

ÜÇ-FAZLI DİZEL EMÜLSİYON YAKITLARININ MOTOR PERFORMANSI VE EGZoz EMİSYONLARINA ETKİSİ

Emre Yılmaz*, Hamit Solmaz*, Seyfi Polat, Murat Altın***

*Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, 06500, Ankara

**Hitit Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Otomotiv Teknolojisi, 19169, Çorum

emreyilmaz@gazi.edu.tr; hsolmaz@gazi.edu.tr; sevfipolat@hitit.edu.tr; maltin@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 09.05.2012; Kabul/Accepted: 16 .11.2012)

ÖZET

Dizel motorları düşük yakıt tüketimlerinden dolayı hem kara hem de deniz taşımacılığında yaygın şekilde kullanılmaktadırlar. Ancak dizel motorlarından kaynaklanan zararlı azot oksit (NO_x) ve is emisyonları insan sağlığını tehdit etmektedir. Dizel emisyonlarının azaltılabilmesi için pek çok araştırma yapılmıştır. Belirli oranlarda su içeren dizel emülsiyon yakıtları zararlı egzoz emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilmektedirler. Bu nedenle emülsiyon yakıtlar son yıllardaki önemli araştırma alanlarından birisi olmuştur. Bu çalışmada % 10 (E1) ve % 15 (E2) su ihtiva eden dizel emülsiyon yakıtlarının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerine etkileri incelenmiştir. Diğer çalışmalardan farklı olarak yakıtların elde edilmesinde su çözücü olarak % 1 oranında yardımcı emilgator mono etilen glikol kullanılmıştır. E1 emülsiyonunun egzoz emisyonlarını kısmen azaltırken motor performansını da önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. E2 emülsiyonunun kullanılmasıyla karbon monoksit (CO), NO_x ve is emisyonlarında sırasıyla % 45,9, % 26,9 ve % 18,8 azalmıştır. Buna karşılık motor momenti % 15,72 azalmıştır.

Anahtar kelimeler: Dizel emülsiyon yakıtı, egzoz emisyonu, motor performansı, yağ/su/yağ emülsiyonu

EFFECT OF THE THREE-PHASE DIESEL EMULSION FUELS ON ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS

ABSTRACT

Diesel engines are widely used in both land and sea transportation due to lower fuel consumption. However, the harmful nitrogen oxide (NO_x) and soot emissions from diesel engines are threatening human health. A lot of research done to reduce diesel emissions. Diesel emulsion fuels that are containing specific proportions of water, can reduce harmful exhaust emissions significantly. Therefore, emulsion fuels has been one of the important research area in recent years. In this study, effects of the diesel emulsion fuels containing % 10 (E1) and % 15 (E2) water on engine performance and exhaust emissions has been investigated. In this study, unlike the other studies 1 % auxiliary emulgator mono ethylene glycol has been used as solvent to water. While the E1 emulsion has partially reducing the exhaust emissions, engine performance has significantly reduce. With using E2 emulsion carbon monoxide (CO), NO_x and soot emissions has reduced 45.9 %, 26.9 % and 18.8 % respectively. However, the motor torque decreased by 15.72 %.

Keywords: Diesel emulsion fuel, exhaust emission, engine performance , oil/water/oil emulsion

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmı petrolden karşılanmaktadır. Petrolün önemli bir kısmı ise motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılmaktadır. Petrol rezervleri artan nüfusa paralel olarak gelişen teknoloji ve yeniliklerden dolayı aşırı kullanım

sonucu hızla tükenmektedir. Ayrıca bu artışa paralel olarak egzoz emisyonları da artış göstermiştir. Bu artış hava kirliliğini etkileyen en önemli etkenlerin başında yer almaktadır. Bu nedenler araştırmacıları alternatif temiz yakıt arayışına itmiştir.

Konvansiyonel benzinli ve dizel motorlardan kaynaklan başlıca egzoz emisyonları CO, NO_x, hidrokarbon (HC), partikül madde (PM), kükürt oksit (SO_x) ve kurşun bileşikleridir [1,2]. CO, NO_x, HC ve PM yanma prosesinden kaynaklı olarak ortaya çıkan egzoz gazı ürünleridir ancak SO_x ve kurşun bileşikleri yakıt kaynaklı kirleticilerdir. CO ve HC benzinli motorlarda daha yüksek oranlarda görülürken dizel motorlarda ise yüksek miktarda PM ve NO_x oluşumu sorun teşkil etmektedir [3-5].

Günümüzde dizel motorları halen en yüksek verime sahip motorlardır ve dizel yakıtı yakıt ekonomisinden dolayı taşımacılık sektöründe en çok tercih edilen yakıt türüdür [6,7]. Bundan dolayı birçok araştırmacı dizel yakıtının özelliklerinin ve dizel yakıtı ile beraber kullanılacak alternatif yakıtların geliştirilmesi üzerine odaklanmıştır. En önemli araştırma alanlarından birisi bitkisel kökenli biyodizel yakıtlarıdır. Pek çok araştırmacı dizel-biyodizel karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir [8-16]. Ancak biyodizel yakıtının ısı değeri ve uçuculuğunun düşük, bunun yanında viskozitelerinin yüksek olması kullanılabilirliğini sınırlandırmaktadır. Ayrıca içerisinde barındırdığı oksijen dolayısıyla NO_x emisyonlarında artışa neden olmaktadır [17,18].

Olumlu çevresel etkilerinden dolayı dizel emülsiyonlarına olan ilgi giderek artmaktadır. Yakıtın içerisinde bulunan su emisyon bileşenleri üzerinde önemli bir etki yaratmaktadır [19].

Emülsiyonlar, birbiriyle karışmayan iki sıvının birbiri içinde dağılmasından oluşmuş, homojen görünüşlü heterojen sistemlerdir. Eğer emülsiyon, yağ damlacıklarını su içinde içeriyorsa Y/S (su içinde yağ) emülsiyonu ve su damlacıklarını yağ içinde içeriyorsa S/Y (yağ içinde su) emülsiyonu olarak tanımlanır. Aynı anda Y/S ve S/Y tipindeki emülsiyonu bulduran sistemler çoklu emülsiyonlar olarak tanımlanır. Bunlar S/Y/S veya Y/S/Y tipi emülsiyon oluştururlar [20,21].

Suyun varlığına bağlı olarak motor performansında bir miktar azalma görülebilir ancak dizel yakıt tüketimi genellikle azalmaktadır [19]. Dizel emülsiyonlarına olan ilginin en önemli nedeni emisyonlara olan olumlu etkisidir. Dizel yakıtının içerisindeki su NO_x, PM ve is emisyonlarında önemli azalmalara neden olmaktadır [22]. Emülsiyon yakıtında bulunan %15 suyun NO_x emisyonlarını %35 oranında azaltabileceği belirlenmiştir. Bununla beraber CO ve HC emisyonlarında bir miktar artış gözlemlenir [19,23]. Yapılan bir çalışmada % 15-45 su içeren emülsiyon yakıtlarının kullanılması durumunda NO_x ve is emisyonlarının büyük ölçüde azaldığı ancak CO ve HC emisyonlarında kısmen artış gözlemlendiği belirtilmiştir [19]. Nadeem ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise CO emisyonları önemli ölçüde azalmış ve bunun suyun ilave

edilmesiyle birlikte silindirde meydana gelen mikro patlamalardan kaynaklandığı ifade edilmiştir [6].

Y/S/Y tipindeki çoklu emülsiyonlar Lin ve Wang tarafından araştırılmıştır. S/Y emülsiyonlarında görülen etkiler benzer şekilde Y/S/Y emülsiyonlarında da görülmüştür. Y/S/Y çoklu emülsiyonlarının kullanılması durumunda NO_x ve CO emisyonlarının biraz daha azaldığı tespit edilmiştir. Çoklu emülsiyon kullanımında egzoz gaz sıcaklığı ise artmıştır [24-26].

Dizel yakıtındaki su miktarı çalışmalara göre değişiklik göstermektedir. Birçok araştırmacı %5-10'luk bir su içeriği kullanmışlardır ancak daha yüksek oranlar da araştırılmıştır. PM emisyonlarının azaltılması için optimum su oranının %10 ile %20 arasında olduğu belirtilmiştir. Samec ve arkadaşları dizel yakıtında %10 ve %15 oranında su bulunması durumunda NO_x, HC ve duman miktarını incelemişlerdir. HC ve duman %10 su emülsiyonunda önemli ölçüde azalmıştır. NO_x miktarındaki fark edilebilir derecede azalma ise ancak %15 oranında su emülsiyonu kullanıldığında sağlanabilmiştir [27].

Bu çalışmada %10 (E1) ve %15 (E2) oranında su ihtiva eden dizel çoklu Y/S/Y emülsiyon yakıtlarının motor performans ve egzoz emisyonlarına etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada ayrıca çökme süresinin uzatılmasını ve suyun daha iyi çözülebilmesini sağlayabilmek için yardımcı emülgatör mono etilen glikol kullanılmıştır. Hazırlanan emülsiyon yakıtlarının çökme süreleri ve mikroskop altındaki görüntüleri incelenmiştir.

2. MATERYAL ve METOT (MATERIAL and METHOD)

2.1. Test Yakıtları (Test Fuels)

Emülsiyonları oluşturabilmek ve stabilizasyonunu sağlayabilmek için suyu ve yağı absorbe eden, birbiri içinde karışmayan iki sıvı olan yağ (dizel, biyodizel vs.) ile suyun karışmasını ve dengede kalabilmesine yardımcı olan emülgatörler kullanılmaktadır [19]. Bu çalışmada ana emülgatör olarak sorbitan monooleat (Span 80) ile polioksietilen sorbitan monooleat (Tween 80), yardımcı emülgatör olarak ise mono etilen glikol kullanılmıştır.

Span 80 koyu sarı ile kahverengi arasında bir renge sahiptir ve görünüm olarak balı andırmaktadır. Tween 80'e göre daha yoğun bir kıvama sahiptir. Span 80 S/Y emülsiyonu oluştururken yakıtın içine istenen hidrofilik lipofilik denge oranını (HLB) sağlayacak şekilde konur ve daha sonra su ilave edilerek emülsiyon oluşturulur.

Tween 80 emülgatör türlerinden polisorbattlar grubuna girer ve HLB oranı 15' dir. Kararlı bir emülsiyon oluşturabilmek için HLB oranının 8 ile 10 arasında

tutulması gerekmektedir. Bu çalışmada yakıtlar HLB oranı 9 olacak şekilde üretilmiştir. Y/S emülsiyonu oluştururken suyun içine istenen HLB oranını sağlayacak miktarda Tween 80 konularak karıştırılmış ve daha sonra bu karışıma yakıt ilave edilmiştir. Böylece Y/S emülsiyonu hazırlanmış olur. Mono Etilen Glikol ise yardımcı emülgatördür. Su çözücü ve donmayı önleyici olarak kullanılan bir polioldür [28,29].

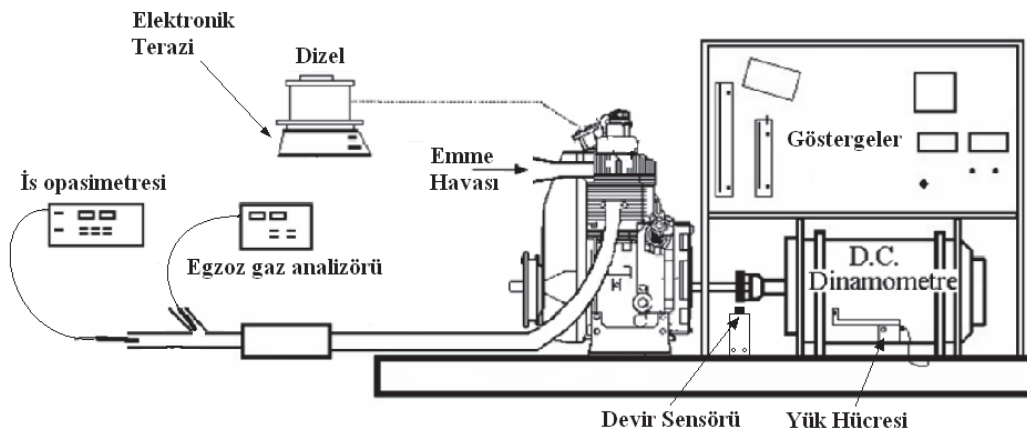
Tablo 1. Emülsiyon yakıtlarının hacimsel içerikleri (%) (Volumetric content of the emulsion fuels %)

Yakıt	Dizel	Saf Su	Span 80	Tween 80	Mono Etilen Glikol
E1	87	10	0,8	1,2	1
E2	82	15	0,9	1,1	1

Tablo 1’de emülsiyon yakıtlarının oluşturulmasında kullanılan emülgatör, su ve dizel oranları verilmiştir. Bu iki numune hazırlanırken aynı işlem basamakları takip edilmiştir. Numuneleri hazırlamak için 3200 d/dakika dönme hızına ve 710 kW güce sahip black and decker marka matkap ucuna mikser ucu takılarak karıştırıcı olarak kullanılmıştır. Ayrıca matkapta hız sabitleyicisi bulunmakta olup deneyler boyunca 3200 d/dakika sabit hızda çalışılmıştır. Numunelerin hazırlanmasında öncelikle Y/S iki fazlı emülsiyonu oluşturulmuş daha sonra oluşturulan emülsiyon dizel yakıtına emülgatörler yardımıyla eklenerek Y/S/Y çoklu emülsiyon yakıtları elde edilmiştir. Yakıtların hazırlanması 25 °C’de gerçekleştirilmiştir. Elde edilen emülsiyon yakıtlarının Nikon Eclipse L150A mikroskobu ile görüntüleri alınmış ve ayrıca çökeltme süreleri incelenmiştir.

2.2. Deney Düzenegi (Experimental Setup)

Deneyler tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motoru ve Cussons P8160 test düzeneginde yapılmıştır. Motorun teknik özellikleri tablo 2’de görülmektedir. Deneyler tam yük şartlarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneginin şematik görünümü (Schematic representation of the experimental apparatus)

Tablo 2. Deney motorunun teknik özellikleri (Technical features of test engine)

Motor Tipi	4-Zamanlı DI Dizel Motoru
Silindir sayısı	1
Silindir çapı x strok (mm)	86x68
Silindir hacmi (cm ³)	395
Sıkıştırma oranı	18:01
Maksimum tork	2200 d/dakika’da 19,6 Nm
Enjektör püskürtme basıncı (bar)	180
Püskürtme avansı	24 ⁰

Şekil 1’de deney düzeneginin şematik resmi görülmektedir. Motor test düzeneginde bulunan DC elektrikli dinamometre, maksimum 4000 d/dakika’da 10 kW güç absorbe edebilmektedir. Motor yükü, strain gauge yük hücresi ile ölçülmüştür. Motor hızı ise dinamometre şaft mili üzerinde bulunan dişli teker üzerindeki manyetik sensör ile ölçülmüştür. Yakıt tüketimi hassas terazi ve kronometre kullanılarak ölçülmüştür. Deneyler tam yük şartlarında 1800-3250 d/dakika aralığında 7 farklı devirde gerçekleştirilmiştir.

İs ölçümü için VLT 2600 S opasimetresi kullanılmıştır. Emisyon ölçümleri içinse Testo 350 XL gaz analizörü kullanılmıştır. Bu cihazların teknik özellikleri sırasıyla tablo 3 ve tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 3. VLT 2600 S Opasimetre teknik özellikleri (Technical specifications of opacymeter)

Parametre	Ölçüm Aralığı	Doğruluk
Duman yoğunluğu	0-99 %	0,01
k duman faktörü (1/m)	0-10	0,01
Motor hızı	0-9999 d/dakika	1 d/dakika

Tablo 4. Testo 350 XL emisyon ölçüm cihazı teknik özellikleri (Technical specifications of Testo 350 XL emission device)

Yanma ürünleri	Ölçüm Aralığı	Doğruluk
Oksijen (O ₂)	0–25% vol	+/- 0,2 m.v
Karbonmonoksit (CO)	0–10000 ppm	5 ppm (0 – 99 ppm)
Karbondioksit (CO ₂)	0–50% vol	± 0,3%vol +1%mv (0–25%vol)
Hidrokarbon (HC)	0,01–4%	0,1 % ppm
Azot Oksit (NOx)	0–3000 ppm	5 ppm (0 -99 ppm)

Verilerin değerlendirilmesinde doğruluk ve belirsizlik değerlerinin bilinmesi faydalı olabilir. Tablo 5'te yakıt tüketimi, motor momenti ve motor gücü için doğruluk ve belirsizlik değerleri verilmiştir.

Tablo 5. Doğruluk ve belirsizlik değerleri (Accuracy and uncertainty values)

	Ölçüm Aralığı	Doğruluk	Belirsizlik (%)
Yakıt tüketimi (g)	0-8000	± 0,1 g	± 0,3
Motor momenti (Nm)	-	± 0,25 %	± 0,12
Güç (kW)	-	± 0,21 %	± 0,13

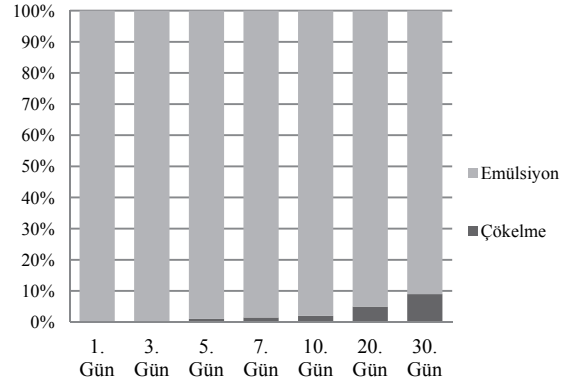
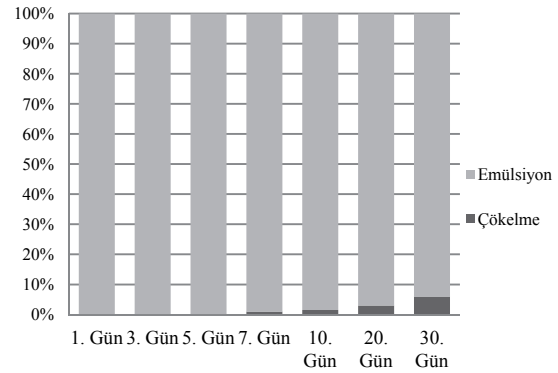
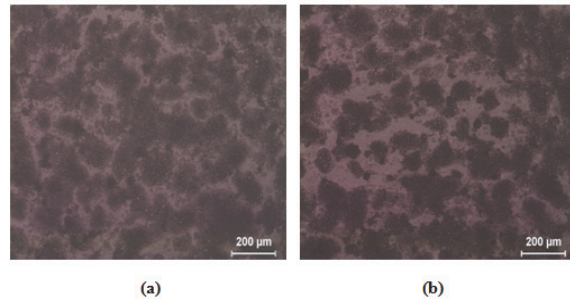
Emülsiyon yakıtlarının en önemli sorunlarından biri çabuk çökelmeleridir (faz ayrışması). Bu nedenle üretilen yakıtların çökeltme sürelerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada yakıtların çökelmeleri ölçekli kap kullanılarak 30 gün boyunca takip edilmiştir.

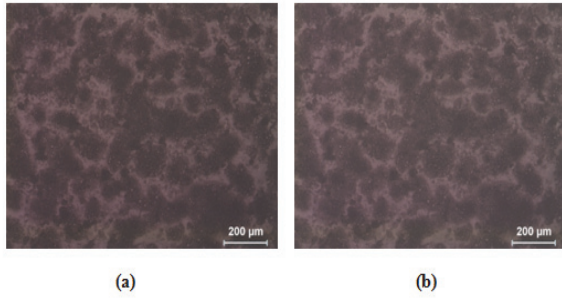
3. BULGULAR ve TARTIŞMA (RESULTS and DISCUSSION)

Şekil 2 ve şekil 3'te sırasıyla E1 ve E2 yakıtlarının zamana bağlı çökeltme miktarları ve yardımcı emülgatörün çökelmeye etkisi görülmektedir. Performans ve emisyon olarak daha iyi sonuçlar veren E2 yakıtının daha geç çökelmeye başladığı ve çökeltme hızının E1 yakıtına göre daha az olduğu gözlemlenmiştir. E1 yakıtı 4. günde çökelmeye başlamış ve 5. günde % 1 oranında çökelmiştir. E2 yakıtı ise 6. günde çökelmeye başlamış ve 7. günde % 1 oranında çökeltme gözlemlenmiştir. 30 gün sonunda ise E1 yakıtı %9 oranında çökelmiş iken, E2 yakıtın da ise % 6 oranında çökeltme gözlemlenmiştir.

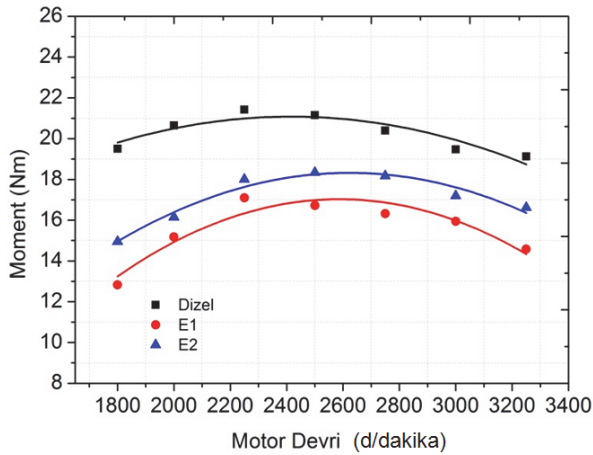
E1 ve E2 yakıtlarının mikroskop altındaki görüntüleri sırasıyla şekil 4 ve şekil 5'te görülmektedir. 5. dakikada her iki yakıt görüntüsünde de iç ve dış fazlar oldukça fazla iken 10. dakikada faz oluşumunda

azalmalar gözlenmektedir. İç içe fazların oluşması Y/S/Y çoklu emülsiyonunun oluşturulabildiğini göstermektedir. 10. ve 5. dakikalar karşılaştırıldığında fazlar arasında ayrışmalar olduğu ve faz ayrışmasının E1 yakıtında biraz daha fazla olduğu görülmektedir. Faz ayrışmasının bir sonucu olarak E1 yakıtı E2 yakıtına göre daha erken çökelmeye başlamıştır.

**Şekil 2.** E1 emülsiyon yakıtının zamana bağlı olarak çökeltme miktarı (Amount of precipitation of E1 emulsion fuel by time)**Şekil 3.** E2 emülsiyon yakıtının zamana bağlı olarak çökeltme miktarı (Amount of precipitation of E2 emulsion fuel by time)**Şekil 4.** E1 yakıtının mikroskop altındaki görüntüsü (Image of E1 fuel under microscope) a) 5 dakika (5 minute) b) 10 dakika (10 minute)

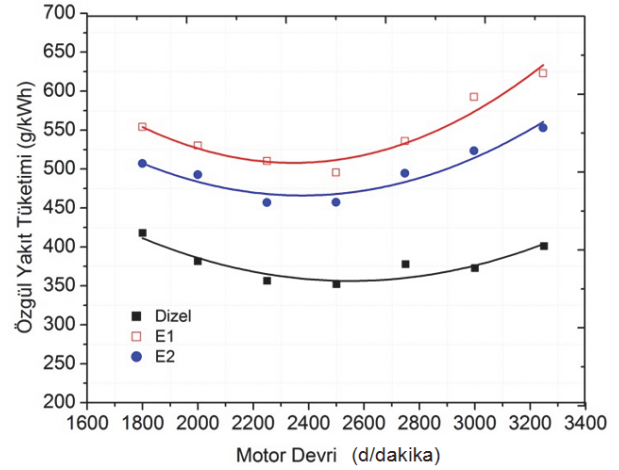


Şekil 5. E2 yakıtının mikroskop altındaki görüntüsü (Image of E1 fuel under microscope) a) 5 dakika (5 minute) b) 10 dakika (10 minute)



Şekil 6. Motor momentinin motor hızına bağlı değişimi (Variation of engine torque with engine speed)

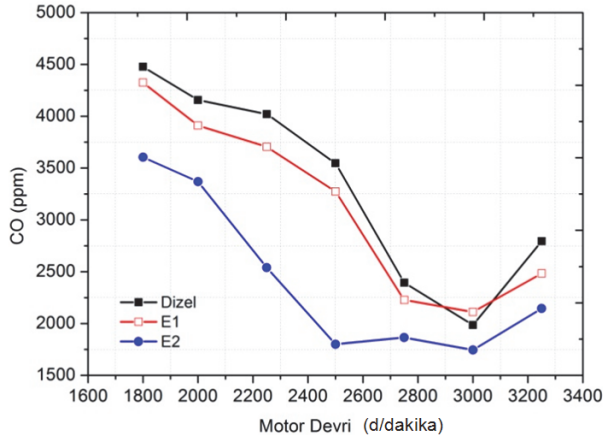
Dizel, E1 ve E2 yakıtlarının motor momentine etkisi şekil 6'da görülmektedir. Maksimum tork dizel yakıtı ile 2250 d/dakika'da 21,42 Nm olarak elde edilmiştir. E1 ve E2 yakıtlarının kullanılması durumunda maksimum tork devrinin 2500 d/dakika civarına kaydığı görülmektedir. E1 ve E2 yakıtlarının kullanımıyla motor torku ortalama olarak sırasıyla % 23,3 ve % 15,72 azalmıştır. E2 emülsiyon yakıtının E1 emülsiyon yakıtına göre daha yüksek tork sağladığı görülmektedir. Silindirde yanma işlemi başladığında sıvı haldeki su yüksek basınçlı su buharına dönüşür. Bu durum yakıt içerisindeki su miktarının artmasına bağlı olarak piston tepesine ekstra buhar basıncının etki etmesine neden olur [30]. Bu nedenle % 15 su içeren üç- fazlı Y/S/Y emülsiyonları % 10 su içeren üç fazlı emülsiyonlara göre daha iyi performans sağlamaktadırlar [19]. Ayrıca emülsiyonun standart dizel yakıtına göre daha yüksek viskoziteye sahip olması ve emülsiyondaki su enjeksiyon işlemi sırasında bulutlu daha ince bir atomizasyonu mümkün kılar [28,30]. Bu durum yanma işleminin daha verimli olmasını sağlar. Yakıtta su ilavesi ile yakıtın alt ısıl değerinin düşmesine neden olur. Yanma işleminde verim arttırılsa bile yakıtın ısıl değerinin azalması motor torkunun azalmasına neden olmaktadır.



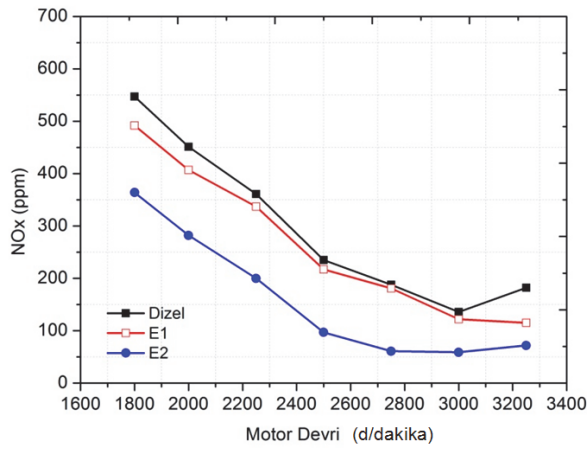
Şekil 7. Özgül yakıt tüketiminin motor hızına bağlı değişimi (Variation of specific fuel consumption with engine speed)

Şekil 7'de özgül yakıt tüketiminin motor hızına bağlı değişimi görülmektedir. En düşük özgül yakıt tüketimi 2250 d/dakika'da, 352,15 g/kWh olarak dizel yakıtı ile elde edilmiştir. E1 ve E2 yakıtlarının kullanımıyla özgül yakıt tüketimleri ortalama % 45 ve % 32,6 artış göstermiştir. Emülsiyon içerisindeki su miktarı arttıkça emülsiyon yakıtlarının ısıl değerleri azalır [26]. Özgül yakıt tüketimindeki artış, emülsiyon içerisindeki su oranına bağlı olarak yakıtın alt ısıl değerinin düşmesinden kaynaklanabilir. Buna rağmen E2 emülsiyonunun özgül yakıt tüketimi E1 emülsiyonuna göre daha düşüktür. Emülsiyon yakıt ısıtıldığında damlacık halindeki su dizel yakıtına göre daha çabuk buharlaşır. Bu buharlaşma hidrokarbon zincirinin hızla parçalanmasına neden olur. 270 °C civarında gerçekleşen bu olay mikro patlama olarak adlandırılır ve yakıtın çok daha iyi atomize olmasını sağlar. Bu durumda yanma verimi artar ve yakıt tüketimi düşer. Emülsiyondaki su oranının artması mikro patlama etkisini arttırmaktadır [19].

Emülsiyon yakıtlarının yanması sırasında daha uzun süren mikro patlamalar meydana gelir ve reaksiyona girmekte olan maddeler daha yüksek oranlarda karışırlar. Bu nedenle emülsiyon yakıtlarının yanması sonucu dizel yakıtına göre daha az miktarda CO emisyonu açığa çıkar. Şekil 8'de dizel ve emülsiyon yakıtlarının kullanılması sonucu açığa çıkan CO emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi görülmektedir. Tüm yakıtlarda CO emisyonları motor hızına bağlı olarak azalmış ancak 3000 d/dakika motor hızından sonra bir artış meydana gelmiştir. En düşük CO emisyonu E2 yakıtı ile 2500 d/dakika'da 1801 ppm olarak elde edilmiştir. Emülsiyon içerisindeki su miktarı arttıkça CO emisyonunun azaldığı görülmektedir. E1 ve E2 yakıtlarının kullanılmasıyla CO emisyonunda dizel yakıtına göre sırasıyla ortalama % 5,7 ve % 26,9 azalma sağlanmıştır.



Şekil 8. CO emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi (Variation of CO emissions with engine speed)

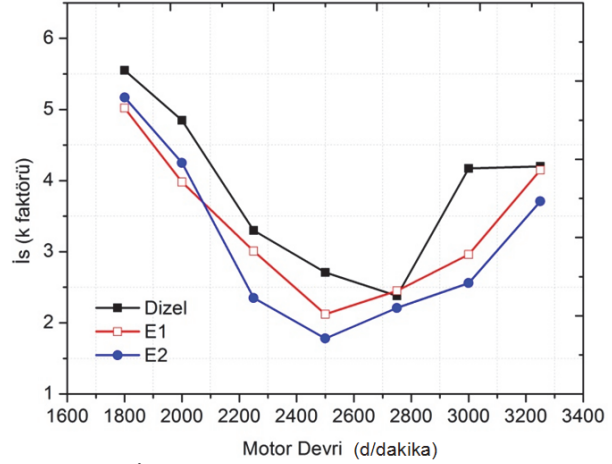


Şekil 9. NO_x emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi (Variation of NO_x emissions with engine speed)

Şekil 9’da NO_x emisyonlarının motor devrine bağlı değişimi görülmektedir. Bütün devirlerde dizel yakıtı en yüksek NO_x emisyon değerini vermiştir. NO_x miktarı E1 yakıtının kullanılmasıyla ortalama % 10,9, E2 yakıtının kullanılmasıyla ortalama % 45,9 oranında azalmıştır. Emülsiyon yakıtların kullanılması durumunda, yakıt içerisindeki su miktarı arttıkça egzoz gaz sıcaklığı düşer. Buharlaştırma esnasında suyun gizli ısısı dolgu suyu soğutur ve ortalama silindir sıcaklığının düşmesine neden olur. Buna bağlı olarak pik yanma sıcaklığı azalır [30]. Ayrıca emülsiyon içerisindeki su miktarı arttıkça emülsiyonun ısı değeri azalacağından maksimum silindir içi sıcaklığı da azalır.

Şekil 10’da is emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi görülmektedir. Bütün yakıtlarda is emisyonları 2500 d/dakika civarına kadar azalmış ve bu devirden sonra artmaya başlamıştır. Bunun nedeni maksimum tork devrinden sonra silindire alınan hava miktarının azalması ve türbülansın kötüleşmesi olabilir. Emülsiyon yakıtlarının kullanılmasıyla birlikte is emisyonlarının azaldığı görülmektedir. Is emisyonları E1 yakıtının kullanılmasıyla ortalama % 12,7 ve E2 yakıtının kullanılmasıyla ortalama % 18,8

azalmıştır. Emülsiyon içerisindeki su yanma sonu sıcaklığını ve dolayısıyla emülsiyonun pirolizini azalttığından is azaltmaktadır. Buna ilave olarak mikro patlamalar yanma verimliliğini arttırmakla kalmayıp reaksiyon entalpisini de arttırmaktadırlar. Bunun bir sonucu olarak yanma odası içerisinde karbon is oluşumu için gerekli süre daha kısa kesilir ve siyah duman oluşumu oldukça azalır [28,31].



Şekil 10. Is emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi (Variation of smoke emissions with engine speed)

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada Y/S/Y üç fazlı dizel emülsiyon yakıtının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri incelenmiştir. % 10 su içeren E1 emülsiyon yakıtının egzoz emisyonlarını kısmen azalttığı, buna karşılık motor momentini % 23,3 azalttığı, özgül yakıt tüketimini ise % 45 arttırdığı görülmüştür. % 15 su içeren E2 emülsiyonu ile yapılan testlerde ise NO_x emisyonu % 45,9, CO emisyonu % 26,9 ve is emisyonu % 18,8 azalırken motor momentinde ortalama % 15,72 azalma kaydedilmiştir. Bu durum E2 emülsiyonunun emisyonları azaltmak amacıyla kullanılabilirliğini göstermektedir.

Ancak E1 ve E2 emülsiyonlarında 7. günden sonra faz ayrışmasının artması ve çökmenin başlaması yakıt sistemi parçalarına zarar verebilir. Çökmenin önlenmesi için emülsiyonun karıştırılabileceği bir sistemin oluşturulması ve dolayısıyla ek bir maliyet gerekebilir. Ayrıca sürekli kullanımda emülsiyon içerisindeki suyun motor parçaları üzerindeki etkilerinin de incelenmesi için yol testleri uygulanabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Pulkrabek, W.W., “Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine”, **Prentice Hall**, New Jersey, 2010.
2. Solmaz, H., Çelikten, İ., “Estimation of amount of pollutants generated by vehicles in Turkey

- until 2030”, **Gazi University Journal of Science**, 25, 2, 495-503, 2012.
3. Çelikten, İ., Mutlu, E., Solmaz, H., “Variation of performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with diesel, rapeseed oil and hazelnut oil methyl ester blends”, **Renewable Energy**, 48, 122-126, 2012.
 4. Alkaya, B., ve Yıldırım, M.A., “Taşıt Kaynaklı Kirlenmelerin Azaltılma Yöntemleri”, **Ekoloji**, 34, 16-20, 2000.
 5. Wang, H., Chen, C., Huang, C. and Fu, L., “On-road Vehicle Emission Inventory and Its Uncertainty Analysis for Shanghai China”, **Science of The Total Environment**, 398, 3, 60-67, 2008.
 6. Nadeem, M., Rangkuti, C., Anuar, K., Haq, M.R.U., Tan, I.B. and Shah, S.S., “Diesel Engine Performance and Emission Evaluation Using Emulsified Fuels Stabilized by Conventional and Gemini Surfactants”, **Fuel**, 85, 2111-2119, 2006.
 7. Aktaş, A., Sekmen, Y., “Effects of lpg percentage to performance and exhaust emissions in a dual fuel engine”, **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 25, 1, 171-178, 2010.
 8. Çelikten, İ. Ve Gürü, M., “Improvement of Performance and Emission Criterias of Petrodiesel and Rapeseed oil Biodiesel With Manganese Based Additive”, **Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University**, 26(3): 643-648, 2011.
 9. Çelikten, İ. ve Arslan, M.A., “Investigation Of Diesel Fuel, Rape Oil and Soybean Oil Methyl Esters Effects on a Direct Injection Diesel Engine Performance And Emissions” **Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University**, 23(4): 829-836, 2008.
 10. Aktaş, A. ve Sekmen, Y., “The Effects Of Advance Fuel Injection On Engine Performance And Exhaust Emissions Of A Diesel Engine Fuelled With Biodiesel”, **Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University**, 23 (1), 199-206, 2008.
 11. Hasimoğlu, C., İçingür, Y., Özsert, İ., “Effect of biodiesel usage to engine performance and exhaust emissions of a turbocharged diesel engine”, **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 23, 1, 207-213, 2008.
 12. Çildir, O., Çanakçı, M., “An investigation of the effects of catalyst and alcohol amounts on the fuel properties of biodiesel from various vegetable oils”, **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 21, 2, 367-372, 2006.
 13. Özsezen, A.N., Çanakçı, M., “An investigation of the effect of methyl ester produced from waste frying oil on the performance and emissions of an İDİ diesel engine”, **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 23, 2, 395-404, 2008.
 14. Keskin, A., Gürü, M. ve Altıparmak, D., “Investigation Of 90% Blend Of Tall Oil Biodiesel Fuel With Diesel Fuel As Alternative Diesel Fuel ”, **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 22 (1), 57-63, 2007.
 15. Guru M., Koca A., Can O. and Çınar C., Şahin F., “Biodiesel Production from Waste Chicken Fat Based Sources and Evaluation with Mg Based Additive in a Diesel Engine”, **Renewable Energy** 35, 637–643, 2010.
 16. Usta N., Öztürk E., Can O., Conkur E. Ş., Nas S., Çon A.H., Can A. Ç., Topçu M. “Combustion of Biodiesel Fuel Produced from Hazelnut Soapstock/Waste Sunflower Oil Mixture in a Diesel Engine”. **Energy Conversion and Management**, 46, 741-755, 2005.
 17. Çelikten İ., Koca A., Arslan MA., “Investigation of the Effects of Diesel Fuel, Rapeseed and Soybean Oil Methyl Esters on Engine Performance and Emissions at Different Injection Pressures”, **Renewable Energy**, 35, 814-820, 2010.
 18. Çelik, M.B., Balki, M.K., “The effect of lpg usage on performance and emissions at various compression ratios in a small engine”, **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 22, 1, 81-86, 2007.
 19. Holmberg, K. and Lif, A., “Water-in-Diesel Emulsions and Related Systems”, **Advances in Colloid and Interface Science**, 123, 231-239, 2006.
 20. Swarbrick J, Rubino J, Rubi OP, "Coarse Dispersions" Remington: The Science and Practice of Pharmacy, **University of the Sciences in Philadelphia**, s.316-334, 2000.
 21. Lin C.Y, Chen L.W, “Comparison of Fuel Properties and Emission Characteristics of Two and Three-Phase Emulsions Prepared by Ultrasonically Vibrating and Mechanically Homogenizing Emulsification Methods”, **Fuel** 87:2154–2161, 2008.
 22. Hall D, Thorne C, Goodier S., “An Investigation into the Effect of a Diesel/Water Emulsion on the Size and Number Distribution of the Particulate Emissions from a Heavy-Duty Diesel Engine” **SAE paper no: 2003-01-3168**; 2003.
 23. Park J.W, Huh K.Y, Lee J.H., “Reduction of NOx, Smoke and Brake Specific Fuel Consumption with Optimal Injection Timing and Emulsion Ratio of Water-Emulsified Diesel”, **Proc Inst Mech Eng Part D J Automob Eng**;215:83, 2001.
 24. Lin C.Y, Wang K.H., “The Fuel Properties of Three-Phase Emulsions as an Alternative Fuel for Diesel Engines”, **Fuel**, 82(11):1367-1375, 2003.
 25. Lin C.Y, Wang K.H., “Effects of Diesel Engine Speed and Water Content on Emission

- Characteristics of Three-Phase Emulsions”, **J.Env. Sci. Hea., Part A: Toxic/Hazardous Substances and Env. Eng.**, 39(5): 1345-1359, 2006.
26. Lin C.Y, Wang K.H.,“Diesel Engine Performance and Emission Chatacteristics Using Three-Phase Emulsions as Fuel”, **Fuel**, 83:537-545, 2004.
 27. Samec N, Kegl B, Dibble R.W.,“Numerical and Experimental Study of Water/Oil Emulsified Fuel Combustion in a Diesel Engine”, **Fuel**,;81:2035-2044, 2002.
 28. Lin, C.Y, and Chen, L.W., “Emulsification Characteristics of Three and Two-Phase Emulsions Prepared by the Ultrasonic Emulsification Method”, **Fuel Processing Technology**, 87: 309-317, 2006.
 29. Tao, D. And Chen, G., “An Experimental Study of Stability of Oil-Water Emulsion”, **Fuel Processing Technology**, 86: 499-508, 2005.
 30. Abu-Zaid, M.,“Performance of Single Cylinder, Direct Injection Diesel Engine Using Water Fuel Emulsions”, **Energy Conversation and Management**, 45: 697-705, 2004.
 31. Dec J.E.,“A Conceptual Model of DI Diesel Combustion Based on Laser-Sheet Imaging”, **SAE paper**: 970873, 1997.