



## Effect of Boron Oil Addition to Vehicle Engine Oil on Vibration in the Engine

Ahmet Dağlıoğlu<sup>1,a</sup>, Tahsin Yüksel<sup>2,b,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechatronics Engineering, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup>Department of Mechatronics Engineering, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Türkiye

\*Corresponding author

### Research Article

#### History

Received: 23/05/2025

Accepted: 20/08/2025

#### Copyright



This work is licensed under  
Creative Commons Attribution 4.0  
International License

### ABSTRACT66

Thanks to the use of substances that can be added to the oils used in internal combustion engines, it provides important capabilities in terms of competitive power thanks to the substances added to engine oils as additives to extend engine maintenance life, increase engine performance, improve exhaust emissions and contribute economically. The ability to incorporate additives into engine oil during its use in the engine can be seen as a significant technical and economic achievement. Boron mine, which has a significant portion of the world's reserves in our country, will be an important evaluation as an engine oil additive. In this study, the effect of boron oil on vibration was investigated when it was added to the engine oil in a diesel engine operating at a constant engine speed of 2,000 rpm, and it was determined that it made positive contributions. It has been determined that the addition of boron oil to engine oil compared to engine oil without additives reduces vibration by approximately 4.26 - 6.1%. This situation can be evaluated as an important advantage in terms of vehicle comfort.

**Keywords:** Boron oil, vibration, wear, friction, engine oil additive, lubrication

## Taşıt Motor Yağına Bor Yağı İlavesinin Motordaki Titreşime Olan Etkisi

### Araştırma Makalesi

#### Süreç

Geliş: 23/05/2025

Kabul: 20/08/2025

### Öz

İçten yanmalı motorlarda kullanılan yağlar içerisine ilave edilebilen maddelerin kullanılması sayesinde motor bakım ömrünü uzatmak, motor performansını artırmak, egzoz emisyonlarını iyileştirmek, ekonomik açıdan katkı sağlamak için motor yağlarına katkılar eklenmesi maddeler sayesinde rekabet gücü adına önemli kabiliyetler sağlanabilmektedir. Katkı maddelerinin motor yağına motordaki kullanım aşamasında dahil edilebilmesi teknik ve ekonomik olarak önemli bir başarı olarak görülebilir. Dünyadaki rezervlerin önemli bir bölümünün ülkemizde bulunduğu bor madeni, motor yağı katkısı olarak önemli bir değerlendirme olacaktır. Yapılan çalışma ile 2.000 dev/dk sabit motor devrinde çalıştırılan bir dizel motorda bor yağının motor yağına sonradan dahil edilmesi durumunda titreşime olan etkisi incelenmiş ve olumlu katkılar sağladığı tespit edilmiştir. Katkısız motor yağına kıyasla motor yağına bor yağı katkısı eklenmesi neticesinde yaklaşık %4,26 - 6,1 oranında titreşimin azalmış olduğu belirlenmiştir. Bu durum taşıt konforu adına önemli bir avantaj olarak değerlendirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Bor yağı, titreşim, aşınma, sürtünme, motor yağ katkısı, yağlama

<sup>a</sup> daglioglu83@gmail.com

<sup>id</sup> 0009-0004-6794-7327

<sup>b</sup> tyuksel@cumhuriyet.edu.tr

<sup>id</sup> 0000-0003-3238-9113

*How to Cite:* Dağlıoğlu A, Yüksel T (2025) Effect of Boron Oil Addition to Vehicle Engine Oil on Vibration in the Engine, Journal of Science and Technology, 4(2): 66-73.

## Giriş

Hareketli mekanik yapılar için önemli bir sorun olan aşınma, taşıtlarda enerji kaynağı olarak kullanılan motorlar için de en önemli sorundur. Motor ömrüne doğrudan etkisi olan aşınma, motor içerisindeki yağlama sayesinde azaltılarak geciktirilmeye çalışılmaktadır. Yağlama; birbirine göre bağlı hareket eden iki yüzeyi, yüzeye zarar vermeden kolayca yüzeyden kopabilen bir sıvı filmi yardımı ile ayırmak şeklinde ifade edilebilir. Temas halindeki iki mekanik elemanın temas yüzeyleri arasında sürtünme etkisi ve bu durumun neticesinde aşınma, sıcaklık artışı ve enerji kaybı meydana getirmektedir. Bu olayların etkisini azaltmak sürecinde alınması gereken önlemler içerisinde yağlama önemli bir yere sahiptir (Burunsuzoğlu & Cesur, 2023). Bu süreçte belirli bir hassasiyet değerinde işlenmiş olan motor parçalarının kullanım ömürlerini uzun tutabilmek için genellikle sıvı halde kullanılan bir madde olarak yağdan faydalanılmaktadır. Yağın motor içerisindeki sirkülasyonu sağlanarak motorun soğutulabilmesi, parçalar arasında sızdırmazlığın sağlanabilmesi, boşluklardaki istenmeyen birikintilerin uzaklaştırılabilmesi, parçalar arasındaki boşlukların doldurularak darbe etkilerinin yumuşatılması, pas oluşumunun önlenmesi (Karataş & Yüksel, 2021; Müjdecı & Kaleli, 2010) ve beraberinde motorda oluşan gürültünün azaltılması gibi önemli görevler yerine getirilmektedir.

Motordaki aşınmaların artması genelde taşıt motorunda performans kaybı olarak kendini göstermektedir. Yakıt sarfiyatında artış, beraberinde egzoz emisyonlarında olumsuz yükselişler, bakım, süreç ve maliyelerde istenmeyen artışlar olarak da kendini göstermektedir. Gelişen teknoloji neticesinde daha gelişmiş, daha az yağ boşluğu ve daha yüksek basınçlara dayanım gösterebilen motorlar üretilmektedir. Bu aşamada, taşıt motorlarını sorunsuz bir şekilde uzun sürelerle çalıştırmak için motor yağlarına destekleyici katıklar eklenmesi önemli bir çözüm tekniği olarak kendini göstermektedir. Hareket halindeki yüzeylerin yağlanması işleminde, birbirleri ile temas hallerinin engellenmesi ve ince bir tabaka halinde yağlayıcı filmin oluşturulması, aynı zamanda da temas halindeki yüzeyler arasında yer alan yağ içerisinde katkı maddelerinin kullanılması esastır (Baş, 2021). Bilindiği üzere dünyadaki rezervlerin %73'ünün (Eti Maden, 2025) ülkemizde bulunduğu ve motor yağı katığı olarak kullanılabileceği (Karataş & Yüksel, 2023) değerlendirilen bor madeni katığının önemli faydalar sağlayabileceği gözden kaçırılmamalıdır. Bor minerallerinden üretilmiş olan ve yağ hali ile endüstride birçok kullanım alanı bulunan bor yağı, özellikle yüksek ısıya maruz kalınan ortamlarda da kullanılabileceği, dayanıklı ve kayganlaştırıcı (Eti Maden, 2025) özellikleri de göz önüne alındığında taşıt motorları içerisinde değerlendirilmesi gereken bir yağ katığı olarak etkilerinin araştırılmasının gerektiği düşünülmektedir. Özellikle madeni esaslı yağların, yağlanmak istenen yüzeylere yapışarak (Karataş & Yüksel, 2023) daha uzun süre yüzeyde kalıcı olması ve bu sayede sürtünmeyi azaltarak aşınmayı geciktirme ve aynı zamanda yüzeyler arasındaki boşlukları

doldurarak daha sessiz bir motor yapısının araştırılması arzu edilen durumlardandır.

Küresel olarak tüketilen enerjinin yaklaşık %25'i parçaların temaslarından kaynaklanırken, bu oranın %20'lik kısmı sürtünme kaynaklı sorunları gidermek amacıyla harcanmaktadır (Holmberg & Erdemir, 2017). Motor parçaları arasında sürtünmeden kaynaklı en fazla aşınma genelde silindir ile segman parçaları arasında meydana geldiği bilinmektedir (Cesur & Akgündüz, 2021; Hazar, 2004). Günümüzde içten yanmalı motor yapılarının kullanım ömürlerini uzatmak amacıyla ya parçaların malzeme içeriğinde ya da mekanik yapılarında değişiklikler yapılabildiği gibi daha ekonomik olması nedeniyle genelde sürtünme önleyici ve aşınma geciktirici olarak yaklaşık %10 oranında (Liñeira del Río et al., 2021) yağa eklenen katıklardan faydalanılma yolu tercih edilmektedir. Katık olarak yağların içerisine dahil edilen yağ katkı maddeleri, yağların kimyasal ya da fiziksel yapısında etkiler sağlayarak (Müjdecı & Kaleli, 2010) mevcut özelliklerini iyileştirmek, istenmeyen çeşitli özellikleri ortadan kaldırmak veya en az düzeye çekmek amacıyla yağın bünyesinde oluşturulan değişiklikler sayesinde önemli kabiliyetler kazandırma yolu olarak ifade edilebilmektedir. Özellikle ekonomik olması sebebiyle piyasada bol miktarda bulunan madeni esaslı yağların daha da geliştirilmesi aşamasında katıkların etkileri azımsanmamalıdır. Yağlama yağına katık maddesi olarak Demir (Fe), Çinko (Zn), Bakır (Cu), Zirkonyum (Zr) gibi maddeler ve türevleri katılarak yağın tribolojik değerlerinin iyileştirilmesi adına yapılan önemli çalışmalar söz konusudur. Yapay bir onarım katığı olarak Bor (B) ve bor yağı bu aşamada önemli bir aşınma önleyici ve geciktirici olarak değerlendirilmektedir. Bor ve bor yağı kullanılarak aşınmanın geciktirilmesi üzerine çeşitli çalışmalar (Akbiyik et al., 2022a; Karataş & Yüksel, 2023) birçok araştırmacı tarafından gerçekleştirilmektedir.

Bor ve bor katıkları; otomotivle ilgili alanlarda, inşaat sektöründe malzeme dayanımının yükseltilmesinde, yalıtım malzemelerinde, havacılık sektöründe kullanılan yakıtlarda, nükleer faaliyet konularında, katı ve hücre yakıtlarında, nanoteknoloji gibi sanayii alanlarında kendine yer bulmaktadır. Bunlara ek olarak; savunma ile ilgili alanlarda ve çalışmalarda, çeşitli cihazların üretiminde, malzeme ile ilgili çalışma alanlarında, patlayıcı üretiminde, aşındırıcı malzeme üretiminde, fotoğrafçılık, kozmetik, fiber optik, kauçuk ve plastik ile ilgili üretim alanlarında, mumyalamada ve petrol boya gibi daha birçok alanda da kullanım olanakları bulunmaktadır (Eti Maden - Diğer, 2025).

Otomotivle ilgili çalışma alanlarında; bor madeni katığı ile daha çevreci bir yakıt katığı (Karataş & Yüksel, 2023; Ojha et al., 2018; Simsek et al., 2021) olarak kullanımı, motor parçalarında bor kaplaması kullanılarak termal bariyer oluşturulması ile motor performansının artırılması (Öztürk et al., 2019) çalışmalarıyla bor madeninin kullanım alanlarının çeşitlendirilmeye çalışıldığı bilinmektedir. Yapılan çalışmada silindir yüzeylerinin bor ile kaplanması sonrasında çalıştırılan motorda yakıt tüketiminde azalma gerçekleştiği (Öztürk et al., 2019) tespitinde bulunulmuştur. Madeni esaslı motor yağına bor yağı ile birlikte bitkisel esaslı eklenmiş haliyle kullanılan bir yağ çalışmasında, herhangi bir katkı

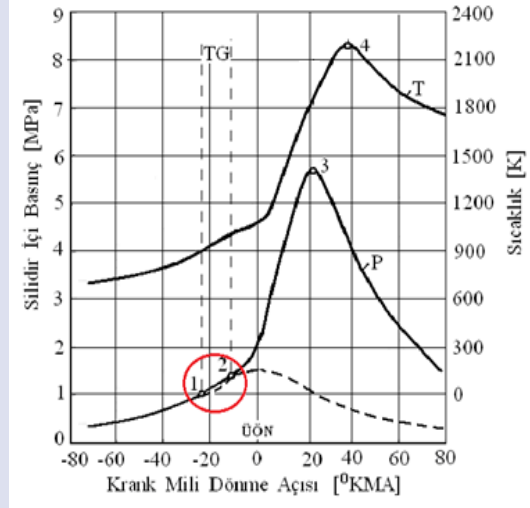
eklenmemiş olan motor yağıyla yapılan kıyaslamada motor yağı ömrü ve aşınma miktarı açısından herhangi bir risk oluşturmadığı (Öğüt et al., 2019) tespiti yapılmıştır. Ayrıca farklı bazı araştırmalarda da katık olarak bor yağının kullanılması durumunda herhangi bir riske sebebiyet vermediği, performans adına olumlu etkiler sergilediği belirlenmiştir (Akbiyik et al., 2022a; Baş & Karabacak, 2014; Öğüt et al., 2019; Wan et al., 2015). Twigg ve ark. (2004) bor yağı ve fosfor yağı katkılarının kullanıldığı çalışmalarında, bor yağı ile yapılan çalışmalarda emisyon değerlerinde düşüşler olduğu tespitinde bulunmuşlardır. Akbiyik ve ark. (2022a) tarafından yapılan çalışmada bor katkılı motor yağı kullanımının katkısız motor yağına kıyasla NO<sub>x</sub> emisyonlarının azalması anlamında olumlu etkilere sahip olduğu tespitinde bulunmuşlardır. Aynı zamanda benzin ve doğalgaz yakıtlarının kullanıldığı çalışmalarında ise yine katkısız motor yağına kıyasla bor yağı katığının benzin yakıtı kullanılan çalışmalarda CO, CO<sub>2</sub>, HC emisyonlarında düşüşlerin gerçekleşmiş olduğunun görüldüğü belirtilmiştir (Akbiyik et al., 2022b). Aşınma ile ilgili çeşitli yapılmış olan çalışmalarda da bor katığının aşınmayı geciktirdiği veya azalttığı hususunda katkı sağladığı tespitinde bulunulmuştur (Baş, 2021; Baş & Karabacak, 2014; Pehlivanoğlu, 2020; Wan et al., 2015). Bor yağının kesme sıvısı olarak kullanımında da içerisine nano materyal eklenmesi durumunda daha iyi performans sergilediği bildirilmiştir (Kesen, 2019).

Günümüz şartlarında taşıtların enerji kaynağı olarak kullanılmakta olan motorda, yağlama sistemlerinde olumsuzlukları en az düzeylere indiren yağ çeşitlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji kayıplarını en az seviyelere düşürerek yüksek verimli yağlarının geliştirilmesi ve kullanılabilmesi oldukça önemlidir. Aynı zamanda daha uzun ömürlü motor yapısı ve daha uzun periyotlara yayılan bakım gereksinimi ekonomiklik adına önem arz eden bir konudur. Bu aşamada motorlarda kullanılan yağın ve yağlamanın rolü büyüktür. Motor yapısında ve yağlama yağında yukarıda ifade edilen çalışma tespitlerine ek olarak bor yağının önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Bor yağı katığının, yağların yapısına sağlayacağı katkılar göz ardı edilmemelidir. Özellikle motor yağına sonradan dahil edilebilen bir katık olarak bor yağı, çalışılarak etkileri incelenmelidir. Yapılan çalışmanın amacı; belirli bir motor devrinde katkısız motor yağı ile bor yağı katığının eklenmiş olduğu bir dizel motorda, çalışma esnasında oluşan motor titreşimlerini birbirleri ile kıyaslayarak motorda oluşan titreşimin azaltılabilmesi durumunda bor yağının etkisini incelemektir.

## Materyal ve Metot

Deney düzeneği olarak kullanılan taşıt ve taşıt motoru üzerine yerleştirilen titreşim ölçüm cihazı ile çalışmalar gerçekleştirilerek bor yağının motor çalışmasında titreşime olan etkisi araştırılmıştır. Taşıtın enerji kaynağı olan motor bloğu içerisindeki silindir kısımlarında özellikle dizel yakıtın tutuşturulması esnasındaki patlama ve sonrasında yanma olayının gelişmesi sırasındaki ani basınç değişimleri, titreşim olarak kendini göstermektedir. Dizel motorlarında yakıtın tutuşturulması, silindir içerisinde pistonun üst

ölü noktaya (ÜÖN) doğru hareketi esnasında sıkıştırma zamanı sonuna doğru, basıncı ve sıcaklığı sıkıştırma etkisi ile yükseltilmiş olan havanın içerisine atomize halde enjektörler aracılığı ile püskürtülen yakıtın kendi kendine yanmaya başlaması yöntemi ile meydana gelmektedir. Tutuşma gecikmesi (TG) olarak adlandırılan bu süreçte yakıt başlangıçta hızlı bir yanma eğiliminde olmaktadır (Bağirov & Ertaş, 2017; Yardım, 2015). Şekil 1'de krank açısı basınç değişim grafiğinde görüldüğü gibi bu süreçte ani basınç yükselmesi durumu söz konusu olmaktadır. Yakıtın tutuşma başlangıcı ve sonrasında süreçte yaşanan ani basınç değişimleri motorlarda titreşim olarak hissedilmektedir. Motorun işleyişi esnasında her ne kadar oluşan titreşimi engellemek veya etkisini azaltmak için motor takozu, titreşim damperi, balans milleri gibi mekanik motor parçaları motorlara entegre edilmiş olsa da titreşim tamamen engellenememektedir.



Şekil 1. Dizel motorda yanma fazları ve silindir içi basınç-sıcaklık değişimleri (Bağirov & Ertaş, 2017)

Figure 1. Combustion phases and in-cylinder pressure-temperature changes in diesel engine (Bağirov & Ertaş, 2017)

Yaklaşık motor hacmi 1400 cm<sup>3</sup> ve sıralı 4 silindirli bir dizel motora sahip olan Şekil 2'de görülen ve teknik özellikleri Tablo 1'de verilen deney taşıtı, deneysel çalışmaları gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Taşıt üzerinde yer alan dizel motorda, yağ çeşidi olarak piyasadan tedarik edilen SAE 5W-30 motor yağı kullanılmıştır. Yağ katığı olarak kullanılan bor yağı da yine piyasadan hazır halde tedarik edilmiştir. Motorun çalışması esnasındaki titreşim değişimlerini tespit etmek için PCE-VD 3 (Şekil 3) şok ivmesi veya titreşim verilerini kaydetmek için tasarlanmış olan üç eksenli titreşim ölçüm cihazı ile deney düzeneğindeki çalışma esnasındaki titreşim değerleri tespit edilmiştir. Cihaz, şok ve titreşim koşullarının değerlendirmelerini oluşturmak için 3 eksen ve en tepe noktadaki titreşim zamanlarını tespit ederek kayıt altına alma yöntemiyle çalışmaktadır.

Tablo 1. Deney aracı ve motor teknik özellikleri  
Table 1. Test vehicle and engine technical specifications

Taşıt modeli	2014
Vites	Manuel 6 ileri
Motor tipi	1,4 D - 4D Turbo
Motor hacmi (cm <sup>3</sup> )	1364
Yakıt sistemi	Dizel - Common Rail Direkt Enjeksiyon
Silindir / valf sayısı	Sıralı 4 / 8
Silindir çapı / strok (mm)	73 / 81,5
Sıkıştırma oranı	16,5 / 1
Maksimum güç (kW)	66 (3800 dev/dk)
Maksimum tork (Nm)	205 (1800-2800 dev/dk)
Soğutucu kapasitesi (l)	~ 4,5
Yağ kapasitesi (l)	~ 4
Yağ numarası (SAE)	5W - 30
Yakıt depo hacmi (l)	55
Lastik boyutu	195/65 R15

Deneyel çalışmalar iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışmaların güvenilirliği adına her bir aşama en az üç defa tekrarlanarak deneyler sürdürülmüştür. Taşıt motoru öncelikle herhangi bir katık eklenmeyen motor yağının kullanılmasıyla çalışmalar yapılarak ölçümler sonucu veriler elde edilmiştir. Daha sonraki aşamada ise taşıt motoruna bor yağı katığı eklenerek veriler elde edilmiştir. Her iki aşamada alınmış olan veriler kıyaslanarak değerlendirmeler yapılmıştır. Deneylere başlanırken öncelikle taşıt motoru yaklaşık en az 20 dk boyunca çalıştırılarak motorun çalışma sıcaklığına ulaşması beklenmiş, daha sonra deneyel çalışmalara geçilmiştir. Çalışmalar esnasında motor devri yaklaşık 2.000 dev/dk olacak şekilde sabitlenmiştir. Bor yağının motor yağına ilave edilmesi aşamasında, motor yağı belirli bir sıcaklık değerine ulaştıktan sonraki süreçte toplam yağ kapasitesinin %15'i kadar bir hacim eklenerek çalışmalar sürdürülmüştür. Bu oranın tercih edilmesinde, karmaşık yapıya sahip taşıt motorlarında çalışılmadığı görülen bor yağı katığının daha basit motor özelliklerine sahip motorlarda çalışmış olması (Karataş & Yüksel, 2023), motor yağına karışımının çalışıldığında olumsuz bilinen bir durumla karşılaşmamış olması ve motor üzerinde çalışmasında bor yağının oluşturabileceği olumsuzlukların önemli bir oranda önüne geçilmesi adına tercih edilmiştir. Deneyel çalışmalarda tek eksen (X) yönündeki titreşim verileri kaydedilerek kıyaslamalar yapılmıştır.



Şekil 2. Deney ekipman ve malzemeleri  
Figure 2. Experimental equipment and materials

Teknik özellikleri Tablo 2'de verilen PCE-VD 3 titreşim ölçüm cihazı, her deneyel çalışma sonrasında veri aktarımı sağlanması süreci sonrasında otomatikman fabrika ayarlarına dönme işlemi gerçekleştirilerek tüm deneyel çalışma aşamalarında aynı yazılımsal ayarlamalarla ölçümlerin

gerçekleşeceği şekilde çalışmaktadır. Yani her çalışma sonrası cihazın resetleme işlemi gerçekleştirilerek olası hatalı ölçümlerin önüne geçilmiştir. Titreşim ölçüm cihazı her 3 s'de bir kayıt yapacak şekilde ayarlama yapılarak veriler elde edilmiştir.

Tablo 2. Titreşim ölçüm cihazı teknik özellikleri  
Table 2. Vibration measuring device technical specifications

Model	PCE-VD 3
İvme aralığı (g)	± 18
İvme çözünürlüğü (g)	0,00625
Hassasiyet (g)	± 0,5 g
Frekans aralığı (Hz)	0 ~ 60
Veri hafızası (Mbits)	4 (maksimum 85.764 ivme değeri)
Örnekleme sıklığı	1 saniyeden 24 saate
Güç kaynağı (V)	3,6 pil
Bilgisayar arayüzü	USB
Boyutlar (mm) Kaide - Cihaz	106 x 56 x 33,5 - 95 x 28 x 21

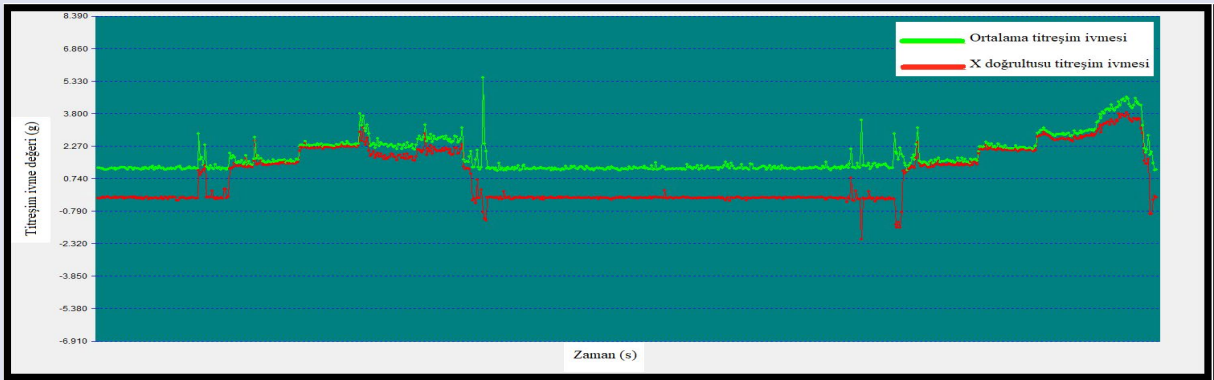


Şekil 3. Titreşim ölçerin motor üzerindeki yerleşimi  
Figure 3. Location of the vibration meter on the engine

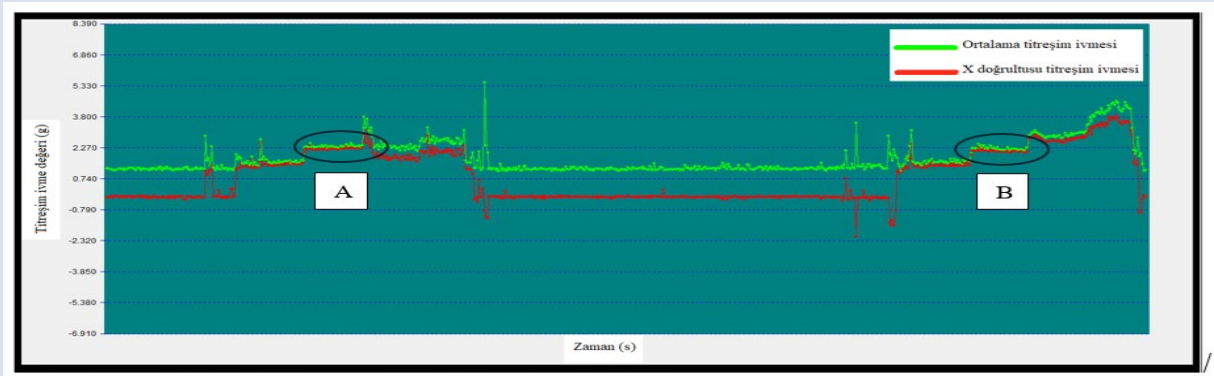
### Bulgular ve Tartışma

İçten yanmalı motorlar yapıları gereği çalışmaları esnasında silindir içerisine alınan yakıtın yanmasından kaynaklı olarak motor gövdesinden hissedilebilen titreşimlerin oluşması kaçınılmazdır. Deney motorunda kullanılan dizel yakıtının tutuşması ve yanması sürecinde de meydana gelen patlamalar ve yanmalar esnasında titreşimler oluşmaktadır (Hazar et al., 2022). Bu süreçte motor içerisindeki yağlama yağı da motor yapısına destek olarak meydana gelen ısının hızlı bir şekilde uzaklaştırılmasına katkı sağlarken, motor parçaları arasındaki boşlukları doldurarak hem parçalar arasındaki sürtünmeyi azaltarak meydana gelebilecek fazladan ısınma olaylarını azaltmaya hem de parçalar arasındaki boşluklardan kaynaklı oluşan ses ve titreşim değerlerinin düşürülmesine ve ses yalıtımı görevlerini de yerine getirme faaliyetlerinin gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır.

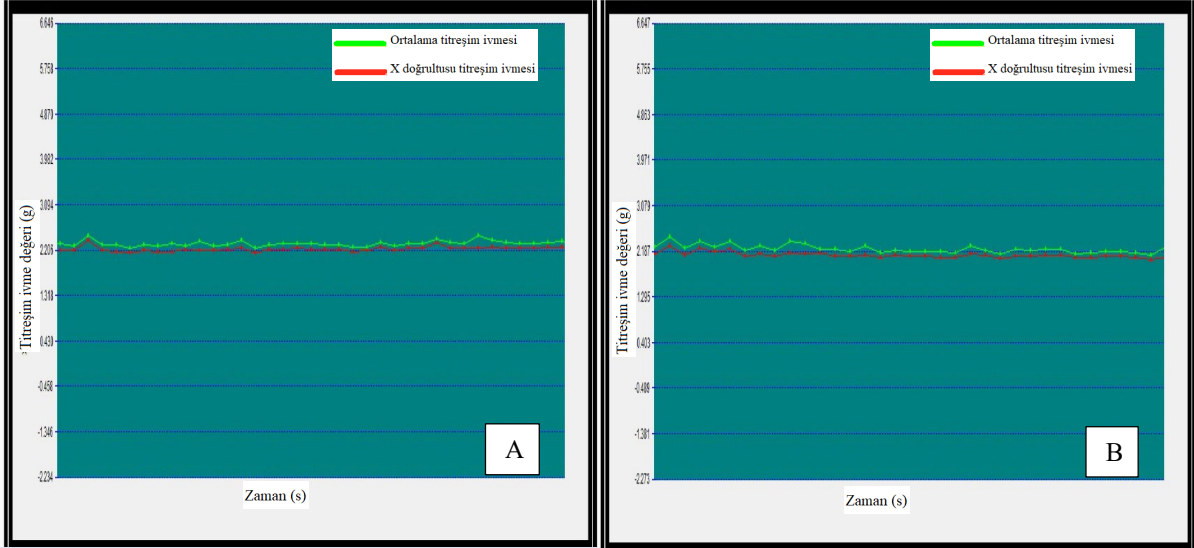
Şekil 4'de görüldüğü üzere katıksız ve Şekil 7'de bor yağlı katkılı motor yağlarının motor yapısı içerisinde kullanılmaları neticesinde kullanılan yağlar arasında farklılıkların zamana bağlı olarak değişimler gösterdiği titreşim grafiklerinde görülmektedir.



Şekil 4. Katıksız motor yağı ile çalışan motor titreşim görüntüleri  
Figure 4. Engine vibration images running with additive-free engine oil



Şekil 5. Katıksız motor yağı ile çalışan motor titreşim görüntüleri (çalışma bölgeleri)  
Figure 5. Engine vibration images running with additive-free engine oil (working areas)

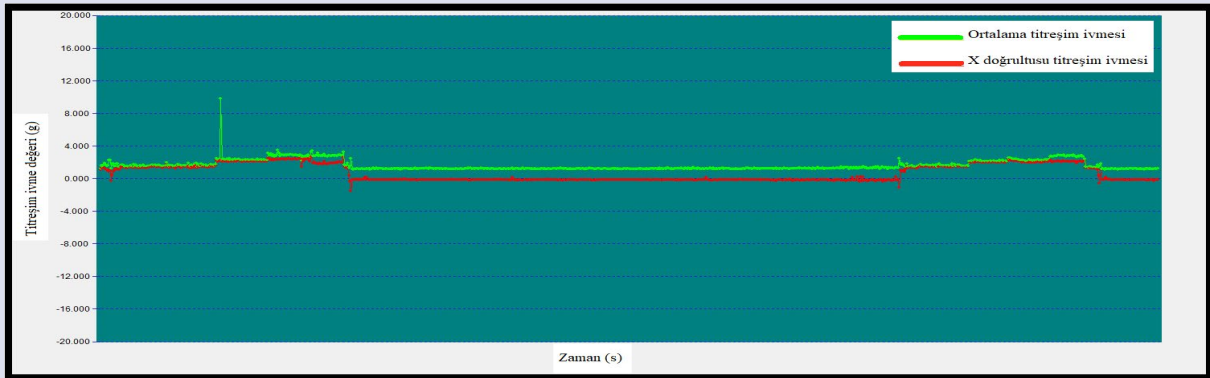


Şekil 6. Katıksız motor yağı ile çalışan motor titreşim görüntüleri (2.000 dev/dk)  
Figure 6. Engine vibration images running with additive-free engine oil (2.000 rpm)

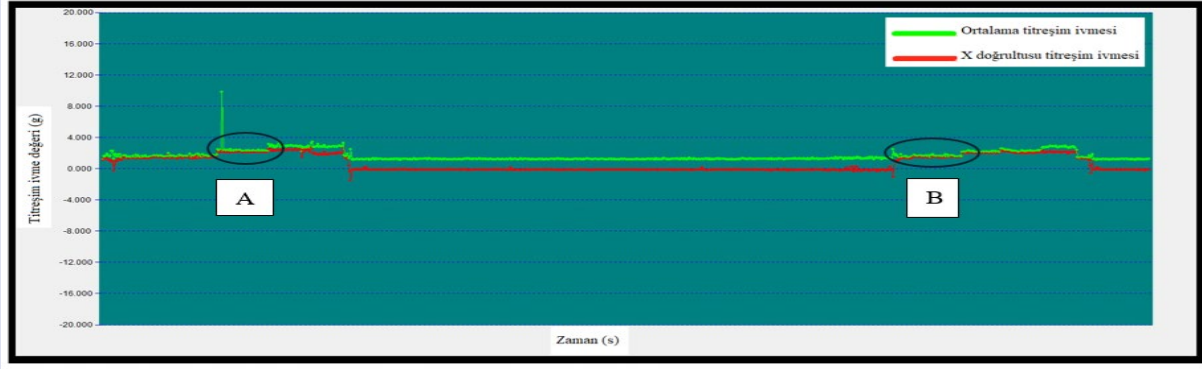
Şekil 4'te genel görünüm, Şekil 5'de de çalışma yapılan bölgelerin görüldüğü ve Şekil 6'da daha yakın detay görüntülerinin izlenebildiği 2.000 dev/dk çalıştırılan motordaki 60 s'lik süreler için değerlendirilen titreşim görüntüleri incelendiğinde, motor daha soğuk durumdayken (Şekil 6-A) bor yağı katığı kullanılmayan motor yağıyla yapılan çalışmadaki titreşim değeri ortalaması 2,207 g ve motor daha fazla ısındıktan sonraki süreçte ise titreşim değeri ortalaması 2,1325 g (Şekil 6-B) olarak ölçülmüştür.

Aynı motor çalışma koşulları için motor yağı içerisine bor katığı eklenmesinden sonraki deneysel süreç için, Şekil 7'de genel görünüm, Şekil 8'de de çalışma yapılan bölgelerin görüldüğü ve Şekil 9'da daha yakın detayların yer aldığı görüntüler incelendiğinde görüldüğü üzere 2.000 dev/dk çalıştırılan motordaki 60 s'lik süreler için değerlendirilen titreşim görüntülerinde, motor daha soğuk durumdayken (Şekil 9-A) bor yağı katığı eklenmiş olan motor yağıyla yapılan çalışmadaki titreşim ortalaması 2,113 g ve motor daha fazla ısındıktan sonraki süreçte ise titreşim ortalaması 2,0025 g (Şekil 9-B) olarak ölçülmüştür.

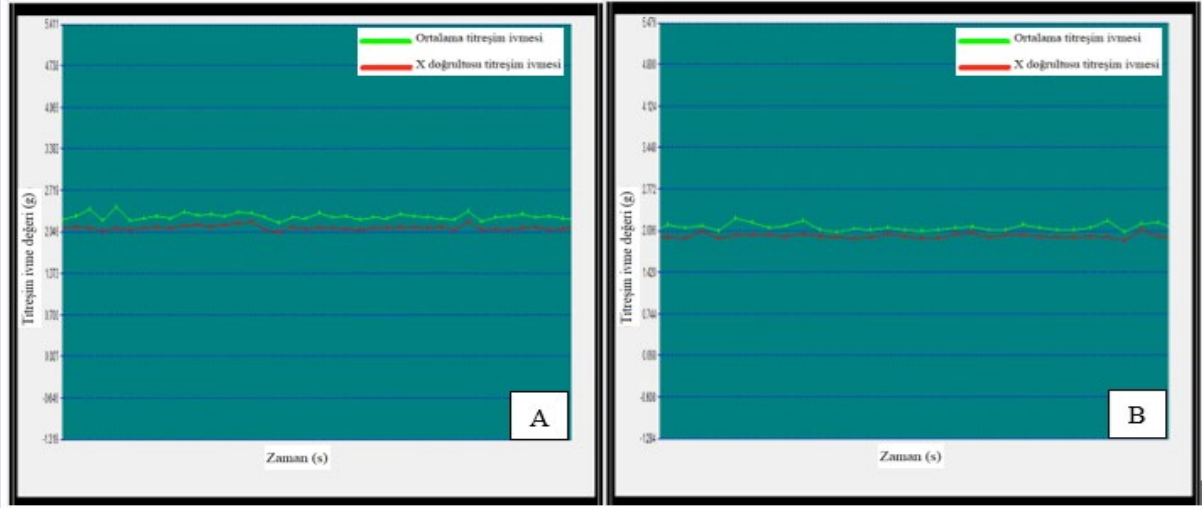
Motor yağ sıcaklık değeri daha stabil bir hale gelmesi durumunda görülmüş olduğu gibi çalışma süresindeki artışa bağlı olarak motordaki titreşim ortalama değerlerinde daha fazla iyileşmelere imkân olduğu görülmüştür. Motor ısındıkça motor sesinde çıplak kulakla hissedilebilir bir değerde düşüş şeklinde iyileşme olması durumu bu ölçüm değerini daha da anlaşılır bir hale getirmiş olduğu söylenebilir. Şekil 6 ve 9'daki veriler kıyaslandığında bor yağı katığı kullanılmayan motor yağına kıyasla bor yağı katığı ile gerçekleştirilen çalışmalarda motordaki titreşim değerlerinde ortalama %4,26 ile %6,1 oranında iyileşmeler sağlanmış olduğu tespit edilmiştir. 2.000 dev/dk sabit motor devri için bir süre için çalışmış olan motor yağına yapılan bor yağı katığı ilavesinin motor yapısı içerisindeki yüzeylere karışım yağın yapışarak daha uzun süre için kalıcı bir tabaka oluşturması sayesinde motordaki titreşim değerlerinde ve ses seviyesinde azalmalara yardımcı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 7. Bor yağı katıklı motor yağı ile çalışan motor titreşim görüntüleri  
Figure 7. Engine vibration images running with boron oil-added engine oil



Şekil 8. Bor yağı katıkl motor yağı ile çalışan motor titreşim görüntüleri (çalışma bölgeleri)  
Figure 8. Engine vibration images running with boron oil-added engine oil (working areas)



Şekil 9. Bor yağı katıkl motor yağı ile çalışan motor titreşim görüntüleri ((2.000 dev/dk)  
Figure 9. Engine vibration images running with boron oil-added engine oil (2.000 rpm)

## Sonuç

Gelişen teknolojiye paralel olarak üretilen içten yanmalı motorlarda, geçmişe kıyasla parçalar arasında daha az olan yağ boşluğuna sahip motorlarda gerek duyulan motor yağlama yağları, yağlama görevinin yanı sıra taşıtı kullananların konforuna da hizmet etmesi istenmektedir. Bu amaçla katkısız ve bor yağı katığı eklenmiş motor yağları kullanılarak yapılan çalışmalarda farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Aynı çalışma koşullarında çalıştırılan taşıt motorunda, 2.000 dev/dk sabit motor devri için bor yağı katığı kullanılmayan motor yağına kıyasla motor yağına sonradan ilave edilen bor yağı katığı ile motordaki titreşim değerlerinde ortalama %4,26 ile %6,1 oranında iyileşmeler sağlanmış olduğu tespit edilmiştir. Çalışmış motor yağına yapılan bor yağı ilavesinin motor parçalarının yüzeylerine karışım haldeki yağın yapışarak daha uzun süre için kalıcı bir tabaka oluşturması

sayesinde motordaki titreşim değerlerinde ve ses seviyesinde azalmalara imkan sağladığı düşünülmektedir. Bu sayede dizel taşıt motorları için daha düşük titreşim imkânı olduğu, daha az gürültü ve daha fazla konfor seviyesinin bor yağı katığı ile mümkün olduğu tespit edilmiştir.

Bor yağı katıklı deneysel çalışmalar, farklı motor devirleri ve daha uzun süreli çalışmalarda da incelenmesi, bor yağının etkisinin daha anlaşılır olacağı düşünülmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) tarafından TEKNO-2023-039 proje numarası ile desteklenen proje çalışmasından üretilmiştir.

## Kaynakça

- Akbiyik, T., Kahraman, N., & Taner, T. (2022a). Investigation of the effect of boron additive to lubricating oil on engine performance, exhaust, and emissions. *Fuel*, 312. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122931>
- Akbiyik, T., Kahraman, N., & Taner, T. (2022b). The effect of boron-doped addition to spark ignition engine oil on engine emission, performance and lubricating oil properties. *Fuel*, 324. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124783>
- Bağirov, H., & Ertaş, H. A. (2017). *İçten Yanmalı Pistonlu Motorlar Cilt 1*. Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları.
- Baş, H. (2021). Investigation of effects of boron additives on performance of cam mechanisms. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 60–66. <https://doi.org/10.18245/ijaet.843193>
- Baş, H., & Karabacak, Y. E. (2014). Investigation of the Effects of Boron Additives on the Performance of Engine Oil. *Tribology Transactions*, 57(4), 740–748. <https://doi.org/10.1080/10402004.2014.909549>
- Burunsuzoğlu, İ., & Cesur, İ. (2023). Farklı Motor Yağlayıcının Segman-Silindir Çifti Arasındaki Sürtünme ve Aşınma Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, *1st International Conference on Pioneer and Innovative Studies*. <http://as-proceeding.com/>
- Cesur, İ., & Akgündüz, M. (2021). Krom-Nikel Kaplı Segmanların Segman Silindir Çifti Arasındaki Sürtünme ve Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 10(1), 75–82. <https://doi.org/10.46810/tdfd.820888>
- Eti Maden. (2025, May 15). <https://www.etimaden.gov.tr/turkiyede-bor>.
- Eti Maden - Diğer. (2025, May 15). <https://www.etimaden.gov.tr/diger>.
- Hazar, H. (2004). Bir dizel motoru silindir yüzeyinin seramik malzeme ile kaplanarak aşınma davranışının deneysel incelenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Hazar, H., Telceken, T., & Sevinc, H. (2022). An experimental study on emission of a diesel engine fuelled with SME (safflower methyl ester) and diesel fuel. *Energy*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122915>
- Holmberg, K., & Erdemir, A. (2017). Influence of tribology on global energy consumption, costs and emissions. In *Friction* (Vol. 5, Issue 3, pp. 263–284). Tsinghua University Press. <https://doi.org/10.1007/s40544-017-0183-5>
- Karataş, Ö., & Yüksel, T. (2021). Investigation of Studies on Longer Lifespan of Engine Parts. *IX. International Advanced Technologies Symposium*, 260–267.
- Karataş, Ö., & Yüksel, T. (2023). Experimental investigation of the effects of boron oil additive in internal combustion engine. *Fuel*, 353. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.129234>
- Kesen, A. (2019). Bor Yağı ve Bitkisel Esaslı Kesme Sıvılarına Nano Gümüş Eklentisinin Delme İşlemindeki Performansının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi.
- Liñeira del Río, J. M., López, E. R., & Fernández, J. (2021). Tribological properties of graphene nanoplatelets or boron nitride nanoparticles as additives of a polyalphaolefin base oil. *Journal of Molecular Liquids*, 333. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115911>
- Müjdeci, S., & Kaleli, H. (2010). Engine Oil Additives, Their Properties and Interactions. *Sigma*, 28, 138–149.
- Öğüt, H., Oğuz, H., Aydın, F., Ciniviz, M., & Deveci, H. (2019). The investigation of the use of plant-based wild mustard and boron doped oil as engine lubrication oil in diesel engines. *Renewable Energy*, 136, 79–83. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.117>
- Ojha, P. K., Maji, R., & Karmakar, S. (2018). Effect of crystallinity on droplet regression and disruptive burning characteristics of nanofuel droplets containing amorphous and crystalline boron nanoparticles. *Combustion and Flame*, 188, 412–427. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2017.10.005>
- Öztürk, U., Hazar, H., & Arı, Y. S. (2019). Investigation of using pumpkin seed oil methyl ester as a fuel in a boron coated diesel engine. *Energy*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.115871>
- Pehlivanoğlu, M. (2020). WC ve TiCN Kaplanmış Sıcak Hadde Merdanelerinin Kuru ve Bor Yağı Ortamında Aşınma Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi.
- Simsek, S., Uslu, S., Sahin, M., Arlı, F., & Bilgic, G. (2021). Impact of a novel fuel additive containing boron and hydrogen on diesel engine performance and emissions. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*. <https://doi.org/10.1080/15567036.2021.1946621>
- Twigg, M. V., Collins, N. R., Morris, D., O, T. J., Ball, I. K., Arrowsmith, S., & Cassidy, L. (2004). The Effect of Phosphorus and Boron Lubricant Oil Additives on Catalyst and Engine Durability. In *Wrench Source: SAE Transactions* (Vol. 113).
- Wan, Q., Jin, Y., Sun, P., & Ding, Y. (2015). Tribological behaviour of a lubricant oil containing boron nitride nanoparticles. *Procedia Engineering*, 102, 1038–1045. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.226>
- Yardımcı, M. H. (2015). *Motor Teknolojisi*. Nobel Akademik.