


Zeytinyağı Biyodizelinin Motor Performansı ve Egzoz Emisyonu Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi

Muharrem İMAL 

Ahmet KAYA

Osman SİNCAR

K.S.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş
✉ : muharremimal@ksu.edu.tr

Geliş (Received): 22.06.2016

Kabul (Accepted): 04.10.2016

ÖZET: Dünyada yakıt emisyon skandalları sürekli gündemdedir. Bu durum yakıtların çevreye verdiği zararın önemli olduğunu göstermektedir. Emisyon standartlarının sürekli iyileştirildiği dünyamızda, biyodizel yakıtların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Biyodizel, bitkisel ve hayvansal yağlardan kimyasal reaksiyon ile elde edilen alternatif bir dizel yakıttır. Petrol ürünü motorin ve türevlerine bağımlılığı azaltması, çevreye olumlu etkilerinden dolayı biyodizelin üretimi ve motorlarda kullanımı ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bu deneysel çalışmada zeytinyağı biyodizelinin hacimsel olarak %0 (B0), %20 (B20), %40 (B40) %60 (B60) oranlarında motorine karıştırılarak, tek silindirli, direkt püskürtmeli, hava soğutmalı bir dizel motorda deneyleri yapılmıştır. Dizel motorda kullanılan zeytinyağı biyodizelinin karışımlarının motorun farklı yük ve devir sayıları için, performans ve egzoz emisyonuna etkileri analiz edilmiştir. Tüm deney koşullarında elde edilen egzoz emisyonu dizel yakıtının egzoz emisyonuna göre daha yüksek saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, Dizel motor, Egzoz emisyonu

The Biodiesel of Olive Oil Engine Performance and Determination of Impacts on Exhaust Emissions

ABSTRACT : The biodiesel production is gradually increasing due to environmental advantages and reduction in dependence on petroleum based diesel fuels. Biodiesel is an oxygenated alternative diesel fuel obtained from renewable sources such as vegetable oil and animal fats. Therefore, many number of studies have been performed related to the production and the use of biodiesel. In this study, the effect of the use of olive oil, as alternative fuel, on engine performance and exhaust emissions in a single cylinder diesel engine were investigated. Diesel fuel and olive oil were used. In order to determine emission and performance characteristics, the engine was tested with full load-varied speed and constant speed-varied load tests. Chemical and physical properties of the raw olive oil were improved mixing with diesel fuel. Experimental results showed that, when olive oil and mixtures are used, the lower engine performance and NO_x, and higher exhaust emissions were detected compared to the diesel fuel used engine performance.

Keywords: Biodiesel, Diesel engine, Exhaust emissions

GİRİŞ

Dizel motorları başta karayolu nakliye araçları olmak üzere taşımacılık sektörünün önemli güç ve tahrik ünitesi olarak görülmektedir. Bu motorlarda yaygın olarak petrol türevi olan dizel yakıtlar kullanılmaktadır. Çevre emisyon standartlarının iyileştirilmesi ve bu durumun dizel motor üreticilerini sıkıntıya sokması sonucu bazı skandal durumlar kamuoyuna yansımaktadır. Dizel motorlarda yakıt tüketiminin ve egzoz emisyonlarının azaltılması için aşırı dolgu, atık egzoz gazlarının tekrar kullanılması, yüksek basınçlı yakıt püskürtme sistemleri, katalizör ve partikül filtresi gibi gelişmiş teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojilerin kullanımı ile egzoz emisyonlarında azalma sağlanmaktadır. Emisyon standartlarına uygun motor geliştirmede yatırım maliyetinin yükselmesi ve yeni tasarımın zorluğu daha iyi teknolojilerin geliştirilmesini geciktirmektedir.

Motor egzoz emisyonlarının standartları karşılamaması nedeniyle oluşan skandal durumlar, dizel motorlarında farklı yakıtların kullanılması ile aşılabılır. Birçok çalışmada yanma odasına daha fazla oksijen girişi ya da dizel yakıtlara oksijen içeren alternatif yakıtların

katılması önerilmiştir (Acaroğlu, 2008). Biyodizel, başlıca oksijen içeren alternatif dizel motor yakıtı olarak dikkate alınmaktadır. Biyodizelin motorda yağlamayı iyileştirmesi, biyolojik olarak bozunabilir olması, zehirleyici etkisinin düşük olması, düşük emisyon profili ve yenilenebilir olması gibi avantajlarından dolayı konvansiyonel dizel motorlarda doğrudan kullanılabilceği gibi dizel yakıtı ile karıştırılarak da kullanılabilir (Demirci ve Türkavcı, 2001).

Biyodizel kullanımı ile yanmamış hidrokarbon (HC), karbon monoksit (CO) ve partikül madde (PM) emisyonlarında düşüşler sağlanmaktadır. Bu azalmalara karşın, NO_x emisyonlarında artış olduğu, bu durumun biyodizelin üretildiği hammaddenin yağ asit bileşimindeki farklılıklardan kaynaklandığı açıklanmaktadır (Altın, 1998; Alpgiray, 2006). Farklı yağ hammaddesinden üretilen biyodizel yakıtların yağ asidi dağılımlarının farklı olduğu Çizelge 1’de görülmektedir. Dolayısıyla farklı yağ asidi içeriğine sahip biyodizellerin yakıt özelliklerinin de farklılık gösterdiği Çizelge 2’de verilmiştir. Genel olarak, biyodizel yakıtların setan sayıları, ısıl değeri, erime noktaları ve viskoziteleri

biyodizelin yağ asidi bileşiminin bağ uzunluğunun artmasıyla artmakta, doymamışlığın artmasıyla azalmaktadır (Altun, 2010). Çizelge 2’de görüldüğü gibi hayvansal yağ ve palm yağı biyodizeli daha yüksek setan sayıları ile dikkat çekmektedir. Setan sayısı yakıtın tutuşma kalitesini belirleyen en önemli özelliğidir. Bu bağlamda hayvansal yağ ve bitkisel yağ karışımlarından

oluşan hammaddelerden biyodizel üretimi yapılmakta ve soğuk akış özellikleri iyileştirilmektedir (Altun, 1998). Bununla birlikte biyodizel yakıtların birbirleri ile belirli oranlarda karıştırılmasıyla da dizel motorlarında kullanılmaya daha uygun karışım yakıtlar elde edilmektedir.

Çizelge 1. Biyodizel yakıtların yağ asidi dağılımları ve doymuşluk seviyeleri (Acaroğlu, 2008).

Metil Ester	Yağ Asitleri (% ağırlık)						Doymuş Yağ Asitleri (%)
	Palmitic (16:0)	Palmitoleic (16:1)	Stearic (18:0)	Oleic (18:1)	Linoleic (18:2)	Linolenic (18:3)	
Zeytin yağı	20	3.5	5	83	21	<1.0	77
Kanola yağı	4.6	0.2	2.1	64.3	20.2	7.6	7.7
Ayçiçeği yağı	4.5	-	4	82	8	0.2	9.8
Soya yağı	10.5	-	4.1	24.1	53.6	7.7	14.6
Palm yağı	41.9	0.2	4.6	41.2	10.3	0.1	48.2
Pamuk yağı	24.74	0.37	2.68	18.45	52.99	-	28.2
Hayvansal yağ	23.76	2.6	13.79	48.18	9.88	-	39.34

Çizelge 2. Biyodizellerin yakıt özelliklerinin dizel yakıtı ve biyodizel standartları ile karşılaştırılması (Acaroğlu, 2008).

Metil Ester	Viskozite (mm ² /sn 40°C’de)	Yoğunluk (kg/m ³ 15 °C’de)	Parlama Noktası (°C)	Setan Sayısı	Isıl Değer (Mj/kg)	Akma Noktası (°C)
Dizel yakıtı	2-4.5	820-860	55	51	43.35	-25
Zeytin yağı	2.9-3.3	919	210	37	37.8	-9
ASTM 6751	1.9-6	-	Min.93	Min.47	-	-
EN 14214	3.5-5	860-890	>101	Min.51	-	-
Kanola yağı	5.5	882	110	46.7	39.5	-9
Ayçiçeği yağı	4.22	880	85	46.6	37.2	-4
Soya yağı	4.08	884	141	46.2	39.8	-1
Pamuk yağı	5.94	885	200	52	36.896	-4
Hayvansal	4.11	877	96	57.78	39.949	9
Karanja	5.72	885	170	48	37.4	-6
Tall yağı	6.7	883	111	53	40	-6

*40/60 hayvansal iç yağ/ayçiçek yağı karışımından üretilmiş biyodizel

Farklı hammaddelerden üretilmiş biyodizel yakıtların genel olarak dizel yakıtına göre daha yüksek viskozite, yoğunluk, setan sayısı, parlama noktası ve akma noktasına sahip oldukları Çizelge 2’de görülmektedir. Buna rağmen biyodizel yakıtların özelliklerinin birçoğu Avrupa (EN 14214) ve Amerika (ASTM 6751) biyodizel standartlarına uygun bulunmaktadır. Bununla beraber biyodizellerin ısı değerleri, yakıtın kaynağına bağlı olarak petrol kökenli dizel yakıtına göre %8-15 arasında daha düşüktür. Biyodizel yakıtların viskozite ve yoğunluklarının dizel yakıtına göre yüksek oluşu, yakıt olarak kullanımlarında püskürtme ve atomizasyon karakteristiklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Düşük ısı değere sahip olmaları ise motorda güç kaybı ve özgül

yakıt tüketiminin artması ile sonuçlanmaktadır (Aktaş, 2008). Farklı hammaddelerden üretilmiş biyodizel yakıtlar ile farklı tip motorlarda yapılmış çalışmalarda; Keskin ve ark. (2007), tall yağı metil esterini ve dizel yakıtı karışımını, Eliçin ve Erdoğan (2007), fındık yağı metil ve etil esterini, Sekmen (2007), karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerini, Özsezen (2009), atık palm yağı metil esterini ve dizel yakıtı ile karışımlarını, Sugözü ve ark. (2009), pamuk ve ayçiçeği yağı metil esterini ve dizel yakıtı ile karışımını, Özsezen ve Çanakçı (2009), soya ve kanola yağı metil esterini ve atık palmye yağı metil esterini, doğal emişli ve indirekt püskürtmeli bir dizel motorunda, Haşimoğlu ve ark. (2008), ayçiçeği yağı metil esterini, direkt püskürtmeli bir dizel

motorunda, Aybek ve ark. (2011), kanola yağından elde edilmiş üç farklı katkılı biyodizel yakıtını (B10, B20, B30) traktör motorunda kullanmışlardır.

Soya, pamuk tohumu, kanola, ayçiçeği, fındık, kolza, karpuz çekirdeği, keten tohumu, atık palmye, atık pişirme yağları, hayvansal yağlar ve tall yağı gibi birbirinden farklı hammaddelerden elde edilen biyodizel yakıtların ve dizel yakıtı ile karışımlarının farklı tasarımı dizel motorlarda yakıt olarak kullanılmaları halinde dizel yakıtı kullanımına göre motor gücü ve momentinde bir düşüş olduğu ve özgül yakıt tüketiminin arttığı, çok sayıda araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Bununla beraber hayvansal iç yağı metil esterinin kullanıldığı bir çalışmada, düşük motor hızlarında hayvansal iç yağı metil esterinin dizel yakıtı kullanımına göre daha yüksek motor gücü verdiği bildirilmiştir (Akgün, ve ark, 2009). Yapılan araştırmaların önemli bir kısmı biyodizel yakıtların dizel motorlarda kullanılması durumunda biyodizelin düşük ısısal değere sahip olmasından dolayı motor gücünde bir düşmeye ve buna karşılık özgül yakıt tüketiminde artışa neden olduğunu göstermektedir. Çizelge 2’de görüldüğü gibi biyodizel yakıtların ısısal değerleri dizel yakıtına göre düşüktür. Bu nedenle düşük ısısal değere sahip yakıtlar kullanıldığında eşit güç üretilebilmesi için daha fazla yakıt harcanması gerekmektedir (Ulusoy, 1999).

Biyodizelin dizel yakıtına göre farklı olan özelliklerinden dolayı yanma odasında hava ile yeterli bir karışım oluşturulamaması durumunda yüksek CO ve HC emisyonlarının oluştuğu belirlenmiştir. Bununla beraber setan sayısı, kaynama noktası, kükürt ve aromatik bileşen içeriği gibi özelliklerin de CO, yanmamış HC ve duman emisyonlarındaki değişim üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir. Farklı hammaddelerden üretilmiş biyodizel yakıtların farklı tasarımı motor ve değişik işletme şartlarında kullanılmaları sonucu NO_x emisyonlarında artış olduğu kabul edilmektedir. CO, HC ve duman emisyonları gibi yanma ürünlerinin azalmasına neden olarak gösterilen biyodizelin oksijen içeriği aynı

zamanda yüksek NO_x emisyonlarının oluşmasının nedeni olarak gösterilmiştir. Nitekim biyodizel kullanımı ile yanma sırasında artan oksijen seviyesinin maksimum sıcaklığı sağladığı ve böylece NO_x oluşumunun arttığı bildirilmiştir (Keskin, ve ark, 2007). Dizel motorlarında yakıtın püskürtme zamanı, yanma ve emisyon oluşumu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Motorun püskürtme avansı artırıldığında yanma odasındaki sıcaklıklar artmakta ve buna bağlı olarak NO_x emisyonunda artış, is emisyonunda ise azalma olmaktadır. Biyodizel yakıtların yüksek viskozite, ses hızı ve düşük sıkıştırılabilirlik gibi özelliklerinden dolayı yakıt enjektörü dizel yakıt kullanımına göre daha erken püskürtme yapmaktadır. Böylece püskürtme avansının artması sonucu silindirde yanmanın başlaması öncesinde daha fazla miktarda yakıt bulunduğu yanmanın başlamasıyla daha yüksek yanma sıcaklığı ve basınç oluşumu da gözlenmiştir (Aybek ve ark. 2011).

Bu çalışmada zeytin yağı biyodizelinin dizel motor çalışma karakteristikleri ve egzoz emisyonu üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç için zeytinyağı biyodizelinin hacimsel olarak %0 (B0), %20 (B20), %40 (B40) %60 (B60) oranlarında motorine karıştırılarak tek silindirli, direkt püskürtmeli, hava ile soğutmalı bir dizel motorda deneyleri yürütülmüştür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Biyodizel yakıtı olarak zeytin yağı biyodizeli (ZY) ile dizel yakıtı %0, %20, %40 ve %60 oranlarında karıştırılarak B0, B20, B40, B60 yakıtları elde edilmiştir. Elde edilen yakıtların tam yükte ve farklı devirlerde tek silindirli dizel bir motorun performansına ve egzoz emisyonlarına etkileri araştırılmıştır.

Deney Düzenegi ve Ölçüm Cihazları

Standart dizel yakıtı ile %0, %20, %40 ve %60 oranlarında karışımı yapılan B20, B40 ve B60 yakıtlar bir motor test düzeneğinde Amerika standartlarına (ASTM 6751) göre test edilmiştir. Deneylerde kullanılan dizel motorunun özellikleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Deneylerde kullanılan dizel motorunun özellikleri

Marka	Antor
Model	6LD400
Silindir sayısı	1
Yanma odası	Direkt püskürtmeli
Yakıt	Dizel
Silindir çapı	86 mm
Silindir stroğu	68 mm
Silindir hacmi	395 cm ³
Sıkıştırma oranı	18:1
Özgül yakıt tüketimi	2.1 L h ⁻¹
Maksimum tork (2200 d d ⁻¹)	19.6 Nm
Nominal devir	3600 d d ⁻¹
Maksimum güç	6.25 kW

Deneyisel çalışmalarda kullanılan motor test düzeneğinde, direk enjeksiyonlu, 4 zamanlı ve tek

silindirli hava ile soğutmalı bir dizel motor ve 15 kW güç absorbe edebilen bir elektrikli dinamometre

kullanılmıştır. Çizelge 4' de deney motoruna ait teknik özellikler, Şekil 1' de ise deney düzeneği görülmektedir. Deney sistemi kontrol panelinde bulunan motor dönme sayısı ve dinamometreye etki eden kuvveti görüntüleyen dijital göstergeler, 100 mL'lik yakıt tüketimi ölçme büveti ve motor yük kontrol kolu bulunmaktadır.

Çizelge 4. Gaz analiz cihazı ölçüm parametre ve aralıkları

Parametre	Aralık
O ₂ konsantrasyonu (%)	0-25
CO konsantrasyonu (%)	0-15
NO _x konsantrasyonu (ppm)	0-5 000
HC (ppm)	0-20 000
CO ₂ konsantrasyonu (%)	0-20
Opasite (%)	0 - 99.99
Opasite K	0 - 99.99
Lambda	0.5-2.0



Şekil 1. Deney düzeneğinin görünümü

Motor Momenti ve Güç

Deneyler sırasında motor yükte çalışırken, kuvvet değeri dinamometreye 0.17 m uzaklıktaki yük hücresinden (Şekil 2) okunmuştur. Motor döndürme momenti Eşitlik 1 ile, motor gücü ise Eşitlik 2 ile hesaplanmıştır.

$$Md = F * l \quad (1)$$

$$Pe = \frac{Md * n}{9549} \quad (2)$$

Burada;

Md : Motor döndürme momentini (Nm),

F : Frenleme kuvvetini (N)

L : Kuvvet kolu (m),

Pe : Motor efektif gücü (kW),

n : Krank mili devir sayısıdır (d d⁻¹).

Deneyler sırasında motor gücünün ölçümünde çekme prensibine göre çalışan Eşit STCS 50 model S tipi yük hücresi Şekil 2'de görülmektedir.

Yakıt Tüketimi

Yakıt tüketiminin belirlenmesinde 1 mL hassasiyetli 100 mL hacme sahip ölçekli bir cam büvet ve %1 hassasiyetli kronometre kullanılmıştır. Şekil 3'de yakıt ölçüm düzeneği görülmektedir. Yakıt ölçümünde 60 s'de tüketilen yakıt miktarı esas alınmış ve motorun farklı yük ve devir şartlarında bu sürede ne kadar yakıt tükettiği cam büvet ve kronometre yardımı ile tespit edilmiştir.



Şekil 2. Yük hücresinin görünümü.



Şekil 3. Yakıt ölçüm düzeneği

BULGULAR ve TARTIŞMA

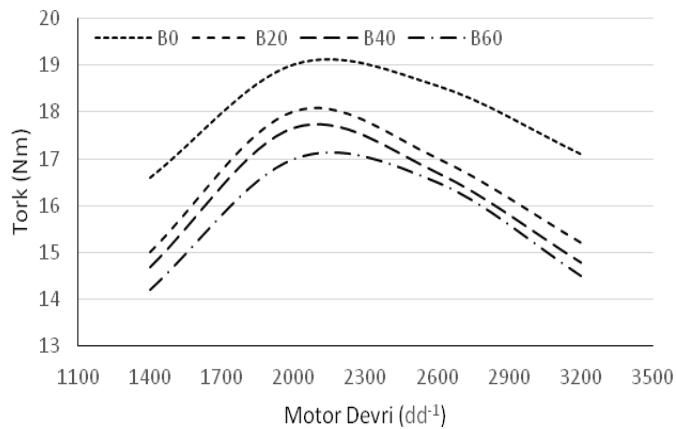
Kullanılan dört farklı tip yakıtın (B0, B20, B40, B60) motor devir sayısına bağlı olarak tork değerlerinin değişimleri Şekil 4’de verilmiştir. Buna göre, en yüksek moment değerlerine standart dizel yakıtı ile ulaşılmıştır. Karışımdaki biyodizel yüzdesi arttıkça motorun döndürme momentinde azalma meydana gelmektedir. Bunun nedeni standart dizel yakıtı ısı değerinin, biyodizel yakıt karışımlarının ısı değerinden yüksek olmasıdır. Standart dizel yakıtı ile 2000 d d⁻¹’da 19 Nm moment elde edilirken, aynı devirde B20 ile 18 Nm, B40 ile 17.6 Nm, B60 ile 17 Nm moment elde edilmiştir. (Şekil 4).

Yakıtların motor devir sayısına bağlı olarak güç değişimleri Şekil 5’de verilmiştir. Karışımlardaki biyodizel oranına bağlı olarak tork ve güçteki düşüşün biyodizelin yüksek yoğunluk ve viskozitesinden kaynaklandığı bu durumun daha önce yapılan çalışmaları

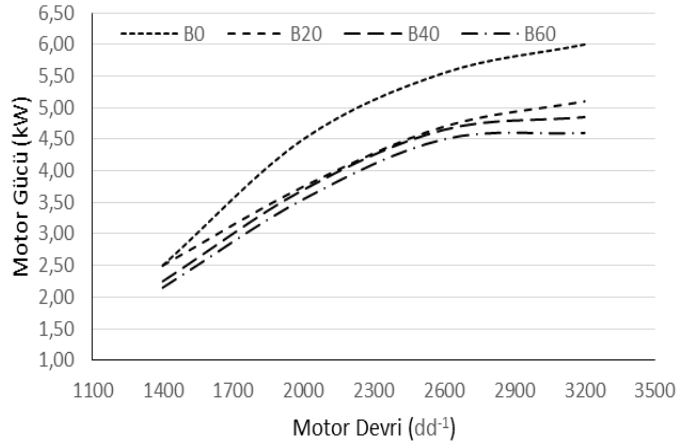
desteklediği görülmektedir. Yüksek viskozite ve yoğunluk, yakıtın enjektörlerden istenilen şekilde atomize olarak püskürtülememesine neden olmaktadır. Bu durum yanmayı etkileyen tutuşma gecikmesinin süresini uzatmakta ve yanmanın verimsizleşmesine yol açmaktadır. Ayrıca biyodizelin ısı değerinin standart dizelden daha düşük olması da güçteki azalmanın nedenlerinden biridir

Yüksek viskozite ve yoğunluk, yakıtın enjektörlerden istenilen şekilde atomize olarak püskürtülememesine neden olmaktadır. Bu durum yanmayı etkileyen tutuşma gecikmesinin süresini uzatmakta ve yanmanın verimsizleşmesine yol açmaktadır. Ayrıca biyodizelin ısı değerinin standart dizelden daha düşük olması da güçteki azalmanın nedenlerinden biridir.

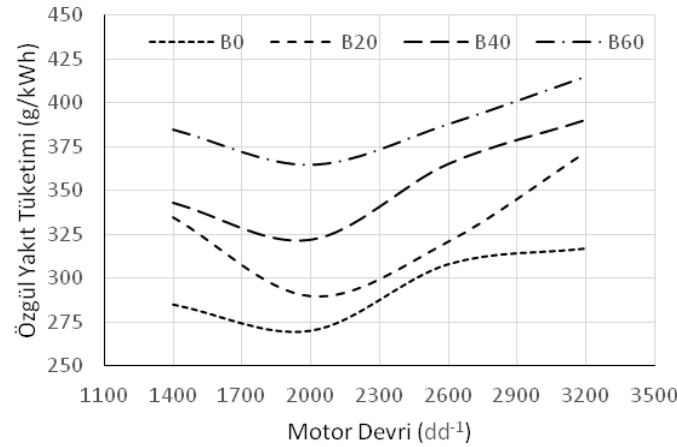
Farklı oranlardaki biyodizel-standart dizel karışımlarının motor hızına bağlı olarak özgül yakıt tüketimine olan etkileri Şekil 6.’ da görülmektedir.



Şekil 4. Yakıtların oranına ve motor hızına bağlı olarak tork değişimi.



Şekil 5. Yakıtların motor devrine bağlı olarak güç değişimi

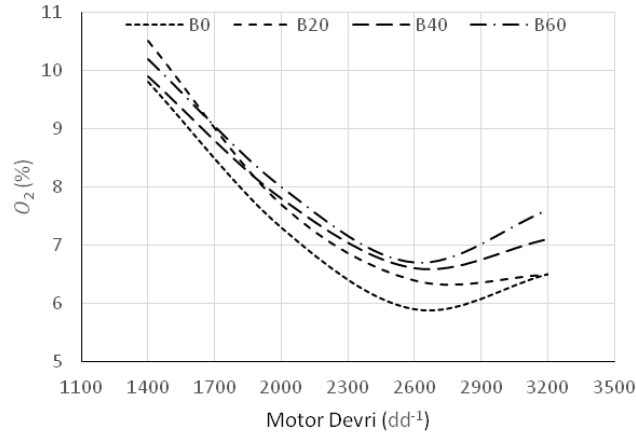


Şekil 6. Yakıtların motor devir sayısına bağlı olarak özgül yakıt tüketimi

2000 d d⁻¹ da standart dizel yakıtı ile en düşük özgül yakıt tüketimi (267 g kW⁻¹ h⁻¹) değeri elde edilmiştir. Aynı devir için, B20 ile 291.9 g kW⁻¹ h⁻¹, B40 ile 321.4 g kW⁻¹ h⁻¹, B60 ile 366.03 g kW⁻¹ h⁻¹ değerleri elde edilmiştir. Özgül yakıt tüketiminin karışımlardaki biyodizel oranına bağlı olarak artmasının nedeni, biyodizelin yoğunluğunun standart dizel yakıtından yüksek olmasıdır. Ayrıca biyodizelin ısıl değerinin standart dizel yakıtın ısıl değerinden düşük olması nedeniyle, aynı miktarda güç elde etmek için motorun daha fazla biyodizel karışımı yakıt tüketmesi gerekmektedir.

Şekil 7'de biyodizel karışımı yakıtlardaki O₂

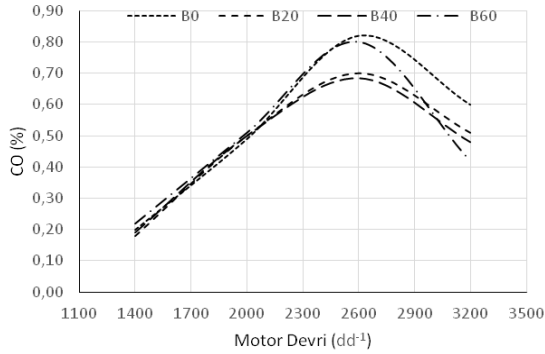
miktarının, biyodizel oranına bağlı olarak tüm devir sayılarında standart dizel yakıtına göre fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni biyodizel içerisinde O₂ bulunmasıdır. Motorun düşük devir sayılarında volumetrik verim yüksek olduğundan dolayı, en yüksek O₂ miktarı 1400 d d⁻¹ da elde edilmiştir. 1400 d d⁻¹ dan sonra tüm yakıtlar için O₂ miktarı 2600 d d⁻¹ ya kadar düşme eğilimine girmiştir. Motorun devir sayısının artışı ile yanma odasındaki türbülans artarak ideal karışım şartları oluşmakta ve yanma hızı artmaktadır. Bu nedenle yanma verimi iyileştikten O₂ tüketimi artmakta ve egzozdan atılan O₂ miktarı azalmaktadır.



Şekil 7. Yakıtların motor devir sayısına bağlı olarak oksijen oranının değişimi

İçten yanmalı motorlarda CO emisyonu, ısı enerjisine dönüşemeyen kimyasal enerjiyi gösteren bir parametredir. Yanma ürünleri içerisinde CO'nun bulunmasının nedeni, yanma ortamındaki oksijenin yetersiz olması, bu nedenle yanma veriminin düşüklüğüdür. (Ulusoy, 1999).

Şekil 8'de biyodizel oranına ve motor devir sayısına bağlı olarak CO değişimi verilmiştir. CO emisyonları tüm yakıt karışımları için 2600 d d⁻¹'ya kadar artmakta, daha sonra düşme eğilimi göstermektedir. Bu düşme eğiliminin nedeni, artan devir sayısı ile homojen karışımın oluşması sonucu yanmanın iyileşmesidir.

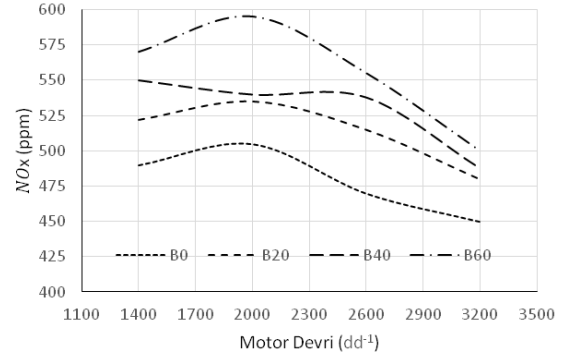


Şekil 8. Yakıtların motor devir sayısına bağlı olarak CO emisyonunun değişimi

Küresel ısınmada temel etkenlerden biri, artan CO₂ emisyonunun atmosferde sera etkisi göstermesidir. Egzoz ürünleri arasında bulunan CO₂ tam yanmayı gösteren önemli bir parametredir (Ulusoy, 1999). Şekil 10'da biyodizel karışımli yakıtlardaki CO₂ miktarının, motor devir sayısına bağlı olarak değişimi görülmektedir.

Yanma ürünleri arasında yanmamış HC'lerin bulunmasının nedeni, yakıtın tutuşma sıcaklığına gelmemesi veya ortamda oksijenin yetersiz olmasından dolayı verimsiz yanmanın olmasıdır. Şekil 11'de biyodizel karışımli yakıtlardaki HC miktarının, motor

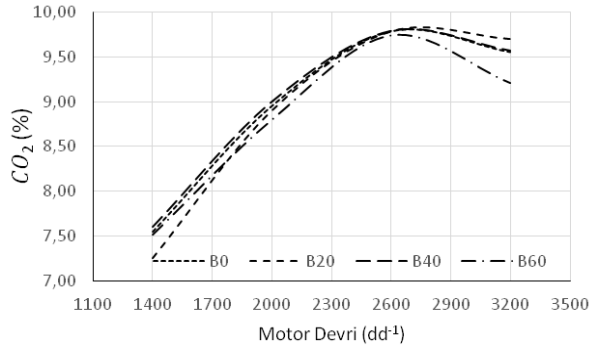
Standart dizel yakıtına göre, B60 kullanılmasıyla maksimum CO azalması 2600 d d⁻¹'de %28 olarak ölçülmüştür NO ve NO_x gazlarının oluşumunda, oksijen miktarı, sıcaklık ve zaman olmak üzere üç önemli faktör vardır. Silindir sıcaklığı 1323 °C ni aşması durumunda, yeterli oksijenin ve yanma süresinin olması halinde, oksijen azotla reaksiyona girerek NO_x'leri oluşturmaktadır. Şekil 9' da biyodizel karışımli yakıtlardaki NO_x miktarının, tüm devir sayılarında standart dizel yakıtına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 9. Yakıtların motor devir sayısına bağlı olarak NO_x miktarı ile değişimi

devir sayısına bağlı olarak değişimi görülmektedir. Tüm devir sayılarında, HC emisyonu standart dizel yakıtına göre daha yüksek seviyededir.

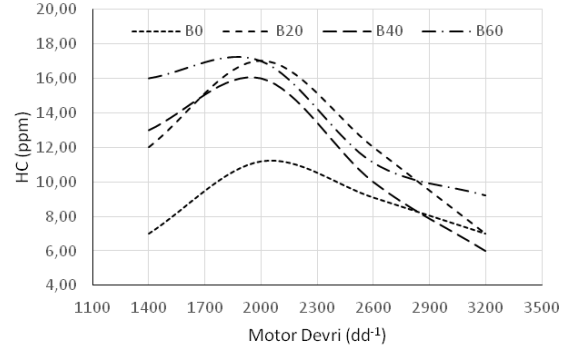
HC emisyonunun yüksek olmasının nedeni yakıtların yanma odasında hava ile yeterli karışım oluşturamamasıdır. Bu nedenle biyodizel içerikli yakıt karışımlarının HC oranı standart dizel yakıtına göre daha yüksek çıkmıştır. Bulgular (Altın, 1998; Ulusoy, 1999; Alpgiray, 2006) çalışmalarındaki sonuçlarla uyum içindedir.



Şekil 10. Yakıtların motor devir sayısına bağlı olarak CO₂'ye olan etkisi

SONUÇ

Bu çalışmada dizel motorunun farklı yük ve devir sayıları için, zeytin yağı biyodizeli-motorin karışımının performansa ve egzoz emisyonuna etkileri analiz edilmiştir. Tüm deney koşullarında elde edilen egzoz emisyonu motorin yakıtının egzoz emisyonuna göre daha yüksek çıkmıştır. Bununla beraber biyodizel yakıtların dizel motorlarında kullanılmasıyla özellikle NO_x miktarının, tüm devir sayılarında standart dizel yakıtına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Biyodizel kullanımı ile motor momenti ve gücünde standart dizel yakıtıya kıyasla düşüşler gözlemlenmiştir. Deneylerde, tüm yakıt karışımları için maksimum moment değerleri, 2000 d d⁻¹'da elde edilmiştir. Maksimum moment standart dizel yakıtı için 19 Nm, B20 için 18 Nm, B40 için 17.6 Nm ve B60 için 17 Nm elde edilmiştir. Dizel yakıtına göre, biyodizel içerikli yakıtlardan ortalama %12.25 daha düşük güç elde edilmiştir. Bu durum, biyodizelin ısısal değerinin düşük olması, yüksek viskoziteye ve yoğunluğa sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Biyodizel karışımli yakıtların özgül yakıt tüketimi değerlerinin, standart dizel yakıtı değerlerine göre yüksek olduğu görülmüştür. Özgül yakıt tüketiminin biyodizel oranına bağlı olarak artmasının nedeni, biyodizelin yoğunluğunun standart dizel yakıtından yüksek olmasıdır. Ayrıca biyodizelin ısısal değerinin standart dizel yakıtın ısısal değerinden düşük olması nedeniyle, aynı miktarda enerji elde etmek için motorun daha fazla biyodizel karışımli yakıt kullanması gerekmektedir. Tam yanmanın gerçekleşmemesi nedeniyle karışımların içerdiği biyodizel oranlarına bağlı olarak, egzoz gazı içerisinde bulunan O₂ miktarının ve CO₂ emisyonunun bir miktar arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, biyodizel karışımli yakıtların ısısal değerleri düşük olduğu için, egzoz gazı sıcaklıkları dizel yakıtına göre düşük ölçülmüştür. En yüksek NO_x emisyonu, B60 yakıtının kullanımında görülmüştür. Yakıt karışımlarındaki biyodizel oranı arttıkça, NO_x emisyonları artmaktadır. Duman koyuluğunun yakıt karışımları içerisindeki biyodizel oranına bağlı olarak düştüğü görülmüştür. Bu araştırmanın sonuçları, ile zeytin yağının da biyodizel yakıt olarak belli oranlarda motorin ile karıştırılmasıyla dizel motorlarında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 11. HC miktarının, motor devir sayısına bağlı olarak değişimi

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada laboratuvar olanağı sağlamalarından dolayı Batman Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümüne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Acaroğlu M 2008. Türkiye'de Biyokütle, Biyoetanol ve Biyomotorin Kaynakları ve Biyoyakıt Enerjisinin Geleceği, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 17-19. Aralık, İstanbul.
- Akgün G, Bayındır H, Aydın H 2009. Hayvansal Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Teknik Değerlerinin Belirlenmesi. V. Yenilenebilir Enerji Sempozyumu, Diyarbakır.
- Aktaş A, Sekmen Y 2008. Biyodizel ile Çalışan bir Dizel Motorda Yakıt Püskürtme Avansının Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi, Gazi Üniv. Müh. Mim.Fak. Dergisi, 23(1) :199 - 206.
- Alpgiray B 2006. Kanola Yağı Metil Esteri ve Karışımlarının Dizel Motoru Performansına Etkisinin Deneysel İncelenmesi. Ankara Ü. Fen Bil. Ens, Enerji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 160 s.
- Altın R 1998. Bitkisel Yağların Dizel Motorlarında Kullanılmasının Deneysel Olarak İncelenmesi. Gazi Fen Bil. Ens, Otomotiv. Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 140 s.
- Altun Ş 2010. Dizel Motor Performansı ve Egzoz Emisyonları Üzerinde Biyodizel Yakıtların Etkisi. Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi, (1) : 9-19.
- Aybek A, Başer E, Arslan S, Üçgül M 2011. Determination of the effect of biodiesel use on power take-off performance characteristics of an agricultural tractor in a test laboratory. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35(2):103-113.
- Demirci G, Türkavcı L 2001. Biyogaz Atıklardan Enerji. Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara.
- Eliçin AK, Erdoğan D 2007. Fındık Yağı Metil ve Etil Esteri ile Dizel Yakıtı Karışımlarının Küçük Güçlü Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 13 (2) : 137-146.
- Erdoğan D 2007. Bitkisel Yağların Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılması. Tarımsal Mekanizasyon 13.Ulusal Kongresi, 25 - 27 Eylül, Konya.

- Haşimoğlu C, 2005. Düşük Isı Kayıplı Bir Dizel Motorunda Biyodizel Kullanımının Performans ve Emisyon Parametrelerine Etkisi. Sakarya Ü, Fen Bil. Ens, Enerji Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 140 s.
- Haşimoğlu C, İçingür Y, Özsert İ 2008. Turbo Şarjlı Bir Dizel Motorunda Yakıt Olarak Biyodizel Kullanılmasının Motor Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 23(1): 207-213.
- Keskin A, Gürü M, Altıparmak D 2007. Tall Yağı Biyodizelinin Dizel Yakıtı ile %90 Oranındaki Karışımının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak İncelenmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 22(1) : 57- 63.
- Özsezen AN, Çanakçı M 2009. Atık Palmiye ve Kanola Yağı Metil Esterlerinin Kullanıldığı Direkt Püskürtmeli Bir Dizel Motorda Performans ve Yanma. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 24(2): 275-284.
- Sekmen Y 2007. Karpuz Çekirdeği ve Keten Tohumu Yağı Metil Esterlerinin Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılması. Teknoloji, 10(4): 295-302.
- Sugözü İ, Aksoy F, Baydır ŞA 2009. Bir Dizel Motorunda Ayçiçeği Metil Esteri Kullanımının Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi. Makine Teknolojileri Dergisi, 6(2):49-56.
- Şen Z 2003. Temiz Enerji ve Kaynakları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Ulusoy Y 1999. Ayçiçeği, Pamuk ve Soya Yağlarının Diesel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi Üzerine Karşılaştırmalı Bir Araştırma. Uludağ Ü, Fen Bil. Ens, Enerji Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Bursa, 119s.