

## Biyodizel-Dizel Yakıt Karışımlarının Motor Gürültü Ve Egzoz Emisyonlarına Olan Etkisi

Suat Sarıdemir

Faculty of Engineering, Department of Manufacturing Engineering Duzce University, Turkey

### Özet

İçten yanmalı motorlarda kullanılan petrol kökenli yakıtların sınırlı olması ve emisyon oranlarının yüksek olması, araştırmacıları alternatif yakıtlar konusunda araştırmaya teşvik etmektedir. Biyodizel yakıtlar, dizel motorlar için bitkisel yağlardan üretilen önemli bir yenilenebilir alternatif yakıttır. Biyodizel, dizel yakıtı ile karıştırılabildiği gibi, saf olarak da dizel motorda kullanılabilir. Bu çalışmada, atık bitkisel yağlardan üretilen biyodizel ve standart dizel yakıt karışımlarının tek silindirli bir motorun egzoz ve gürültü emisyonlarına olan etkisi incelenmiştir. Yakıt karışımları içeriğindeki biyodizelin CO, CO<sub>2</sub>, HC ve gürültü emisyonlarını azalttığı, NO<sub>x</sub> emisyonunu ise artırdığı görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Biyodizel, gürültü emisyonu, egzoz emisyonu

## The Effects of Biodiesel-Diesel Fuel Blends on Engine Noise and Exhaust Emissions

### Abstract

Researchers are encouraged to research on alternative fuels due to high rate of emissions and limited petroleum-based fuels used to internal combustion engines. Biodiesel fuels are an important renewable alternative fuel produced from vegetable oils for diesel engines. Biodiesel can be used in a diesel engines as pure or blend with diesel fuel. In this study, the effect of biodiesel and standard diesel fuel blends to the single-cylinder engine exhaust and noise emissions have been investigated. It was observed that, CO, CO<sub>2</sub>, HC, and noise emissions reduced and NO<sub>x</sub> emissions increased with the biodiesel content in the fuel blends.

**Key words:** Biodiesel, exhaust and noise emissions

### 1. Giriş

Alternatif bir yakıt; teknik olarak uygulanabilir, ekonomik olarak geleneksel dizel yakıtla rekabet edebilir, çevresel açıdan güvenli ve kolay temin edilebilir olmalıdır. Bu kriterlerden yola çıkıldığında, bitkisel ve hayvansal yağlardan transesterifikasyon yöntemi ile üretilen biyodizel yakıtlar, geleneksel dizel yakıtı alternatif olabilecek niteliktedir. Bitkisel yağların dizel motorlarda kullanımı yeni bir kavram değildir. Bitkisel yağların yakıt olarak kullanılabilirliği,

\*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Manufacturing Engineering Duzce University, Turkey. E-mail address: suatsaridemir@duzce.edu.tr, Phone: +90380542 11 33

Rudolf Diesel'in dizel motoru keşfetmesinden ve yer fıstığı yağını yakıt olarak kullandığı ilk dizel motorunu 1900 yılında Paris Fuarında tanıttığından beri bilinmektedir. O dönemlerde petrolün bolluğu, bitkisel yağlara göre daha ucuz olması ve bitkisel yağların kullanımında ortaya çıkan bazı problemlerden dolayı bitkisel yağların yaygın kullanımına geçilememiştir. Günümüzde ekonomik bir değer oluşturacak biyodizel üretim kaynakları; yağ bitkileri ve yağlı tohumlar, atık kızartma yağları ve hayvansal yağlardır. Biyodizel biyolojik açıdan çabuk bozunabilen fakat toksit içermeyen, emisyon değerleri düşük olan çevreyle barışık bir yakıttır [1]. Biyodizel, tarımsal bitkilerden elde edilmesi nedeniyle, fotosentez yolu ile CO<sub>2</sub>'yi dönüştürüp karbon döngüsünü hızlandırdığı için, sera etkisini artırıcı yönde etki göstermez. Suyu bırakıldığında 28 günlük bir sürecin sonunda biyodizelin yüzde 95'i çözülürken, dizelde bu oran yüzde 40 mertebelerine kadar düşmektedir. Bakteriler tarafından kolayca ayrıştırılabildiği için çevre dostu olarak kabul edilen biyodizel yakıtın içerdiği kükürt miktarı, dizele oranla çok daha düşüktür. Bu da dizel yerine biyodizelin kullanılması durumunda, asit yağmuru gibi olumsuz çevresel etkilerin oluşmasını önler. Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımı kullanımı ile CO, PM, HF ve SO<sub>x</sub> emisyonlarında azalma, NO<sub>x</sub> ve HC emisyonlarında ise artma görülmektedir. Sülfür emisyonu saf biyodizel kullanımı ile tamamen bertaraf edilebilmektedir.

Biyodizel yakıt karışımlarının hidrokarbon (HC), karbon monoksit (CO), partikül emisyonları üzerinde önemli derecede iyileştirici etkisi bulunurken, nitrojen oksit (NO<sub>x</sub>) emisyonlarını az miktarda artırmaktadır [2-3]. Biyodizel yakıt karışımlarının O<sub>2</sub> içeriğinin yüksek olması, daha temiz ve tam yanma sağlayarak HC ve CO emisyonlarını düşürmektedir [4-8]. Ayrıca biyodizel yakıt karışımlarının yüksek setan sayısı, yanma gecikmesini azaltarak HC emisyonlarını düşürmektedir [9,10]. Mittelbach ve Tritthart [11] tarafından yapılan çalışmada, atık kızartma yağlarından metil esterin HC, CO, ve partikül madde emisyonlarını azalttığı, NO<sub>x</sub> emisyonlarını ise artırdığı bildirilmiştir. Peterson ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, 4 silindirli direkt püskürtmeli turbo şarjlı dizel bir motorda soya etil esteri yakıt olarak kullanılmıştır. HC, CO ve NO<sub>x</sub> emisyonu değerlerinde azalma, CO<sub>2</sub> değerinde ise artış meydana geldiği ifade edilmiştir [12].

Bu çalışmada, atık bitkisel yağlardan üretilen biyodizel yakıt hacimsel olarak %5, %15, %30, ve %50 oranlarında standart dizel yakıt ile karıştırılarak sırasıyla B5, B15, B30 ve B50 yakıt karışımları elde edilmiştir. Standart dizel yakıtın (B0) ve elde edilen yakıt karışımlarının, farklı devirlerde (1250 d/d, 1750 d/d, 2250 d/d, 2750 d/d, 3250 d/d) tek silindirli bir dizel motorun egzoz ve gürültü emisyonlarına olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1 Deney Düzenegi

Biyodizel yakıt, atık bitkisel yağlardan transesterifikasyon yöntemi ile TS EN 14214 standartlarına uygun olarak üretilmiştir. Üretilen biyodizel, standart dizel yakıt ile hacimsel olarak farklı oranlarda deneylerden hemen önce karıştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan motor test düzeneğinde; direkt enjeksiyonlu, 4 zamanlı ve tek silindirli hava ile soğutmalı bir dizel motor ve 15 kW güç absorbe edebilen bir elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Deney öncesi motorun yakıt pompası ve enjektör ayarları orijinal değerlere göre yapılmıştır. Deney motoruna ait teknik özellikler Tablo 1'de, atık bitkisel yağlardan üretilmiş olan biyodizel yakıt ve

standart dizel yakıt karışımlarının belirli özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Deney motorunun teknik özellikleri

Silindir Sayısı	1
Kurs Hacmi	395 cm <sup>3</sup>
Sıkıştırma Oranı	18:1
Soğutma Sistemi	Hava Soğutmalı
Maksimum Motor Devri	3600 d/d
Enjektör açılma basıncı	200 bar
Maksimum Motor Momenti	2200 d/d’da (21Nm)

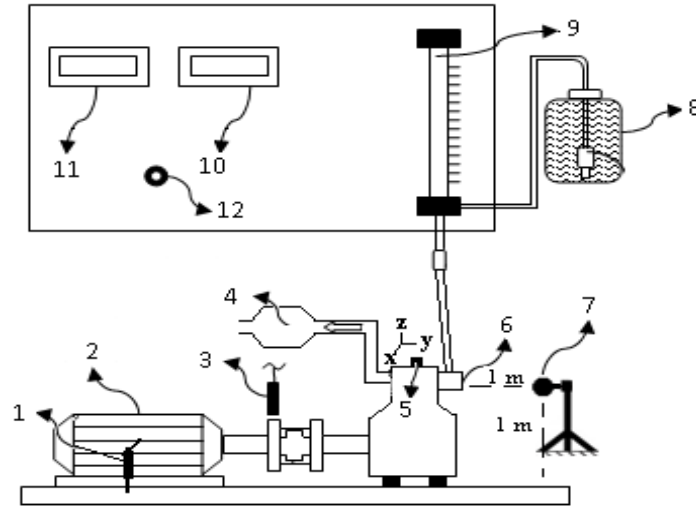
**Tablo 2.** Yakıt karışımlarının belirli özellikleri

Özellik	B0	B5	B15	B30
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	832	836	843	846
Kinematik Viskozite (mm <sup>2</sup> /s)	3	3,50	3,61	3,70 5
Su İçeriği (mg/kg)	55	85	198	251
Bakır Şerit Korozyon	1A	1A	1A	1A
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (°C)	-22	-	-9,2	-6,3
Mikrokarbon Kalıntısı (%w/w)	0,0 1	0,01	0,05	0,08
Oksidasyon Kararlılığı, 110 °C’te	27	24,9	31,3	27,3

Egzoz emisyon cihazına ait teknik özellikler Tablo 3’de ve deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1’de verilmiştir.

**Tablo 3.** Egzoz emisyon cihazına ait teknik özellikler

Marka	K Test
O <sub>2</sub> konsantrasyonu (%)	0-25 (%)
CO konsantrasyonu (%)	0-15 (%)
NO <sub>x</sub> konsantrasyonu (ppm)	0-5000 (ppm)
HC (ppm)	0-20.000(ppm)
CO <sub>2</sub> konsantrasyonu (%)	0-20 (%)
OPASİTE %	0 - 99.99
OPASİTE K	0 - 9.99
Lambda	0,5 - 2,0



1.Yük sensörü (Load cell) 2. Elektrikli dinamometre 3.Hız sensörü 4.Egzoz 5. İvme ölçer (3 eksenli) 6.Yakıt pompası 7. Gürültü ölçüm cihazı 8.Yakıt kabı 9.Yakıt ölçüm büreti 10. Hız göstergesi 11. Tork göstergesi 12.Yükleme anahtarı

**Şekil 1.** Deney düzeneğinin şematik görünümü

Svantek 104 model bir gürültü ölçüm cihazı (dozimetre) ile motor gürültü ölçümü yapılmıştır. Gürültü ölçüm cihazına ait teknik özellikler Tablo 4’te verilmiştir. Gürültü ölçümü için cihaz, ISO 362-1:2007 standardına uygun olarak motor bloğundan 1 m uzaklığa yerleştirilmiştir [11].

**Tablo 4.** Gürültü ölçüm cihazı teknik özellikleri

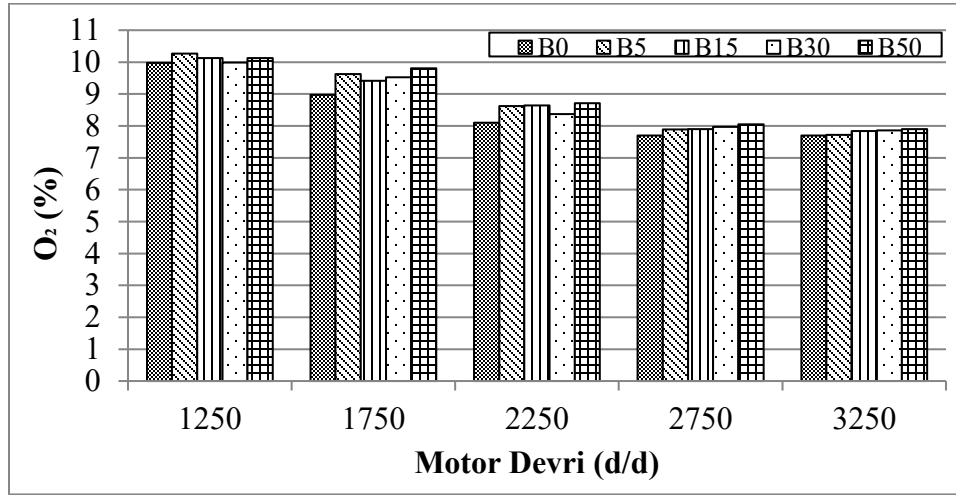
Markası	Svantek SV 104
Filtreler	A, C ve Z
Zaman sabitleri	Yavaş, Hızlı, Impulse
Ölçüm aralığı	55 dBA RMS ÷ 140.1 dBA Pik
Frekans aralığı	30 Hz ÷ 8 kHz
Dinamik aralık	95 dB
Hafıza	8 GB

Deneylere başlamadan önce motor 10-15 dakika kadar çalıştırılmıştır. Tüm deneyler motor yağ sıcaklığı 50 °C’ye ulaşınca aynı şartlar altında yapılmıştır. Motor yağ sıcaklığı K tipi termo eleman ile ölçülmüştür. Her bir deney aynı şartlar altında 3 kere tekrarlanmıştır.

### 3. Sonuçlar

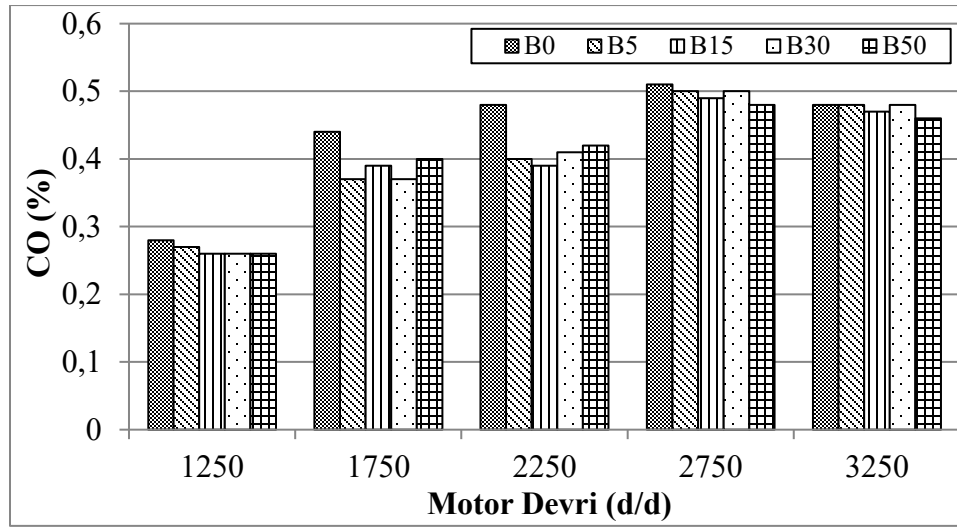
B5, B15, B30, B50 yakıt karışımları ve B0'ın farklı devirlerde (1250 d/d, 1750 d/d, 2250 d/d, 2750 d/d) tek silindirli bir dizel motorun egzoz ( $O_2$ , CO,  $CO_2$ , HC, NOx) ve gürültü emisyonlarına olan etkileri tam yük altında incelenmiştir. İlk deneyler B0 ile yapılmıştır.

Şekil 2'de yakıt karışımları içeriğindeki biyodizel oranının motor devrine bağlı olarak  $O_2$ 'ye olan etkileri görülmektedir. Biyodizel içerikli yakıtların içeriğindeki  $O_2$  oranı, tüm motor devirlerinde B0'a kıyasla daha fazla görülmektedir. Bunun en önemli nedeni biyodizelin içeriğinde oksijenin var olmasıdır. Motorun düşük devirlerinde volümetrik veriminin yüksek olması nedeniyle,  $O_2$  miktarı da yüksektir. Motor devrinin artmasıyla birlikte, yanma odası içerisinde meydana gelen türbülans artarak karışımı daha ideal pozisyona getirmekte ve karışımın yanma hızını arttırmaktadır. Bu durum hem yanma kalitesini hem de  $O_2$  tüketimini arttırmaktadır. Bu nedenle, egzozdan çıkan  $O_2$  oranı da azalmaktadır.



Şekil 2. Biyodizel oranının motor devrine bağlı olarak  $O_2$ 'ye olan etkisi

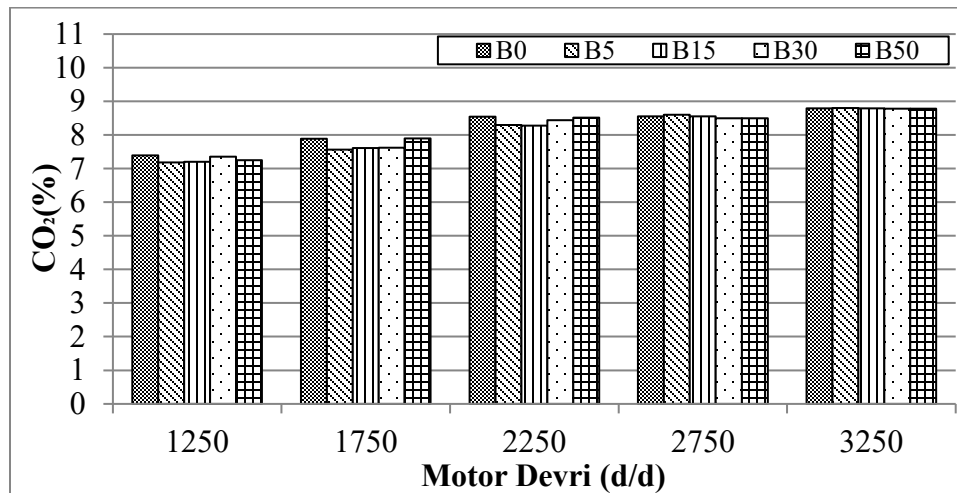
Şekil 3'de motor devrine bağlı olarak elde edilen CO değişimleri verilmiştir. Biyodizel içerikli yakıtların içeriğindeki  $O_2$  miktarının ve setan sayısının yüksek olması nedeniyle, tüm devirlerde B0 ile en büyük CO emisyonları elde edilmiştir.



Şekil 3. Biyodizel oranının motor devrine bağlı olarak CO'ya olan etkisi

Biyodizelin yüksek  $O_2$  içeriği, yanmanın tam ve temiz olmasını sağlayarak CO'yu düşürmektedir. Düşük motor devirlerinde volumetrik verimin daha yüksek ve yeterli yanma süresi olması nedeniyle, CO emisyonları tüm yakıtlar için daha düşük orandadır. Yüksek motor devirlerinde, yakıtın yanma süresinin kısılması ve volumetrik verimin düşmesinden dolayı tüm yakıtları için CO emisyonları artmıştır. Bu durum 2750 d/d'ye kadar devam etmiş ve 2750 d/d'den sonra CO emisyonları düşme eğilimine geçmiştir. Bu düşüşün temel sebebinin, devir sayısının artmasına bağlı olarak karışımın daha homojenize olması ve yanmanın iyileşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. CO emisyonlarının en fazla olduğu 2750 d/d motor devrinde, B50'nin CO emisyonu, B0'dan %6, B30 ve B5'den %2 ve B15'den ise %4 daha az çıkmıştır.

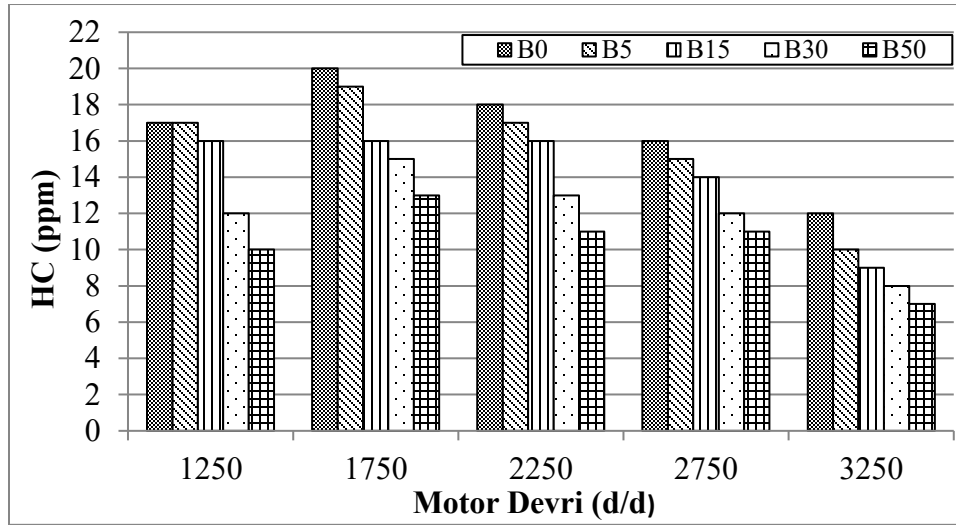
Şekil 4'te motor devrine bağlı olarak elde edilen  $CO_2$  değişimleri verilmiştir.



Şekil 4. Biyodizel oranının motor devrine bağlı olarak  $CO_2$ 'ya olan etkisi

Yanma esnasında yakıtın içerisinde bulunan karbon ve hidrojen bileşenlerinin birbirinden ayrışmasıyla birlikte, hidrojen bileşeni suya dönüşmektedir. Karbon bileşeni ise oksidasyon esnasında yeterli oksijeni bulması halinde CO<sub>2</sub>'ye, bulamaması halindeyse CO veya dumana dönüşmektedir. Biyodizel içerisindeki karbon oranının standart dizel yakıtına göre bir miktar az olmasından dolayı, tüm devirlerde CO<sub>2</sub> değerleri standart dizel yakıtına göre bir miktar düşük çıkmıştır. Devrin artışına bağlı olarak volumetrik verim düşmekte ve bu nedenle yeterli oksijen bulunmadığından dolayı, CO<sub>2</sub>'ye dönüşüm süresi kısalmaktadır. Bu nedenle CO<sub>2</sub> emisyonları motor devrine bağlı olarak artmaktadır.

Şekil 5'te motor devrine bağlı olarak elde edilen HC değişimleri verilmiştir. HC emisyonları daha çok yanmanın tam gerçekleşmediği bölgelerde oluşmaktadır. HC oluşumunun iki temel nedeni, ortamdaki düşük sıcaklık ve yetersiz bulunan oksijendir.

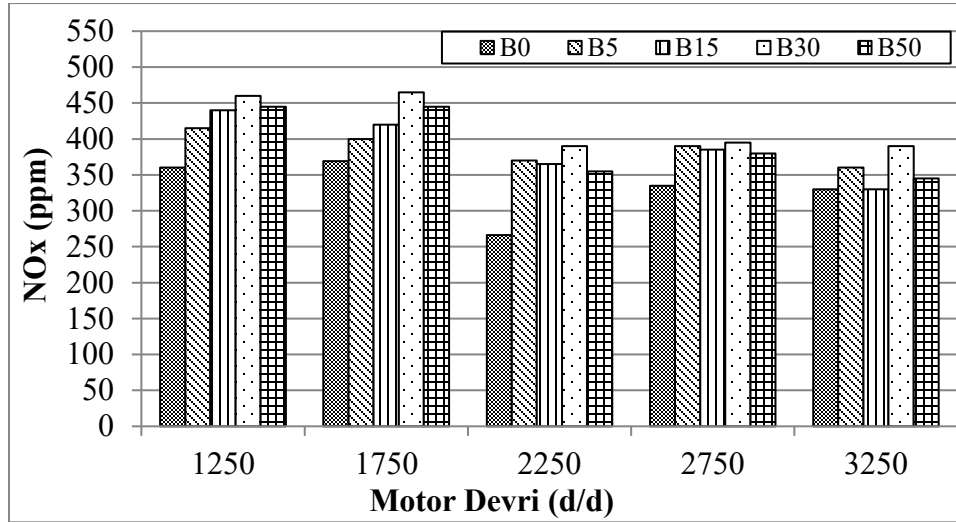


Şekil 5. Biyodizel oranının motor devrine bağlı olarak HC'a olan etkisi

Şekil 5'te karışım içeriğindeki biyodizel oranına bağlı olarak HC emisyonlarının azaldığı görülmektedir. Bu durum, biyodizel içerisindeki karbon oranının düşük olması ve oksijen oranının fazla olmasına bağlı bir durumdur. Bu nedenle, biyodizel içerisindeki yüksek O<sub>2</sub>, zengin bölgelerde yeterli yanmayı temin etmektedir. Şekil 5'te görüldüğü gibi, 1750 d/d'den sonra yanma odasında oluşan türbülansın artmasına bağlı olarak yanma kalitesi artarak HC emisyonları düşmektedir. Aynı zamanda yüksek devirlerde, hava hareketleri basınç ve sıcaklık değerlerini artırıp tam ve kısmi oksitlenmeyi tetiklemiştir. Bu nedenle, motor devrinin artmasıyla birlikte tüm yakıtlar için HC emisyonları yüksek devirlerde azalmıştır.

Şekil 6'de motor devrine bağlı olarak elde edilen NO<sub>x</sub> değişimleri verilmiştir. NO<sub>x</sub> emisyonları, silindir içi yanma sıcaklığının yaklaşık 1800 K'e ulaşmasıyla havanın iyonize olup, içeriğindeki azotun ayrışıp oksijenle birleşmesi ile oluşmaktadır. [13]. NO<sub>x</sub> emisyonunu tetikleyen üç önemli

etmen vardır. Bunlar; sıcaklık, oksijen oranı ve zamandır. Yanmanın iyileşmesi, yanma sonu basıncını ve sıcaklığını arttıracığından dolayı bu durum NO<sub>x</sub> emisyonlarını artırmaktadır.



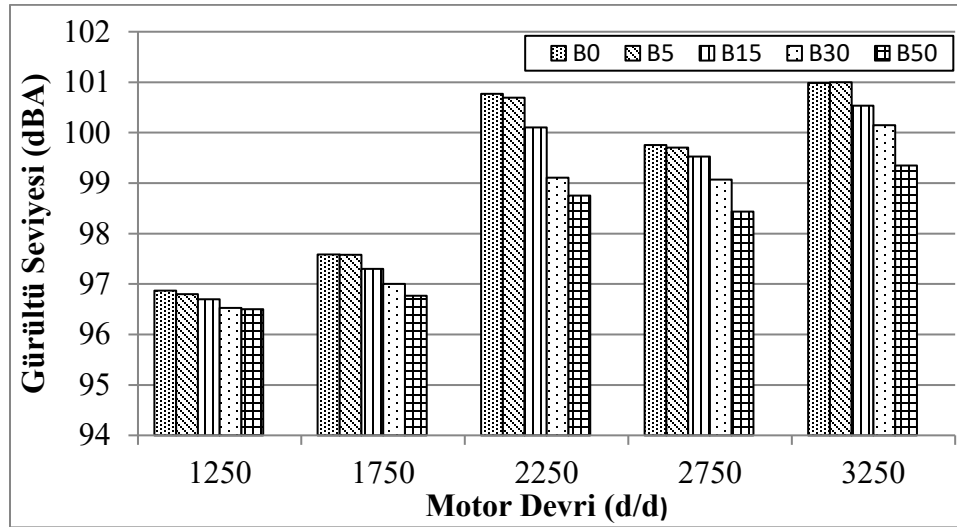
Şekil 6. Biyodizel oranının motor devrine bağlı olarak NO<sub>x</sub>'e olan etkisi

Zengin karışımların yanması esnasında yeterli oksijenin bulunmaması ve fakir karışımlarda da yanmanın yavaş olmasından dolayı yanma sonu sıcaklığı ve basıncının azalması, NO<sub>x</sub> emisyonlarını düşürmektedir. [14]. Şekil 6'da görüldüğü gibi, biyodizel içerikli yakıtların NO<sub>x</sub> miktarları, B0'a göre motorun tüm devirlerinde yüksek çıkmıştır. Biyodizel içeriğindeki oksijen miktarının fazla olması ve yanma esnasında oksitlenmeyi iyileştirmesi, yanma bölgelerinin sayısında artış meydana getirmektedir. Bu nedenle yüksek sıcaklığın elde edildiği bölgelerin artması, NO<sub>x</sub> emisyonlarının oluşum hızını artırmaktadır. Devrin artmasıyla, emme zamanı kısalarak volümetrik verim düşmekte ve silindir içerisine alınan O<sub>2</sub> miktarının azalması ile birlikte, azot ile oksijenin silindir içerisinde bulunma süresi de azalmaktadır. Bu nedenle, motor devrinin artmasıyla NO<sub>x</sub> oluşumunda düşüş meydana gelmiştir.

Şekil 7'de motor devrine bağlı olarak elde edilen gürültü seviyesi değişimleri verilmiştir. Yakıtın kimyasal ve fiziksel özellikleri yanma verimini ve yanma gürültüsünü etkiler. Biyodizel yakıt karışımlarının yüksek setan sayısına sahip olması, tutuşma gecikme süresini azaltarak yanma esnasındaki maksimum basınç artışını azaltır. Tutuşma gecikme süresinin uzun olması, yanma öncesi silindire daha fazla yakıt püskürtülmesine neden olur. Yanma öncesi silindirde yakıt birikmesi, yanma anında fazla miktardaki yakıtın aniden yanmasına neden olarak basınç artış oranının normalin üzerine çıkarak motorun vuruntulu ve gürültülü çalışmasına neden olur. Ayrıca biyodizel içerikli yakıtların viskozitesinin yüksek olması, yakıtın damlacık çapını artırarak enjeksiyon esnasında yakıtın tozlaşmasını azaltır ve daha az miktarda yakıtın yanmasına neden olur. Bu nedenle maksimum silindir basıncı ve dolayısıyla yanma sonu gürültü seviyesi düşer [15]. Şekil 7'de görüldüğü gibi, tüm yakıtlar için gürültü değerleri motor devrine bağlı olarak



artmıştır. Yakıt karışımlarındaki biyodizel oranı arttıkça, gürültü seviyesi düşmektedir. Tüm devrilerde maksimum gürültü seviyesi, B0 ile elde edilmiştir. Minimum gürültü seviyesi ise, B50 ile elde edilmiştir.



Şekil 7. Biyodizel oranının motor devrine bağlı olarak motor gürültüsüne olan etkisi

#### 4. Sonuçlar

İçten yanmalı motorlarda petrol kökenli yakıtların kullanılması, hava ve gürültü kirliliğine sebep olarak canlıları olumsuz yönde etkilemektedir. Petrol kökenli yakıtların biyo yakıtlar ile yer değiştirmesi bu olumsuz etkileri azaltacaktır. Bu çalışmada, atık bitkisel yağlardan üretilmiş biyodizel ve standart dizel yakıt karışımlarının tek silindirli bir dizel motorun egzoz ve gürültü emisyonlarına olan etkisi incelenmiştir. Biyodizel içerikli yakıtların  $O_2$  içeriğinin ve setan sayısının yüksek olması, yanmayı iyileştirerek CO,  $CO_2$ , HC ve gürültü emisyonlarını azaltıp  $NO_x$  emisyonları üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadır. Ayrıca biyodizel içerikli yakıtların yoğunluk ve viskozitesinin standart dizel yakıtı göre daha büyük olması, yakıtın damlacık çapını artırarak enjeksiyon esnasında yakıtın tozlaşmasını azaltmakta ve daha az miktarda yakıtın yanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle maksimum silindir basıncı ve dolayısıyla yanma şiddetine bağlı olan motor gürültü seviyesi de düşmektedir.

#### Kaynaklar

- [1] Krawczyk T. Biodiesel-alternative fuel makes inroad but hurdles remain. Inform 1996;7: 801-5.
- [2] Caresana F. Impact of biodiesel bulk modulus on injection pressure and injection timing. The effect of residual pressure. Fuel 2011;90:477-85.

- [3] Szybist JP, Song J, Alam M, Boehman AL. Biodiesel combustion, emissions and emission control. *Fuel Processing Technology* 2007;88:679–91.
- [4] Ghobadian B, Rahimi H, Nikbakht AM, Najafi G, Yusaf TF. Diesel engine performance and exhaust emission analysis using waste cooking biodiesel fuel with an artificial neural network. *Renewable Energy* 2009;34:976–8.
- [5] Park S, Kim H, Choi B. Emission characteristics of exhaust gases and nanoparticles from a diesel engine with biodiesel-diesel blended fuel (BD20). *Journal of Mechanical Science and Technology* 2009; 23:2555–64.
- [6] Hazar H, Cotton methyl ester usage in a diesel engine equipped with insulated combustion chamber. *Applied Energy* 2010;87:134–40.
- [7] Kegl B, Influence of biodiesel on engine combustion and emission characteristics. *Applied Energy* 2011;88:1803–12.
- [8] Sharon H, Karuppasamy K, Soban Kumar DR, Sundaresan A. A test on DI diesel engine fueled with methyl esters of used palm oil. *Renewable Energy* 2012;47:160–6.
- [9] Lue YF, Yeh YY, Wu CH. The emission characteristics of a small DI diesel engine using biodiesel blended fuels. *Journal of Environmental Science and Health Part a-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering* 2001;36:845–59.
- [10] Pinto AC, Guarieiro LLN, Rezende MJC, Ribeiro NM, Torres EA, Lopes WA, et al. Biodiesel: an overview. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 2005;16:1313–30.
- [11] Mittelbach M, Tritthart P. Diesel fuels derived from vegetable oils III. emission test using methyl ester of used frying oil. *Journal of American Oil Chemistry Society* 1988;65(7):1785-87.
- [12] Peterson CL, Reece DL, Moscow ID. Potential of vegetable oils as a transportation fuel, Pacific Rim TransTech Conference Pub By ASCE, USA 1995.
- [13] Canakci M, Sanli H. An assessment about the reasons of NO<sub>x</sub> rise in biodiesel's exhaust emissions. *J. Naval Sci. Eng.* 2005;3:81-92.
- [14] Canakci M, NO<sub>x</sub> emissions of biodiesel as an alternative diesel fuel. *Int. J. Vehic. Design* 2009;50: 213-28.
- [15] Torregrosa AJ, Broatch A, Novella R, Monico LF, Suitability analysis of advanced diesel combustion concepts for emissions and noise control. *Energy* 2011;36:825–38.