

FARKLI MOTOR YAĞLAYICININ SEGMAN-SİLİNDİR ÇİFTİ ARASINDAKİ SÜRTÜNME VE AŞINMA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

İsmail Burunsuzoğlu^{1*} ve İdris Cesur²

¹Makine Mühendisliği Bölümü /Teknoloji Fakültesi/ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

²Makine Mühendisliği Bölümü /Teknoloji Fakültesi/ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

*(b190103073@subu.edu.tr)

Özet – İçten yanmalı motorlarda kullanılan motor yağları direkt olarak motor performansı, verimliliği ve parça ömrü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle motorlarda kullanılan yağlayıcıların seçimi önemlidir. Motorlarda verim ve güç kaybının etkileyen en önemli parçalar segman-silindir çiftidir. Segman-silindir çifti arasında meydana gelen sürtünme motorlardaki mekanik verim kaybına neden olmaktadır. Ayrıca, motorlarda oluşan farklı yağlama rejimleri segman-silindir çifti arasında meydana gelen aşınma ve sürtünmeye etkisi büyüktür. Segman-silindir çifti arasında meydana gelen sürtünme ve aşınma miktarının belirlenmesi için aşınma test cihazında deneyler yapılmıştır. Çalışmada, farklı yağlayıcıların (10W40 ve 5W30) aşınma test cihazında farklı devir ve yük altında segman-silindir çifti arasında meydana gelene aşınma miktarı ve sürtünme katsayısı incelenmiştir. Deneysel çalışma sonucunda, yağlayıcı olarak 10W40 yağı kullanılması durumunda 5W30 yağlama yağını göre daha düşük sürtünme katsayısı elde edilmiştir. Maksimum sürtünme katsayısı ise 5W30 yağlama yağında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Sürtünme, Aşınma, Segman, Silindir, Motor Yağları

I. GİRİŞ

İçten yanmalı motorlar, otomotiv, denizcilik, havacılık ve endüstriyel sektörlerde yaygın olarak kullanılan güç üniteleridir. Bu motorlar, yüksek verimlilik, güç ve dayanıklılık sağlamak için doğru yağlama sistemlerine ihtiyaç duyar [1]. Motor yağları, içten yanmalı motorların performansını, verimliliğini ve ömrünü doğrudan etkileyen kritik bir bileşendir. Bu nedenle, motorlarda kullanılan yağlayıcıların doğru seçimi ve performanslarının değerlendirilmesi büyük önem taşır [2].

Segman-silindir çifti, içten yanmalı motorlarda sürtünme ve aşınma kaynaklı enerji kayıplarının önemli bir kaynağıdır. Bu nedenle silindir-segman çifti arasındaki sürtünme ve aşınma mekanizmaların iyi incelenmesi gerekmektedir [3]. Segman-silindir çifti arasındaki sürtünme direkt olarak motor verimliliği, yakıt tüketimini etkilemektedir[4]. Ayrıca segman-silindir çifti arasındaki sürtünme motor ömrünü etkileyen bir parametredir. Bu

nedenle, segman-silindir çifti arasındaki sürtünme ve aşınma mekanizmalarının anlaşılması ve kontrol altına alınması, motor performansının ve ömrünün artırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. [5]

Segman-silindir çifti arasındaki aşınma ve sürtünme miktarı malzeme kadar kullanılan yağlama yağlarına da bağlıdır. Yağlayıcıların iyi yağlama özellikleri ve viskozitesi direkt olarak sürtünme katsayısının azalmasında neden olmaktadır [6]. Bu nedenle motorlarda kullanılan yağların iyi seçilmesi ve kullanım koşulların belirlenmesi önemlidir. Segman-silindir çifti arasında meydana gelen hidrodinamik yağlama rejimi ile malzeme-malzeme temasları kesilerek sürtünme ve aşınma miktarı azaltılmaktadır [7].

İçten yanmalı motorlarda meydana gelen mekanik kayıplar üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. Sung ve ark. [8], segman-silindir çifti arasında meydana gelen sürtünme katsayısını deneysel olarak incelemiştir. Deneysel çalışma sonucunda,

sınır yağlamanın gözlemlendiği ölü nokta konumlarında maksimum sürtünme katsayısının oluştuğunu, piston hızının en yüksek değere ulaştığı orta strok boyunca ise minimum sürtünme katsayısının olduğunu tespit etmişlerdir. 5W30 yağlama yağı kullanarak gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda, sürtünme katsayısının ölü noktalarda 0.14, orta strok boyunca 0.03 olduğunu tespit etmişlerdir. Tung ve ark. [9], bir aşınma cihazında farklı yağlayıcıların ve farklı kaplamalı segmanların aşınma ve sürtünme karakteristiklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, molibden içerikli yağlama yağı organik yağlayıcı göre daha düşük sürtünme katsayısı elde edilmiştir. Truhan ve ark. [10], bir aşınma cihazında segman-silindir çifti arasında meydana gelen sürtünme ve aşınmayı incelemişlerdir. Aşınma cihazında farklı yağlama yağları kullanmışlardır. Farklı yağlayıcılar kullanılarak gerçekleştirilen aşınma deney sonuçlarına göre, sürtünme katsayısında olduğu gibi, en az aşınma miktarı 15W40 kullanılmış yağ ile elde edildiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada motorlarda maksimum sürtünme ve aşınmanın meydana geldiği düşük devirler ve farklı yükler altında, yağlayıcı olarak 10W40 yarı sentetik yağ ile 5W30 tam sentetik yağlama yağlarının kullanılması durumunda segman-silindir çifti arasında meydana gelen aşınma davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda, farklı yağlayıcıların sürtünme katsayıları, aşınma hızları ve aşınma mekanizmaları üzerindeki etkileri araştırılacaktır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Aşınma miktarı ve sürtünme katsayısının belirlenmesi amacıyla aşınma test cihazı kullanılmıştır. Aşınma cihazının çalışma prensibi içten yanmalı motorların çalışma prensibi gibi doğrusal hareket etmektedir (Şekil1). Sürtünme kuvvetini ölçmek için 15 kg kapasiteli ve C3 serili 1 g hassasiyetli bir yük hücresi kullanılmıştır. Yük hücresinden belirlenen sürtünme kuvveti değerleri indikatör vasıtasıyla okunup RS232 bağlantısıyla bilgisayara aktarılmıştır.

Aşınma cihazında hareketi sağlayan bir DC motor sağlamaktadır. DC motoru kumanda eden bir sürücü vasıtasıyla deney cihazının farklı devirlerde çalıştırılması sağlanmıştır. Deneysel çalışma esnasında deney ortamının sıcaklığının her deney şartında aynı olması amacıyla gömlek numunesi altında fişek ısıtıcılar kullanılmıştır. Sıcakların

kontrol edilmesi amacıyla devre kontrol amaçlı termostat kullanılmıştır.



Şekil 1. Aşınma cihazı görünüşü

Sürtünme katsayısının belirlenmesinde normal yükün belirlenmesi için segman numunesine ağırlıklar asılarak sağlanmıştır. Sürtünme katsayısı belirlenmesinde yük hücresi yardımıyla ölçülen sürtünme kuvvetin ortalaması alınarak sürtünme katsayısı belirlenmiştir. Deneysel çalışmada çalışma şartları; 50, 75 ve 100 d/d çalışma devri ve normal yükler için ise 40, 60 ve 80 N olarak seçilmiştir.

Segman-silindir çifti arasındaki sürtünme ve aşınma karakteristiklerin incelenmesi için yapılan deneysel çalışmada her deney aşamasında yeni segman ve gömlek numunesi kullanılmıştır. Deneylerde, yağlama yağının çalışma sıcaklığı 30 °C'de olarak alınmıştır. Çalışma sıcaklığın sabit tutulması amacıyla aşınma cihazında ısıtıcı ve kontrol düzeneği kullanılmıştır. Aşınma deneylerinde aşınma miktarı 500 m kayma yolu için tespit edilmiştir.

Deneylerde, aşınma miktarının tespiti ağırlık fark metodu ile belirlenmiştir. Aşınma miktarı tespitinde 0,0001 g hassasiyetinde bir hassas terazi kullanılmıştır. Deneylerde gömlek ve segman numunesi deney öncesi ve sonrası etil alkol ile temizlenip kurutulmuştur. Ölçülen değerlerin farkı alınarak aşınma miktarları belirlenmiştir.

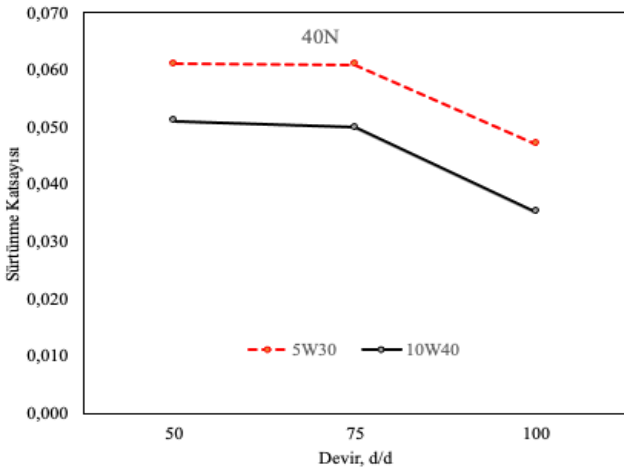
Deneylerde yağlayıcı olarak 5W30 ve 10W40 yağlayıcılar sırasıyla kullanılmıştır. Yağlayıcılar saatte 0,5 ml akış oranında damlama usulü verilmiştir. Deneylerde kullanılan yağlayıcıların özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan yağlayıcıların özellikleri

Özellikler	Standartlar	5W30 Yağ	10W40 Yağ
Kinematik Viskozite 40°C mm ² /s	ASTM D 445	72.4	84.1
100°C mm ² /s			
Viskozite İndeksi	ASTM D2270	158	156
Yoğunluk 15°C kg/m ³	ASTM D1298	860	866
Akma Noktası	ASTM D 97	-45	-42

III. BULGULAR

Bu çalışmada segman-silindir çifti arasındaki tribolojik özellikler incelenmiştir. Şekil 2’de farklı derilere göre 40 N yük altında segman-silindir çifti arasındaki sürtünme katsayısı değişimi veren grafik verilmiştir. Şekilde yağlama yağları motor devrine bağlı olarak değişmektedir. Motor devri arttıkça sürtünme katsayısı azalmaktadır. Maksimum sürtünme katsayısı 50 d/d’da elde edilir iken minimum sürtünme katsayısı ise 100 d/d’da elde edilmiştir. Motor devri arttıkça artan piston hızına bağlı olarak segmana etki eden teğetsel kuvvette meydana gelen düşmenin sonucunda sürtünme katsayısını değişime neden olmaktadır.

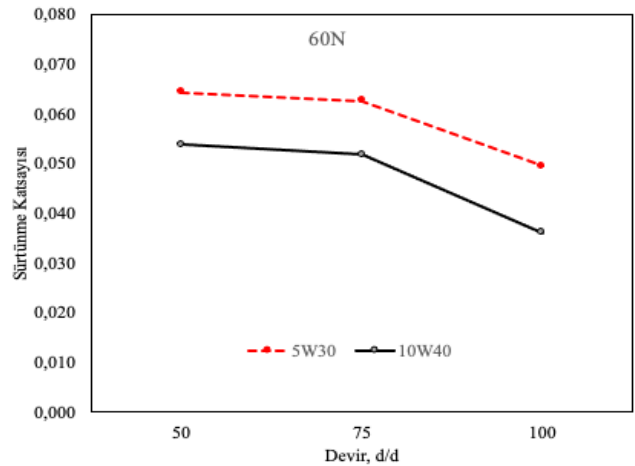


Şekil 2. 5W30 ve 10W40 yağlama yağlarının 40N yük altında sürtünme katsayısının değişimi

Yağlama yağları karşılaştırıldığında; yağlama yağı olarak 10W40 yağı kullanılması durumunda tüm devirlerde 5W30 yağlama yağına göre sürtünme katsayısında daha düşük değerler elde edilmiştir. 40N yükte 5W30 ve 10W40 yağlarının sırasıyla maksimum sürtünme katsayısı değerleri; 0,061 ve 0,051’ dir. Minimum sürtünme katsayısı değerleri ise sırasıyla; 0,047 ve 0,035’dir. 10W40

yağlama yağının 5W30 yağlama yağına göre daha düşük sürtünme katsayısına sahip olma nedeni; 10W40 yağlama yağının viskozite değeri daha yüksek olması segman-silindir çifti arasında hidrodinamik yağlama rejiminin hakim olduğu anlaşılmaktadır.

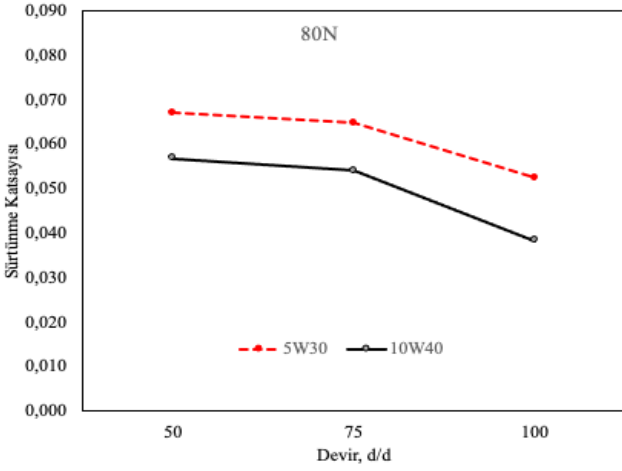
Şekil 3’de 60 N yük altında segman-silindir çifti arasında meydana gelen sürtünme katsayısı değişimi görülmektedir. Şekil incelendiğinde, yağlayıcı olarak 10W40 yağı kullanımında elde edilen sürtünme katsayısı değerleri, 5W30 yağlama yağı kullanılması durumunda tüm devirlerde daha düşük sürtünme katsayısı elde edilmiştir. Segman-silindir çifti arasında meydana gelen sürtünme katsayısı değişim incelendiğinde; maksimum sürtünme katsayısı 5W30 yağlama yağında 50 d/d’da 0,064 iken 10W40 yağlama yağında ise aynı şartlarda ise 0,053’dür. Minimum sürtünme katsayısı değerleri ise 5W30 yağlama yağında 100 d/d’da 0,049 iken 10W40 yağlama yağında ise aynı şartlarda ise 0,036’dür.



Şekil 3. 5W30 ve 10W40 yağlama yağlarının 60N yük altında sürtünme katsayısının değişimi

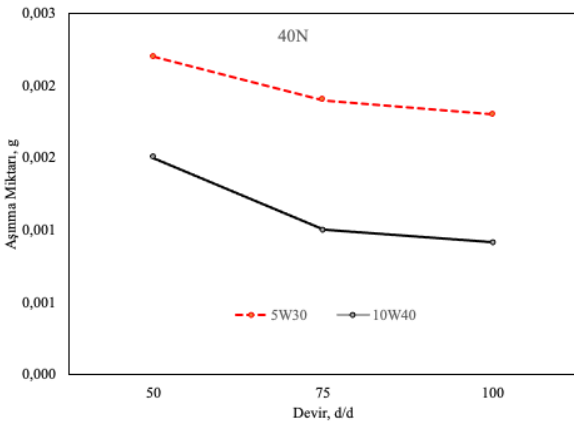
Şekil 4’de 80 N yük altında segman-silindir çifti arasında meydana gelen sürtünme katsayısı değişimi görülmektedir. Şekil incelendiğinde, yağlayıcı olarak 10W40 yağı kullanımında elde edilen sürtünme katsayısı değerleri, 5W30 yağlama yağı kullanılması durumunda tüm devirlerde daha düşük sürtünme katsayısı elde edilmiştir. Segman-silindir çifti arasında meydana gelen sürtünme katsayısı değişim incelendiğinde; maksimum sürtünme katsayısı 5W30 yağlama yağında 50 d/d’da 0,066 iken 10W40 yağlama yağında ise aynı şartlarda ise 0,056’dür. Minimum sürtünme katsayısı değerleri ise 5W30 yağlama yağında 100

d/d'da 0,0452 iken 10W40 yağlama yağında ise aynı şartlarda ise 0,038'dir.



Şekil 4. 5W30 ve 10W40 yağlama yağlarının 80N yük altında sürtünme katsayısının değişimi

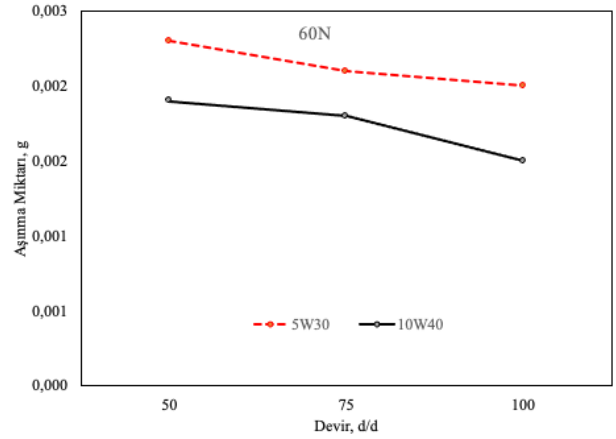
Şekilde 5'de 40 N yük altında segman-silindir çifti arasında meydana gelen segman aşınma miktarlarını gösteren grafik verilmiştir. Şekil incelendiğinde segmanda minimum aşınma miktarı 10W40 yağlama yağında elde edilmiştir. Maksimum segman aşınma miktarı ise 5W30 segmanda elde edilmiştir. Segman aşınma miktarları incelendiğinde; maksimum segman aşınma miktarı 5W30 yağlama yağında 50 d/d'da 0,0022 g iken 10W40 yağlama yağında ise aynı şartlarda ise 0,0015g'dır. Minimum segman aşınma miktarları değerleri ise 5W30 yağlama yağında 100 d/d'da 0,0018 g iken 10W40 yağlama yağında ise aynı şartlarda ise 0,0009g'dır.



Şekil 5. 5W30 ve 10W40 yağlama yağlarının 40N yük altında segman aşınma miktarı değişimi

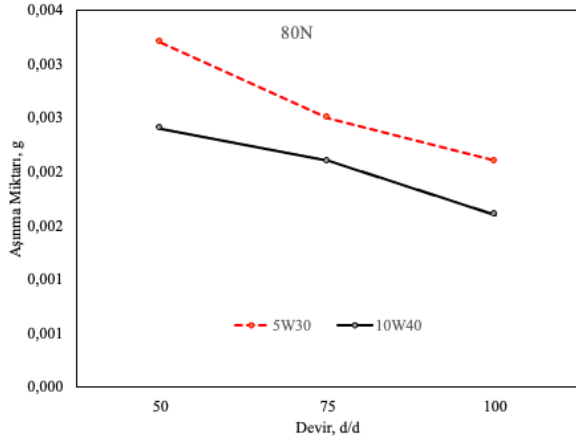
Şekilde 6'da 60 N yük altında segman-silindir çifti arasında meydana gelen segman aşınma miktarlarını gösteren grafik verilmiştir. Şekil incelendiğinde

segmanda minimum aşınma miktarı 10W40 yağlama yağında elde edilmiştir. Maksimum segman aşınma miktarı ise 5W30 segmanda elde edilmiştir. Segman aşınma miktarları incelendiğinde; maksimum segman aşınma miktarı 5W30 yağlama yağında 50 d/d'da 0,0023 g iken 10W40 yağlama yağında ise aynı şartlarda ise 0,0019 g'dır. Minimum segman aşınma miktarları değerleri ise 5W30 yağlama yağında 100 d/d'da 0,0020 g iken 10W40 yağlama yağında ise aynı şartlarda ise 0,0015 g'dır.



Şekil 6. 5W30 ve 10W40 yağlama yağlarının 60N yük altında segman aşınma miktarı değişimi

Şekilde 7'de 80 N yük altında segman-silindir çifti arasında meydana gelen segman aşınma miktarlarını gösteren grafik verilmiştir. Şekil incelendiğinde segmanda minimum aşınma miktarı 10W40 yağlama yağında elde edilmiştir. Maksimum segman aşınma miktarı ise 5W30 segmanda elde edilmiştir. Segman aşınma miktarları incelendiğinde; maksimum segman aşınma miktarı 5W30 yağlama yağında 50 d/d'da 0,0032 g iken 10W40 yağlama yağında ise aynı şartlarda ise 0,0024 g'dır. Minimum segman aşınma miktarları değerleri ise 5W30 yağlama yağında 100 d/d'da 0,0021 g iken 10W40 yağlama yağında ise aynı şartlarda ise 0,0016 g'dır.



Şekil 7. 5W30 ve 10W40 yağlama yağlarının 80N yük altında segman aşınma miktarı değişimi

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada, farklı motor yağlayıcıların segman-silindir çifti arasındaki sürtünme ve aşınma özelliklerine olan etkileri incelenmiştir. Deneyler bir aşınma test cihazında gerçekleştirilmiş deneyler sonucunda elde edilen bulgular şunlardır:

- Farklı yağlayıcılar arasında sürtünme katsayısı açısından belirgin farklılıklar gözlenmiştir. 10W40 yağlayıcı kullanıldığında, 5W30 yağlama yağına kıyasla daha düşük sürtünme katsayısı elde edilmiştir. Bu sayede segman-silindir çifti arasında daha düşük sürtünme katsayısı ile motor veriminin artmasına neden olmaktadır.

- Aşınma testleri sonucunda, 10W40 yağlayıcının segman-silindir çifti üzerinde daha düşük aşınma miktarına yol açtığı tespit edilmiştir. Bu yağlayıcı ile segman-silindir arasında daha düşük aşınmaya neden olarak malzeme ömrünü uzatmaktadır.

- Ayrıca, farklı devir ve yük altında yapılan deneylerde, yağlayıcıların performansının değişebileceği gözlenmiştir. Belirli bir devir ve yük aralığında, 10W40 yağlayıcının daha iyi performans gösterdiği saptanmıştır. Ancak, daha geniş bir hız ve yük aralığında yapılan deneylerin yapılması, daha kesin sonuçların elde edilmesini sağlayabilir.

Bu bulgular, motor yağlayıcılarının segman-silindir çifti arasındaki sürtünme ve aşınma özelliklerine etkisini anlamamıza yardımcı olmuştur. 10W40 yağlayıcının daha düşük sürtünme katsayısı ve aşınma miktarı sağladığı göz önüne alındığında, bu yağlayıcının motor performansını ve ömrünü iyileştirmek için tercih edilebileceği sonucuna varılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmiş ve TÜBİTAK 2209A lisans projeleri kapsamında gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Y. Cho, J. Park, B. Ku, J.Lee, W.G. Park, J. Lee, J., Synergistic effect of a coating and nano-oil lubricant on the tribological properties of friction surfaces. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 13(1), 97–102, 2012.
- [2] S. Johansson, P.H. Nilsson, R. Ohlsson, R., & B.G. Rosén, B.-G., Experimental friction evaluation of cylinder liner/piston ring contact. *Wear*, 271(3), 625–633, 2011
- [3] J.J. Truhan, J. Qu, P.J. Blau, The effect of lubricating oil condition on the friction and wear of piston ring and cylinder liner materials in a reciprocating bench test. *Wear*, 259(7), 1048–1055, 2005.
- [4] M. Priest, C. Taylor, Automobile engine tribology—approaching the surface. *Wear* 2000; 241: 193–203.
- [5] İ. Cesur, V. Ayhan, A. Parlak, Ö. A. Savaş, Z. Aydın, The Effects of Different Fuels on Wear between Piston Ring and Cylinder. *Adv Mech Eng* 2014; 6:503212. <https://doi.org/10.1155/2014/503212>.
- [6] R. Taylor, Engine friction: The influence of lubricant rheology. *Proc IMechE, Part J: J Engineering Tribology* 1997; 211: 235–246.
- [7] H. Kahraman, İ. Cesur, B. Eren, A. Çoban, Biyodizel Yakıt Kullanan İçten Yanmalı Motorlarda Aşınma-Sürtünme Optimizasyonu ve Tahmini için Taguchi ve Yapay Sinir Ağı Uygulaması, *Politeknik Dergisi* (): 1-1.
- [8] S.W. CHO, S.M. CHOİ, C.S. BAE, Frictional models of barrel shaped piston rings under foolded lubrication, Department of Mechanical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, KAIST 373-1,1 June 2000.
- [9] S.C. Tung, H. Gao, Tribological characteristics and surface interaction between piston ring coatings and a blend of energy-conserving oils and ethanol fuels. *Wear* 2003; 255:1276–85. [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(03\)00240-0](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(03)00240-0).
- [10] J.J. Truhan, J. Qu, P.J. Blau, A rig test to measure friction and wear of heavy duty diesel engine piston rings and cylinder liners using realistic lubricants. *Tribology International*, 38(3), 211–218., 2005