



---

**Makale / Research Paper**

---

## **Motor Devir ve Yükünün Titreşim ve Gürültü Emisyonuna Olan Etkisinin İncelenmesi**

**Suat SARIDEMİR<sup>1</sup>, Fikret POLAT<sup>2</sup>, Mert KILINÇEL<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, 81620 Düzce/TÜRKİYE  
<sup>2,3</sup>Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 81620 Düzce/TÜRKİYE  
[suatsaridemir@duzce.edu.tr](mailto:suatsaridemir@duzce.edu.tr)

---

**Özet:** İçten yanmalı motorlardan kaynaklanan gürültü emisyonlarının insanlar ve canlılar üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. İçten yanmalı motorlarda gürültü emisyonları; mekanik, yanma ve aksesuar gürültülerinden kaynaklanmaktadır. Direk enjeksiyonlu dizel motorlarda yanma gürültüsü, silindir içerisinde oluşan basınç ve mekanik kuvvetlere bağlıdır. Yanma başlangıcında oluşan ani basınç artışı, yanma odası içinde gaz hareketini hızlandırır. Silindir içindeki bu basınç artışı, yanma odası duvarını doğrudan etkileyerek, motor bloğunun titreşimine neden olur. Oluşan titreşim ortamda ses oluşturur. Bu nedenle oluşan gürültü emisyonunun büyüklüğü, motor titreşim genliği ile doğru orantılıdır. Bu çalışmada standart dizel yakıtı ile çalıştırılan tek silindirli hava soğutmalı dizel bir motorun ortalama titreşim değerleri ve ortalama gürültü emisyonu değerleri deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler motorun yüksüz ve tam yük altında çalıştığı üç farklı devir için yapılmıştır. Elde edilen veriler kıyaslamalı olarak incelenmiştir. Motor titreşim ve gürültü emisyonu değerlerinin devre bağlı olarak arttığı görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** CI Motor; titreşim; gürültü emisyonu

---

## **Investigation Of The Effects Of Engine Speed And Load To Vibration And Noise Emissions**

---

**Abstract:** The noise emissions from internal combustion engines have a negative impact on the people and creatures. Noise emissions in internal combustion engines are due to the mechanical, burning and accessories noises. Combustion noise in direct injection diesel engine depends on the pressure and the mechanical force occurs in the cylinder. Sudden pressure increase occurring in the beginning of combustion accelerates the gas movement in the combustion chamber. This increase in pressure inside the cylinder directly affects the combustion chamber walls and causing the vibration of the engine block. The resulting vibration generates noise in the environment. Therefore the resulting magnitude of the noise emissions is proportional to the engine vibration amplitude. In this study, the the mean vibration values and average of noise emission values were investigated experimentally. A single-cylinder, air-cooled diesel engine was used in the experiments. The engine was run with standard diesel fuel. Experiments were performed for three engine speeds at unload and full load of engine. The obtained data were analyzed comparatively. The engine vibration amplitude and noise emissions values were increased depend on the engine speed.

**Keywords:** CI Engine; vibration; noise emission.

---

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Saridemir S, Polat F, Kılınçel M, "Motor Devir ve Yükünün Titreşim ve Gürültü Emisyonuna Olan Etkisinin İncelenmesi" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2016, 3(3); 459-466.

*How to cite this article*

Saridemir S, Polat F, Kılınçel M, "Motor Devir ve Yükünün Titreşim ve Gürültü Emisyonuna Olan Etkisinin İncelenmesi" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2016, 3(3); 459-466.

## 1. Giriş

İnsanlar ve canlılar üzerinde olumsuz etkisi olan gürültü ve titreşim doğal bir olaydır. Gürültü en önemli çevresel faktörlerden biri olduğu için gürültü kirliliği, hava kirliliği ile aynı derecede öneme sahiptir. Cisimlerin hareketi, birbirlerine teması, karşılıklı birbirlerine kuvvet uygulamaları gürültü ve titreşim oluşumunun temel kaynağıdır. Çevredeki artan gürültü seviyesinin azalması, hayat kalitesini artıracaktır. Gürültü kaynaklarından biri de içten yanmalı motorlardır. İçten yanmalı motorlardan yayılan gürültü; mekanik, yanma ve aksesuar gürültüsü olmak üzere üçe ayrılır. Motordan yayılan gürültü, yanma olayı sonucunda silindir içinde bir basınç darbesi oluşması, bu darbenin silindir duvarları ve silindir kapağı aracılığı ile motor gövdesi dış duvarlarını titreşime zorlaması ile oluşmaktadır [1]. Bu titreşimler, havanın basınç salınımları yapmasına sebebiyet vermektedir. Piston, supap, yataklar, püskürtme sistemi gibi motor elemanları da mekanik sürtünmelerden dolayı birer gürültü kaynağı teşkil etmektedir [2-5]. Bu gürültülerin oranı, genel gürültü içinde araçtan araca, yük, hız ve yola göre değiştiği gibi motorun bakımsız olması da gürültü ve titreşimi arttırıcı bir faktördür.

Dizel motorlarının gürültülerinin azaltılması iyi bir performans ve temiz gaz emisyonları için gereklidir. Motor gürültü ve titreşimi, yanma basıncının kontrolü, piston çarpması gibi mekanik çarpma kuvvetlerinin kontrolü, krank mili titreşimleriyle ortaya çıkan ana yatak çarpması kontrolü, enjeksiyon sistemindeki çarpma kuvvetinin kontrolü ile azaltılabilir. Motor bloğunun düşük gürültü için yapısal tasarımı ve gürültü yayılmasının kısmi kaplama ile kontrolü de diğer motor gürültüsünü azaltma yollarıdır [2,3].

Gürültü kaynağı olarak motorlu taşıtların gürültüsünün ve titreşiminin azaltılması çalışmaları günümüzde artarak devam etmektedir. Özlü ve Güney tarafından yapılan çalışmada, motorlu taşıt gürültüsü çeşitli tekil gürültü kaynaklarından oluşmakta olduğu belirtilmiş ve taşıt gürültüsü kaynakları analiz edilmiştir. Motorlu taşıt gürültüsü içinde yer alan; motor, egzoz sistemi, tekerlek-yol etkileşim, vites kutusu ve güç iletim elemanları, fren, seyir rüzgarı, aks düzen, havalandırma-soğutma fan gürültüsü üzerinde ayrı ayrı durulmuş ve bunların azaltılma yöntemleri incelenmiştir [6]. Lionnet ve Lardeur, binek otomobillerin iç gürültü seviyesini oluşturan kaynakların değişkenliğini araştırmışlardır. Araç hızına bağlı olarak motor ayaklarındaki titreşimler gibi kaynaklardan oluşan gürültü ile iç gürültü seviyesinin 2-20 dB arası değişkenliğe sebebiyet verdiği belirtilmiştir [7]. Diğer taraftan, ısıtılmış hava girişinin tutuşma gecikmesini azaltması ve böylece tutuşma gecikmesinden kaynaklanan motor gürültüsünün azaltılması çalışmaları da literatürde yer almaktadır [8,9].

Bu çalışmada standart dizel yakıtı ile çalıştırılan tek silindirli hava soğutmalı dizel bir motorun ortalama titreşim değerleri ve ortalama gürültü emisyonu değerleri deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler motorun yüksüz ve tam yük altında çalıştığı üç farklı devir için yapılmıştır. Elde edilen veriler kıyaslamalı olarak incelenmiştir. Motor yükünün titreşim ve gürültü emisyonuna olan etkilerinin belirlenmesi bu çalışmanın temel amacıdır.

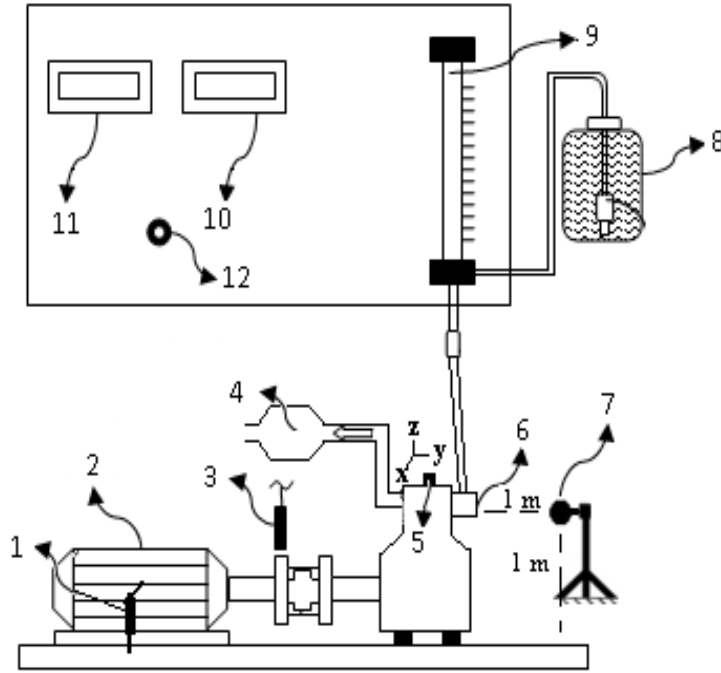
## 2. Yöntem

Standart dizel yakıtı ile çalıştırılan tek silindirli dizel bir motorun, farklı devirler (1500 d/d, 2000 d/d, 2500 d/d) altında yüklü ve yüksüz konumda titreşim ve gürültü emisyonları deneysel olarak incelenmiştir. Motor, 15 kW güç absorbe edebilen Kemsan marka bir elektrikli dinamometre ile yüklenmiştir. Deney öncesi motorun yakıt pompası ve enjektör ayarları orijinal değerlere göre yapılmıştır. Deney motoruna ait teknik özellikler Tablo 1' de verilmiştir. Deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1'de ve elektrikli dinamometreye ait teknik özellikler Tablo 2'de verilmiştir. Deney düzeneği, motor dönme sayısını ve dinamometreye etki eden kuvveti

görüntüleyen dijital göstergeler, 100 ml kapasiteli yakıt tüketimi ölçme büreti ve kontrol panelinden oluşmaktadır.

Tablo 1. Deney motorunun teknik özellikleri

Motorun Markası ve Modeli	Antor 6LD 400
Silindir Sayısı	1
Kurs Hacmi	395cm <sup>3</sup>
Sıkıştırma Oranı	18:01
Soğutma Sistemi	Hava Soğutmalı
Maksimum Motor Devri	3600 d/d
Maksimum Motor Momenti	2200 21Nm



1.Yük sensörü (Load cell) 2. Elektrikli dinamometre 3.Hız sensörü 4.Egzoz 5.Dizel motor 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

Tablo 2. Elektrikli dinamometreye ait teknik özellikleri

Markası	Kemsan
Maksimum frenleme gücü	15 kW
Maksimum Devir	6000 d/d
Yük hücresi modeli	Esit STCS 50 model (S tipi)
Yük hücresi kapasitesi	50 kg
Elektrik ihtiyacı	220/380 V. 50 Hz.
Dönüş yönü	Sağa dönüş

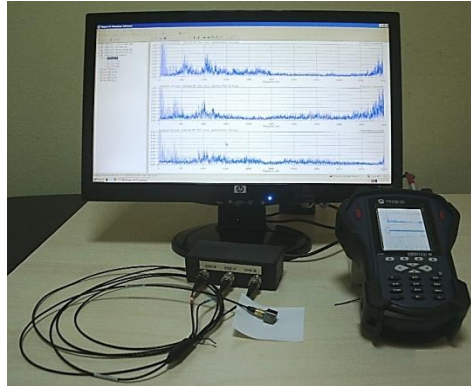
Deneyler 25 °C ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Deneylere başlamadan önce motor 10-15 dakika kadar çalıştırılarak, motor uygun çalışma sıcaklığına getirilmiştir. Tüm deneyler motor yağ sıcaklığı 50 °C'ye ulaştıncaya aynı şartlar altında yapılmıştır. Her bir deney aynı şartlar altında 3 kere tekrarlanarak, elde edilen verilerin ortalaması alınmıştır. Gürültü ölçümü için, Svantek 104 model

bir gürültü ölçüm cihazı (dozimetre) kullanılmıştır. Gürültü ölçüm cihazına ait teknik özellikler Tablo 3'te verilmiştir. Gürültü ölçümü için cihaz, ISO 362-1:2007 standardına uygun olarak motor bloğundan 1 m uzaklığa yerleştirilmiştir [10].

Tablo 3. 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

Motor titreşimi dört kanallı, portatif VIBROTEST 80 model bir titreşim cihazı ile ölçülmüştür. Cihaz, Brüel & Kjaer yazılım ve donanım sistemine sahiptir. Titreşim ölçüm düzeneği Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Titreşim ölçüm düzeneği

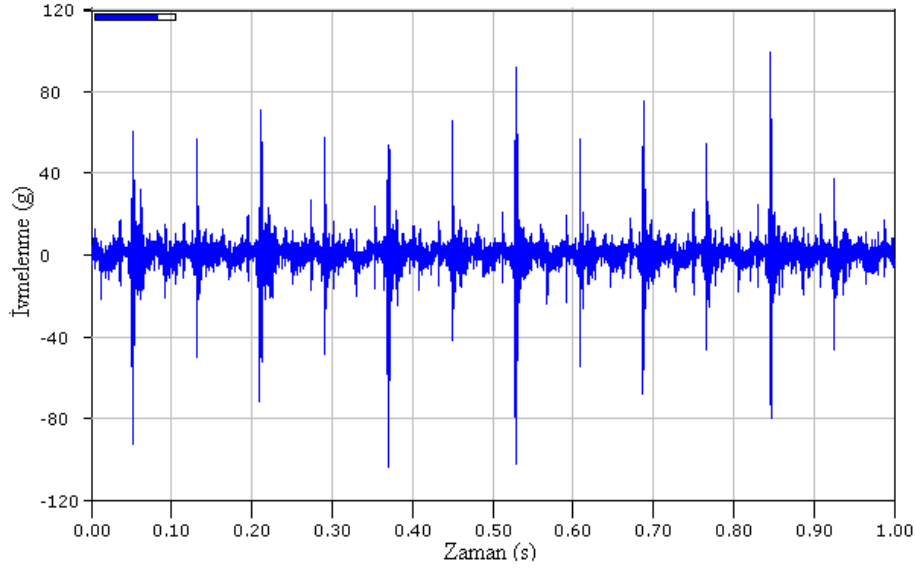
Her test için 60 saniye boyunca 5 kHz'e kadar olan titreşim sinyalleri alınmıştır. Ölçümler Hanning penceresinde 6400 çözünürlükte alınmıştır. Titreşim sinyallerinin toplam genlik değerleri ortalama karekök (RMS) alma ile belirlenmiştir. Titreşim genliği  $g$  ölçeğindedir. Titreşim sinyalleri, üç eksenli (x, y, z) Brüel & Kjaer 4527 model bir piezoelektrik ivmeölçer ile alınmıştır. İvme ölçer motor silindir kapağına vidalı olarak bağlanmıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi ivme ölçerin, yanal (CH1), eksenel (CH2) ve dikey (CH3) eksenleri sırasıyla x, y, z ile gösterilmiştir. Üç eksenli ivme ölçerin özellikleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Üç eksenli ivme ölçerin özellikleri

İvmeölçer Tipi	Brüel & Kjaer 4527
Frekans Aralığı	0.3 - 10000 Hz
Hassasiyet	10 mV/g
Çalışma Aralığı	-60 - 180 °C
Maksimum Çalışma Seviyesi (pik)	710 g
Ağırlık	6 gram
Elektrik Bağlantısı	1-4 28 UNF
Rezonans Frekansı	30 kHz

### 3. Bulgular

Motor yükü ve devrine bağlı olarak, gürültü ve titreşim karakteristiğinin değişimi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler standart dizel yakıtı ile yapılmıştır. Zaman bölgesi titreşim sinyalleri belirtilen örnekleme frekansında 2,59 saniye kayıt süresi için alınmıştır. Her bir ölçüm için 16384 veri alınmıştır. Motorun tam yükte 1500 d/d devri için, dikey yönde elde edilen zaman bölgesi grafiği Şekil 3'de verilmiştir. Şekilde 1 saniye boyunca yanma çevrimleri görülmektedir. Motorun bir tam çevriminde krank mili kendi eksenine etrafında 2 tam tur döner ve enjektör 1 kere yakıt püskürtür silindir içinde yanma oluşur. Krank mili 1 dakikada (1500/60) 25 kere döner ve enjektörden yaklaşık 12 kere yakıt püskürtülür. Şekil 3'te görüldüğü gibi 1 dakika içinde silindir içinde toplamda 12 adet yanma meydana gelmiştir.



Şekil 3. Dikey ekseninde elde edilen zaman bölgesi analizi

Farklı motor hızlarında yüklü ve yüksüz durumda motorun titreşim genlik değerlerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi için, her bir ekseninden alınan verilerin ortalama karekökü (RMS) Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır [11-13].

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

Burada;

$a_{RMS}$  : İvmelenme sinyallerinin ortalama karekökü (g),

$a_k$ : Zaman bölgesi sinyalleri için k'ncü ivme değeri,

N: Toplam ivme değeri (2.59 saniye veri alma süresi için N=16384)

Yüklü ve yüksüz konumda tüm motor devirleri için yanal (x), aksenal (y) ve dikey (z) eksenlerde Eşitlik 1'e göre elde edilen RMS ivme değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Yüklü ve yüksüz durumlar için RMS değerleri

Eksenler		Motor Devri (d/d)		
		1500	2000	2500
Yüklü	Yanal (x), (CH1)	8.925	9.955	13.576
	Eksenel (y), (CH2)	10.726	15.246	23.226
	Dikey (z), (CH3)	8.061	13.138	19.042
Yüksüz	Yanal (x), (CH1)	8.042	7.231	12.384
	Eksenel (y), (CH2)	10.181	13.285	17.825
	Dikey (z), (CH3)	7.363	10.302	17.704

Tablo 5'te görüldüğü gibi, RMS değerleri yüklü ve yüksüz durumlar için motor devrine bağlı olarak tüm eksenler için artmaktadır. Maksimum titreşim değeri daima maksimum motor hız, tork ve gücünün olduğu durumdadır [11]. Yüksek hızlarda atalet kuvvetlerinin artmasından dolayı, RMS değeri büyük çıkmıştır. Motorun eksenel yöndeki hareketi fazla olduğundan dolayı, yüklü ve yüksüz durumlar için en büyük titreşim değeri, eksenel yönde elde edilmiştir. Minimum titreşim değeri ise dikey yönde elde edilmiştir.

Tüm eksenlerdeki (x,y,z) ortalama titreşim değerleri ( $a_t$ ), Eşitlik 2'ye göre hesaplanmıştır [11-13].

$$a_t = \sqrt{a_{Dikey(z)}^2 + a_{Yanal(x)}^2 + a_{Eksenel(y)}^2} \quad (2)$$

Burada;

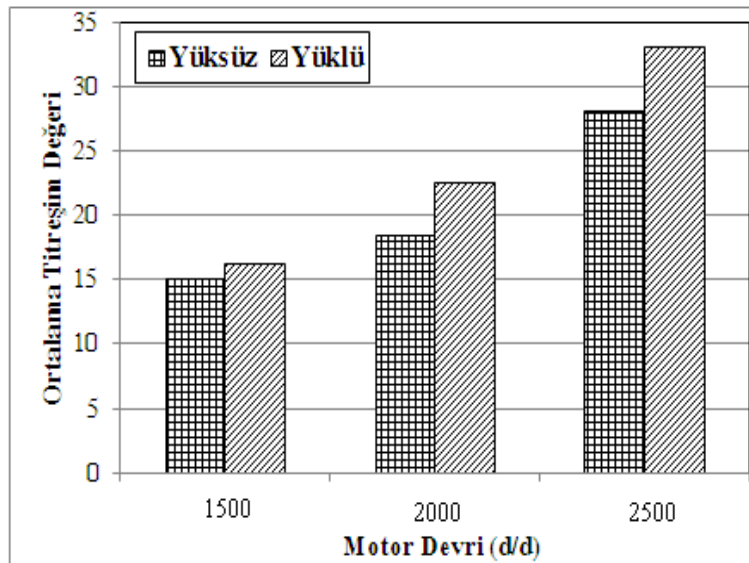
$a_t$  : Ortalama titreşim değeri,

$a_{Dikey(z)}$ : Dikey yöndeki RMS değeri,

$a_{Yanal(x)}$  : Yanal yöndeki RMS değeri,

$a_{Eksenel(y)}$  : Eksenel yöndeki RMS değeri,

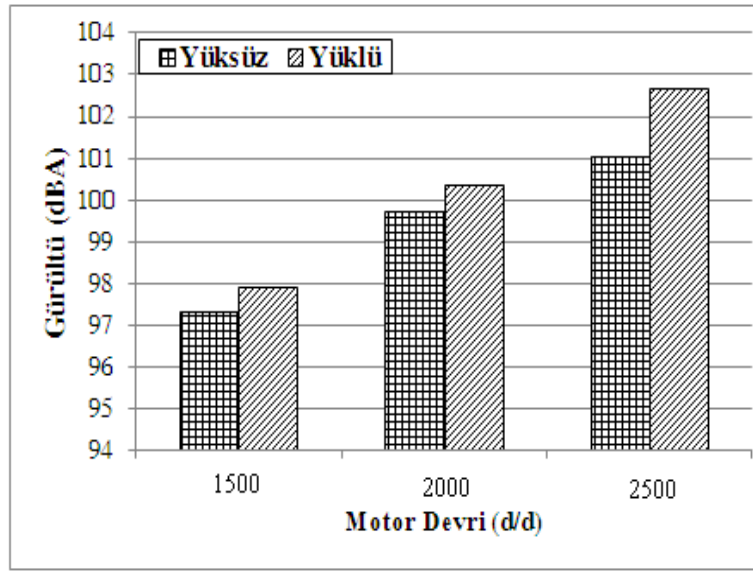
Şekil 4'te yüklü ve yüksüz durum için tüm eksenlerden elde edilen ortalama titreşim değerleri ( $a_t$ ) verilmiştir.



Şekil 4. Ortalama titreşim değerleri

Şekil 4’de görüldüğü gibi tam yük altında çalışan motor, yüksüz duruma göre daha büyük ortalama titreşim değerine sahiptir. Ayrıca toplam titreşim değeri motor devrine bağlı olarak artış göstermektedir. Bu durum, motor yük altında çalışırken krank mili yatakları, silindir-piston yüzeyleri ve diğer parçalar arasındaki sürtünmenin artmasına bağlı olarak motorun daha büyük titreşim enerjisi üretmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca artan yanma basıncı da motorun daha büyük titreşim enerjisi üretmesine neden olmaktadır.

Şekil 5’te yüklü ve yüksüz durumdaki motor için ortalama gürültü emisyonu değerleri verilmiştir. Her iki durum için de motor devrine bağlı olarak motor gürültü seviyesi artmaktadır. Motor yüklü iken tüm devrilerde daha fazla gürültü oluşmuştur. Bu durum motor yüklü iken, krank mili yatakları, silindir-piston yüzeyleri, motorun diğer parçaları arasında daha büyük sürtünmenin oluşmasından ve silindir içi artan yanma basıncından kaynaklanmaktadır. Silindir içi yanma basıncının artmasıyla, yanma gürültüsü de artmaktadır.



Şekil 5. Ortalama gürültü emisyonu değerleri (Average of noise emission values)

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada yüklü ve yüksüz durumda çalışan tek silindirli dizel bir motorun ortalama gürültü emisyonu değerleri ve ortalama titreşim değerleri incelenmiştir. Bunun için x,y,z eksenlerinden elde edilen verilere göre zaman bölgesi analizi yapılarak, motorun ortalama titreşim değerleri belirlenmiştir. Motor gürültü emisyon değerleri ve titreşim değerlerinin motor devrine ve yüküne bağlı olarak arttığı görülmüştür. Yüklü ve yüksüz durumlar için, 2000 d/d ve 2500 d/d aralığında en büyük titreşim artışının olduğu görülmüştür. Ortalama gürültü emisyonundaki en büyük artış ise 2500 d/d’de oluşmuştur. Motor yüküne bağlı olarak silindir içi yanma basıncının ve parçalar arasındaki sürtünme kuvvetlerinin artması, motor gürültü emisyonunu ve titreşimini artırdığı görülmüştür.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Düzce Üniversitesi 2014.07.04.137 nolu Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir. Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine verdiği destek için teşekkür ederiz.

**Kaynaklar**

- [1] Saurabh, K., Mukherjee, P.S., “Additives depletion and engine oil condition – a case study”, *Industrial Lubrication and Tribology*, 57 (2005) 69-72.
- [2] Usuba, Y., Kuzuoka, H., Kamiya, N., “Low noise design for the main structural parts of V6 engines”, *International Journal of Vehicle Design*, 10(1) (1989) 52-63.
- [3] Kirkup, S.M., Tyrrell, R.J., “Computer aided analysis of engine noise”, *International Journal of Vehicle Design*, 13(4) (1992) 388-402.
- [4] Mikami, T., Oshino, Y., Tachibana, H., Relationship between running speed and sound power levels on urban roads, In *Inter-Noise 98*, 223-226, 1998.
- [5] Lee, S.K., Kim, B.S., Park, D.C., “Objective evaluation of the rumbling sound in passenger cars based on an artificial neural network”, *Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers Part D-Journal Of Automobile Engineering*, 219(4) (2005) 457-469.
- [6] Güney, A., Özlü, F., “Motorlu taşıt gürültüsü ve azaltma yöntemleri”, *Mühendis ve Makina*, 41 (2000) 22-29.
- [7] Lionnet, C., Lardeur, P., “A hierarchical approach to the assessment of the variability of interior noise levels measured in passenger cars”, *Noise Control Engineering Journal*, 55 (1) (2007) 29-37.
- [8] Priede, T., “Effect of operating parameters on sources of vehicle noise”, *Journal Of Sound and Vibration*, 43(2) (1974) 239-252.
- [9] Stone, C.R., Hwan, E.K.M., “IDI diesel noise reduction with heated inlet air”, *International Journal of Vehicle Design*, 14 (1993) 205-211.
- [10] Redel-Macias, M.D., Pinzi, S., Leiva, D., Cubero-Atienza, A.J., Dorado, M.P., “Air and noise pollution of a diesel engine fueled with olive pomace oil methyl ester and petrodiesel blends”, *Fuel*, 95 (2012) 615–621.
- [11] Taghizadeh-Alisaraei, A., Ghobadian, B., Tavakoli-Hashjin, T., Mohtasebi, S.S., “Vibration analysis of a diesel engine using biodiesel and petrodiesel fuel blends”, *Fuel*, 102 (2012) 414–422.
- [12] Sarıdemir, S., “The effect of dwell angle on vibration characteristics of camshaft bearing housings” *Journal of Mechanical Science and Technology (ISI)*, 27 (12) (2013) 3571-3577.
- [13] Sarıdemir, S., Saruhan, H., “Experimental analysis of maximum valve lift effects in cam-follower system for internal combustion engines”, *Journal of Mechanical Science and Technology (ISI)*, 28 (9) (2014) 3443-3448.