık yağı metilesterleri ile dizel yakıtı bir dizel motorda 1000, 1250, 1500, 1750, 2000 ve 2250 dev/dk motor devirlerinde 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 ısı değere sahip olmasından kaynaklandığı belirtmişlerdir. Biyodizel yakıtları ile çalışmada, dizel yakıtına 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/h'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, NO_x emisyonunun %5,03 arttığını gözlemlemiştir. 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

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.

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 dev/dk 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 0,01 s 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 Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Egzoz gaz analizörü ve opasimetre özellikleri.

		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 Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Motor özellikleri.

Model	Katana KM 178 F
Genel	Tek Silindirli, direkt püskürtmeli, hava ile soğutmalı, doğal emişli, ve dört zamanlı
Güç (kW, 3000 dev/dk-3600 dev/dk)	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 aşağıdaki Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3. Deney yakıtlarının özellikleri.

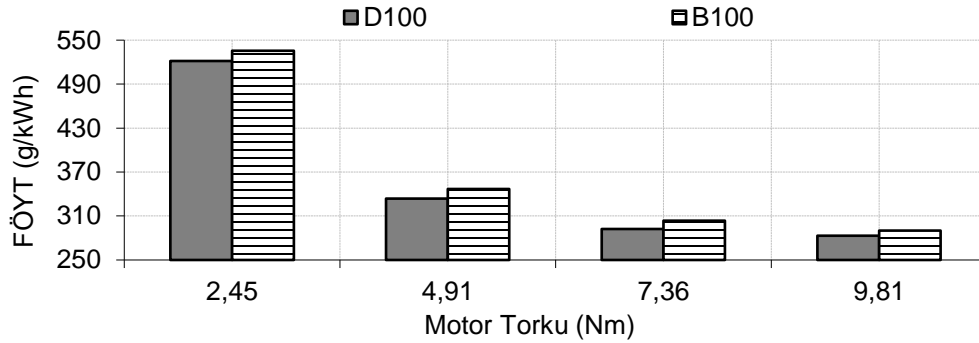
Yakıtın Adı	Yoğunluk (kg/m ³)	Kinematik Viskozite (mm ² /s)	Isıl Değer (kJ/kg)	Parlama Noktası (°C)	Setan Sayısı
Biyodizel	889	5,0	39576	163	60,4
Dizel	828	2,6	42640	60	56,5

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 dev/dk) 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

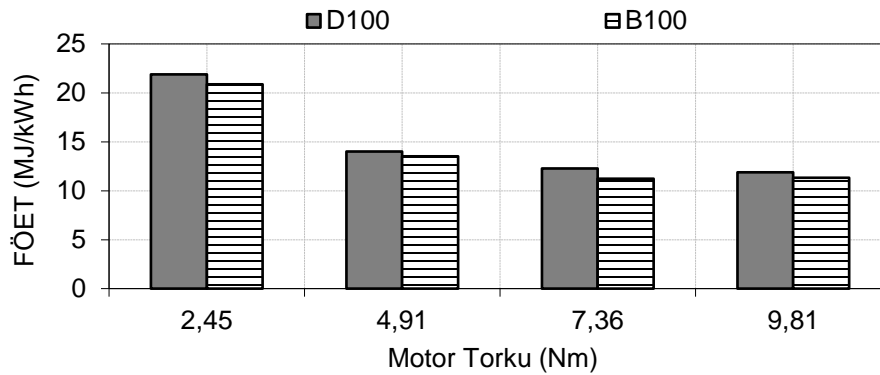
3.1. Motor Performansı

Motor yükü ve test yakıtlarının (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 ısıl 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 ısıl kayıpların azalmasıdır.



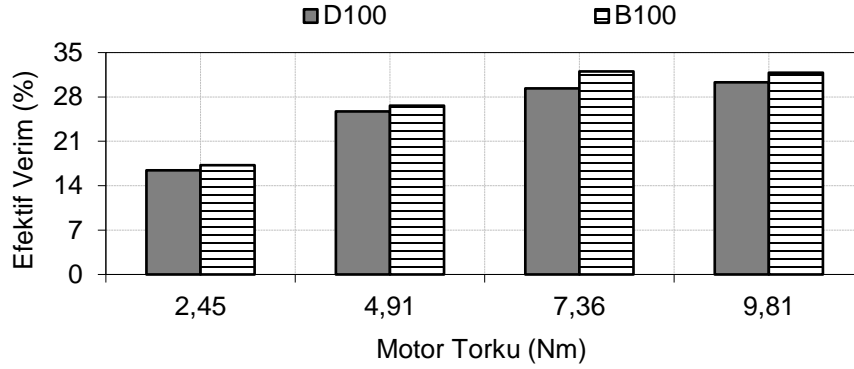
Şekil 2. Motor yükünün ve test yakıtlarının FÖYT' ye etkisi.

Motor yükünün ve test yakıtlarının (Fren Özgül Enerji Tüketimi) FÖET'e etkisi Şekil 3' te verilmiştir. Özellikle farklı yoğunluk ve ısıl değerdeki yakıtların karşılaştırılmasında FÖET uygun bir parametredir. FÖET, belirli bir çıkış gücü için verilmesi gereken enerjiyi ifade eder ve FÖYT ve yakıtın ısıl 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 8.2' de 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.



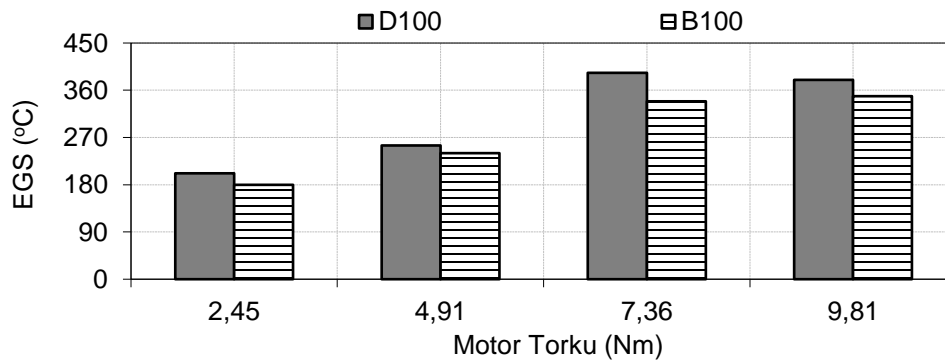
Şekil 3. Motor yükünün ve test yakıtlarının FÖET' ye etkisi.

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.

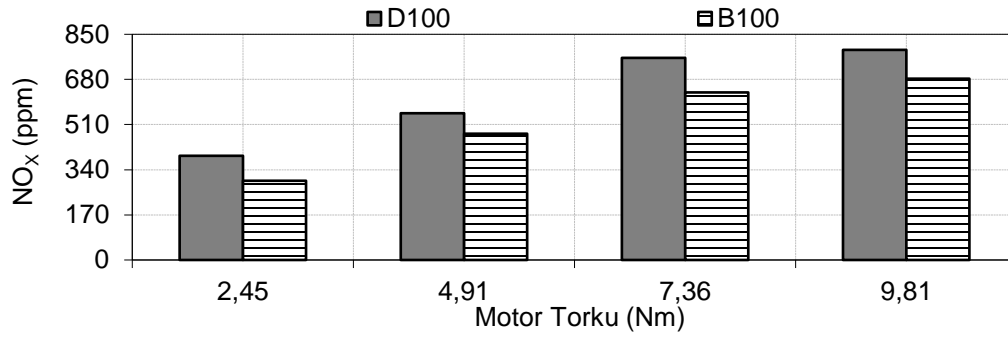
Motor yükünün B100 ve D100 yakıtlarında Egzoz Gaz Sıcaklığına (EGS) etkisi Şekil 5’te verilmiştir. Her iki yakıt için 7,36 Nm motor yüküne kadar EGS’de artış gözlenmekle birlikte bu motor yükünden sonra D100 yakıtı için EGS’de azalma görülürken B100 yakıtı için EGS’nin artmaya devam ettiği gözlenmiştir. Ancak bu artış çok küçük düzeydedir. B100 yakıtı tüm motor yüklerinde D100 yakıtına göre ortalama 30,5 °C 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 [76].



Şekil 5. Motor yükünün ve test yakıtlarının EGS’ye etkisi.

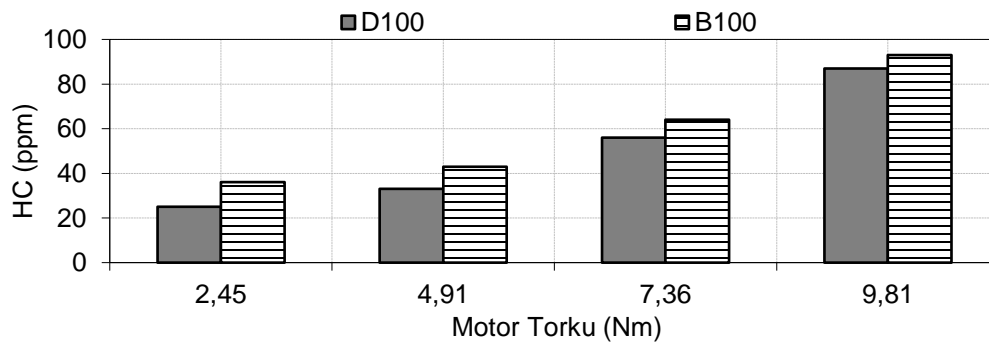
3.2. Egzoz Emisyonları

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.



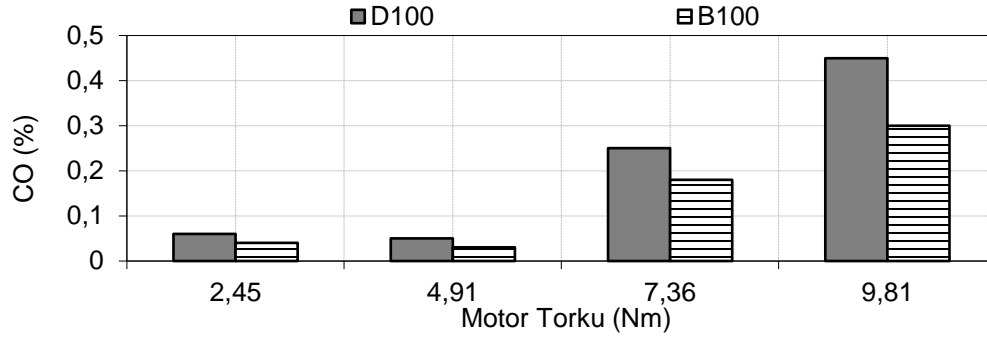
Şekil 6. Motor yükünün ve test yakıtlarının NO_x emisyonuna etkisi.

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. HC emisyonunun motor yükü arttıkça 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.



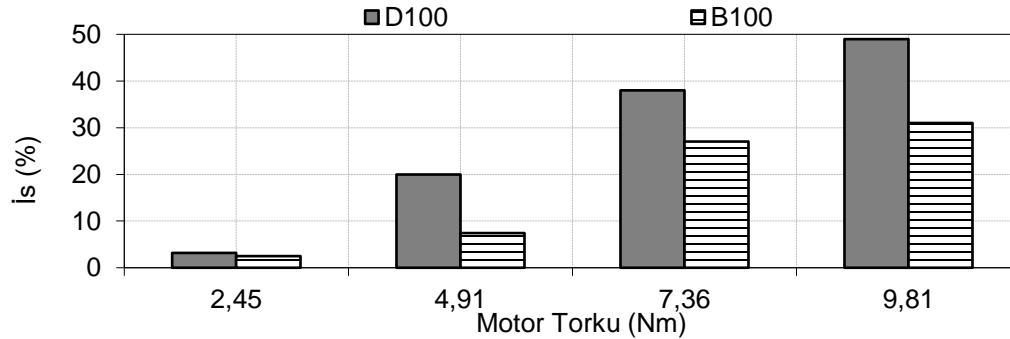
Şekil 7. Motor yükünün ve test yakıtlarının HC emisyonuna etkisi.

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.

Şekil 9’da B100 ve D100 yakıtının is emisyonlarına etkisi görülmektedir. Yakıtın hava ile yeterli düzeyde karışamaması 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.

4. Tartışma

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 °C 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.

Sonuçlar

Biyodizel yakıtının motor performansını artırırken, 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 yakıt yerine atık biyodizel kullanılabilceğini göstermektedir.

Kaynaklar

- [1] İnternet: Kadıköy Belediyesi, “Evlerden bitkisel atık yağ toplama projesi” http://www.atikyonetimi.kadikoy.bel.tr/Files/atikyag_sunum_2013.pdf (2016).
- [2] Demirbas, Ayhan. "Importance of biodiesel as transportation fuel." *Energy policy* 35 (9): 4661-4670, (2007).
- [3] Çetinkaya, M., ve Karaosmanoğlu, F., “Biodiesel as a generator fuel”, *8th international Combustion Symposium*, Ankara, 1-11 (2004).
- [4] Behçet, R., ve Çakmak, A. V., “ Bir dizel motorda yakıt olarak kullanılan balık yağı metil esterleri karışımlarının motor performans ve emisyonlarına etkisi” *6th International Advanced Technologies Symposium*, (IATS'11), Elazığ, 161-165 (2011)
- [5] Sugözü, İ., Aksoy, F., ve Baydır, Ş. A., “Atık motor yağının alternatif yakıt olarak bir dizel motorunda kullanılması”, *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1 (1): 9-16 (2009).
- [6] Behçet, R., Çakmak, A. V., Aydın, S., İlkılıç, C., ve Aydın, H., “Atık kızartma yağı metil esterinin bir dizel motorunda motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisinin araştırılması”, *6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Elazığ, 72-76 (2011).
- [7] Sekmen, Y., “Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterinin dizel motorlarda yakıt olarak kullanılması” *Teknoloji Dergisi*, 10 (4): 295-302 (2007).
- [8] Sekmen, Y., ve Aktaş, A., “Soya yağı metil esterinin motor performans ve egzoz emisyonlarına etkileri”, *Politeknik Dergisi*, 11 (3): 249-254 (2008).
- [9] Oğuz, H., “Dizel yakıtı-ayçiçek yağı karışımlarının dizel motorlarında yakıt olarak kullanılmasının araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 5-9 (1998).
- [10] Ceviz, A. M., Koncuk, F., Yüksel, F., Küçük, Ö. ve Gören, C. A., “Beş farklı bitkisel yağdan üretilen biyodizeller ile dizel yakıtının motor performans ve emisyon karakteristiklerinin karşılaştırmalı Analizi”, *Mühendis ve Makina*, 50: 20-26, (2009).
- [11] Ulusoy, Y., Tekin, Y., Çetinkaya, M., and Karaosmanoğlu, F., “The engine tests of biodiesel from used frying oils”, *Energy Sources*, 26: 927-932 (2004).