



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Dizel-Metanol-Nanopartikül ile Çalışan Bir Dizel Motorda Titreşim ve Gürültü Değişimlerinin İncelenmesi

 Mustafa KARAGÖZ^{a,*}

^a Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, TÜRKİYE

*e-posta adresi: mustafakaragoz@karabuk.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.745180

ÖZET

Yüksek tork çıkışı ve yakıt tasarrufu sebebiyle birçok araçta ve ekipmanda kullanılan dizel motorlar, sıkılaştırılan emisyon standartları sebebiyle üzerinde daha çok çalışması gereken konular arasında yerini almıştır. Bu nedenle dizel motorlardaki katkı maddeleri ile zararlı egzoz emisyonlarının seviyelerini azaltmak büyük önem taşımaktadır. Son zamanlarda dizel motorlarda kullanılan alternatif yakıtlara nanopartiküllerin ilavesi ile emisyon ve performans üzerindeki etkisini ortaya koyamaya çalışan birçok çalışma yapılmıştır. Bunun yanı sıra dizel motorların neden olduğu olumsuz etkilerin arasında yer alan titreşim ve gürültü konusu nispeten daha az çalışılmıştır. Bu çalışmada, hacimce %90 dizel yakıtına %10 metanol eklenerek oluşturulan test yakıtına 50 ppm, 100 ppm ve 200 ppm Al₂O₃ eklenerek 5 farklı test yakıtı oluşturulmuştur. Metal-oksit bazlı nanopartiküllerin eklenmesi ilk olarak test yakıtlarının setan sayısını artırmış ve alt ısıl değerini azaltmıştır. Metanol-nanopartikül karışımlarındaki daha yüksek oksijen atomları yanma sürecinin kalitesini artırmıştır. Test motoru 2000 rpm sabit motor hızında 2.5, 5, 7.5 ve 10 Nm motor yüklerinde testler gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen testlerde metal-oksit bazlı nanopartiküllerin eklenmesi titreşim ve gürültü değerlerinin değişimleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nanopartikül, Alüminyum oksit, Titreşim, Gürültü

Investigation Of The Vibration And Noise Of A Diesel Engine Fuelled With Diesel-Methanol-Nanoparticle Blends

ABSTRACT

Diesel engines, which are used in many vehicles and equipment due to their high torque output and fuel saving, have taken their place among the subjects that need to work more due to the tightening emission standards. Therefore, it is very important to reduce the levels of harmful exhaust emissions with additives in diesel engines. Recently, many studies have been carried out trying to reveal the effect on the emission and performance by adding nanoparticles to alternative fuels used in diesel engines. In addition, vibration and noise, which are among the negative effects of diesel engines, have been studied less frequently. In this study, 5 different test fuels were created by adding 50 ppm, 100 ppm and 200 ppm Al₂O₃ to the test fuel created by adding 10% methanol to 90% diesel fuel by volume. The addition of metal-oxide-based nanoparticles first increased the cetane number of test fuels and reduced the lower thermal value. Higher oxygen atoms in methanol-nanoparticle

mixtures improved the quality of the combustion process. Test engine Tests were carried out at constant engine speeds of 2000 rpm at 2.5, 5, 7.5 and 10 Nm engine loads. In the tests performed, the addition of metal-oxide-based nanoparticles, changes in vibration and noise values were investigated.

Keywords: Nanoparticle, Aluminum oxide, Vibration, Noise

I. GİRİŞ

İnsanoğlunun enerjiye açlığı artan nüfusla birlikte artarken, enerjiye ulaşılabilirlik azalmakta ve enerji maliyetleri artmaktadır. Enerji kaynağı denildiğinde akla ilk gelen enerji kaynaklarından biri olan fosil kaynaklı yakıtlara olan ulaşılabilirliğin azalması, artan maliyetler ve emisyon standartlarının giderek daha sıkı hale gelmesi, alternatif yakıtlara olan ilgiyi giderek artırmaktadır. Alternatif yakıt olarak biyo-dizel, biyogaz, doğalgaz, hidrojen ve alkol esaslı yakıtların içten yanmalı motorlarda kullanımına birçok örnek verilebilir [1-3]. Bunlara ek olarak son zamanlarda alternatif yakıtlara nanopartiküllerin ilavesi ile emisyon ve performans üzerindeki etkisini ortaya koymaya çalışan çalışmalar yapılmıştır [4-6].

Radhakrishnan ve arkadaşları Al_2O_3 nanopartiküllerin (100 ppm) biyodizel-dizel karışımlarının performans ve emisyon özellikleri üzerindeki etkilerini motoru farklı yükleyerek incelemiştir. Sonuçlarda NO_x , CO, HC ve is emisyonunun azaldığı bildirmiştir. Performans açısından BSFC artarken ilgili çalışmada BTE azaldığı bildirilmiştir [7]. Özgür ve arkadaşları MgO ve SiO_2 nanopartiküllerin test yakıtlarına 25 ve 50 ppm katılmak suretiyle bir dizel motor üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuçlarda yazarlar, NO_x ve CO'nun azaldığını ve dizel yakıtta nanopartiküllerin varlığı ile motor performans değerlerinin bir miktar iyileştiğini vurgulamışlardır [8]. Örs ve arkadaşları dizel biyodizel ve alkol karışımları ile hazırlanmış test yakıtına TiO_2 nanopartiküllerin ağırlıkça %0.01 eklenmesiyle bir dizel motorunda performans, yanma ve emisyon özellikleri üzerindeki etkilerini gözlemlemeyi amaçlamışlardır. Sonuçlar, nanopartiküllerin ilavesiyle BSFC'nin azaldığını, ancak fren gücü ve tork değerlerinin, karışımlarda TiO_2 varlığı ile arttığını gösterdi. Yanma açısından TiO_2 'li yakıtlarda hem maksimum silindir içi basınç hem de ısı tahliye oranı artmıştır [9].

Alternatif yakıt arayışındaki araştırmalar genellikle performans ve emisyon etkilerini incelemeye odaklanmıştır. Alternatif yakıt arayışında göz ardı edilmemesi gereken bir hususta titreşim ve gürültü emisyonlardır. Titreşim zamanla, motor ve araç parçaları üzerinde olumsuz etkiler gösterebilir. Bunun yanı sıra titreşim ve gürültü zamanla sürücünün dikkatini dağıtmak suretiyle, sürüş güvenliğini tehlikeye sokabilir. Motor üzerinde titreşimi engellemek için motor şasi bağlantısına motor takozları konulmak sureti ile titreşim miktarı azaltılmaya çalışılmaktadır. Yine gürültü miktarının azaltılması için motor bölmesindeki sesi sönümleyen yalıtım malzemelerinden faydalanılmaktadır.

İçten yanmalı motorlarda çevrim boyunca meydana gelen ani basınç değişiklikleri ve motor parçalarının dairesel ya da doğrusal hareketindeki ivme değişimleri titreşimlere neden olmaktadır [10].

Karagöz ve arkadaşları buji ateşlemeli bir motorda tamamen biyogaz kullanımında, biyogaz içeriğindeki CO_2 oranının motor titreşimine olan etkilerinin incelemiştir. Testler %13 ve %49 oranlarında CO_2 içeren biyogaz ile, 1.5-9 kW aralığında 1.5 kW yük aralıkları ile 1500 d/d sabit devirde gerçekleştirilmiştir. Motor testlerinde titreşim verileri x,y ve z olmak üzere üç eksen

alınmıştır. En büyük motor titreşim genlik değeri, tüm yükler için yanal ekseninde elde edilmiştir. Biyogaz içeriğindeki CO₂ oranı ve motor yükünün artması ile her üç ekseninde de motor titreşim genlik değerlerinin arttığı belirtilmiştir [11].

Karagöz ve arkadaşları Dizel yakıtına (D) lastikten türetilmiş pirolitik yakıt (TPL) eklemek sureti ile D90TPL10, D70TPL30 ve D50TPL50 yakıtlarını elde etmişlerdir. Elde edilen yakıtlar ile tek silindirli bir motorda kullanılarak emisyon, performans, titreşim ve gürültüye olan etkileri incelenmiştir. Çalışmada motor titreşim genliği test yakıtında pirolitik yakıt içeriğinin artışına ve yüke bağlı olarak arttığı belirtilmiştir. Tüm test yakıtları için en yüksek genlik oranı D50TPL50 yakıtının 12 Nm'lik yükte testinde elde edilmiştir. Yükün artışına bağlı olarak dizel yakıtının gürültü seviyesi 95,24 dB'dan 96,55'e, D90TPL10 yakıtının gürültü seviyesi 96,03 dB'dan 97,24'e, D70TPL30 yakıtının gürültü seviyesi 96,18 dB'dan 98,69'a, D50TPL50 yakıtının gürültü seviyesi 96,42 dB'dan 99,61'e değişim göstermiştir [12].

Ağbulut ve arkadaşları atık kızartma yağı ve dizel karışımına alüminyum oksit (B10Al2O3), titanyum oksit (B10TiO2) ve silikon oksidin (B10SiO2) nanopartiküllerin ilavesi ile emisyon, performans, titreşim ve gürültü özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Tek silindirli test motoru 2.5, 5, 7.5 ve 10 Nm'lik farklı motor yüklerine ve 2000 rpm sabit motor hızına çalıştırılmıştır. Çalışmada titreşim ve gürültü seviyeleri CPmax'a bağlı olduğu, en yüksek titreşim ve gürültü verileri B10 test yakıtında görüldüğü bildirilmiştir. B10 test yakıtına göre nanopartiküllerin ilavesi ile titreşim ve gürültüde bir miktar azalma sağlandığı belirtilmiştir [2].

Açık literatürde görülebileceği üzere performans ve emisyon çalışmalarına bakıldığında titreşim ve gürültü özelliklerini inceleyen çalışmalar sınırlı sayıdadır. Alternatif yakıtlara nanopartiküllerin ilavesi ile titreşim ve gürültü özelliklerini inceleyen çalışma yok denecek kadar azdır. Açık literatürde alternatif yakıt içerisindeki Al₂O₃ nanopartiküllerin artışına bağlı titreşim ve gürültü özelliklerinin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada saf dizele hacimce %10 oranında metanol ilavesi ile elde edilen test yakıtına üç farklı oranda Al₂O₃ nanopartikülü eklenerek gürültü ve titreşim özelliklerine olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

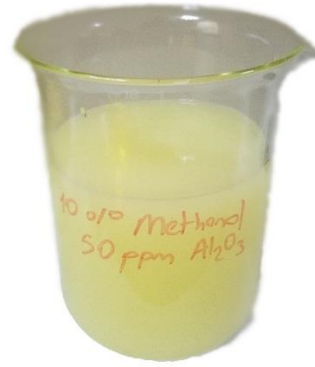
II. MATERYAL VE METOT

A. TEST YAKITININ HAZIRLANMASI

Testlerde kullanılan saf dizel, metanol ve nanopartikül ticari işletmelerden temin edilmiştir. Hacimce %90 saf dizele %10 Metanol eklemek suretiyle D90M10 yakıtı oluşturulmuştur. Oluşturulan D90M10 yakıtına 50 ppm, 100 ppm ve 200 ppm Al₂O₃ eklenerek sırasıyla D90M10Al50, D90M10Al100 ve D90M10Al200 yakıtları hazırlanmıştır. Nanopartikül içeren yakıtlar hazırlanırken Radwag R2 marka hassas terazi kullanılmıştır. Al₂O₃ Nanopartikülü hassas terazide ölçüldükten sonra yakıt karışımının içerisine eklenip, homojenliğin sağlanması için Banderlın Sonorex marka ultrasonik banyoda test yakıtı 35 kHz proses frekansında 30 dakika bekletilmiştir. Şekil 1 (a)'da ultrasonik banyoda test yakıtının hazırlanması, Şekil 1 (b)'de hazırlanmış D90M10Al50 yakıtı görülebilir. Nanopartikülün özellikleri Tablo 1'de [13], Test yakıtlarının temel özellikleri Tablo 2'de verilmiştir [14].



(a)



(b)

Şekil 1. (a) Ultrasonik banyoda test yakıtının hazırlanması, (b) D90M10A150 test yakıtı

Tablo 1. Al₂O₃ Nanopartikül özellikleri

Ürün	Alüminyum Oksit
Kimyasal Formül	Al ₂ O ₃
Safılık (%)	99.5+
Boyut (nm)	20-30
Yoğunluk (g/cm ³)	3.987
Spesifik yüzey alanı (m ² /g)	>20
Renk	Beyaz
Elemental Analiz (%)	
Ca	<0.002
V	<0.0005
Cl	<0.028
Na	<0.003
Mn	<0.0005
Co	<0.0005

Tablo 2. Test yakıtlarının bazı önemli özellikleri

Yakıt tipi	Yoğunluk kg/m ³	Parlama noktası, °C	Alt ısı değer (MJ/kg)	Setan sayısı	Oksijen içeriği (wt. %)
D100	835.4	92.5	42.65	54.91	0
D90M10	830.86	85	40.48	50.07	4.75
D90M10A150	831.01	-	40.53	50.50	4.82
D90M10A1100	831.17	-	40.55	50.98	4.88
D90M10A1200	831.49	-	40.61	51.87	4.98

B. MOTOR TESTİ

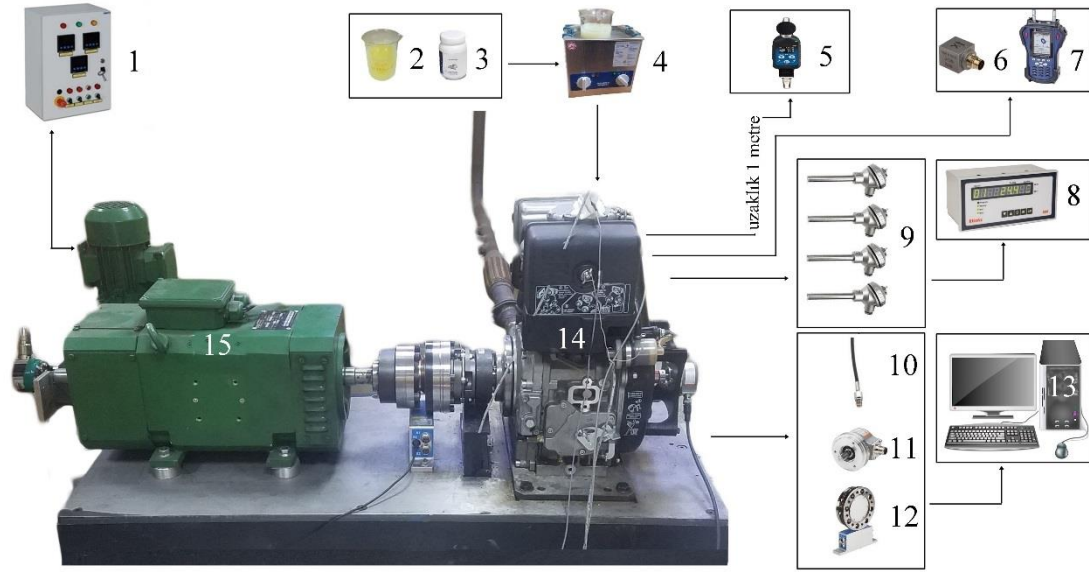
Deneylerde Lombardini marka 15 LD 350 model tek silindirli dört zamanlı dizel bir motor kullanılmıştır. Test motoruna ait özellikler Tablo 3' te verilmiştir. Motor çıkışında farklı yüklerin oluşturulabilmesi için kemsan marka dinamometre bir kaplin ile motora bağlanmıştır. Motor ve dinamometrenin uyumlu çalışabilmesi için paslanmaz çelik bir yatak üzerine motor takozları ile bağlanmış ve yere sağlamca sabitlenmiştir. Motor yükün tespit edilmesinde Kistler Rotortype 4550A

marka tork ölçüm cihazı marifetinden faydalanılmıştır. Silindir içi basınç ve piston konum bilgisi için sırasıyla Optrand Auto PSI-TC marka silindir içi basınç ölçüm sensörü ve Kübler sendix marka enkoder kullanılmıştır. Deneyler sabit 2000 rpm motor hızında 2.5, 5, 7.5 ve 10 Nm olmak üzere 4 farklı motor yükünde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Test motorunun teknik özellikleri

Marka-Model	Lombardini-15 LD 350
Motor tipi	Tek silindirli, dizel motor
Silindir sayısı	1
Maksimum güç	3600 d/d'da 7.5 HP
Maksimum tork	2400 d/d'da 16.6 Nm
Motor hacmi	349 cc
Sıkıştırma oranı	20.3 / 1
Çap × strok	8.2 × 6.6 cm
Enjeksiyon Nozulu	0.22 × 4 delikli × 160°

Motor testleri motor kararlı çalışma sıcaklığına eriştiğinde başlatılmış Şekil 2'de Motor test düzeneği şeması verilmiştir.



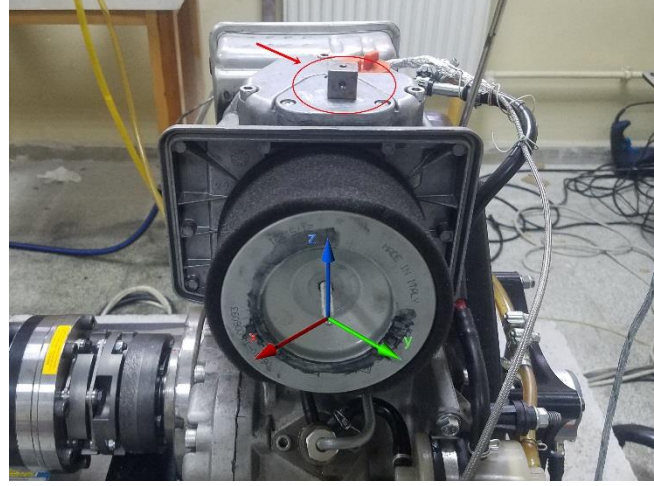
1	Kontrol paneli	2	Dizel-Metanol yakıt karışımı	3	Nanopartikül
4	Ultrasonik banyo	5	Gürültü ölçer	6	İvme ölçer
7	Titreşim data logger	8	Sıcaklık data logger	9	Termokupl
10	Basınç ölçer	11	Açı ölçer	12	Tork ölçer
13	Bilgisayar ve data logger	14	Test motoru	15	Dinamometre

Şekil 2. Motor test düzeneği.

C. TİTREŞİM VE GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ

Motor titreşimi ölçümlerinde Brüel & Kjaer titreşim sensörü ve Vibrotest 80 ölçüm cihazı kullanılarak veri alımı sağlanmıştır. Motor titreşimi ölçümleri tek kanaldan dikey ekseninde (z ekseninde, resim

üzerinde mavi ok ile gösterilmiştir), külbütör kapağının üzerinden yapılmıştır. Atalet kuvvetlerinin dikey ekseninde diğer eksenlere kıyasla daha büyük olması sebebiyle dikey ekseninde ölçüm alınmıştır. Brüel & Kjaer titreşim sensörü külbütör kuvvetli bir yapıştırıcıyla yapıştırılarak sabitlenmiştir. Şekil 3'te Külbütör kapağına montajı gerçekleştirilmiş titreşim sensörü görülebilir.



Şekil 3. Titreşim sensörünün montajı

Titreşim miktarlarını ölçmek için gerçekleştirilen testlerde 5 kHz'e kadar olan titreşim dataları yaklaşık 60 saniye boyunca toplanmıştır. Her bir yük için yapılan deneyde 16384 veri elde edilmiştir. Elde edilen datalar 6400 çözünürlükte Hanning filtreleme yöntemiyle filtrelenmiştir. Ortalama karekök alınarak (a_{RMS}) titreşim pulslarının toplam genlik değerleri belirlenmiştir. a_{RMS} hesaplanırken eşitlik 1'den faydalanılmıştır [15-17].

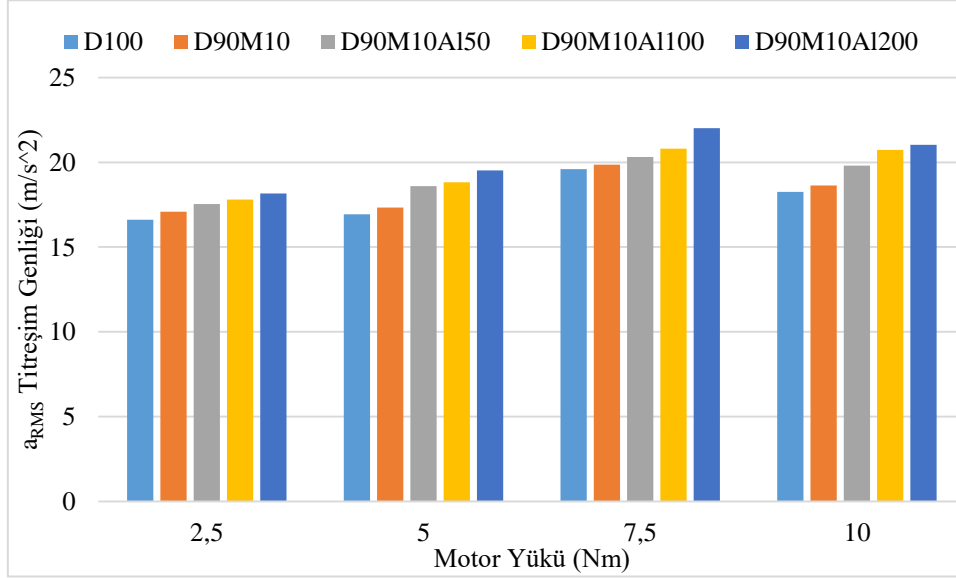
$$a_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n a_k^2} \quad (1)$$

Burada a_{RMS} (m/s^2) titreşim sensöründen elde edilen verilerin ortalama karekök değeridir. a_k zaman alanı sinyalindeki ivme değerleridir ve N, 1.28 s süresince toplam titreşim verisi sayısıdır. Gürültü ölçümleri Svantek SV-104 marka gürültü ölçer ile yapılmıştır. Gürültü ölçüm işlemleri standarda uygun olarak yapılmıştır. ISO 362-1:2007 standardına uygun olarak yapılan gürültü ölçümlerinde dozimetre 1m uzağa yerleştirilmiş ve tüm deneyler boyunca aynı yerinde kalması sağlanmıştır.

III. BULGULAR

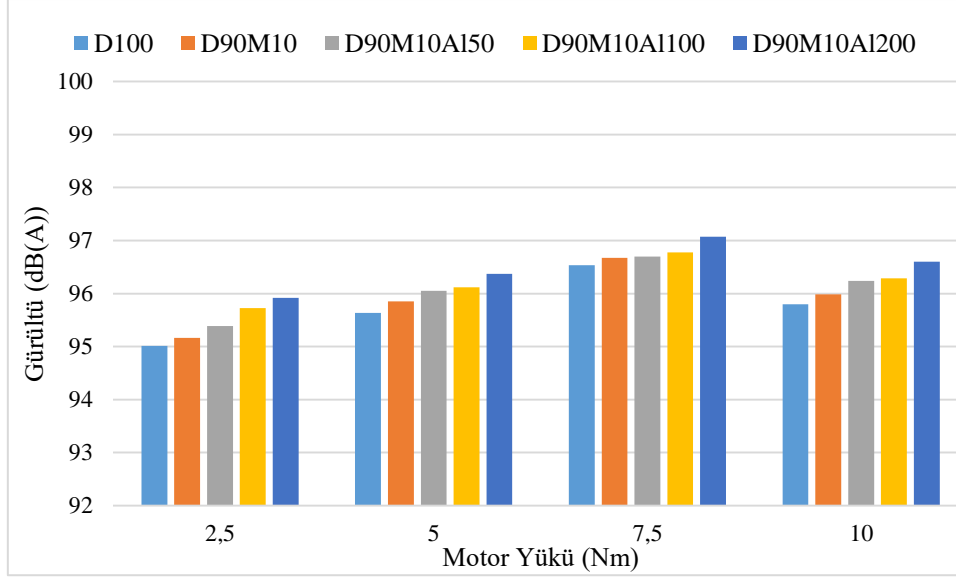
Bu bölümde dizel, metanol ve nanopartikül içeren test yakıtlarının motor yüküne göre, motor üzerine dikey olarak yerleştirilmiş titreşim verileri ve motora bir metre mesafeye konumlandırılmış gürültü ölçerden alınan verilerin değişimleri incelenmiştir. Bir içten yanmalı motorda titreşim genellikle silindir bölmesindeki mekanik kuvvetlerden büyük ölçüde etkilenir. Bu bağlamda maksimum silindir içi basınç, maksimum ısı salınım oranı ve basınç artış hızı gibi etkiler, gürültü üretmek üzere silindirde titreşime yol açar. Şekil 4, test yakıtlarının titreşim seviyesinin motor yüküne göre değişimini gösterirken, gürültü seviyesi değişimleri Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 4'te de görüldüğü gibi, dizel

yakıtta metanol ilavesi titreşim miktarını arttırmıştır. Tablo 2’de görülebileceği üzere D90M10 yakıtı %4.75 daha fazla oksijen ihtiva etmektedir ve setan sayısı dizel yakıttan daha düşüktür ve bu da silindirdeki pik basıncını arttırmaktadır. Artan pik silindir içi basınç değerleri titreşim miktarının artmasına neden olur. Nanopartiküllerin eklenmesi ateşleme gecikmesini azaltma eğilimindedir ve yanmayı artırır [18, 19]. Ayrıca alüminyum oksit Nanopartiküllerin yüksek yüzey temas alanı ve gelişmiş hızlı yanmayı artıran dahili oksijen içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir [20, 21]. Nanopartikül eklenmesi ile az da olsa artan silindir içi basınç dikey ekseninde titreşimin de artmasına neden olmuştur.



Şekil 4. Test yakıtlarına ve motor yüküne bağlı dikey ekseninde titreşim genliğinin değişimi

Ayrıca motor yükünün artması genel olarak titreşimde de artışa neden olmuştur. Ancak 10 Nm motor yükünde titreşim ve gürültü değerleri azalmaya başlamıştır. Benzer sonuçları literatürde görülebilir [22]. Motor yükü arttıkça silindir içerisine gönderilen yakıt miktarının artar, yakıt miktarındaki artış silindir içi basıncın artışına neden olacağından titreşim genliğinde de artış gözlemlenir. Titreşim bir sonucu olan gürültü de benzer bir değişim göstermektedir. Titreşim miktarının artışına bağlı olarak gürültü emisyonlarında artar [23].



Şekil 5. Test yakıtlarına ve motor yüküne gürültü miktarının değışimi

IV. SONUCLAR

Bu çalışmada hacimce %90 dizel yakıtına %10 metanol eklenerek oluşturulan test yakıtına 50 ppm, 100 ppm ve 200 ppm metal oksit bazlı nanopartiküllerin (Al_2O_3) eklenmesiyle 5 farklı test yakıtı oluşturulmuştur. Oluşturulan test yakıtlarının, tek silindirli dizel motorda kullanımıyla titreşim ve gürültü değışimleri üzerindeki etkilerinin kapsamlı araştırması gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlara dayanarak aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

Dizel-metanol karışımına nanopartiküllerin eklenmesi yakıt karışımlarının kimyasal ve fiziksel özelliklerini büyük ölçüde değışirmiştir. Bu çalışmada kullanılan metal oksit bazlı nanopartiküller, biyodizelin setan sayısı artmış ve alt ısı değerini azaltmıştır.

Metal oksit bazlı nanopartiküllerin ilavesiyle oksijen içeriğı artmıştır. Bu durum, bu test yakıtlarında yanma kalitesinin iyileştirilmesini sağlar.

En yüksek titreşim ve gürültü verileri D90M10Al200'de görülmüştür.

Test yakıtına Al_2O_3 titreşim ve gürültüyü bir miktar artırmıştır. Bu artış karışımdaki Nanopartikül miktarının artışına bağlı olarak artmaya devam etmiştir.

Deneysel sonuçlara dayanarak yukarıdaki sonuçlar çıkarılabilir. Bunun yanı sıra gelecek çalışmalarda aşağıda belirtilen maddeler incelenebilir:

Nanopartiküllerin (Al_2O_3) eklenmesiyle gürültü ve titreşim değışimleri incelenmiştir. Bunun yanı sıra yanma, performans ve emisyon özellikleri incelenebilir.

Deneyler motor kararlı hale geldiğinde başlamış ve gerekli veriler alındığında son bulmuştur. Uzun motor deneyleri yapılarak Al_2O_3 nanopartiküllerinin motor üzerindeki etkileri incelenebilir.

Al_2O_3 nanopartikül içeren yakıtların enerji ve enerji analizleri yapılabilir.

V. KAYNAKLAR

- [1] Ü. Ağbulut, S. Sarıdemir and M, Karagöz, “Experimental Investigation of Fusel Oil (İsoamyl Alcohol) and Diesel Blends in a CI Engine,” *Fuel*, c. 267, s. 117042, 2020.
- [2] Ü, Ağbulut, M, Karagöz, S, Sarıdemir ve A, Öztürk, “Impact of Various Metal-Oxide Based Nanoparticles and Biodiesel Blends on The Combustion, Performance, Emission, Vibration and Noise Characteristics of a CI Engine,” *Fuel*, c. 270, s. 117521, 2020.
- [3] Ü, Ağbulut, M, Ayyıldız ve S, Sarıdemir, “Prediction of Performance, Combustion and Emission Characteristics for a CI Engine at Varying Injection Pressures,” *Energy*, c. 197, s. 117257, 2020.
- [4] AK, Pandian, RBB, Ramakrishnan ve Y, Devarajan, “Emission Analysis on The Effect of Nanoparticles on Neat Biodiesel in Unmodified Diesel Engine,” *Environmental Science and Pollution Research*, c. 24, ss. 23273-23278, 2017.
- [5] DK, Ramesh, JL, Dhananjaya Kumar, SGV, Hemanth Kumar, P, Namith Basappa Jambagi ve S, Sharath, “Study on Effects of Alumina Nanoparticles As Additive with Poultry Litter Biodiesel on Performance, Combustion and Emission Characteristic of Diesel Engine,” *Materials Today: Proceedings*, c. 5, s. 1, ss. 1114–1120, 2018.
- [6] T, Shaafi ve R, Velraj, “Influence of Alumina Nanoparticles, Ethanol and İsoopropanol Blend As Additive with Diesel–Soybean Biodiesel Blend Fuel: Combustion, Engine Performance and Emissions,” *Renewable Energy*, c. 80, ss. 655-663, 2015.
- [7] S, Radhakrishnan, DB, Munuswamy, Y, Devarajan ve A, Mahalingam, “Effect of Nanoparticle on Emission and Performance Characteristics of a Diesel Engine Fueled With Cashew Nut Shell Biodiesel. Energy Sources,” *Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, c. 40, s. 20, ss. 2485-2493, 2018.
- [8] T, Özgür, M, Özcanlı ve K, Aydın, “Investigation of Nanoparticle Additives to Biodiesel For Improvement of The Performance and Exhaust Emissions in a Compression İgnition Engine,” *International journal of green energy*, c. 12, s. 1, ss. 51-56, 2015.
- [9] I, Örs, S, Sarıkoç, AE, Atabani, S, Ünalın ve SO, Akansu, “The effects on Performance, Combustion and Emission Characteristics of DICI Engine Fuelled with TiO₂ Nanoparticles Addition in Diesel/Biodiesel/n-Butanol Blends,” *Fuel*, c. 234, ss. 177-188, 2018.
- [10] S, Sarıdemir, N, Alçelik ve İ, Uygur, “Biyodizel-Dizel Yakıt Karışımlarının Motor Titreşimine Olan Etkisinin İncelenmesi,” *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, c. 13, s. 4, ss. 103-110, 2016.
- [11] M, Karagöz, S, Sarıdemir, E, Deniz ve B, Çiftçi, “The Effect of the CO₂ Ratio in Biogas on The Vibration and Performance of a Spark İgnited Engine,” *Fuel*, s. 214, ss. 634-639, 2018

- [12] M, Karagöz, Ü, Ağbulut ve S, Sarıdemir, “Waste to Energy: Production of Waste Tire Pyrolysis Oil and Comprehensive Analysis of Its Usability in Diesel Engines,” *Fuel*, c. 275, s. 117844, 2020.
- [13] Nanografi, [Erişim tarihi: 14.03.2020], <https://nanografi.com.tr/>.
- [14] MERCK. Product specification, [Erişim tarihi: 27.01.2019], www.merckgroup.com > tr-tr.
- [15] A, Taghizadeh-Alisaraei, B, Ghobadian, T. Tavakoli-Hashjin ve S., Mohtasebi, “Vibration Analysis of a Diesel Engine Using Biodiesel and Petrodiesel Fuel Blends,” *Fuel*, c. 102, ss. 414–422, 2012.
- [16] E, Uludamar, E, Tosun ve K, Aydın, “Experimental and Regression Analysis of Noise and Vibration of a Compression Ignition Engine Fuelled with Various Biodiesels,” *Fuel*, c. 177, ss. 326–333, 2016.
- [17] S. Sarıdemir, “The Effect of Dwell Angle on Vibration Characteristics of Camshaft Bearing Housings,” *Journal of Mechanical Science and Technology*, c. 27, ss. 3571-3577, 2013.
- [18] C, Syed Aalam, CG, Saravanan ve M, Kannan, “Experimental Investigations on a CRDI System Assisted Diesel Engine Fuelled With Aluminium Oxide Nanoparticles Blended Biodiesel,” *Alexandria Engineering Journal*, c. 54, s. 3, ss. 351-358, 2015.
- [19] J, Sadikbasha ve R., Anand, “Role of Nano-Additive Blended Biodiesel Emulsion Fuel on The Working Characteristics of a Diesel Engine,” *J. Renew. Sust. Energy*, c. 3, ss. 023106, 2011.
- [20] C, Syed Aalam ve CG, Saravanan, “Effects of Nano Metal Oxide Blended Mahua Biodiesel on CRDI Diesel Engine,” *Ain Shams Engineering Journal*, c. 8, s. 4, ss. 689-696, 2017.
- [21] T, Shaafi ve R, Velraj, “Influence of Alumina Nanoparticles, Ethanol and İsoopropanol Blend As Additive with Diesel–Soybean Biodiesel Blend Fuel: Combustion, Engine Performance and Emissions,” *Renewable Energy*, c. 80, ss. 655–663, 2015.
- [22] Ü, Ağbulut ve S, Sarıdemir, “A General View To Converting Fossil Fuels To Cleaner Energy Source By Adding Nanoparticles,” *International Journal of Ambient Energy*, ss. 1-6, 2019.
- [23] S, Sarıdemir, F, Polat ve M, Kılınçel, “Motor Devir ve Yükünün Titreşim ve Gürültü Emisyonuna Olan Etkisinin İncelenmesi,” *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, c. 3, s. 3, ss. 459-466, 2016.