



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**POMPA ENJEKTÖRLÜ DİSEL
MOTORUNDA MOTORİN VE JP8 YAKIT
KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANSI
VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ**

Emin Çağatay ALTINOK

YÜKSEK LİSANS

Makina Mühendisliği Anabilim Dalını

Kasım-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Emin Çağatay ALTINOK tarafından hazırlanan “Pompa Enjektörlü Diesel Motorunda Motorin ve JP8 Yakıt Karışımlarının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi” adlı tez çalışması 05/12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. Faruk KÖSE

Danışman

Doç. Dr. Hasan AYDOĞAN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Muharrem Hilmi AKSOY

İmza

.....


.....


.....


Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Emin Çağatay ALTINOK

Tarih: 05/11/2019



ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****POMPA ENJEKTÖRLÜ DİSEL MOTORUNDA MOTORİN VE JP8 YAKIT KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANSI VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ****Emin Çağatay ALTINOK****SELÇUK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI****Danışman: Doç. Dr. Hasan AYDOĞAN****2019, 37 Sayfa****Jüri****Doç. Dr. Hasan AYDOĞAN****Doç. Dr. Faruk KÖSE****Dr. Öğr. Üyesi. Muharrem Hilmi AKSOY**

Bu çalışmada havacılık yakıtı olan JP8 ile eurodiesel yakıtı karıştırılarak pompa enjektörlü diesel bir motorda kullanılmıştır. Referans eurodiesel yakıtına göre hacimsel olarak %5 JP8 ve %10 JP8 eklenerek yakıt karışımları hazırlanmıştır. Bu yakıtlar deneylerde kullanılarak motor performans ve egzoz emisyon değerlerine etkisi incelenmiştir. Referans eurodiesel yakıtı kullanımındaki veri sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Motor momenti ve güç değerleri JP8 karışimli yakıtlarda %4 daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca JP8 karışimli yakıtlarda özgül yakıt tüketimi %3 daha yüksek çıkmıştır. Egzoz emisyon değerlerinde ise NO_x, CO ve k duman faktörü değerleri referans eurodiesel yakıtına göre %15 daha düşük çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alternatif enerji kaynağı, emisyon, JP8, motor performansı, Pompa enjektörlü diesel motor

ABSTRACT**MS THESIS****EFFECTS OF DIESEL AND JP8 AVIATION FUEL BLENDS ON ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS IN TURBO DIESEL ENGINE WITH PUMP INJECTOR****Emin Çağatay ALTINOK****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN MECHANICAL
ENGINEERING****Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN****2019, 37 Pages****Jury****Assoc. Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN****Assoc. Prof. Dr. Faruk KÖSE****Assist. Prof. Dr. Muharrem Hilmi AKSOY**

In this study, aviation fuel JP8 and eurodiesel fuel were blends and used in a diesel engine with pump injectors. According to the reference eurodiesel fuel, 5% JP8 and 10% JP8 fuel mixtures were prepared. The effects of these fuels on engine performance and exhaust emission values were investigated. Reference eurodiesel data were compared according to the results. Engine torque and power values were found to be 4% lower in JP8 blended fuels. In addition, specific fuel consumption was 3% higher in JP8 blended fuels. In terms of exhaust emission values NO_x , CO and smoke values were 15% lower than reference eurodiesel.

Keywords: Alternative energy resource, Diesel engine with pump injector, emission, engine performance, JP8

ÖNSÖZ

Bu çalışmada havacılık yakıtı olan JP8 ile eurodiesel yakıtı karıştırılarak pompa enjektörlü diesel bir motorda kullanılmıştır. Bu yakıt karışımı kullanılarak motor performansı ve egzoz emisyon değerleri incelenmiştir. Bu inceleme sayesinde daha verimli ve düşük egzoz emisyon değerlerini sağlayabilecek alternatif yakıt araştırmalarını desteklemek amacıyla yapılmıştır.

Tüm çalışmalar sırasında her zaman bana destek olan ve yol gösteren danışmanım Doç.Dr. Hasan AYDOĞAN hocama, çalışmalar esnasında bana yardımcı olan değerli Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi hocalarıma ve tüm öğretim hayatım boyunca desteklerini esirgemen aileme teşekkür ederim.

Emin Çağatay ALTINOK
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	1
ABSTRACT	2
ÖNSÖZ	3
İÇİNDEKİLER	4
SİMGELER VE KISALTMALAR	5
1. GİRİŞ	6
1.1. DIESEL MOTORUN ÇALIŞMA PRENSİBİ	6
1.1.1. Diesel Çevrimi	6
1.1.2. Diesel Yakıtı	7
1.1.3. Diesel Araçların Egzos Emisyonu	9
1.1.4. Birim Enjektör Sistemi	10
1.2. DIESEL MOTORLARDA KEROLEN KULLANIMI	14
1.2.1. Kerosen Bazlı Alternatif Yakıtlar	15
1.2.2. JP8 Yakıtının Temel Özellikleri	15
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	17
3. MATERYAL VE METOD	20
3.1. Test Düzeneginin Hazırlanması	20
3.2. Yakıtların Hazırlanması	23
3.3. Deneyin Yapılışı	24
4. DENEY SONUÇLARI	28
4.1. Belirsizlik Analizi	33
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	34
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ	37

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	: Hava akış alanı
be	: Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)
B	: Yakıt Tüketimi (kg/h)
C	: Karbon
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
F	: Kuvvet (N)
H	: Hidrojen
HC	: Hidro Karbon
H ₂ O	: Su veya Su buharı
L	: Kuvvet Kolu
L _v	: Silindire alınan hava miktarı
Md	: Döndürme Momenti (Nm)
n	: Motor Devri (d/d)
N ₂	: Azot
NO	: Azot Oksit
NO ₂	: Nitroz oksit
N ₂ O ₃	: Nitrojen
NO _x	: Azot Oksitler
O ₂	: Oksijen
Pe	: Efektif Motor Gücü (kW)
S	: Kükürt
SO ₂	: Kükürt dioksit
Π	: Pi Sayısı
V _{hava}	: Hava tüketimi (dm ³ /s)
v _{hız}	: Hava akış hızı (m/s)
ω	: Açısal Hız (rad/s)

Kısaltmalar

ECM : Elektronik Kontrol modülü

1. GİRİŞ

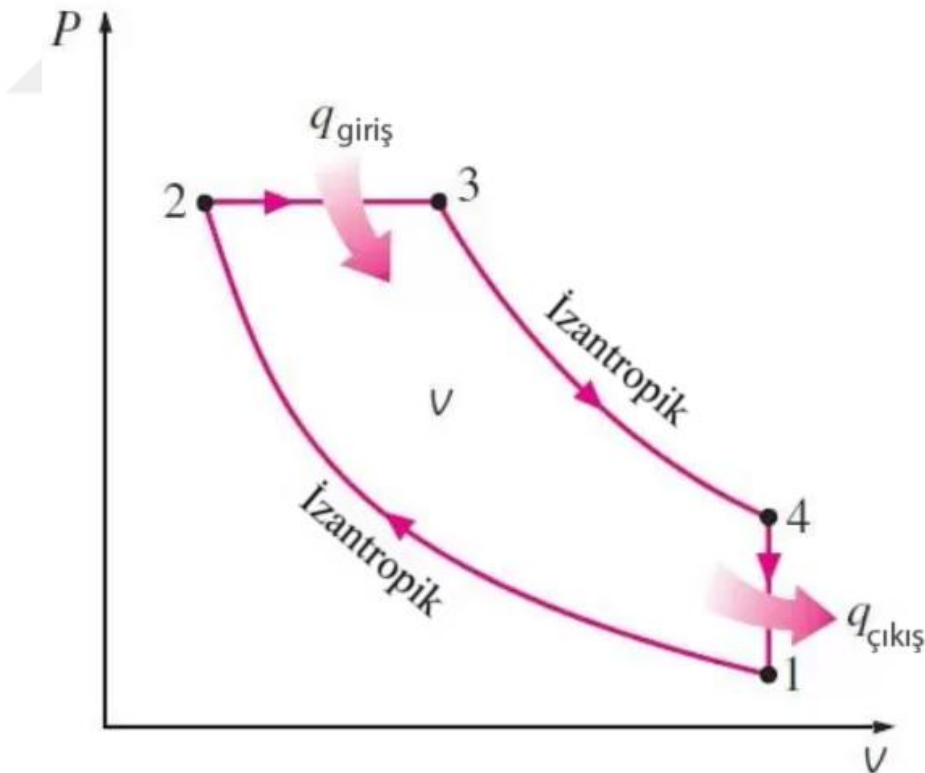
1.1. DIESEL MOTORUN ÇALIŞMA PRENSİBİ

İçten yanmalı motor tiplerinden biri olan diesel motor içerisinde oksijen bulunan bir gazın sıkıştırılarak yüksek basınç ve sıcaklığa ulaşmasını sağlamaktadır. Daha sonra silindirin içerisine püskürtülen yakıt içerideki yüksek sıcaklık ve basınçtaki oksijen içeren gaz ile temasa geçtiği anda patlaması ile yüksek miktarda enerji açığa çıkararak çalışan bir motordur.

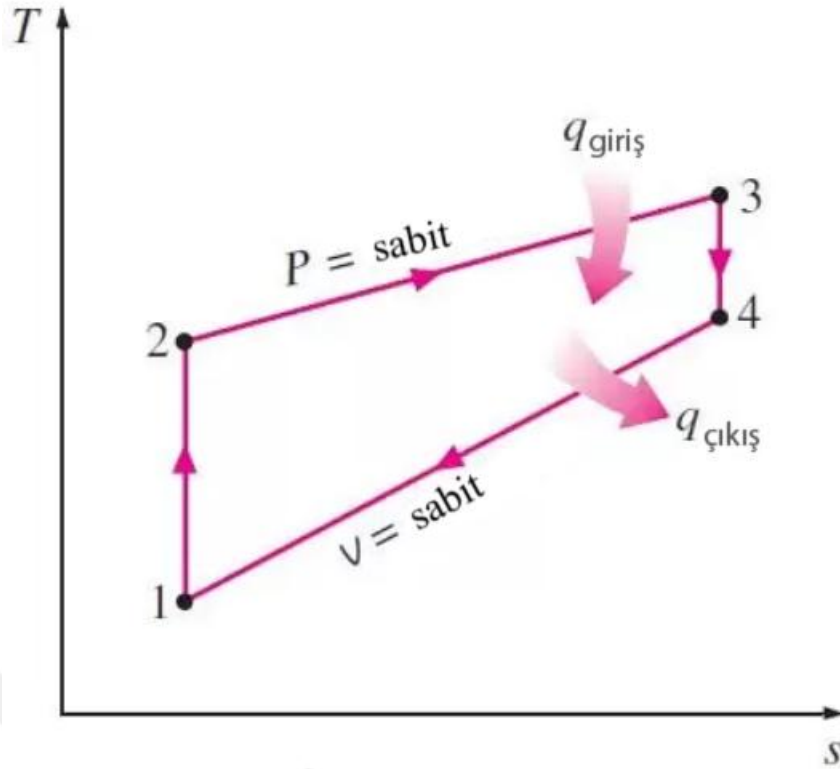
Diesel motorun bu çalışma prensibinin teorik olarak dayandığı çevrim ise İdeal Diesel Çevrimi olarak bilinmektedir. 1892 yılında Alman mühendis Rudolf Diesel tarafından icat edilmiştir. 23 Şubat 1893 yılında ise bu icatın patentini almıştır. Diesel motorun ilk sunumunu yaparken Rudolf Diesel yakıt olarak yer fıstığı yağı kullanmıştır (Knothe, 2010).

1.1.1. Diesel Çevrimi

İdeal diesel çevrimi olarakta bilinen bu çevrim dört zamanlı yanma döngüsü ile gerçekleşmektedir. Diesel çevriminin PV ve TS diyagramları Şekil 1.1 ve 1.2'de verilmiştir.



Şekil 1.1. P-V (basınç-hacim) diyagramı



Şekil 1.2. T-S (sıcaklık-entropi) diyagramı

Basınç-Hacim ve Sıcaklık-entropi diyagramında bu 4 zaman ile ilgili değişimleri görebiliriz.

- 1-2 : İzentropik sıkıştırma işleminde entropi sabit iken, basınç ve sıcaklık artmakta ve hacim ise azalmaktadır.
- 2-3 : Sabit sıcaklıkta ısı girişi olur. Bu zamanda basınç sabit kalır iken, sıcaklık, hacim ve entropi artar. Bu evrede diesel yakıtı sıkıştırılmış sıcak hava ile karşılaşır ve yanma başlar.
- 3-4 : Bu zamanda hacim genişler. Entropi sabit kalır. Sıcaklık ve basınç düşer. İzentropik genişleme bu evrede gerçekleşir.
- 4-1 : Hacim sabit iken ısı çıkışı gerçekleşir. Egzozdan gazların dışarı atıldığı zamandır. Bu evrede Entropi, sıcaklık ve basınç düşer.

1.1.2. Diesel Yakıtı

Diesel araçlarda kullanılan yakıt tipidir. Motorin olarak adlandırılır. Ham petrolün damıtılması ile elde edilen ürünlerden biridir. Petrol ürünlerinin damıtılma sıcaklıkları Çizelge 1.1'de verilmiştir. Damıtılma sırasında 200-380 derece santigrat kaynama sıcaklığında çıkan ana üçüncü üründür. Özgül ağırlığı 0,89 kg/dm³'tür. Yapısındaki HC sayısı 8 ile 16 arasında değişmektedir. HC bileşenleri haricinde %1

kükürt, 0,02 kül vardır. Çizelge 1.1’de Petrol ürünlerinin damıtılma sıcaklıkları verilmiştir. Motorinin en düşük setan sayısı 40 olmalıdır (Tsanaktsidis ve ark., 2014).

Çizelge 1.1. Petrol ürünlerinin damıtılma sıcaklıkları (Örs, 2014)

Yakıt	Damıtma sıcaklıkları (°C)
Petrol Gazları	0 - 35
Uçak Benzini	35 – 150
Taşıt Benzini	35 – 200
Gaz Yağı – Kerosen	150 – 260
Diesel Yakıtı (ince)	175 – 290
Diesel Yakıtı (standart)	200 – 370
Ağır Yakıtlar	370 – 550

Üç farklı motorin bulunmaktadır. Bunlar;

- Nu.1-D : Petrolün damıtılması ile elde edilir. Her dizel motorda kullanılabilir.
- Nu.2-D : Petrol damıtılması ve kraking ürünlerinden elde edilir. Nu.1-D göre daha düşük oranda buharlaşır. Düşük hızlı ağır vahısta ve endüstri motorlarında kullanılır.
- Nu.3-D : Petrolün damıtılması, hidrokarbonları parçalayarak (kraking) ve bazı atıklardan elde edilir. Düşük ve orta hızlı motorlarda kullanılır.

Bu üç farklı motorinin özellikleri Çizelge 1.2’de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Motorin özellikleri(Söyler, 2011)

Özellik	1-D	2-D	3-D
Setan sayısı minimum	40	40	40
Parlama noktası °C	100	125	130
Viskozite S (saybolt)	30-34	33-45	45-125
% Kül kütlesele	0,01	0,02	0,10
% Kükürt kütlesele	0,5	1,0	2,0

Kraking yöntemi etilen, propen, büten ve benzeri gibi ürünler elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. Kraking yöntemi ile büyük, ağır moleküllü (gazyağı, parafinli yağlar gibi) ve yüksek kaynama noktasına sahip hidrokarbonları parçalayarak küçük moneküllü hidrokarbonlar elde edilir. Eurodiesel yakıtı Şekil 1.3’de görülmektedir.



Şekil 1.3. Eurodiesel yakıtı

1.1.3. Diesel Araçların Egzos Emisyonu

Diesel yakıtların içinde hidrojen (H), karbon (C) ve kükürt (S) vardır. Yakıt havadaki oksijen (O_2), azot (N_2) ve su buharı (H_2O) ile silindir içinde tepkimeye girerek yanmayı gerçekleştirir. Yanma sonucunda azot (N_2), oksijen (O_2), su ve su buharı (H_2O), karbonmonoksit (CO), azot oksit (NO_x), kükürt dioksit (SO_2) ve hidrokarbon (HC) bileşenleri oluşur. Bu bileşenler içinde en önemli olanları ise karbonmonoksit (CO), hidrokarbon (HC) ve azot oksittir (NO_x) (Kathrotia ve Riedel, 2019).

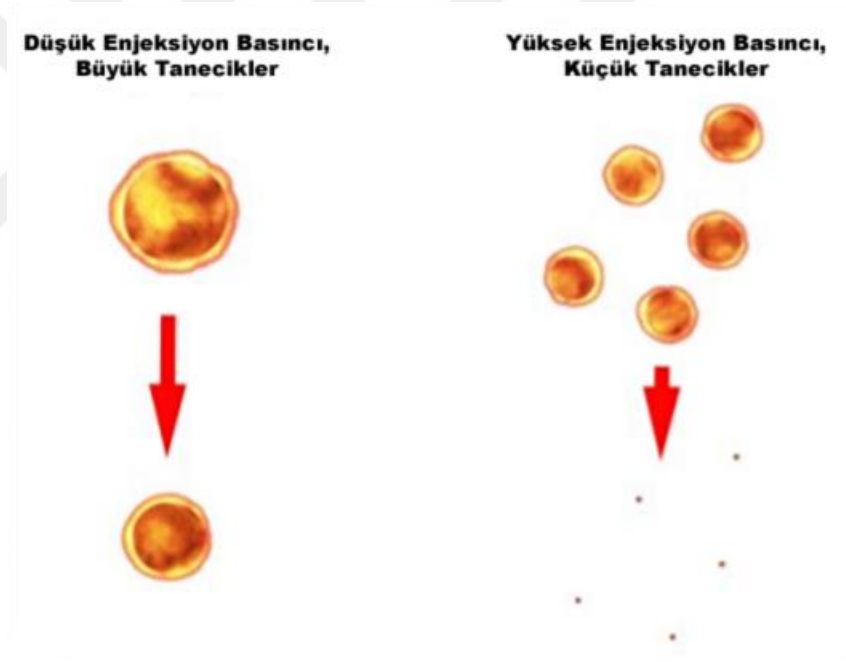
Diesel motorlar fakir yakıt karışımı ile çalışmaktadır. Bu sayede silindir içerisindeki karbonmonoksit (CO) değerinin düşük olmasını sağlar. Karbonmonoksit renksiz ve kokusuz zehirli bir gaz olduğu için egzos emisyon değerinin düşük olması önemlidir. Hidrokarbonlarda (HC) karbonmonoksitler (CO) gibi yakıtın tamamen yanmaması sonucu oluşan gazlardandır. Yaklaşık motora giren yakıt miktarının %1 ile %1,5'ini oluştururlar. Karbonmonoksit yakıt içindeki karbon atomunu tamamen yanmaması sonucu oluşan bir gazdır. Karbondioksit ise yakıt içerisindeki karbon atomlarının tam yanması sonucunda oluşan renksiz bir gazdır. Egzos emisyon değerleri için CO_2 önemli bir parametredir (Fernandes ve ark., 2007; Chiong ve ark., 2018).

Yakıt ile hava tepkimeye girdiğinde azot ve oksijenin birçok değişik gaz oluşturduğu görülmüştür. Örnek olarak azotoksit (NO), azotdioksit (NO_2), nitröz oksit (N_2O), nitrojen (N_2O_3) gibi çeşitli gazlar oluşur. Genel olarak azotoksitler (NO_x) diye adlandırılır. Yanma odasında azotoksit bileşeni oluşabilmesi için sıcaklık değerinin $1800\text{ }^\circ\text{C}$ üstüne çıkması gereklidir. Eğer bu sıcaklık değerinin üzerinde değilse azotoksit gazı meydana gelmez. N_2 ve O_2 egzozdan tepkimeye girmeden çıkar (Topal ve ark., 2004).

1.1.4. Birim Enjektör Sistemi

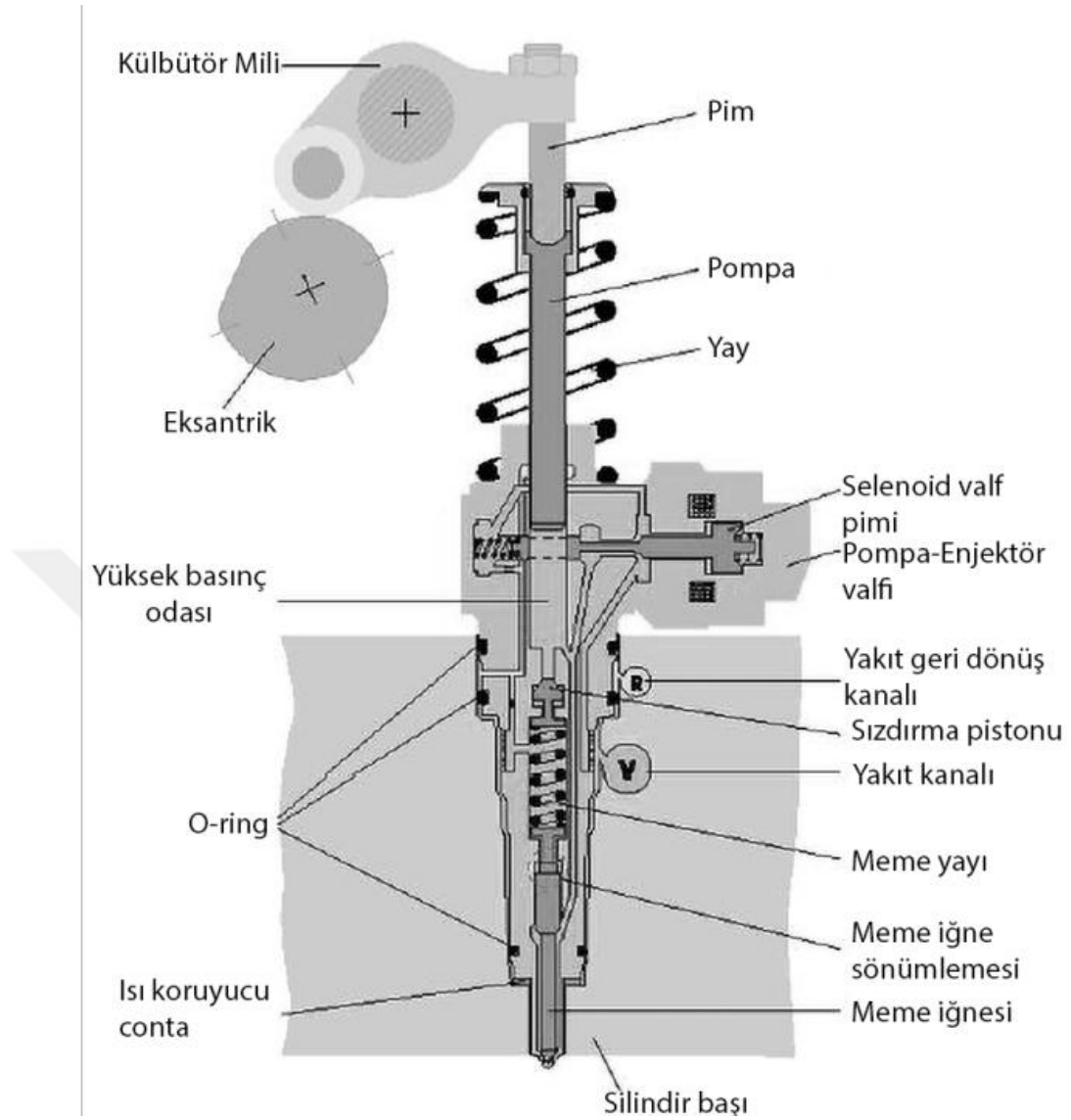
Diesel motorlar için üretilen birim enjektör sistemi doğrudan enjeksiyon sistemi için geliştirilmiş elektronik bir yakıt enjeksiyon sistemidir. 5 litreye kadar motor hacmi olan veya 312 beygire kadar motor gücü üreten araçlar için tasarlanmıştır. 1988 yılında ilk olarak seri üretim olarak kullanılmıştır (Köse, 2012).

Birim enjeksiyon sistemi yüksek basınçlı pompa ile enjeksiyon nozulunu tek bir parçaya entegre eder. Yakıt basınçlandırma işlevleri için kullanılan sistem enjeksiyon zamanlaması, yakıt atomizasyonu ve yakıt dağıtımı için tek bir bileşen kullanılarak gerçekleştirilir. Yakıt damlaları 20 mikrondan daha küçüktür. Bu sayede egzoz emisyon değerlerinde daha az parçaçıklı madde (PM), hidrokarbon (HC) ve karbonmonoksit (CO) içerir. Şekil 1.4'te yüksek basınç ile düşük basınç sırasında yakıtın atomize görüntüsü verilmiştir.



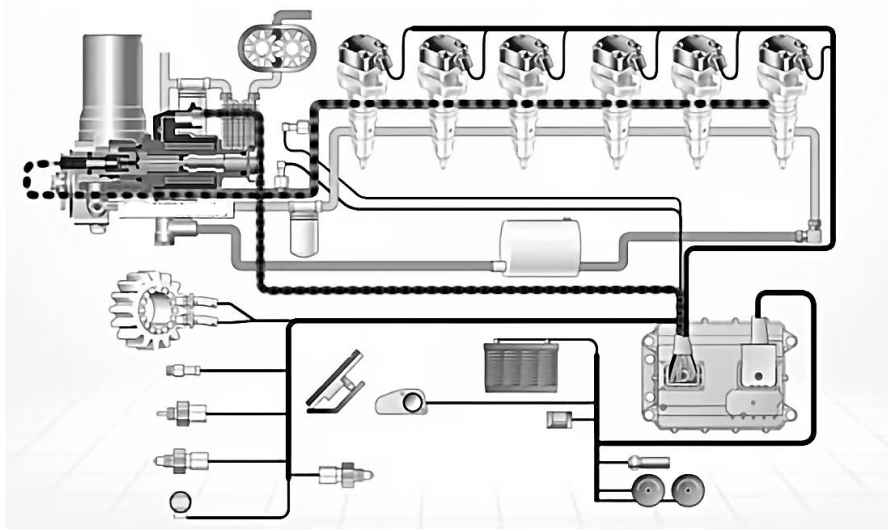
Şekil 1.4. Düşük basınç ve yüksek basınç yakıt tanecikleri

Birim enjektörler yanma odasının üst kısmına monte edilir. Bu birim enjektör sistemi motordaki tüm silindirlere tek tek yerleştirilmiştir. Yüksek basınç birim enjektörünün pompa pistonunun eksantrik mili veya bir itme kolu vasıtasıyla motor eksantrik mili sayesinde oluşturulur. Birim enjektörün nozulu elektronik olarak tetiklenen hızlı bir solenoid valf ile çalışır. Bu sistemde enjektör ile yüksek basınçlı pompa arasında ek olarak bir hat yoktur. Şekil 1.5'te birim enjeksiyon sisteminin kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 1.5. Birim enjeksiyon sistemi

Birim enjektörlerin ortak çalışma prensipleri vardır. Elektronik kontrol modülü yakıtı doğru zamanda ve doğru miktarda verebilmek için enjektör solenoidine sinyal gönderir. Enjeksiyon, entegre bir solenoid valfi açıp kapatarak gerçekleştirir. Enjeksiyon miktarı, hem elektrik sinyalinin zamanının hemde piston hızının bir fonksiyonudur. Enjektör solenoidinin elektrik ile çalıştırıldığı süre enjeksiyon miktarını belirleyen bir faktördür. Enjektör solenoidine ne kadar uzun süre sinyal gelirse enjekte edilen yakıt o kadar çok olur. Şekil 1.6'da birim enjeksiyon sisteminin şeması verilmiştir.



Şekil 1.6. Birim enjeksiyon çalışma prensibi

Birim enjeksiyon sistemi çok yüksek enjeksiyon basınçları oluşturabilmektedir. İlk üretilen birim enjeksiyon sistemi 1600 bar iken mevcut sistemler 2200 bar'a kadar çıkabilmektedir (Şekil 1.7). Bu sistemin bazı avantajları şunlardır:

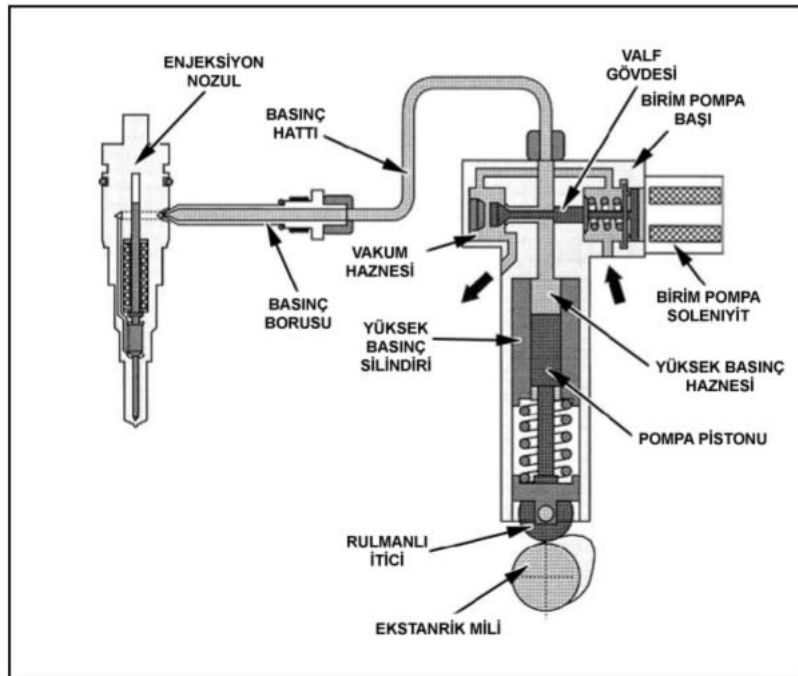
- Daha yüksek performans
- Yüksek basınçla püskürtülen yakıt sayesinde düşük yakıt tüketimi
- CO₂ emisyonunun düşük olması
- Düşük motor devirlerinde bile yüksek tork üretilebilmesi
- Yüksek basınç sayesinde ideal hava- yakıt karışımı



Şekil 1.7. Birim enjektör sistemi

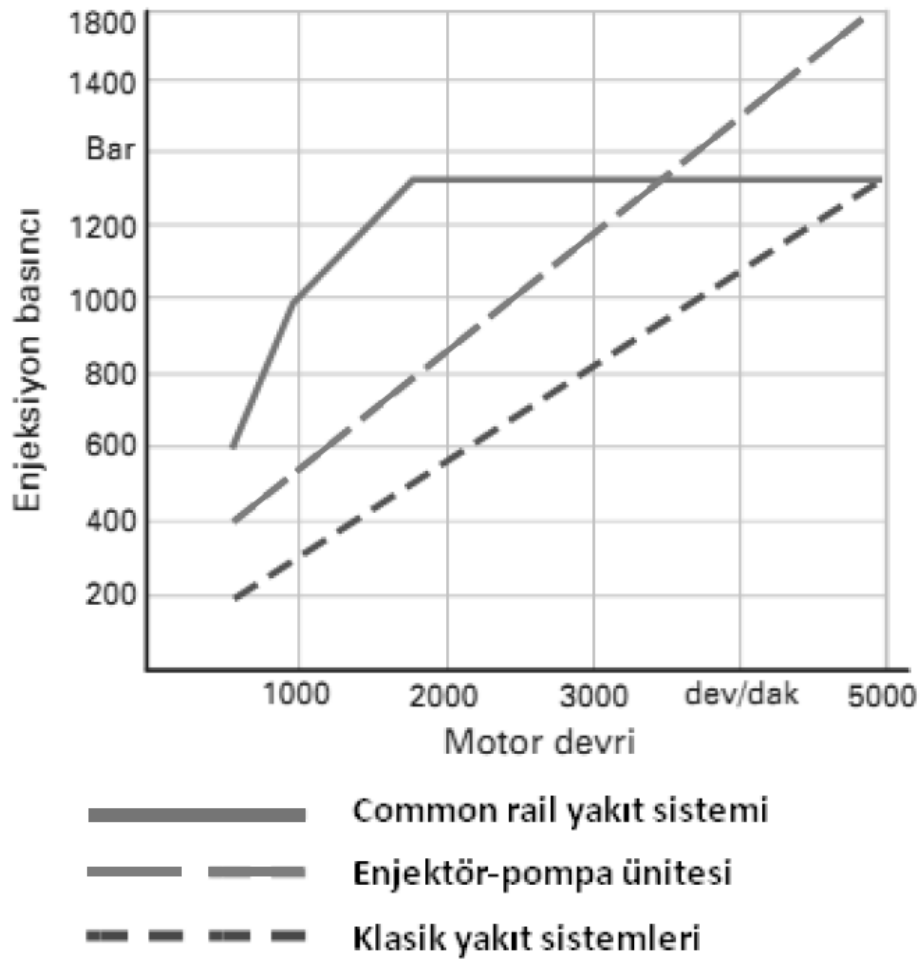
Birim pompa sistemi ticari araçlar için özel olarak tasarlanmıştır. Bu sistem 1995 yılında Bosch tarafından seri üretimine başlanmıştır.

Bu sistem de birim enjeksiyon sisteminde olduğu gibi motordaki her silindirde entegre solenoid valfa sahiptir. Sistemde tek silindirli pompa bulunur. Bu sayede her birim pompa sistemi yakıt beslemede düşük basınçlı bir besleme transfer sistemi sağlanmış olur. Kısa bir yüksek basınçlı hat üzerinden enjeksiyon tutucular bağlanır. Yüksek basınç pompası doğrudan motor eksantrik milinden tahrik alır. Yakıtın ölçülmesi ve zamanlanması enjektör ünitesinin pompasında bulunan solenoid valfler tarafından düzenlenir. Bu valfler motor elektronik kontrol ünitesi tarafından yönetilir. Birim pompa sistemine gelen düşük basınçtaki yakıtı kullanır. Solenoid valfi kapandığında birim pompa sistemindeki piston yakıtı sıkıştırır. Düşük basınçlı olarak gelen yakıt burada yüksek basınçlara ulaşır ve bir hat yardımı ile enjektöre iletilir. Her birimde fazla gelen yakıt ise tekrardan yakıt deposuna gönderilir. Elektronik kontrol modülü tarafından kontrol edildiği için değişken enjeksiyon başlangıcı, enjeksiyon süresi ve motorun çalışma koşullarına adapte olma konusunda önemli bir avantaja sahiptir (Aydoğan, 2006). Şekil 1.8’de birim pompa sisteminin görseli verilmiştir.



Şekil 1.8. Birim pompa sistemi çalışma prensibi

Ayrıca silindire özgü düzeltmeler sayesinde birim pompa sistemi yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Birim pompa sistemi silindir başına 80 kW'a güce kadar destekler ve elektronik kontrol ünitesi en fazla sekiz silindir içeren bir sistemi tetikleyebilir. İkinci bir kontrol ünitesi sistemin 16 silindire kadar desteklenmesini sağlar. Ticari araç motorlarında kullanılır. Bu sistemi avantajları ise düşük emisyon değerleri ve yakıt tüketimidir. Diesel motorlar için geliştirilen enjeksiyon sistemlerinin basınç karşılaştırma grafiği Şekil 1.9'da verilmiştir.



Şekil 1.9. Enjeksiyon sistemleri basınç grafiği

1.2. DIESEL MOTORLARDA KEROSEN KULLANIMI

Kerosen sanayide kullanılan bir petrol türüdür. Genellikle gazyağı diye adlandırılan meteryalin daha gelişmiş ve süzölmüş halidir. 150 °C ile 270 °C arasında ham petrolün ince şekilde damıtılarak yapılır. Parlama noktası 40 °C'dir. Kerosen, benzin ve motorin gibi yakıt türlerine göre daha düşük sıcaklıkta akışkanlığını koruyabilmektedir. Ayrıca 40 °C altındaki bir sıcaklıkta ateş ile temas etmesine rağmen

alev almaz. Bu özellikleri sayesinde havacılık sektöründe bu yakıt türü tercih edilmektedir. Kerosenin donma noktası -47°C ila -49°C dir. Düşük sıcaklıkta akışkanlığını kaybetmemesinden dolayı diesel motorlarda da kerosen kullanılabilir (Bayındır ve ark., 2017; Mao ve ark., 2019).

1.2.1. Kerosen Bazlı Alternatif Yakıtlar

Kerosen bazlı yakıtlar genel olarak havacılık ve askeri alanlarda kullanılmak üzere geliştirilmişlerdir. Özellikle jet motorlu uçaklar için geçmişten günümüze birçok kerosen bazlı yakıt türü üretilmiştir. Bu yakıtlar JET-A, JET-A1, JET-B, JP4, JP5, JP7 ve JP8 dir (Lee ve ark., 2015; Sogut ve ark., 2019). Çizelge 1.3'te bu yakıtların farklılıkları verilmiştir.

Çizelge 1.3. Havacılık için üretilen yakıtların farklılıkları(İskender, 2007)

Yakıt Tipi	Açıklama
JP1	Donma noktası -60°C , ekzoz duman izi az olması
JP2, JP3, JP4	JP-1 'e göre tutuşma derecesi daha düşüktür.
JP5	Yüksek tutuşma derecesi nedeniyle daha güvenli, uçak gemilerinde ve jet uçaklarında kullanılır. Üretim maliyeti daha pahalıdır.
JP6	XB-70 uçağı için üretilmiştir.
JP7	SR-71 "Blackbird" uçağı için üretilmiştir.
JP8	JP-4 yakıtına göre yüksek parlama derecesine sahip, fazla kokan ve yağlı özelliğine sahiptir.
JET-A	Sivil jet uçaklarında kullanılır. JP8 ile benzerdir.
JET-B	Sivil jet uçaklarında kullanılır. JP4 ile benzerdir.

Çizelge 1.4'te Diesel ve JP8 yakıtının ASTM standartlarına göre özellikleri verilmiştir (Kabak, 2005; Söyler, 2011; Uyumaz ve ark., 2014; Özcan, 2018).

Çizelge 1.4. Diesel ve JP8 yakıtlarının özellikleri(Yamık ve ark., 2013)

Yakıt Tipi	Diesel	JP8	Metot
Yoğunluk (g/cm^3 , 15°C)	0,8372	0,7950	ASTM D 1298
Viskozite (cSt)	2,8(40°C)	3,87(-20°C)	ASTM D 445
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası ($^{\circ}\text{C}$)	-5	-48,5	ASTM D 2386
Parlama Noktası ($^{\circ}\text{C}$)	73	41	ASTM D 93
Alt Isıl değer (kcal/kg)	10450	10200	ASTM D 2015
Setan Sayısı	54	45	ASTM D 976

1.2.2. JP8 Yakıtının Temel Özellikleri

JP8 havacılık ve askeri yakıt olarak kabul edilmiştir. %99,8'i kerosenden oluşmaktadır. Kerosen 150°C ile 270°C arasında petrolün ince şekilde damıtılmasıyla elde edilir. Parlama derecesi 40°C 'dir. JP8 yakıtı askeri alanlarda kullanılması için çeşitli katkı maddeleri ile karıştırılmaktadır (Söyler, 2011). JP8 buzlanma inhibitörü,

korozyon inhibitörleri, kayganlaştırıcılar ve antistatik maddeler, benzen (karsinojen), hekzan (nörotoksin) ve JP4 ile elde edilir. Özellikle donma noktası -47°C olduğundan hem havacılıkta hemde askeri yakıt olarak kullanılmaktadır (Labeckas ve Slavinskas, 2015; Arkoudeas ve ark., 2003).

JP8 yakıtı yoğunluk olarak dieselden daha düşük olmasına rağmen yüksek basınç pompası ve enjektöre sahip diesel motorlarda yakıt olarak kullanılabilir. Fakat kullanılan yakıt özelliğine göre motor torku ve yakıt tüketiminde değişiklikler ortaya çıkacaktır (Samsun ve ark., 2015). JP8 ve dieselin alt ısıl değerleri birbirine oldukça yakındır. Ancak JP8 yakıtının setan sayısı diesel yakıtından daha düşüktür. Bu durum tutuşma süresini uzatır. JP8 yakıtının diesel motorlarda kullanılması için motorun sıkıştırma oranının belirli bir seviyenin üstünde olması gereklidir. Ayrıca JP8 yakıtının yağlama özelliği dieselden daha düşüktür (Aydoğan, 2011). Çizelge 1.5'te JP8 yakıtının özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1.5. JP- 8 yakıt özellikleri(Kantaroglu ve Yontar, 2017)

	Birim	Değer	Test metodu
Fiziksel Durum		Sıvı	
Renk		Renksiz	
Yoğunluk 15 °C	kg/m ³	775-840	ASTM D 1298 veya D 4052
Koku		Gazyağı Kkoku	
Parlama noktası	⁰ C	38	ASTM D 3828 veya D 56
Donma noktası	⁰ C	-47	ASTM D 2386 veya D 5972
Kükürt	% hacim	0,3	ASTM D 1266
Aromatikler	% hacim	25	ASTM D 1319



Şekil 1.10. JP8 yakıtı

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

NATO ülkeleri ikinci dünya savaşından sonra tek bir askeri yakıt kullanmayı düşünmüştür. Petrol ürünlerinin lojistik tedarik zincirini sadeleştirmek için düşünülmüştür. Bu kavram tek yakıt kavramı olarak adlandırılır (SFC – Single Fuel Concept). Bu kavram için tek yakıt olarak JP8 yakıtı kullanılması seçilmiştir. Bu karar sonucunda Diesel motorlarda yakıtın JP8 ile tamamen yer değiştirmesi durumunda JP8 etkileri ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Geleneksel yakıt enjeksiyon sistemi ve mekanik pompa ile çalışan çoğu motor JP8 ile başarılı bir şekilde çalışmıştır. Fakat JP8 yakıtı yoğunluk değerinin diesel yakıtından daha düşük olması, kullanılan yakıt özelliğine göre motor torku ve yakıt tüketiminde değişiklikler ortaya çıkarmaktadır. Egzoz emisyonları ile ilgili olarak diesel yakıtına göre duman emisyonunu azaltma potansiyeline sahiptir.

Önceki yapılan araştırmalara göre JP8'in hiçbir kritik sınırlama göstermediği ve diesel yakıt için tam ikame olarak kullanılabilirdiği görülmüştür. Fakat motor performansında ve emisyon değerlerinde farklılık olduğu açıktır.

Fernandes ve ark. (2007), Diesel motor üzerinde yaptıkları çalışmada JP8'in düşük setan sayısı, yüksek tutuşma gecikmesine yol açtığını tespit etmişlerdir. Hemen hemen tüm koşullarda, JP8 yakıtı kullanımında daha düşük NO_x ve PM emisyonları elde etmişlerdir (Fernandes ve ark., 2007)

Lee ve Bae (2011), JP8 yakıtının Diesel motorunda uygulanması için yapılan çalışmada JP8'in, daha hızlı bir püskürtme ucuna nüfuz etmesi ve JP8'in daha hızlı buharlaşma özelliğinden dolayı diesel yakıttan daha geniş bir püskürtme açısına sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca JP8 ile hazırlanan yakıtta, JP8'in düşük setan sayısı nedeniyle tutuşmanın daha uzun sürdüğü görülmüştür (Lee ve Bae, 2011).

Lee, Oh ve Bea (2012), Diesel motorunda JP8 ve fosil diesel yakıtının yanmasını karşılaştırmışlardır. Yapılan deneylerde alev parlaklık şiddeti analizi, Diesel yakıtının genel olarak daha güçlü bir alev parlaklığına sahip olduğunu ve görünür alev ışımaya süresinin JP8'den daha uzun olduğu saptanmıştır. Alev parlaklık varyasyon oranı analizinden, JP8 için alev lümenitesindeki azalma oranı, diesel yakıtla karşılaştırıldığında, JP8'in oksidasyon oranının Diesel yakıtından çok daha yüksek olduğunu göstermiştir (Lee ve ark., 2012).

Yamık, Calam, Solmaz, İçingür (2013), JP8 ve Diesel karışımli yakıtın tek silindirli diesel bir motorda denenmesi performans ve egzoz emisyon değerlerinin

değişimini incelemiştir. Eurodiesel yakıtına JP8 eklenmesi sonucunda karışım oranına bağlı olarak motor torkunun düştüğü gözlemlenmiştir. Özgül yakıt tüketimi ise yakıttaki JP8 oranı arttıkça motorun özgül tüketim miktarıda artmaktadır. Emisyon değerlerinden biri olan NO_x değerlerinde ise, yakıttaki JP8 oranı arttıkça NO_x değeri düşmektedir. Fakat CO emisyon değeri artış göstermektedir. Aynı zamanda egzoz is emisyonu da yakıttaki JP8 oranı arttıkça artmaktadır (Yamık ve ark., 2013).

Uymaz ve ark. (2014), havacılık yakıtı JP8 ve biyodizel yakıt karışımını doğrudan enjeksiyonlu bir motorda deneyerek motor performansı, egzoz emisyonları ve yanma üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Bu çalışmada test için hazırladıkları yakıtların biyodizel miktarı artmasıyla NO_x emisyonlarının arttığı görülmüştür. Test yakıtlarında biyodizel yakıt miktarı arttıkça CO emisyonları azalmıştır. JP8 ve biyodizel yakıt karışımlarının diesel motorda kolay ve verimli bir şekilde kullanılabilceği saptanmıştır (Uyumaz ve ark., 2014).

Örs (2014), biyoyakıt ile bir diesel motorunun yanma, performans ve emisyon değerlerinin incelemiştir. Analizin sonuçlarına göre biyodizel ve biyoetanolun euro diesel'e göre daha az ısı değer de olması bu nedenle yanma enerjisinin azalması, biyodizelin viskozitesi yüksek olması püskürtmeyi olumsuz etkilemektedir. Biyoetanol setan değerini düşürdüğü için yanma karakteristiği kötü etkilemiştir. Ama euro diesel'e biyodizelin %3 miktarında ilave edilmesi viskozite artışı ile pompa kaçaklarını düşürdüğü ve yanmayı iyileştirerek motor performansını olumlu yönde etkilemiştir (Örs, 2014).

Yağoğlu (2015), Diesel motorların tüketilen çeşitli yakıtlara göre motor performansı ve egzoz emisyon değerlerini gözlemlemiştir. Kullanılan yakıtlar ise %100 eurodiesel, %50 diesel - %50 biyodizel, %45 diesel- %50 biyodizel- %5 biyoetanol ve %40 diesel- %50 biyodizel- %10 biyoetanol karışımlarıdır. Analiz edilen ölçüm değerlerine göre motor torku ve gücünde düşüş olmuştur. Egzoz emisyon değerlerinde ise özgül yakıt tüketimi, CO₂ ve NO'da artış gözlemlenmiştir. Ayrıca CO, HC ve is emisyon değerlerindedede düşüş olmuştur (Yağoğlu, 2015).

Kantaroğlu ve Yontar (2017), buji ateşlemeli motorda JP8 yakıtının kullanılmasını incelemiştir. Yapılan bu çalışmada deneysel ve sayısal olarak yapılan hesaplamalar karşılaştırılmıştır. Tam yükte çalıştırılan motor firmaların verdiği veriler uygun olarak 2500-3000 d/dak aralığında maksimum torku vermektedir. Bu devrin altında veya üstünde benzin kullanımında tork değeri düşmektedir. JP8 ile karşılaştırıldığında ise JP8 katkılı yakıtın motor torkunda bir yükselme sağladığı

görülmüştür. Bu sayede motorun yüksek tork sürekliliği sağlanmıştır (Kantaroglu ve Yontar, 2017).

Özcan (2018), Eurodiesel ve LPG olmak üzere iki çeşit yakıtı birlikte kullanan bir diesel motorun verimlilik performansını ve emisyon değerlerini deneysel olarak incelemiştir. Sadece eurodiesel ile LPG + Eurodiesel olarak yapılan testlerde iki yakıtın birlikte kullanımının motor gücünü ve torkunu artırdığı gözlemlenmiştir. Azami olarak motor gücünde %21,2 gibi bir artış var iken tork değerinde azami olarak %42,8 artış ortaya çıkmıştır. Yapılan deneylerde aynı zamanda egzoz emisyon değerleride ölçülmüştür. Ölçülen değerler incelendiğinde CO, HC ve partikül emisyonlarının arttığı CO₂ değerinin düştüğü kaydedilmiştir. Fakat bu değişen CO, HC emisyon değerlerinin yürürlük çerçevesinin sınırları içinde kalmaktadır. LPG + Eurodiesel yakıt tüketimi sadece eurodiesel yakıt tüketimine göre %7,8 tasarruf sağlamaktadır (Özcan, 2018).

Bu çalışmada havacılık yakıtı olan JP8 ile Eurodiesel yakıtının hacimsel olarak belirli oranlarda karıştırarak turbo diesel motorlarda kullanıma uygunluğunu araştırmaktır. Elde edilen karışımlar pompa enjektörlü turbo diesel motorunda test edilecektir. Test sonucunda çıkan motor performans değerleri ve egzoz emisyon değerleri yorumlanacaktır. JP8 yakıtının pompa enjektörlü turbo direkt enjeksiyonlu motorlarda kullanımı ve hacimsel olarak yapılan karışımlar ile motor performansı, yakıt tüketimi ve egzoz emisyon değerlerini karşılaştırmaktır. Pompa enjektörlü turbo direkt enjeksiyonlu motorlarda diesel yerine kullanılacak olan JP8 karışımı yakıtın kullanılması sonucunda elde edilecek verilere göre değişikliklerin tespit edilmesidir.

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada havacılık yakıtı olan JP8 ile Eurodiesel yakıtını hacimsel olarak belirli oranlarda karıştırarak, turbo doldurmalı, birim enjektör yakıt sistemli bir diesel motorda kullanıma uygunluğunu araştırılmıştır. Test sonucunda çıkan motor performans değerleri ve egzoz emisyon değerleri yorumlanmıştır. JP8 ile Eurodiesel karışımının turbo diesel motorlara uygun olup olmadığı incelenmiştir. Ayrıca test sonucunda çıkan motor performans ve egzoz emisyon değerleri motorun nominal değerleri ile karşılaştırılmıştır.

3.1. Test Düzeneginin Hazırlanması

Test düzeneginin de Eurodiesel ile JP8 yakıtının kullanıldığı bir motorda motor performans değeri ve egzoz emisyon değerlerinin ölçülmesi gerekmiştir. Bunun için motor hidrolik dinamometreye şaft ile bağlanmıştır. Testler 1.4 TDI Volkswagen motorda yapılmıştır. Çizelge 3.1’de deney motorunun teknik özellikleri, Şekil 3.1’de deney motoru verilmiştir.

Çizelge 3.1. Test motorunun teknik özellikleri

	Tanım	Açıklama
Motor	1.4 TDI Volkswagen	1.4 R3 6valf TDI PD
Silindir hacmi	3 silindir = 1422 cc	Bir silindir = 474,1 cc
Enjeksiyon sistemi	Turbo direkt enjeksiyon	Turbo diesel
Silindir Çapı	79,5 mm	
Stroke	95,5 mm	
Stroke oranı	0,83/1	
Sıkıştırma oranı	19,5:1	
Valf adeti	6 valf	Bir silindir 2 valf
Ağırlık	127 kg	



Şekil 3.1. Deney motoru

Hidrolik dinamometrenin kontrol panelinden motor gücü, motor torku ve motor devri okunabilmektedir (Şekil 3.2). Motora bağlanmış olan hidrolik dinamometre ile motordaki moment, güç ve yağ değerleri farklı devirlerde yükleme yapılarak ölçülmüştür. Hidrolik dinamometrenin teknik özellikleri çizelge 3.2’te verilmiştir.



Şekil 3.2. Motor dinamometresi kontrol panosu

Çizelge 3.2. Hidrolik dinamometrenin teknik özellikleri

Fren Modeli	BT-190 FR
Maksimum frenleme gücü	100 kW
Maksimum devir	6000 d/d
Maksimum moment (tork)	750 Nm
Fren suyu çalışma basıncı	0-2 kg/cm ²
Maksimum güç için su ihtiyacı	2,3 m ³ /sa
Maksimum fren suyu çıkış sıcaklığı	80 °C
Tork ölçümü	Elektronik load-cell
Dönüş yönü	Sağ ve sol dönüşlü

Egzozdaki azot oksit (NO_x), karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), hidrokarbon (HC), duman değerleri ölçülmüştür. Emisyon ölçümlerinde Bosch BEA 350 model emisyon cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.3). Cihazın teknik özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Emisyon ölçüm cihazı

Çizelge 3.3. Bosch BEA 350 emisyon ölçüm cihazının teknik özellikleri

Bosch BEA 350	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
CO	0,000 – 10,00 (%) hacimsel	% 0,001
CO ₂	0,00 – 18,00 (%) hacimsel	% 0,01
HC	0 – 9999 ppm hacimsel	1 ppm
NO _x	0 – 5000 ppm hacimsel	1 ppm
O ₂	0,00 – 22,00 (%) hacimsel	% 0,01
Lambda (λ)	0,500 – 9,999	0,001
Bulanıklık derecesi	0 – 100 (%)	% 0,1

Yakıt tüketimi hassas terazi ve zaman sayacı ile ölçülmüştür. Anemometre ile hava hızı ölçülerek motorun hava tüketimi hesaplanmıştır. Motor performans değerleri, motorun hava tüketimi ve yakıt tükemi değerleri ile özgül yakıt tüketimi, volümetrik verimler hesaplanmıştır.



Şekil 3.4. Hava akış hızı ölçüm cihazı (Anemometre)

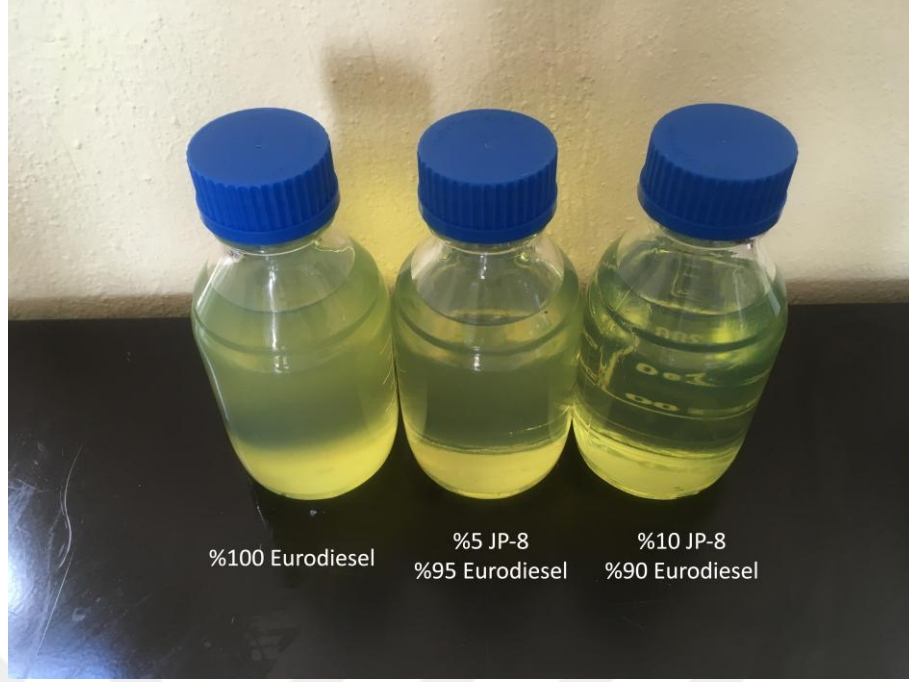
Şekil 3.4'te Anemometre cihazı ve Çizelge 3.3'te bu cihazın teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.4. DT-1880 Anemometre teknik özellikleri

Özellik	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet	Doğruluk
Hava hız (m/s)	0,1 – 25,0 m/s	0,01 m/s	±5% + 0,03m/s
Hava sıcaklığı	(-20°C) – (60°C)	0,1°C	±1°C, Hız > 0,3 m/s ±2°C, Hız < 0,3 m/s
Bağıl Nem	0% - 100%	0,1%	±3,5% , (20 – 80%) ±5% , (80 – 100%)

3.2. Yakıtların Hazırlanması

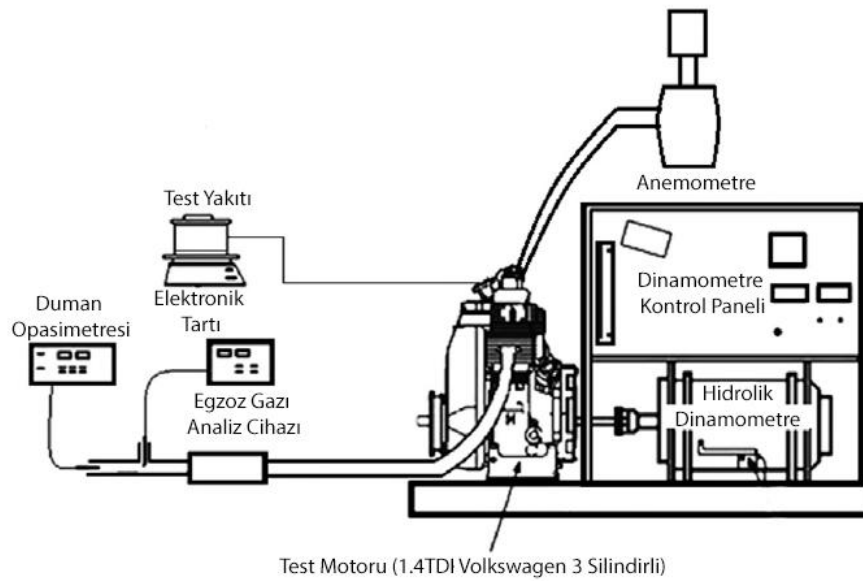
Testlerde 5'er litrelik 3 farklı yakıt hazırlanmıştır. Hacimsel olarak %100 Eurodiesel, %95 Eurodiesel - %5 JP8 ve %90 Eurodiesel - %10 JP8 yakıtı hazırlanmıştır (Şekil 3.5). Hazırlanan bu yakıtlar testler de kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Yakıt karışımları

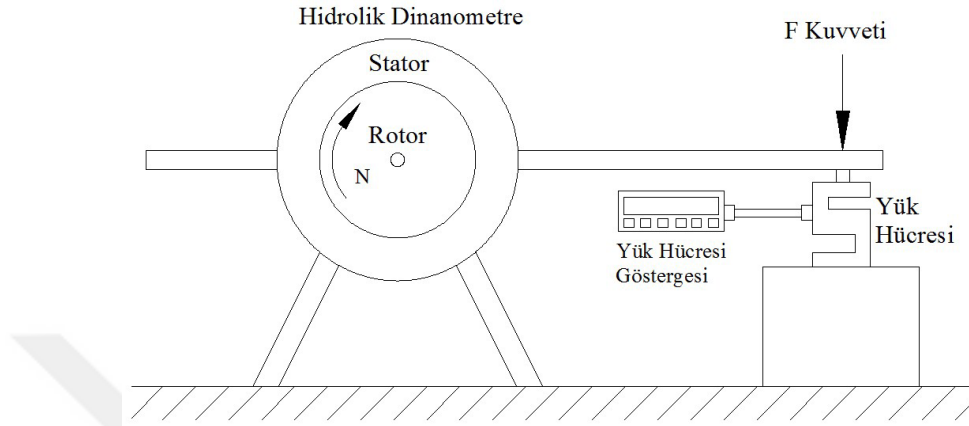
3.3. Deneyin Yapılışı

Motor çalışma sıcaklığına kadar çalıştırılarak ısıtılmıştır. Motorun radyatör fanı 2 kez açılıp kapandıktan sonra deneylere başlanmıştır. Deneyler farklı zamanlarda, 3 tekrar yapılarak, ölçülen değerlerin ortalaması alınmıştır. Deney düzeneğinin genel şeması Şekil 3.6'da verilmiştir. Her yakıt değişiminde motorun deposu, yakıt filtresi ve yakıt hattındaki yakıt boşaltılmıştır. Daha sonra yeni yakıt kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Deney düzeneği şeması

Hidrolik dinamometre ile motora yükleme yapılmıştır. Motor soğutma suyu 90 °C sıcaklığına ulaştıktan sonra hazırlanan yakıt karışımları kullanılmıştır. Her karışım için belirlenen devirlerde ölçümler alınmıştır. Ölçümler tam gazda yapılmıştır. Motorun moment ölçümünün şematik görüntüsü Şekil 3.7’ de görülmektedir.



Şekil 3.7. Moment ölçüm test düzeneği (şematik)(Şahin, 2013)

Motorun ürettiği moment “M” olsun. Motor momentini bulmak için yük hücresinde ölçülen F (N) değeri ile L(m) moment kolu çarpılarak bulunur (Aydoğan, 2011)

$$M_d = F \times L \quad (4.1)$$

Motor devri “n” (d/dk) okunur. Motorun efektif gücü P_e olursa denklem aşağıdaki gibi olacaktır.

$$P_e = \omega \times M_d \quad (4.2)$$

ω , açısal hızdır ve birimi rad/s’dir.

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} = \frac{\pi \times n}{30} \quad (1/sn) \quad (4.3)$$

ω ’ yı denklem (4.1) de yerine yazarsak

$$P_e = \frac{n \times M_d}{9549,58} \quad (kW) \quad (4.4)$$

Denklem (4.4) deki gibi elde edilir (Aydoğan, 2011).

P_e :Motor gücü, kW

M_d :Motor momenti, Nm

n :Motor hızı, d/dk

Yakıt tüketimi hesabı ise çalıştığı güçteki saatte tüketilen yakıt miktarının üretilen güce oranı hesaplanmıştır. Buna özgül yakıt tüketimi denir. Test düzeneğindeki küçük depo terazi üzerine konularak ölçüm süresince zaman, kronometre kullanılarak yakıtın zaman içindeki kütle değişimi kaydedilir. Dinamometrede okunan güç için saatte harcanan yakıt hesaplanır (Aydoğan, 2011)

$$b_e = \frac{B \times 1000}{N_e} \quad (4.5)$$

b_e : Özgül yakıt tüketimi (gr/kWh)
 B : Ölçülen saatlik yakıt tüketimi (gr/h)
 N_e : Efektif motor gücü

Volümetrik verim, silindirlere alınan hava miktarının toplamı ile silindirlerin süpürdüğü toplam hacime orandır. Volümetrik verim (4.6) nolu denklem ile hesaplanır.(Aydoğan, 2011)

$$\eta_v = \frac{L_v}{30 \times \rho_v \times V_h \times n} \quad (4.6)$$

L_v : Silindire alınan hava miktarı (kg/h)
 ρ_h : Havanın yoğunluğu (kg/m³)
 n : Motor devri(d/dk.)
 V_h : Silindir hacmi (litre)

Hava miktarının ölçümü için kullanılan anemometre ve anemometrenin bağlı olduğu yerdeki hava ölçüm katsayısı ile hava tüketimi (4.7) nolu denklem ile hesaplanmıştır. Hava ölçüm katsayısı ise hava akış alanı ve geometrisi için 0,6 sayısı kullanılmıştır.(Aydoğan, 2011)

$$V_{hava} = v_{hiz} \times 10 \times A \times 0,6 \quad (4.7)$$

A : Hava akış alanı (dm²)
 V_{hava} : Hava tüketimi (dm³/s)
 v_{hiz} : Hava akış hızı (m/s)

Yakıtların hacimsel karışımı dikkate alınarak oluşturulan karışımların donma noktası teorik olarak (4.8) nolu denklem ile hesaplanmıştır.

$$D_{kar} = \frac{(|D_{JP8}| - |D_{diesel}|) \times Y_{JP8}}{100} \quad (4.8)$$

D_{JP8} : JP8 yakıtının donma noktası
 D_{diesel} : Diesel yakıtının donma noktası
 Y_{JP8} : Karışımın JP8 yüzdesi

Deney sonunda elde edilen değerler için belirsizlik analizi ile sonuçlardaki hata oranı belirlenmiştir. Bu hesaplama yapılırken (4.9) veya (4.10) nolu denklem kullanılmıştır (Aydoğan, 2015).

$$W_{P_e} = \left[\left(\frac{\partial P_e}{\partial n} (w_n) \right)^2 + \left(\frac{\partial P_e}{\partial M_d} (w_{M_d}) \right)^2 \right]^{1/2} \quad (4.9)$$

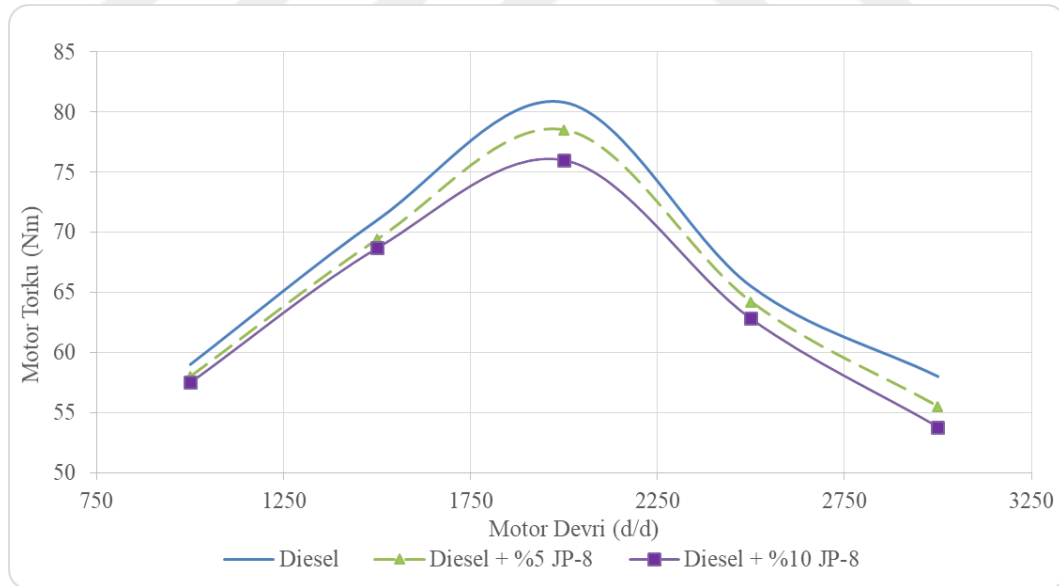
$$\frac{W_{P_e}}{P_e} = \left[\left(\frac{w_n}{n} \right)^2 + \left(\frac{w_{M_d}}{M_d} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (4.10)$$

- n, M_d : Ölçümü etkileyen deęişkenler
 w_n, w_{M_d} : Bağımsız değişkenle ilgili hata oranı
 W_{P_e} : Toplam hata oranı

4. DENEY SONUÇLARI

Deney sonuçları doğrultusunda elde edilen veriler sayesinde kullanılan yakıt türlerinin motor performans ve egzoz emisyon değerleri karşılaştırılmıştır. Deneydeki veriler kullanılarak özgül yakıt tüketimi ve motorun tükettiği hava miktarı, elde edilen karışımların teorik donma noktaları hesaplanmıştır. Deneylerden alınan veriler doğrultusunda aşağıdaki karşılaştırma grafikleri oluşturulmuştur. Donma noktası hesaplanırken Diesel yakıtının donma noktası -15°C , JP8 yakıtının donma noktası ise -47°C olarak alınmıştır. Sonuç olarak %5 JP8 katkılı karışımın donma noktası $-16,7^{\circ}\text{C}$, %10 JP8 katkılı karışımın donma noktası ise $-18,3^{\circ}\text{C}$ olarak hesaplanmıştır.

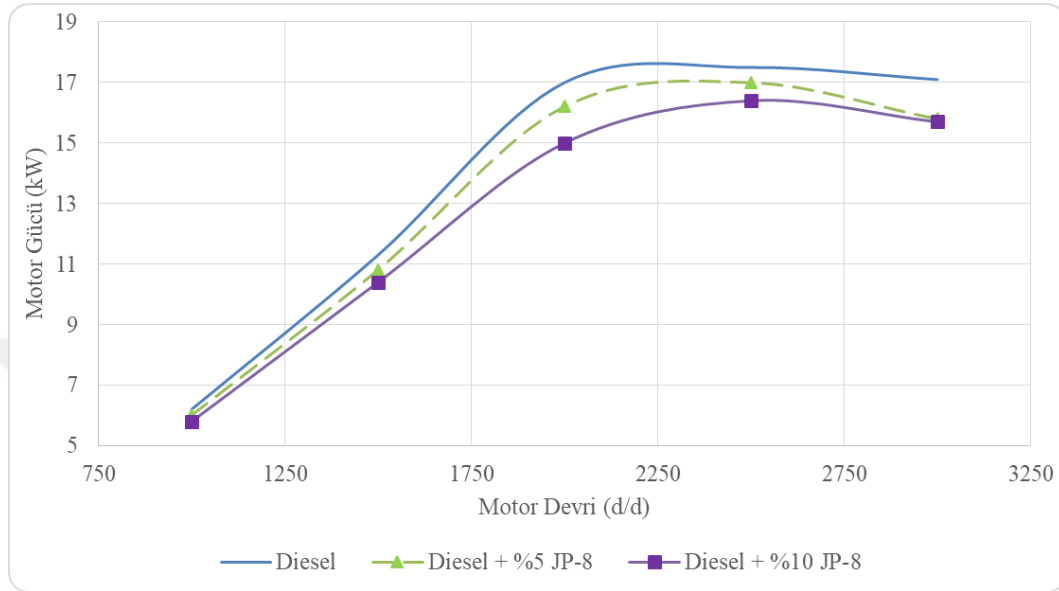
Şekil 4.1 de motor tork değerlerinin grafiği verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi maksimum tork 2000 devir/dakika civarında elde edilmiştir. Eurodiesel yakıtı kullanıldığında maksimum motor torku 81 Nm ölçülmüşken, % 5 JP8 katkılı yakıtın maksimum tork değeri 78,5 Nm ve %10 JP8 katkılı yakıtın ise maksimum tork değeri 76 Nm motor torku elde edilmiştir. Tork değerindeki düşüş JP8 yakıtının alt ısı değerinin düşük olması ile açıklanabilir. Bulunan sonuçlar Yamık ve Arkadaşlarının yaptığı çalışmaya benzerdir (Yamık ve ark., 2013).



Şekil 4.1 Motor tork değerleri karşılaştırma grafiği

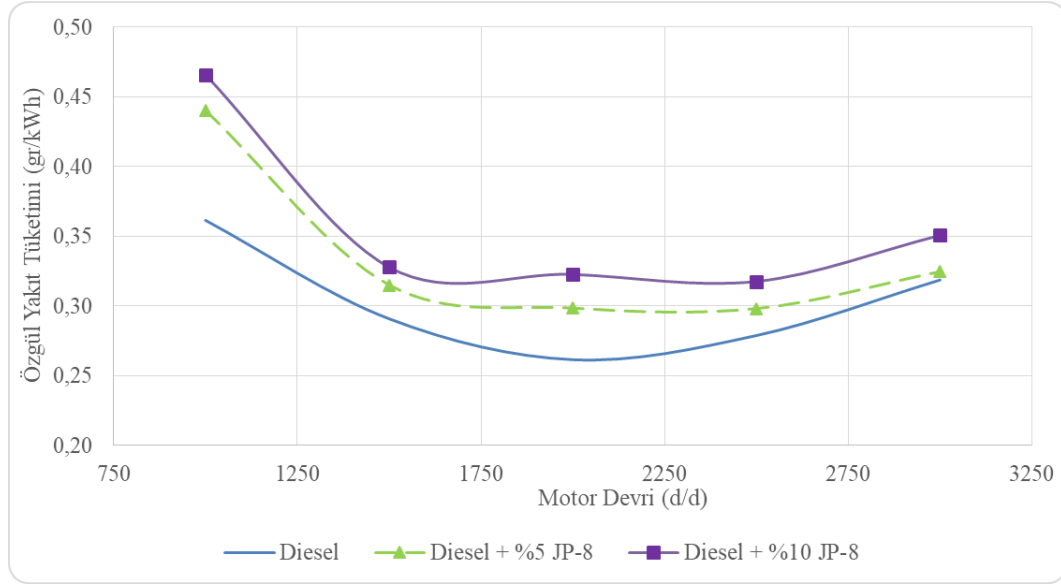
Şekil 4.2 de ise motor gücü değerlerinin grafiği verilmiştir. Motor torku grafiğinde olduğu gibi bu grafikte de motor Eurodiesel yakıtı kullanımında, JP8 katkılı yakıtta göre daha fazla güç üretebilmektedir. Maksimum motor gücü değeri ise 2500 devir/dakika civarlarında diesel yakıtı için 17,5 kW olarak elde edilmiştir. %5 JP8

katkılı yakıtta bu değer 17 kW iken %10 JP8 katkıli yakıtta bu değer 16,4 kW olarak ölçülmüştür. Motor gücünün azalması, JP8 katkıli yakıt kullanımında motor torkunun azalması ile açıklanabilir. Elde edilen değerler Yamık ve Arkadaşlarının yaptığı çalışmaya benzerdir (Yamık ve ark., 2013).



Şekil 4.2 Motor gücü değerleri karşılaştırma grafiği

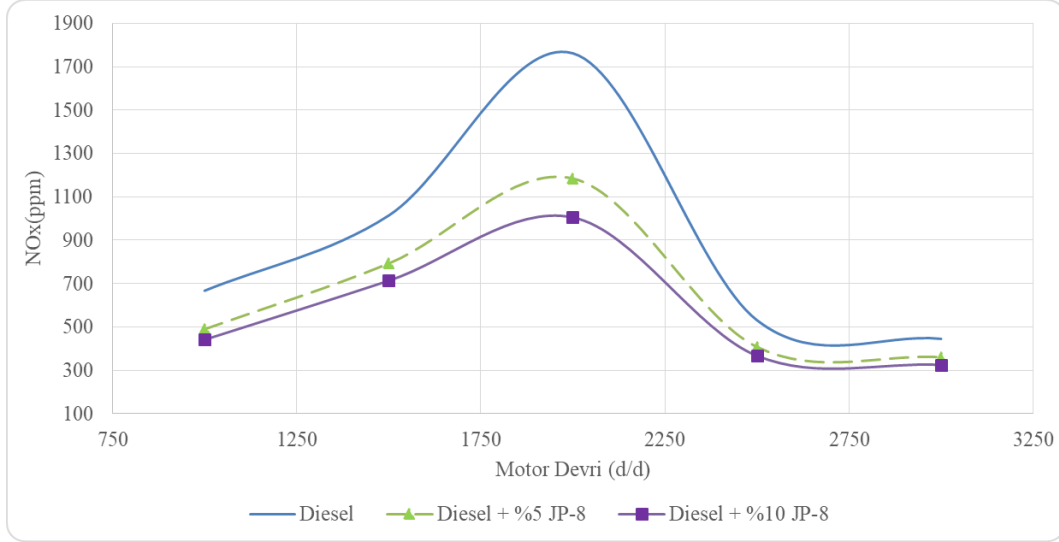
Şekil 4.3'te motorun kullanılan yakıtlara göre özgül yakıt tüketim grafiği yer almaktadır. Grafik incelendiğinde en düşük değerlerin yaklaşık 2000 d/d civarında elde edildiği görülmektedir. JP8 katkıli yakıtlar kullanıldığında özgül yakıt tüketiminin arttığı görülmektedir. Bu durum yakıtın ısıl değeri ve tork değerlerindeki azalma ile açıklanabilir. Bulunan motor momenti ve güç değerler Yamık ve Arkadaşlarının yaptığı çalışmaya benzerdir (Yamık ve ark., 2013).



Şekil 4.3 Özgül yakıt tüketimi karşılaştırma grafiği

Motor torku ve gücü JP8 karışımlarının bulunduğu yakıtlarda eurodiesel yakıt kullanımına göre daha düşük olduğu görülmüştür. JP8 yakıtının yoğunluğunun düşük olmasından dolayı silindir içine daha az enerji gönderilebilmektedir. Bu yüzden motor daha az tork ve güç üretebilmektedir. Bu duruma ek olarak JP8 yakıtının alt ısı değeri eurodiesel'e göre daha düşük olduğu için motorun özgül yakıt tüketimi artmıştır. Özgül yakıt tüketiminin en düşük olduğu devir 2000 devir/dakika dır. Bu motorun en verimli olduğu devirdir. Ölçülen minimum değerler ise diesel yakıtı için 0,26 gr/kWh, %5 JP8 karışımı yakıt için 0,30 gr/kWh ve %10 JP8 katkılı yakıtta ise 0,32 gr/kWh olarak hesaplanmıştır. Daha önceki çalışmalarda da JP8 yakıtı kullanımında özgül yakıt tüketimini arttığı gözlenmiştir (Fernandes ve ark., 2007; Uyumaz ve ark., 2014).

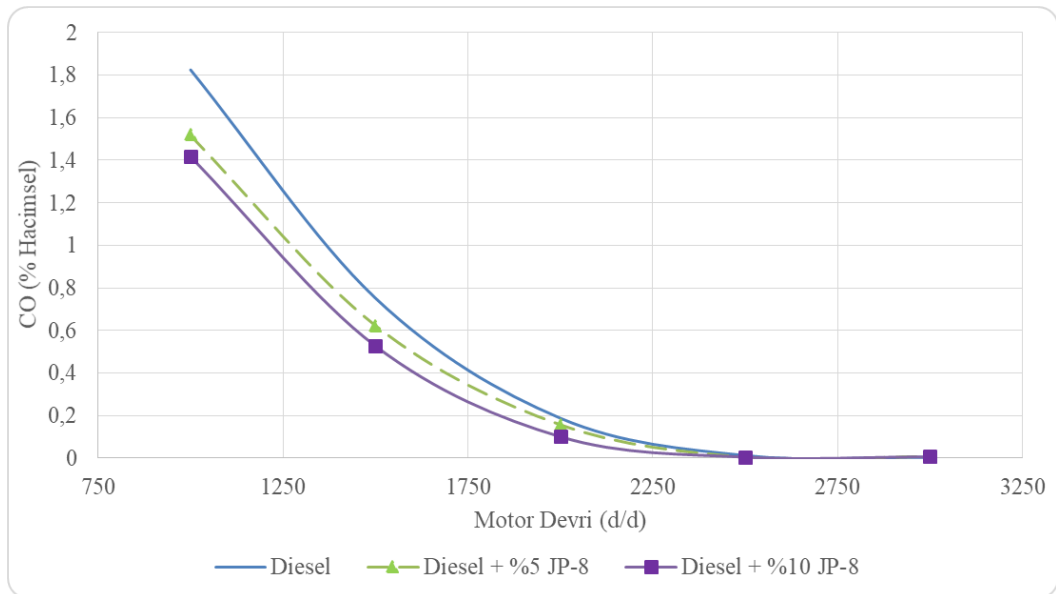
Şekil 4.4 de egzoz emisyon gazlarında biri olan NO_x gaz değerlerinin grafiği bulunmaktadır. Eurodiesel yakıt kullanımında NO_x salınımının çok yüksek olduğu görülmektedir. JP8 katkılı yakıt kullanıldığında ise NO_x değerlerinin önemli ölçüde azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.4 NO_x(ppm) egzoz emisyon değeri karşılaştırma grafiği

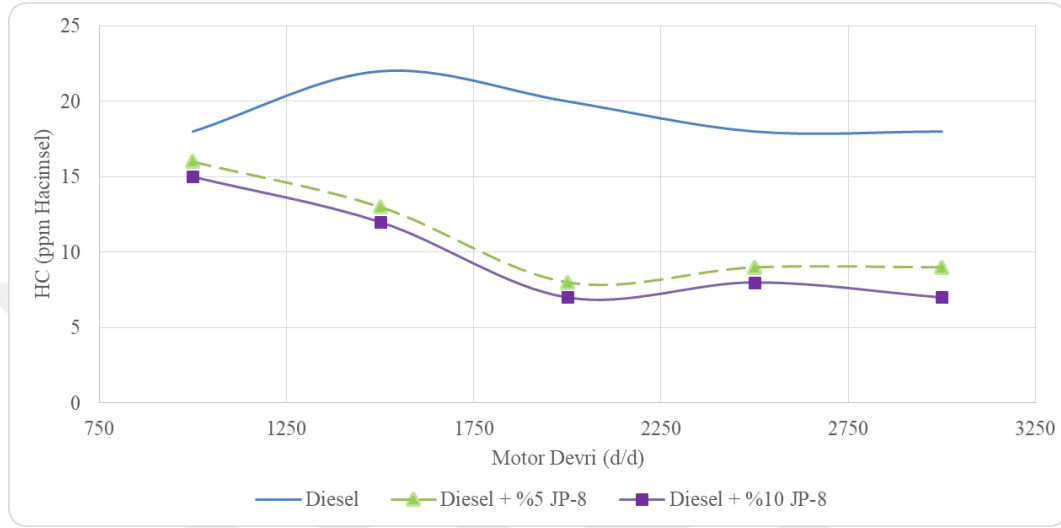
Ayrıca JP8 yakıtının setan değerinin eurodiesel yakıtına göre daha düşük olması ve tutuşma geçikme süresini artması nedeniyle silindir içi basınç ve sıcaklık değerleri eurodiesel yakıtına göre daha düşük olmaktadır. Bundan dolayı da NO_x egzoz emisyon değerleri eurodiesel yakıtının NO_x egzoz emisyon değerlerine göre daha düşük çıkmaktadır. Bulunan sonuçlar Yamık ve Ark.'nın ve Fernandes ve Ark.'nın yaptığı çalışmalar ile uyumludur (Fernandes ve ark., 2007; Yamık ve ark., 2013).

Şekil 4.5'de ise CO gazı değerlerinin karşılaştırıldığı grafik verilmiştir. Eurodiesel yakıtı kullanıldığında da CO değerinin yüksek olduğu gözlenmektedir. JP8 katkılı yakıt kullanıldığında ise CO değerinin düştüğü gözlenmiştir.



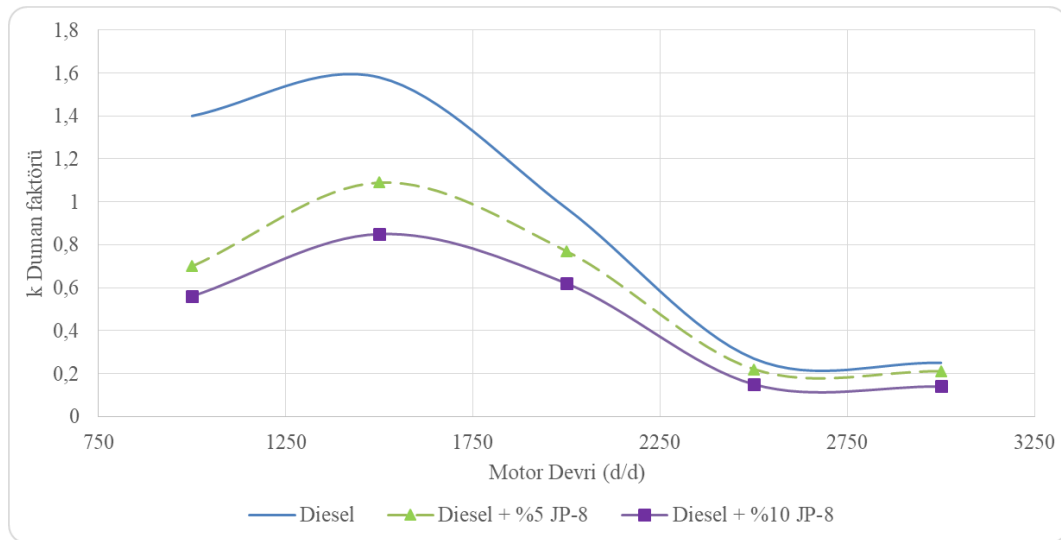
Şekil 4.5 CO egzoz emisyon değeri karşılaştırma grafiği

Şekil 4.6 de HC değerlerinin bulunduğu grafik mevcuttur. HC yanmamış yakıtı gösterir. JP8 katkılı yakıtlarda HC değerleri düşük çıkmıştır. Daha önce yapılan araştırmalarda JP8 katkılı yakıtın HC emisyon değerleri daha yüksektir. Fakat kullanılan motorun pompa enjektörlü olmasından dolayı yanma odasında daha verimli bir yanma gerçekleşerek HC emisyonu diesel yakıtı göre daha düşük çıkmıştır.



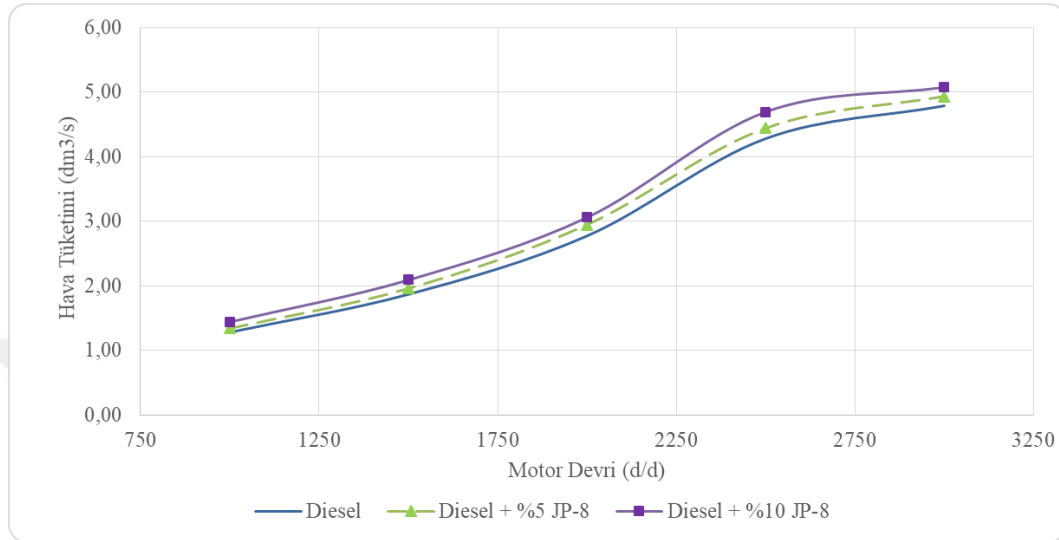
Şekil 4.6 HC egzoz emisyon değeri karşılaştırma grafiği

Şekil 4.7 da k duman faktörü değerleri karşılaştırılmıştır. Diğer egzoz emisyonlarında olduğu gibi burada da k duman faktörü JP8 katkılı yakıtlara göre daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.7 k duman faktörü değerlerinin karşılaştırma grafiği

CO ve k duman faktörü egzoz emisyon değerlerine bakıldığında JP8 katkılı yakıtlarda CO ve k duman faktörü değerlerinin eurodiesel'e göre daha düşük olduğu incelenmiştir. Silindir içinde daha verimli bir yanma gerçekleşerek eurodiesel'e göre daha az HC, CO ve k duman faktörü değerleri ölçülmüştür.



Şekil 4.8 Hava tüketim değerlerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 4.8'de motorun yakıt türü ve devirlere göre hava tüketim değerleri verilmiştir. Yakıttaki JP8 değeri arttıkça motorun hava tüketimi de artmıştır. Yanma odasında fakir bir karışım oluşmuştur. Bu durum egzoz emisyonlarında oluşan farkı açıklamaktadır.

Çalışma sonuçlarına bakarak referans eurodiesel yakıtına hacimsel olarak %5 ve %10 JP8 yakıtı karıştırılarak elde edilen yakıtların motor performansı ve egzoz emisyon değerlerine olan etkileri incelenmiştir.

4.1. Belirsizlik Analizi

Deney sonuçları ve kullanılan ölçüm aletlerinin ölçüm hatalarının belirlemek için belirsizlik analizi yapılmıştır. Belirsizlik analiz sonucunda deneyde oluşan ölçümlerden kaynaklı hata oranları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Belirsizlik Analizi

Parametreler	Hata Oranı
Motor Gücü	%1,71
Özgül Yakıt Tüketimi	%0,93
Volimetrik Verim	%6,84

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada JP8 yakıtının, pompa enjektörlü diesel bir motorda herhangi bir modifikasyon yapılmadan kullanımı araştırılmıştır. Yapılan deneylerde yakıt olarak diesel yakıtına hacimsel olarak %5 JP8 ve %10 JP8 yakıtı ilave edilmiştir. Diesel yakıtı ve karışımlarla yapılan deneyler 3 kere tekrar edilmiştir. Motor dinamometresi ile yapılan ölçümler sonucunda motor momenti ve güçte az miktarda düşüş gözlenmiştir. Bununla beraber özgül yakıt tüketimi artmıştır.

Daha önce Diesel ve JP8 karışımı yakıtlar ile yapılan çalışmalarda da bu çalışmada olduğu gibi motor momenti ve güçte %3 düşüş olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada olduğu gibi diğer çalışmalarda özgül yakıt tüketimi %4 artmıştır.

Fakat bu çalışmada kullanılan motorun pompa enjektörlü olması ile diğer çalışmalardan farklı olarak bazı egzoz emisyon değerleri ortaya çıkmıştır. Diğer çalışmalarda CO, HC ve k duman faktörü egzoz değerleri JP8 karışımı yakıtlarda daha yüksek çıkmıştır. Pompa enjektörlü diesel motorunda ise bu değerler Diesel yakıtından daha düşük çıkmıştır. Hava tüketim grafiğininde gözönünde bulundurursak yakıtın daha iyi yanması sonu tam yanmamış yakıt miktarının azaldığı görülmektedir. Sonuç olarak egzoz emisyonları karşılaştırıldığında CO miktarında azalma, CO₂ miktarında artış görülmüştür. HC ve NO_x miktarları %15 azalmıştır. Egzoz emisyonlarındaki zararlı gazların azalması çevre bakımından olumludur.

Yapılan bu deneysel çalışma sonucunda JP8 yakıtının pompa enjektörlü yakıt sistemine sahip bir motorda %10 oranına kadar herhangi bir modifikasyona gerek duymadan kullanılabileceği tespit edilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda daha farklı karışım oranları ve farklı yakıt sistemleri üzerinde çalışma yapılabilir. Ayrıca uzun süreli denemeler yapılarak, motor üzerindeki etkileri araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Arkoudeas, P., Kalligeros, S., Zannikos, F., Anastopoulos, G., Karonis, D., Korres, D. ve Lois, E., 2003, Study of using JP-8 aviation fuel and biodiesel in CI engines, *Energy Conversion and Management*, 44, 1013-1025.
- Aydoğan, H., 2006, Dizel Motorlarında Çeşitli Yakıt Enjeksiyon Sistemlerinin Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin Deneysel İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.
- Aydoğan, H., 2011, Biyoetanol - Dizel Yakıtı Karışımlarının (E-Dizel) Motor Performans Ve Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, *Selçuk Üniversitesi*, Konya.
- Aydoğan, H., 2015, Performance, Emission And Combustion Characteristics Of Bioethanol-Biodiesel-Diesel Fuel Blends Used In A Common Rail Diesel Engine, *Isı Bilimi ve Tekniđi Dergisi*, 35 (2), 19-27.
- Bayındır, H., Işıık, M. Z., Argunhan, Z., Yücel, H. L. ve Aydın, H., 2017, Combustion, performance and emissions of a diesel power generator fueled with biodiesel-kerosene and biodiesel-kerosene-diesel blends, *Energy*, 123, 241-251.
- Chiong, M. C., Chong, C. T., Ng, J.-H., Lam, S. S., Tran, M.-V., Chong, W. W. F., Mohd Jaafar, M. N. ve Valera-Medina, A., 2018, Liquid biofuels production and emissions performance in gas turbines: A review, *Energy Conversion and Management*, 173, 640-658.
- Fernandes, G., Fuschetto, J., Filipi, Z., Assanis, D. ve McKee, H., 2007, Impact of military JP-8 fuel on heavy-duty diesel engine performance and emissions, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 221 (8), 957-970.
- İskender, Ü., 2007, Bulanık Mantık Denetleyicisi İle Uçak Yakıt Tüketiminin Modellenmesi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.
- Kabak, N., 2005, Dizel Motorlarda Jp-8 Yakıtı Uygulamaları, *Osmangazi Üniversitesi*, Eskişehir.
- Kantaroğlu, E. ve Yontar, A. A., 2017, Buji Ateşlemeli Bir Motorda JP-8 Askeri Jet Yakıtının Kullanımının İncelenmesi.
- Kathrotia, T. ve Riedel, U., 2019, Predicting the soot emission tendency of real fuels – A relative assessment based on an empirical formula, *Fuel*, 261.
- Knothe, G., 2010, The Biodiesel Handbook, p.
- Köse, H., 2012, Hidrojenin Çift Yakıt Modunda İlavesinin Motor Performans Ve Emisyon Üzerine Etkisinin Deneysel Araştırılması, *Selçuk Üniversitesi*, Konya.
- Labeckas, G. ve Slavinskas, S., 2015, Combustion phenomenon, performance and emissions of a diesel engine with aviation turbine JP-8 fuel and rapeseed biodiesel blends, *Energy Conversion and Management*, 105, 216-229.
- Lee, J. ve Bae, C., 2011, Application of JP-8 in a heavy duty diesel engine, *Fuel*, 90 (5), 1762-1770.
- Lee, J., Oh, H. ve Bae, C., 2012, Combustion process of JP-8 and fossil Diesel fuel in a heavy duty diesel engine using two-color thermometry, *Fuel*, 102, 264-273.
- Lee, J., Lee, J., Chu, S., Choi, H. ve Min, K., 2015, Emission reduction potential in a light-duty diesel engine fueled by JP-8, *Energy*, 89, 92-99.
- Mao, Y., Yu, L., Wu, Z., Tao, W., Wang, S., Ruan, C., Zhu, L. ve Lu, X., 2019, Experimental and kinetic modeling study of ignition characteristics of RP-3 kerosene over low-to-high temperature ranges in a heated rapid compression machine and a heated shock tube, *Combustion and Flame*, 203, 157-169.
- Örs, İ., 2014, Biyoyakıt Kullanan Bir Dizel Motorunun Performans, Yanma Ve Emisyon Analizi, *Selçuk Üniversitesi*, Konya.

- Özcan, C., 2018, Dizel Yakıtı İle Birlikte Lpg Kullanan Dual Yakıtlı Bir Dizel Motorun Verimlilik Performans Ve Emisyon Yönünden Deneysel Olarak İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.
- Samsun, R. C., Pasel, J., Peters, R. ve Stolten, D., 2015, Fuel cell systems with reforming of petroleum-based and synthetic-based diesel and kerosene fuels for APU applications, *International Journal of Hydrogen Energy*, 40 (19), 6401-6421.
- Sogut, M. Z., Seçgin, Ö. ve Ozkaynak, S., 2019, Investigation of thermodynamics performance of alternative jet fuels based on decreasing threat of paraffinic and sulfur, *Energy*, 181, 1114-1120.
- Söyler, H., 2011, Jp-8 Ve Biyodizel Karışımlarının Sıkıştırma İle Ateşlemeli Motorda Yakıt Olarak Kullanılması, *Karabük Üniversitesi*, Karabük.
- Topal, M. H., Wang, J., Levenis, Y. A., Carlson, J. B. ve Jordan, J., 2004, PAH and other emissions from burning of JP-8 and diesel fuels in diffusion flames, *Fuel*, 83 (17-18), 2357-2368.
- Tsanaktsidis, C. G., Favvas, E. P., Tzilantonis, G. T. ve Scaltsoyiannes, A. V., 2014, A new fuel (D–BD–J) from the blending of conventional diesel, biodiesel and JP8, *Fuel Processing Technology*, 127, 66-71.
- Uyumaz, A., Solmaz, H., Yılmaz, E., Yamık, H. ve Polat, S., 2014, Experimental examination of the effects of military aviation fuel JP-8 and biodiesel fuel blends on the engine performance, exhaust emissions and combustion in a direct injection engine, *Fuel Processing Technology*, 128, 158-165.
- Yağoğlu, H., 2015, Bir Dizel Motorunda Yakıt Olarak Euro Dizel-Biyodizel-Biyoetanol Karışımlarının Kullanımının Motor Performansı Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi, *Selçuk Üniversitesi*, Konya.
- Yamık, H., Calam, A., Solmaz, H. ve İçingür, Y., 2013, Havacılık Yakıtı Jp-8 Ve Dizel Karışımlarının Tek Silindirli Bir Dizel Motorunda Performans Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 28 (4), 787-793.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Emin Çağatay ALTINOK
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi : 22.07.1990
Telefon :
Faks :
e-mail :

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	Süleyman Demirel Milli Piyango Anadolu Lisesi Karatay/Konya	2009
Üniversite	İstanbul Teknik Üniversitesi Gümüşsuyu/İstanbul	2015
Yüksek Lisans	Selçuk Üniversitesi	
Doktora		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016	Point Medikal	Tasarım
2016	Point Biyomedikal	Tasarım
2017	Ulusoy Elektrik	AR-GE Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Mekanik Tasarım
 3 Boyutlu Modelleme

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2018) - Functional comparison of vacuum type and SF6 gas circuit breakers according to accredited laboratories test results
 November 22-23, 2018 Ankara, Turkey

7th International Istanbul Smart Grids and Cities Congress and Fair – 17.5 kV 630A SF6 Gas Insulated External Type Compact RMU Design For Smart Grid Applications
 April 25-26, 2019 Istanbul, Turkey

ICONST Conferensces 2019 – Enginnering Science and Technology – Effect of Using JP8-Diesel Fuel Mixtures in a Pump Injector Engine on Engine Performance