

## Direkt Enjeksiyonlu Bir Dizel Motorunda Stabilize Emülsife Yakıt Kullanımının Etkilerinin İncelenmesi

<sup>1</sup>Serdar Tunca, <sup>\*2</sup>Vezir Ayhan, <sup>3</sup>Yusuf Çay, <sup>4</sup>İdris Cesur

<sup>1</sup>TÜVTÜRK, Sakarya, Türkiye

<sup>2,3,4</sup>Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

### Öz

Buji ateşlemeli motorlara göre daha yüksek sıkıştırma oranlarında çalıştırılabilen dizel motorlarının termik verimleri oldukça yüksektir. Aynı zamanda çok daha fakir karışım ile çalıştırlarından özgül yakıt sarfiyatları ve kısmi eksik yanma ürünü olan CO ve HC emisyonları da çok düşük seviyededir. Ancak bu parametreler yukarıda sayılan üstünlüklerin sağlanmasının yanında NOx emisyonlarının oluşumunu olumsuz yönde etkilediğinden dizel motorlar için en büyük problem NOx emisyonlarının yüksek olmasıdır ve bu emisyonların azaltılması için silindir içi sıcaklığın düşürülmesi gerekmektedir. NOx emisyonlarının kontrolü için günümüze kadar birçok yöntem kullanılmıştır. Ancak, kontrol için kullanılan yöntemlerin birçoğu motor performansını olumsuz etkilemekte veya taşıt maliyetlerini aşırı derecede yükseltmektedir. Bu günlerde stabilize emülsife yakıt kullanımı NOx emisyonlarının azaltılmasında kullanılan etkili yöntemlerden biridir. Bu çalışmada direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda farklı oranlarda stabilize emülsife yakıt kullanımının motor performans, emisyon parametrelerine etkileri deneysel olarak, adyabatik alev sıcaklığına etkisi ise teorik olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda, emülsife yakıt kullanımı durumunda motor momenti ve efektif gücünde çok az bir azalma olmasına karşın özgül yakıt sarfiyatı ve efektif verimde kayda değer iyileşmeler meydana gelmiştir. Emülsife yakıt kullanımında adyabatik alev sıcaklığının düşmesine bağlı olarak, dizel motorları için büyük problem olan NOx emisyonlarında dikkate değer oranlarda azalmalar meydana geldiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Stabilize emülsife yakıt, performans, emisyon, NOx

## Investigation of the Effects of Using Stabilized Emulsified Fuel in a Direct Injection Diesel Engine

### Abstract

Compared to spark ignition engines, the thermal efficiency of diesel engines, which can be operated at higher compression ratios, is quite high. At the same time, since they work with much poorer mixture, specific fuel consumption and CO and HC emissions, which are partial incomplete combustion products, are also very low. However, since these parameters besides providing, the above-mentioned advantages affect the formation of NOx emissions negatively and the biggest problem for diesel engines is the high NOx emissions. In order to reduce NOx emissions, in cylinder temperature must be reduced. Many methods have been used to reduce NOx emissions so far. However, many of the methods used to reduce NOx emissions adversely affect engine performance or increase vehicle costs to an extreme extent. Nowadays, the use of stabilized emulsified fuel is one of the effective methods for reducing NOx emissions. In this study, the effects of stabilized emulsified fuel use at the different ratios on a direct injection diesel engine performance, emission parameters were investigated experimentally and on adiabatic flame temperature was investigated the theoretically. As a result of study, despite the slight decrease in engine torque and effective power in the case of the use of emulsified fuel, in specific fuel consumption and effective efficiency significant improvements have occurred. It has been found that, depending on the decrease in adiabatic flame temperature in the use of emulsified fuel, NOx emission, which is a major problem for diesel engines, were decreased considerably.

**Keywords:** Stabilized emulsified fuel, performance, emission, NOx

### 1. GİRİŞ

Benzin motorlarına göre bütün çalışma şartlarında daha verimli olmaları ve özgül yakıt tüketimlerinin

daha düşük olmasından dolayı dizel motorlarının kullanımı her geçen gün artmaktadır[1]. Özellikle taşımacılık ve ulaşımda dünya genelinde tercih edilen en önemli güç kaynaklarının başında

\*Sorumlu Yazar: Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği, 54187, Sakarya, Türkiye, E mail: ayhan@sakarya.edu.tr, Tel: 0264 2956530

gelmektedir. Ancak yüksek sıkıştırma oranı ve fakir karışım ile çalışmaları azot oksit (NO<sub>x</sub>) emisyonlarının daha yüksek salınımına neden olmaktadır. NO<sub>x</sub> emisyonlarının oluşum reaksiyonlarını hızlandıran en etkili faktör yanma odasında meydana gelen yüksek sıcaklıklardır[2]. Yürürlüğe giren katı yasal düzenlemeler özellikle bu emisyon değerlerinin düşürülmesini zorunlu hale getirmektedir. NO<sub>x</sub> emisyonlarının azaltılması için uygulanan yöntemlerden birçoğu motor performansını olumsuz etkilemektedir. Bundan dolayı araştırmacılar ve imalatçılar motor performans parametrelerinde azalma olmaksızın bu emisyon değerlerini düşürecek alternatif yakıtlar ve yakıt katkıları üzerine çalışmalarını yoğunlaştırmaktadır. NO<sub>x</sub> emisyonlarının azaltılması için ümit verici yöntemlerden biri de stabilize emülsife yakıt kullanımıdır.

Emülsife yakıt dizel motorlarında iki türlü kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi dizel yakıtın içerisine belirli oranda su karıştırılmak suretiyle elde edilmektedir. Bu yöntemde faz ayrışması problemi meydana geldiği için çok fazla tercih edilmektedir. Diğer yöntemde ise dizel yakıtına karıştırılan su, yüzey aktif bir madde ile dizel yakıtına bağlanarak faz ayrışması önlenmektedir. Bu şekilde hazırlanan emülsife yakıtlara stabilize emülsifi yakıt adı verilmektedir[3,4]. Emülsife yakıt kullanımında silindir içi sıcaklık düşürülerek NO<sub>x</sub> emisyonlarında kayda değer oranda azalmalar sağlanabilmektedir[2,3,5-10].

Emülsife yakıt kullanımı durumunda silindir içerisine suyun gönderilmesi durumunda mikro patlamaların etkisiyle atomizasyon ve karışım kalitesinin arttığı ve bu sayede yanma veriminin iyileştiği[4], NO<sub>x</sub> emisyonları ile birlikte İs emisyonlarının da azaltıldığı vurgulanmaktadır [11]. Bazı araştırmacılara göre ise emülsife yakıt kullanımında partikül madde (PM) ve is emisyonlarında artmaların meydana geldiği tespit edilmiştir[12]. Yapılan birkaç çalışmada, emülsife yakıt ile NO<sub>x</sub> emisyonlarının ve özgül yakıt sarfiyatının (ÖYS) azaldığını, CO ve HC emisyonlarında ise bir miktar artmaların meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir[7,13,14]. Yoshimoto et al.[15] motorda emülsife yakıtların kullanılması durumunda silindir içerisinde suyun kinematik viskozitesi etkisiyle mikro patlamaların meydana geldiğini ve bu sayede efektif verimin iyileştiğini emisyonların azaldığını ileri sürmüşlerdir. Ayhan[3], stabilize emülsife yakıt kullanımının motor performans ve emisyon karakteristiklerine etkisini deneysel olarak incelemiştir. Çalışması sonucunda, motor momenti ve gücünde bir miktar azalma, ÖYS ve efektif verimde dikkate değer oranda iyileşmelerin olduğunu, NO<sub>x</sub> emisyonlarında ise önemli oranlarda azalmanın

meydana geldiğini tespit etmiştir. Greeves ve ark. [14] çalışmalarında, su damlacıklarının buharlaşması esnasında yakıtta göre daha fazla ısı çektiğini bu sebepten dolayı silindir içi sıcaklığı düşürerek NO<sub>x</sub> emisyonlarını azalttığını fakat is ve PM emisyonlarını arttırdığını ileri sürmüşlerdir. Abu-Zaid, [16] direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda farklı oranlarda emülsife yakıt kullanımının yanma verimini iyileştirdiğini; motor momentinde artma, özgül yakıt sarfiyatında ise azalmaların meydana geldiğini tespit etmiştir. Wang ve Chen, [17] emülsife yakıt kullanımının yakıt damlacık çapı üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışmalarında, yanma hızının saf yakıtlara göre emülsife yakıtlarda önemli ölçüde arttığını tespit etmişlerdir. Bunun nedeninin suyun mikro patlamalarla yakıtı parçalayarak atomizasyon kalitesinin arttığını ve bunun tutuşma gecikmesini kısalttığını iddia etmektedirler. Baskar ve Kumari [18] emülsife yakıt ve emme manifolduna ilave oksijen verildiğinde efektif ve yanma veriminin iyileştiği ve HC emisyonlarında azalmalar olduğunu tespit etmişlerdir. Seifi ve ark. [19], deneysel olarak farklı oranlarda (hacimsel olarak % 2, % 5, % 8 ve % 10) dizel yakıt içerisine su ilavesinin motor performansı ve gürültü üzerine etkileri incelemiştir. Deneysel çalışma, farklı devir ve yük şartları altında gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda, % 2 su oranında hem motor performans parametrelerinde hem de gürültü emisyonlarında iyileşmeler tespit etmişlerdir. Su oranı arttıkça motor performansı ve gürültü emisyonları arttığını saptamışlardır.

Bu çalışmada, tek silindirli, DI, 4 zamanlı bir dizel motorunda farklı oranlarda stabilize emülsife yakıt kullanımının motor performans ve emisyon parametrelerine etkileri tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde deneysel olarak araştırılmıştır. Emülsife yakıt kullanımının adyabatik alev sıcaklığına etkisi ise teorik olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar standart dizel verileri ile karşılaştırılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

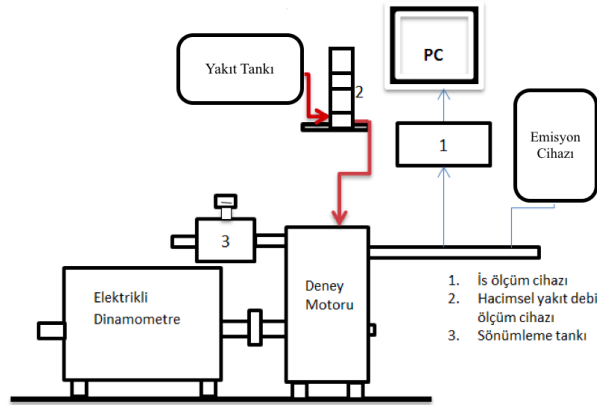
Deneysel çalışmalar DI, tek silindirli, çanak pistonlu, tabii emişli bir dizel motorunda gerçekleştirilmiştir. Tablo 1' de deneysel çalışmalarda kullanılan motorun özellikleri verilmiştir. Motor 20 kW' lık elektrikli tip bir dinamometreye bağlanmıştır. Deney motorunun üretmiş olduğu torkun ölçülmesi için "S" tipi bir yük hücresi kullanılmıştır. Deneylerden önce yük hücresinin kalibrasyon işlemleri hassas bir şekilde yapılmıştır. Deney düzeneğinin şematik şekli Şekil 1' de görülmektedir.

Deneyler tam yük şartlarında, dizel, E5 (%5 su+ %2 sürfektan+%93 dizel), E10 (%10 su+ %2

sürfektan+%88 dizel) ve E15 (%15 su+ %2 sürfektan+%83 dizel) yakıtları ile 5 farklı motor devrinde (1000, 1300, 1600, 1900 ve 2200 d/d) ve 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Motor için performansı optimum yapan püskürtme avansı üst ölü noktadan önce 34° KMA (krank mili açısı) olduğu tespit edilmiştir ve deneyler bu avans değerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Deney motoru teknik özellikleri

Motor Tipi	Süper Star
Piston Çapı [mm]	108
Strok [mm]	110
Silindir Sayısı	1
Strok Hacmi [dm <sup>3</sup> ]	1
Güç, 2200 d/d, [kW]	13
Enjektör Açma Basıncı [bar]	175
Püskürtme Avansı [Krank Açısı]	34
Sıkıştırma Oranı	17,5
Maksimum Devir [d/d]	2500
Soğutma Tipi	Su
Püskürtme Tipi	Direkt Enjeksiyon
Piston Tipi	Çanak Piston



Şekil 1. Deney düzeneği şematik şekli

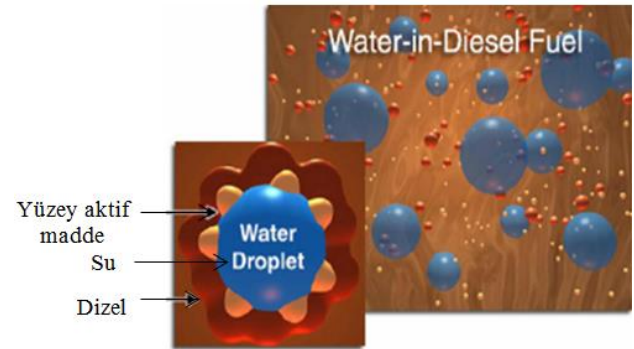
Egzozdan salınan NO, CO, HC, CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> emisyonlarının ölçülmesi için BOSCH marka BEA tipi gaz analiz cihazı, is emisyonlarının ölçülmesi için BİLSA marka is ölçüm cihazı kullanılmıştır. Yakıt sarfiyatı hacimsel olarak ölçülmüştür. Her bir yakıt için deneylerden önce yakıt hattındaki yakıtın tamamen boşalması için motor 20 dk. kısmi yükte çalıştırılmıştır. Soğutma sistemi kapalı tip bir sistemdir ve motor soğutma suyu çıkışı 70 °C' de sabit tutulmuştur. Deney düzeneğinde kullanılan cihazların ölçüm hassasiyetleri dikkate alınarak sistematik ve rastlantısal belirsizlikler belirsizlik analizi yöntemine göre hesaplanmıştır. Tablo 2' de kullanılan cihazların hata oranları ve hesaplanan toplam belirsizlik değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Cihazların hata oranları ve toplam belirsizlikler

Parameters	Sistematik Hata, ±
Yük, kg	0.1
Motor devri, d/d	1.0
Zaman, s	0.1
Sıcaklık, °C	1
Yakıt Tüketimi, s	0.01
NO, ppm	Ölçülen değerin %5'i
O <sub>2</sub>	Hacimsel % 0.1
CO, %	Hacimsel % 0.03
CO <sub>2</sub> , %	Hacimsel % 0.5
HC, ppm	Ölçülen değerin %5'i
Smoke, %	% 1
	<b>Toplam Belirsizlik, %</b>
Özgül Yakıt Sarfiyatı, g/kWh	1.5
Döndürme Momenti, Nm	1
Efektif Güç, kW	1.3
Efektif Verim, %	1.5

### 3. STABİLİZE EMÜLSİFE YAKITLARIN ÜRETİLMESİ

Stabilize emülsife yakıtların eldesinde faz ayrışmasının önlenmesi ve suyun yakıt sistemine zarar vermemesi için yüzey aktif madde yardımıyla su ve yakıt birbirine bağlanmıştır. Yüzey aktif madde (stabilizatör) olarak Span 80 kullanılmıştır. Optimum yüzey aktif madde oranı deneysel olarak tespit edilmiştir. Yüzey aktif madde kullanılarak hazırlanan emülsife yakıtların yapısı merkezde su, suyun dışında yüzey aktif madde ve en dışta dizel yakıtı olacak şekilde bir atomik yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Şekil 2' de yüzey aktif madde kullanılarak hazırlanan emülsife yakıtın şekli verilmiştir[1].

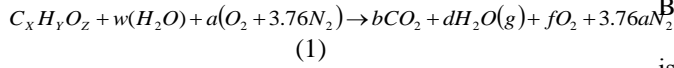


Şekil 2. Stabilize emülsife yakıt yapısı

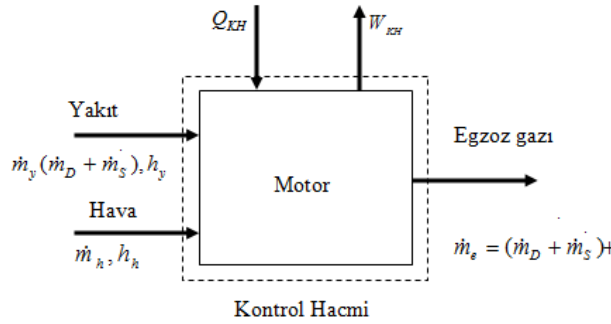
Emülsife yakıtlar kütle oranlarında hazırlanmıştır. Su, dizel ve yüzey aktif madde ağırlıkları 0.01 g hassasiyetinde ölçülmüştür. Karışımın hazırlanmasında elektrikli tip mekanik karıştırıcı kullanılmıştır ve karışım 1 saat boyunca 1600 d/d hızda karıştırılmıştır.

#### 4. ADYABATİK ALEV SICAKLIĞININ HESAPLANMASI

Adyabatik alev sıcaklığının hesaplanmasında genel yanma reaksiyonu kullanılmıştır. Dizel motorda dizel ve emülsife yakıt kullanımı için genel yanma reaksiyonu Denklem 1' de verilmiştir.



Fakir karışımla çalışan dizel motorları için yanma ürünleri içerisinde  $O_2$ 'ninde olmasından dolayı adyabatik alev sıcaklığının hesaplanması için 4 farklı yanma ürününün dikkate alınması gerekmektedir. Şekil 3' de termodinamik analiz için kullanılan açık sistem için kontrol hacmi verilmiştir.



Şekil 3. Termodinamik açık sistem

Hesaplamalarda aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

1. Yanma işleminin adyabatik şartlarda gerçekleştiği,
2. Akışın kararlı olarak gerçekleştiği,
3. Reaksiyona giren yakıt, hava ve ürünlerin basıncı ve sıcaklığı standart referans halde olduğu ( $P=100$  kPa,  $T=298$  K) kabul edilmiştir,
4. Dizel yakıtının kapalı formülü  $C_{15}H_{30}$  dur.
5. Ürünler den çıkan su buhar fazındadır.

Reaksiyonlar adyabatik şartlarda gerçekleştiği için sistemden ısı girişi çıkışı yoktur ( $Q_{CV} = 0$ ) ve sisteme iş-giriş çıkışı da yoktur ( $W_{CW} = 0$ ). Reaksiyona girenlerin (yakıt ve hava) oluşum entalpileri ve ürünlerin entalpi eşitliği aşağıdaki (denklem 2) gibidir.

$$H_G = H_U \quad (2)$$

Burada,  $H_G$  ve  $H_U$  sırasıyla girdilerin ve ürünlerin toplam entalpi değerlerini göstermektedir. Denklem

3' de girdilerin ve ürünlerin toplam entalpi eşitliği verilmiştir.

$$\sum_G n_i (\bar{h}_{oi} + \Delta \bar{h})_i = \sum_U n_j (\bar{h}_{oj} + \Delta \bar{h})_j \quad (3)$$

Burada,  $\bar{h}_{oi}^o$  oluşum entalpisini,  $\Delta \bar{h} = (\bar{h} - \bar{h}^o)$

ise girdilerin ve ürünlerin duyulur entalpi değerlerini göstermektedir. Adyabatik alev sıcaklığı  $H_G$  ve  $H_U$ 'nin birbirine eşitlenmesi ile hesaplanmaktadır. Tablo 2' de çalışmada kullanılan yakıtlar için hesaplanan adyabatik alev sıcaklıkları ve standart duruma göre meydana gelen değişimler verilmiştir.

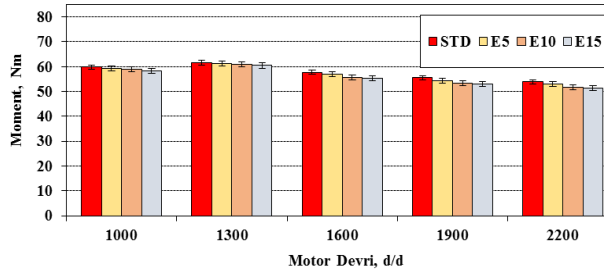
Tablo 2. Dizel ve emülsife yakıtlar için adyabatik alev sıcaklığı ve standart duruma göre değişim oranları

Yakıt	$w$ $\frac{kmol H_2O}{kmol Yak.}$	$T_{AD}$ K	$\Delta T, \%$
STD	0	2108.8	
E5	0.725	2093.3	-0.74
E10	1.530	2076.4	-0.81
E15	2.431	2057.8	-0.90

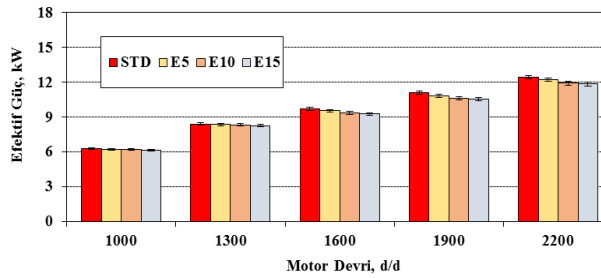
#### 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Dizel, E5, E10 ve E15 yakıtları kullanılarak tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde elde edilen motor döndürme momenti ve efektif güç değerlerindeki değişimler sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5' de verilmiştir. Motorda maksimum tork 1300 d/d' da maksimum efektif güç ise 2200 d/d' da ölçülmüştür. Standart durumda 61.6 Nm olarak ölçülen motor tork değeri, E5 yakıtı kullanıldığında 61.2 Nm ve E10 kullanımında 61 Nm ve E15 kullanıldığında ise 60.4 Nm olarak ölçülmüştür. Standart durumda maksimum 12.42 kW olarak ölçülen efektif güç değeri E5 ile 12.2 kW, E10 ile 11.9 kW ve E15 kullanımında ise 11.8 olduğu tespit edilmiştir. Standart dizel verilerine göre emülsife yakıt kullanıldığında motor döndürme momenti ve efektif gücünde azalmaların meydana geldiği tespit edilmiştir. Emülsife yakıt içerisindeki su oranı arttıkça momentte ve efektif güç değerlerinde meydana gelen azalma miktarının da arttığı görülmektedir. Emülsife yakıt kullanımında motor moment ve efektif gücün azalmasının sebebi, bir çevrimde silindire gönderilen yakıt miktarı emülsife yakıt içerisindeki su oranı kadar azalmaktadır. Buda çevrim başına silindire gönderilen enerji miktarının

su oranı kadar azalmasına neden olmaktadır. Bu azalma miktarını düşündüğümüzde torkta ve güçte daha fazla oranda azalmaların olması gerekmektedir. Ancak suyun yüzey gerilmesinin yakıttan çok küçük olmasından dolayı yanma esnasında suyun silindir içerisinde mikropatlamalara neden olarak atomizasyon ve karışım oranını iyileştirdiği ve bu sayede yanma verimini artırdığı vurgulanmaktadır[7].

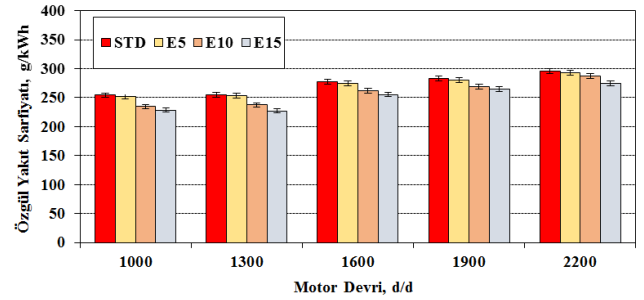


Şekil 4. Farklı devir sayılarında dizel ve emülsife yakıt kullanımında momentte meydana gelen değişimler



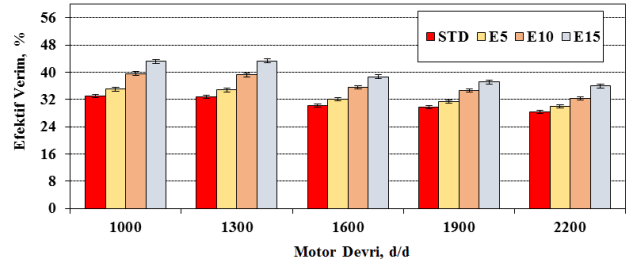
Şekil 5. Farklı devir sayılarında dizel ve emülsife yakıt kullanımında efektif güçte meydana gelen değişimler

Şekil 6' da tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde dizel ve farklı oranlarda emülsife yakıt kullanımı durumunda elde edilen özgül yakıt sarfiyatında (ÖYS) değişimler görülmektedir. Şekilden incelendiğinde motorda emülsife yakıtların kullanılması durumunda standart motor verilerine göre özgül yakıt sarfiyatında tüm motor devirlerinde azalmaların meydana geldiği görülmektedir. Emülsife yakıt içerisindeki su oranı arttıkça ÖYS' de meydana gelen azalma miktarı da artmıştır. Standart durumda 254.2 gr/kWh olarak hesaplanan ÖYS' tı E5 kullanımında 251.8 gr/kWh, E10 kullanımında 234.8 gr/kWh ve E15 kullanımında ise 228.2 g/kWh olarak hesap edilmiştir. Emülsife yakıtlar ile ÖYS' de %11'e varan oranlarda azalmalar elde edilmiştir. ÖYS' nin hesaplanmasında silindir içerisine birim kütle ile gönderilen yakıt debisinde emülsife yakıt içerisindeki su miktarı kadar azalma meydana geldiğinden ve efektif güç değerinde ise az miktarda azalmanın olması nedeniyle ÖYS' de düşmeler meydana gelmektedir.



Şekil 6. Farklı devir sayılarında dizel ve emülsife yakıt kullanımında özgül yakıt sarfiyatında meydana gelen değişimler

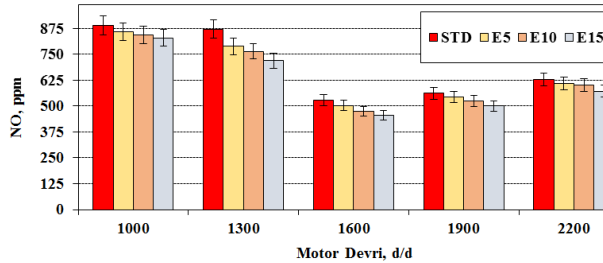
Şekil 7' de tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde dizel yakıtı ve 3 farklı emülsife yakıt kullanımı durumunda ölçülen motor efektif değişim değerleri görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi motorda emülsife yakıtların kullanılması durumunda standart motor verilerine göre dikkate değer oranlarda artmalar meydana gelmiştir. Emülsife yakıt içerisindeki su oranı arttıkça efektif verimde meydana gelen iyileşme miktarı da artmıştır. Standart durumda maksimum %32,9 olarak ölçülen efektif verim, E5 kullanımında %35, E10' da %39.6 ve E15 kullanımında ise %43 olarak bulunmuştur. Emülsife yakıtlar ile efektif verimde %23'e varan oranlarda iyileşmeler elde edilmiştir.



Şekil 7. Farklı devir sayılarında dizel ve emülsife yakıt kullanımında efektif verimde meydana gelen değişimler

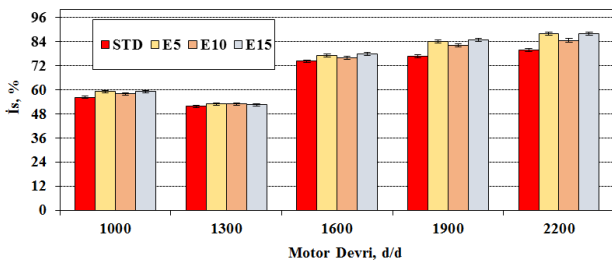
Dizel, E5, E10 ve E15 yakıtları kullanılarak tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde ölçülen NO emisyonu değerleri Şekil 8' de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi emülsife yakıtların kullanılması durumunda NO emisyonlarında azalmaların meydana geldiği görülmektedir. Emülsife yakıt içerisindeki su oranı arttıkça NO emisyon değerlerindeki azalma miktarı da artmıştır. NO emisyonlarının oluşmasına neden olan en büyük etken silindir içerisinde ulaşılan yüksek sıcaklıklardır. Emülsife yakıt içerisinde su kullanıldığından suyun özgül ısısının yüksek olmasına bağlı olarak silindir içerisinde ulaşılan maksimum sıcaklık değerleri azalmaktadır. Bu sıcaklığın düşmesi NO emisyonlarının azalmasına neden olmaktadır. Tablo 3' de dizel, E5, E10 ve

E15 yakıtı kullanılması durumunda hesaplanan adyabatik alev sıcaklığı değerleri sırasıyla 2108.8K, 2093.3K, 2076.4K, 2057.8K olarak hesaplanmıştır. Sıcaklık değerlerinde standart duruma göre, E5’de %0.74, E10’ da %0.81 ve E15’ de ise %0.90 oranlarında azalmalar olmuştur.



Şekil 8. Farklı devir sayılarında dizel ve emülsife yakıt kullanımında NO emisyonunda meydana gelen değişimler

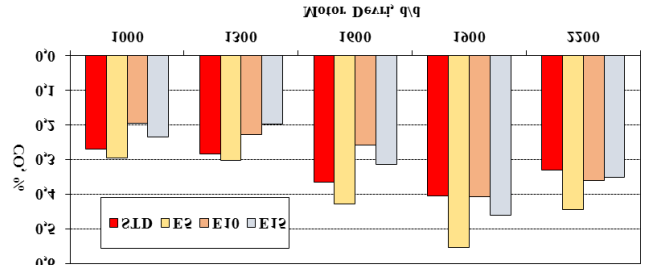
Şekil 9’ da tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde dizel yakıtı ve 3 farklı emülsife yakıt kullanımı durumunda ölçülen İS emisyonu değerleri görülmektedir. Şekil incelendiğinde emülsife yakıt kullanımı durumunda İS emisyonlarında standart duruma göre artmaların olduğu görülmektedir. Dizel motorlarında İS emisyonlarının oluşma nedeni silindir içi lokal zengin karışım bölgelerinin olması ve yanmanın tamamlanamamasından kaynaklanmaktadır. Emülsife yakıt kullanımı durumunda tutuşma gecikmesinin uzaması ve yanma için yeterli zamanın kalmaması İS emisyonlarını olumsuz etkilemektedir. Şekilden de görüldüğü gibi motor devri arttıkça İS emisyonlarında ki artma miktarı da artmıştır.



Şekil 9. Farklı devir sayılarında dizel ve emülsife yakıt kullanımında İS emisyonunda meydana gelen değişimler

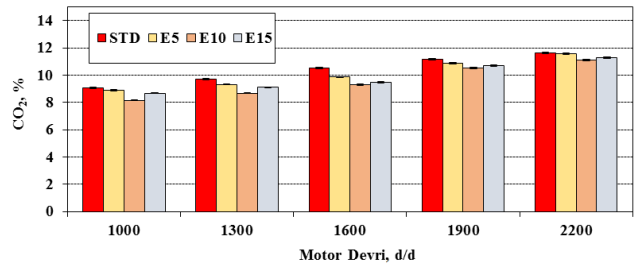
Şekil 10’ da tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde dizel, E5, E10 ve E15 yakıtları kullanılarak ölçülen CO emisyonu değerleri görülmektedir. CO emisyonları kısmi eksik yanma ürünüdür. Şekil incelendiğinde düşük motor devirlerinde E10 ve E15 yakıtları kullanılması durumunda CO emisyonlarında azalmalar meydana gelirken, yüksek motor hızlarında tüm emülsife yakıt kullanımları durumunda standart verilere göre artmaların meydana geldiği görülmektedir.

Emülsife yakıt kullanımı durumunda motor daha fakir karışımla çalışmasına rağmen CO emisyonlarının yüksek devirlerde artmasının nedeni tutuşma gecikmesinin uzamasına bağlı olarak yanma işleminin yeterli oranda tamamlanamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 10. Farklı devir sayılarında dizel ve emülsife yakıt kullanımında CO emisyonunda meydana gelen değişimler

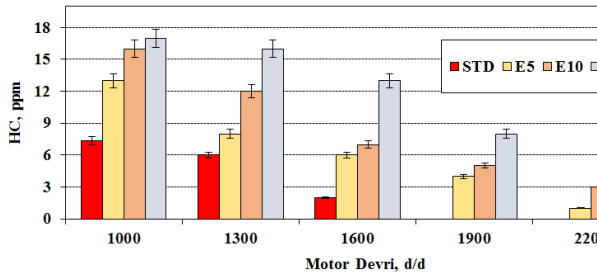
Dizel, E5, E10 ve E15 yakıtları kullanılarak tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde ölçülen CO2 emisyonu değerleri Şekil 11’ de görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi motorda emülsife yakıtların kullanılması durumunda CO2 emisyonlarında azalmalar meydana gelmiştir. Maksimum azalma oranları standart duruma en yüksek E10 kullanımı durumunda elde edilmiştir. Emülsife yakıtlarla silindir içerisine gönderilen karbon sayısı azalmaktadır. Bu da CO2 emisyonlarının azalmasını sağlamaktadır. E15 kullanımında motorda yanmanın kötüleşmesi nedeni ile E10’ a göre artmaların olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 11. Farklı devir sayılarında dizel ve emülsife yakıt kullanımında CO2 emisyonunda meydana gelen değişimler

Şekil 12’ de tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde dizel, E5, E10 ve E15 yakıtları kullanılarak ölçülen HC emisyonu değerleri görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi emülsife yakıtların kullanımı durumunda HC emisyonlarında tüm motor devirlerinde artmaların meydana geldiği tespit edilmiştir. Emülsife yakıt içerisindeki su oranı arttıkça HC emisyon miktarı da orantılı olarak artmıştır. Silindir içi sıcaklığın düşmesi özellikle silindir dışı cidarlarına yakın bölgelerde meydana gelen alev sönme olaylarını arttırmıştır. Aynı zamanda emülsife yakıt kullanımı durumunda

tutuşma gecikmesinin uzaması HC emisyonlarının artmasına neden olan diğeri bir etken olarak düşünölmektedir.



Şekil 12. Farklı devir dayılarında dizel ve emölsife yakıt kullanımında HC emisyonunda meydana gelen değışimler

## 6. GENEL DEĐERLENDİRME

Bu çalışmada stabilize emölsife yakıt kullanımının motor performans, emisyon, adyabatik alev sıcaklığı ve NO oluşum hızına etkileri incelenmiştir. Elde edilen veriler standart motor verileri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda; emölsife yakıt kullanımı durumunda motor moment ve efektif gücünde azalmaların meydana geldiğı tespit edilmiştir. ÖYS ve efektif verimde emölsife yakıt kullanımında standart duruma göre dikkate değer oranlarda iyileşmelerin meydana geldiğı saptanmıştır. Dizel motorları için büyük problem olan NO emisyonlarında, emölsife yakıt kullanımı durumunda %21' lere varan oranlarda azalmalar elde edilmiştir. İis emisyonlarında düşük motor devirlerinde standart duruma göre dikkate değer bir oranda değışimler gözlenmez iken yüksek motor devirlerinde emölsife yakıtların is emisyon değerlerini olumsuz etkilediğı gözlenmiştir. CO emisyonlarında E10 ve E15 kullanımı ile düşük motor devirlerinde azalmalar elde edilirken yüksek motor devirlerinde artmaların meydana geldiğı saptanmıştır. CO2 emisyonlarında emölsife yakıtların kullanılması durumunda tüm motor devirlerinde azalmaların meydana geldiğı saptanmıştır. Emölsife yakıt kullanımının HC emisyonlarını olumsuz yönde etkilediğı tespit edilmiştir.

### Teşekkür

Bu çalışma Sakarya Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeler Koordinatörlüğü tarafından (FBYLTEZ-2012-50-01-046) desteklenmiştir. Maddi desteklerinden dolayı SAÜ, BAPK' a teşekkür ederiz.

### KISALTMALAR

HC : Hidrokarbon  
CO : Karbonmonoksit  
CO<sub>2</sub> : Karbondioksit

NO<sub>x</sub> : Azotoksitler  
ÖYS : Özgöl yakıt sarfiyatı  
STD : Standart dizel  
E5 : (%5 su+ %2 sürfektant+%93 dizel)  
KMA : Krank mili açısı  
DI : Direkt enjeksiyon  
h : Entalpi  
m : Kütle  
Q<sub>KH</sub> : Sisteme verilen ısı  
W<sub>KH</sub> : Sistemden alınan iş  
P : Basınç  
T : Sıcaklık

### KAYNAKLAR

- [1] V.Ayhan, "Bir dizel motoruna buhar enjeksiyonunun NO<sub>x</sub> ve is emisyonlarına etkisinin araştırılması", Doktora tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi, Sakarya, 2009.
- [2] V. Ayhan, "Direkt enjeksiyonlu bir dizel motoruna buhar ve farklı yöntemlerle su gönderiminin performans ve NO<sub>x</sub> emisyonlarına etkilerinin incelenmesi", SAÜ Fen Bil Der 20. Cilt, 3. Sayı, s. 463-471, 2016.
- [3] V. Ayhan, "Effects of emulsified fuel on the performance and emission of direct injection diesel engine", Journal of Energy Engineering, vol.139, pp. 91-98, 2013.
- [4] A. Lif, and K. Holmberg, "Water-in-diesel emulsions and related sytems." Advanced Colloid Interface Science, pp. 231-239, 2006.
- [5] O. Armas, R. Ballesteros, F. J. Martos, and J. R. Agudelo, "Characterization of light duty diesel engine pollutant emissions using water-emulsified fuel," Fuel, vol.84, pp. 1011-1018, 2005.
- [6] C. A. Canfield, "Effects of diesel-water emulsion combustion on diesel engine NO<sub>x</sub> emissions," M.Sc. thesis, Universty of Florida, Gainesville, FL. 1999.
- [7] R. J. Crookes, M. A. A. Nazha, and F. Kiannajad, "A comparison of ignition and emissions characteristics for alternative diesel fuels and emulsions," International Mechanical Engineering Seminar Puplication, pp. 47-52, 1990.
- [8] C. Y. Lin, and K. H. Wang, "Effects of diesel engine speed and water content on emissions characteristics of three-phase emulsions." Journal of Environment Science Health, vol. 39, no.5, pp. 1345-1359, 2004.
- [9] N. Samec, R.W. Dibble, J. Y. Chen, and A. Pagon, "Reduction of NO<sub>x</sub> and soot emission by water injection during combustion in a diesel engine," FISITA, June 12-15. 2000, Seoul 2000, Korea.
- [10] J. P. Mello, and A. M. Mellor, "NO<sub>x</sub> emissions from direct injection diesel engines with water/steam dilution," SAE Technical Paper, 1999-01-0836, 1999.

- [11] F. L. Dryer, "Water addition to practical combustion systems concepts and applications." 16<sup>th</sup> International Symposium on Combustion, The Combustion Institute, pp. 321–336, Cambridge MA, Aug. 1976.
- [12] M. Y. E. Selim, and S. M. S. Elfeky, "Effects of diesel/water emulsion on heat flow and thermal loading in a pre-combustion chamber diesel engine," *Applied Thermal Engineering.*, vol. 21, no.15, pp. 1565–1582, 2001.
- [13] G. B. O'Neal, J. O. Stormont and R. W. Waytulonis, "Control of diesel exhausts emissions in underground coal mines." SAE SP-495, Diesel Combustion and Emission Part 3, Int. Off-Highway Meeting and Exposition, Milwaukee, WI, pp. 13–23, 1981.
- [14] G. Greeves, I. M. Khan, and G. Onion, "Effects of water introduction on diesel engine combustion and emissions," in *Proceedings of the 16th Annual Symposium (International) on Combustion (Williams and Wilkins Co., Baltimore)*, pp. 321–336, 1976.
- [15] Y. Yoshimoto, M. Tsukarhara, and T. Muryama, "Studies on the microexplosion of emulsified fuels," *Nippon Kikai Gakkai Ronbunshun B Hen*, vol. 519, no.55, pp. 3538–3543, 1989.
- [16] M. AbuZaid, "Performance of single cylinder, DI diesel engine using water fuel emulsions," *Energy Conversion and Management*, vol. 45, pp. 697-705, 2004.
- [17] C.H. Wang, J.T. Chen, "An experimental investigation of the burning characteristics of water-oil emulsions", *International Common Heat Mass Transfer*, vol.23, no.6, pp., 823-34, 1996.
- [18] P.Baskar, A.Senthil Kumar, "Experimental investigation on performance characteristics of a diesel engine using diesel-water emulsion with oxygen enriched air", *Alexandria Engineering Journal* (2017) 56, 137–146.
- [19] M.R. Seifi, S.R. Hassan-Beygi, B. Ghobadian, U. Desideri, M. Antonelli, "Experimental investigation of a diesel engine power, torque and noise emission using water–diesel emulsions", *Fuel* 166 (2016) 392–399.