

**JP-8 VE BİYODİZEL KARIŞIMLARININ
SIKIŞTIRMA İLE ATEŞLEMELİ MOTORDA YAKIT
OLARAK KULLANILMASI**

**2011
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Hüseyin SÖYLER

**JP-8 VE BİYODİZEL KARIŞIMLARININ SIKIŞTIRMA İLE ATEŞLEMELİ
MOTORDA YAKIT OLARAK KULLANILMASI**

Hüseyin SÖYLER

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Şubat 2011**

Hüseyin SÖYLER tarafından hazırlanan “JP-8 VE BİYODİZEL KARIŞIMLARININ SIKIŞTIRMA İLE ATEŞLEMELİ MOTORDA YAKIT OLARAK KULLANILMASI ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç. Dr. Perihan SEKMEN

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 03/ 02/ 2011

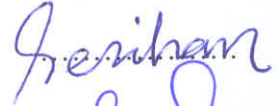
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Yrd.Doç. Dr.Abdurrazzak AKTAŞ (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Perihan SEKMEN (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Selami SAĞIROĞLU (KBÜ)

İmzası



...../...../2011

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Hüseyin SÖYLER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

JP-8 VE BİYODİZEL KARIŞIMLARININ SIKIŞTIRMA İLE ATEŞLEMELİ MOTORDA YAKIT OLARAK KULLANILMASI

Hüseyin SÖYLER

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Perihan SEKMEN

Şubat 2011, 78 sayfa

Ham petrol rezervinin dünyada giderek azalıyor olması ve kirletici emisyonlara getirilen sınırlamalar, araştırmacıları içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt arayışlarına yöneltmiştir. Bu arayışta yeni yakıtların dizel motorların çalışma koşullarına ne derece uyum sağlayabildiği ve dizel motorlarda kullanılan yakıtların çeşitliliğinin artırılması önem taşımaktadır. Bu çalışmada, tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı bir dizel motorda dizel+JP8 ve JP8+atık yağ biyodizel yakıt karışımlarının motor performansına ve emisyonlara etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan deneyler sonunda dizel+JP8 yakıt karışımları kullanıldığında motor momentinde ve gücünde referans yakıt dizele göre bir miktar azalma olmuş ve bu azalma karışım içerisindeki JP8 oranına bağlı olarak artmıştır. JP8+biyodizel karışımlarında motor momenti ve gücü referans yakıt dizele göre daha düşük seviyelerdedir. Karışım içerisindeki biyodizel oranı arttıkça motor momenti ve gücünde iyileşmeler görülmüştür. Ayrıca, bütün yakıt karışımları için egzoz emisyonlarında önemli azalmalar görülmüştür. Bu çalışmada, JP8+biyodizel

karışımlarının sıkıştırma ile ateşlemeli motorlarda alternatif yakıt olabileceği gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler : JP8, dizel motor, alternatif yakıt, biyodizel, emisyon.

Bilim Kodu : 708.3.026

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

JP-8 AND BIODIESEL BLENDS USING AS FUEL IN A COMPRESSION IGNITION ENGINE

Hüseyin SÖYLER

**Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Machine Education**

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Perihan SEKMEN

February 2011, 78 pages

Being reduce of crude oil reserves and limitations of environmentally hazardous gaseous emissions lead researches to focus on alternative fuels for internal combustion engines. In this frame it is important that how suitable the new fuels to the operating conditions of diesel engines and increasing of variety of the new fuels. In this study, in a diesel engine with single cylinder, four strokes and air cooled, effect of mixtures of diesel- JP8 and JP8-biodiesel (produced from waste cooking oil) on engine performance and emission were experimentally investigated. It is observed that when diesel-JP8 is used, momentum and power of engine are lowered and increasing JP8 ratio lowers the momentum and power of engine rationally with respect to usual commercial diesel fuel. When JP8-biodiesel is used, momentum and power of engine are also lowered with respect to usual commercial diesel fuel. Increasing biodiesel ratio in mixture improves the momentum and power of engine. For all mixtures, exhaust emissions were reduced with respect to usual commercial

diesel fuel. It is proved in this study that, mixture of JP8-biodiesel can be used as an alternative fuel for internal combustion engines.

Key Words : JP8, diesel engine, alternative fuel, biodiesel, emission.

Science Code : 708.3.026

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| Çizelge 4.1. Dizel yakıt tiplerine ait bazı fiziksel özellikler | 26 |
| Çizelge 4.2. Dizel yakıtının özellikleri | 26 |
| Çizelge 6.1. Deney motorun teknik özellikleri | 41 |
| Çizelge 6.2. Egzoz gaz analizörünün özellikleri | 42 |
| Çizelge 6.3. Deneyde kullanılan yakıtların özellikleri | 43 |
| Çizelge 6.4. Deney yakıtı karışımları | 44 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

| | |
|---------------|--|
| \dot{m} | : Toplam yakıt tüketimi (kg/h) |
| sfc | : Özgül yakıt tüketimi (g/kWh) |
| m | : Yük hücrelerinden okunan yük (kg) |
| l | : Moment kolunun uzunluğu (m) |
| M_e | : Motor momenti (Nm) |
| n | : Motor hızı (1/min) |
| P_e | : Efektif motor gücü (kW) |
| V_h | : Kurs hacmi (cm ³) |
| V_c | : Yanma odası hacmi (cm ³) |
| x | : Katkının hacimsel oranı |
| Δt | : ΔV hacimdeki yakıtın harcanma süresi (s) |
| ΔV | : Ölçekli kaptaki yakıt hacmi (ml) |
| η | : Verim (%) |
| ρ | : Yoğunluk (kg/m ³) |
| ε | : Sıkıştırma oranı |
| λ | : Hava fazlalık katsayısı |
| ω | : Açısal hız (1/s) |
| dp/dt | : Basınç artma hızı |

KISALTMALAR

| | |
|-----------------|---|
| AA | : Ateşleme avansı |
| AÖN | : Alt ölü nokta |
| BSU | : Bosch smoke unit (Bosch duman koyuluğu) |
| CO | : Karbonmonoksit |
| CO ₂ | : Karbondioksit |
| GKA | : Gaz kelebek açıklığı |
| H/Y | : Hava-yakıt oranı |
| HC | : Hidrokarbon |
| HFk | : Hava fazlalık katsayısı |
| KMA | : Krank mili açısı |
| LPG | : Sıvılaştırılmış petrol gazı |
| NO | : Azotoksit |
| ÖYT | : Özgül yakıt tüketimi |
| SO | : Sıkıştırma oranı |
| HC | : Hidro Karbon |
| NO _x | : Azot oksitler |
| CO | :Karbonmonoksit |
| ÜÖN | : Üst ölü nokta |

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında Őekillendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Perihan SEKMEN'e sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Deneysel alışmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen, Doç. Dr. Yakup SEKMEN'e , Yrd. Doç. Dr. Abdurrazzak AKTAŞ'a ve Araştırma Görevlisi Oğuzhan DOğAN'a; deneylerin gerçekleŐmesi sırasında bana destek olan Güven DEMİRTAŐ'a teŐekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini asla esirgemeyen aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| KABUL..... | ii |
| ÖZET..... | iv |
| ABSTRACT..... | vi |
| TEŞEKKÜR..... | xiii |
| İÇİNDEKİLER..... | ix |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xiii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | xv |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ..... | xvi |
| | |
| BÖLÜM 1. | 1 |
| GİRİŞ..... | 1 |
| | |
| BÖLÜM 2. | 3 |
| LİTERATÜR ARAŞTIRMASI..... | 3 |
| | |
| BÖLÜM 3. | 16 |
| DİZEL MOTORLARDA YANMA..... | 16 |
| 3.1. DİZEL MOTORLAR..... | 16 |
| 3.2. DİZEL MOTORLARDA YANMA..... | 17 |
| 3.2.1. Tutuşma Gecikmesi Periyodu..... | 18 |
| 3.2.2. Ani yanma Periyodu..... | 19 |
| 3.2.3. Kontrollü Yanma Periyodu..... | 19 |
| 3.2.4. Art Yanma Periyodu..... | 19 |
| 3.3. YANMAYA ETKİ EDEN ETKENLER..... | 20 |
| 3.3.1. Püskürtme Avansının Etkisi..... | 20 |
| 3.3.2. Karışım Oranının Etkisi..... | 21 |
| 3.3.3. Sıkıştırma Oranının Etkisi..... | 22 |

| | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| 3.3.4. Püskürtülen Yakıt Miktarının Etkisi | 22 |
| 3.3.5. Motor Devrinin etkisi | 22 |
| 3.3.6. Hava Giriş Sıcaklığı Ve Basıncının Etkisi | 22 |
| 3.3.7. Karışımdaki Oksijen Oranının Etkisi..... | 23 |
| 3.3.8. Aşırı Doldurmanın Etkisi..... | 23 |
| | |
| BÖLÜM 4. | 24 |
| DİZEL YAKITI | 24 |
| 4.1. DİZEL YAKITININ SINIFLANDIRILMASI..... | 25 |
| 4.2. DİZEL YAKITININ ÖZELLİKLERİ..... | 26 |
| 4.2.1. Viskozite..... | 27 |
| 4.2.2. Setan Sayısı..... | 27 |
| 4.2.3. Isıl Değer | 28 |
| 4.2.4. Akma Noktası | 28 |
| 4.2.5. Parlama tehlikesi..... | 28 |
| 4.2.6. Uçuculuk..... | 29 |
| 4.2.7. Kül Miktarı | 29 |
| 4.2.8. API Gravitesi ve Özgül Ağırlığı..... | 29 |
| | |
| BÖLÜM 5. | 30 |
| DİZEL MOTORLARDA EMİSYONLAR VE EMİSYONLARA ETKİ EDEN PARAMETRELER..... | 30 |
| 5.1. DİZEL MOTORLARINDA EMİSYONLAR..... | 30 |
| 5.2. ÇALIŞMA PARAMETRELERİNİN ETKİLERİ..... | 31 |
| 5.2.1. Yakıt Miktarı | 31 |
| 5.2.2. Püskürtme Basıncı | 31 |
| 5.2.3. Püskürtme Avansı..... | 32 |
| 5.2.4. Giriş Hava Sıcaklığı | 32 |
| 5.2.5. Hava/Yakıt Oranı..... | 33 |
| 5.2.6. Soğutma Suyu Sıcaklığı..... | 35 |
| 5.2.7. Dolgu Miktarı | 35 |

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 5.3. DİZEL YAKIT ÖZELLİKLERİNİN VE KALİTESİNİN PERFORMANSA VE EMİSYONLARA ETKİLERİ | 35 |
| 5.3.1. Setan Sayılarının Etkileri | 36 |
| 5.3.2. Aromatik Yüzdesinin Etkileri | 37 |
| 5.3.3. Yakıt yoğunluğunun Etkileri | 47 |
| | |
| BÖLÜM 6. | 39 |
| DENEY DÜZENİĞİ VE YÖNTEM | 39 |
| 6.1. DENEYSEL ÇALIŞMANIN AMACI | 39 |
| 6.2. DENEY DÜZENİĞİ | 39 |
| 6.2.1. Deney Motoru | 40 |
| 6.2.2. Motor Dinamometresi | 41 |
| 6.2.3. Egzoz Gaz Analizörü | 41 |
| 6.2.4. Yakıt Tüketimi Ölçme Düzenliği | 42 |
| 6.2.5. Deneyde Kullanılan Yakıtlar | 43 |
| 6.3. HESAPLAMALAR | 45 |
| 6.3.1. Motor Momenti ve Gücü | 45 |
| 6.3.2. Yakıt Tüketimi ve Özgül Yakıt Tüketimi | 46 |
| 6.4. ÖRNEK HESAPLAMA | 47 |
| | |
| BÖLÜM 7. | 49 |
| BULGULAR VE TARTIŞMA | 49 |
| 7.1. MOTOR PERFORMANSI | 49 |
| 7.1.1. Motor Momenti ve Gücü | 49 |
| 7.1.2. Özgül Yakıt Tüketimi | 53 |
| 7.2. EGZOZ EMİSYONLARI | 56 |
| 7.2.1. CO Emisyonları | 57 |
| 7.2.2. HC Emisyonları | 59 |
| 7.2.3. NO _x Emisyonları | 64 |
| 7.2.4. İş emisyonları | 67 |

| | <u>Sayfa</u> |
|-----------------|---------------------|
| BÖLÜM 8. | 71 |
| SONUÇLAR..... | 71 |
| KAYNAKLAR | 73 |
| ÖZGEÇMİŞ | 78 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|---|----|
| Şekil 3.1. Dizel motorda basınç-krank açısı ve püskürtme seyri | 18 |
| Şekil 3.2. Püskürtme avansının motor gücüne etkisi | 20 |
| Şekil 5.1. Giriş havası sıcaklığının NO _x emisyonlarına etkisi | 33 |
| Şekil 5.2. Eşdeğerlik oranının silindir basıncına etkisi | 34 |
| Şekil 5.3. Soğutma suyu sıcaklığına bağlı olarak % is oluşumu..... | 35 |
| Şekil 6.1. Deney düzeneğinin genel görünümü | 39 |
| Şekil 6.2. Deney düzeneğinin şematik görünümü..... | 40 |
| Şekil 6.3. Deney motorunun genel görünüşü | 40 |
| Şekil 6.4. Egzoz gaz analiz ölçüm cihazı. | 42 |
| Şekil 6.5. Yakıt tüketimi ölçüm düzeneği | 43 |
| Şekil 6.6. Dereceli silindirlere | 44 |
| Şekil 7.1. Dizel+JP8 yakıt karışımlarının motor momentine etkisi | 50 |
| Şekil 7.2. Dizel+JP8 yakıt karışımlarının motor gücüne etkisi..... | 50 |
| Şekil 7.3. JP8+biyodizel yakıt karışımlarının motor momentine etkisi | 52 |
| Şekil 7.4. JP8+biyodizel yakıt karışımlarının motor gücüne etkisi | 52 |
| Şekil 7.5. Dizel+JP8 yakıt karışımlarının ÖYT'ye etkisi | 53 |
| Şekil 7.6. JP8+biyodizel yakıt karışımlarının ÖYT'ye etkisi | 54 |
| Şekil 7.7. Dizel+JP8 yakıt karışımlarının farklı yüklerde ÖYT'ye etkisi..... | 55 |
| Şekil 7.8. JP8+biyodizel yakıt karışımlarının farklı yüklerde ÖYT'ye etkisi | 55 |
| Şekil 7.9. Dizel+JP8 yakıt karışımlarının CO emisyonuna etkisi..... | 57 |
| Şekil 7.10. JP8+biyodizel yakıt karışımlarının CO emisyonuna etkisi..... | 58 |
| Şekil 7.11. Dizel+JP8 yakıt karışımlarının farklı yüklerde CO emisyonuna etkisi ... | 59 |
| Şekil 7.12. JP8+biyodizel yakıt karışımlarının farklı yüklerde CO emisyonuna etkisi | 59 |
| Şekil 7.13. Dizel+JP8 yakıt karışımlarının HC emisyonuna etkisi..... | 61 |
| Şekil 7.14. JP8+biyodizel yakıt karışımlarının HC emisyonuna etkisi..... | 62 |
| Şekil 7.15. Dizel+JP8 yakıt karışımlarının farklı yüklerde HC emisyonuna etkisi ... | 63 |

| | |
|--|----|
| Şekil 7.16. JP8+biyodizel yakıt karışımlarının farklı yüklerde HC emisyonuna etkisi | 63 |
| Şekil 7.17. Dizel+JP8 yakıt karışımlarının NO _x emisyonuna etkisi | 65 |
| Şekil 7.18. JP8+biyodizel yakıt karışımlarının NO _x emisyonuna etkisi | 65 |
| Şekil 7.19. Dizel+JP8 yakıt karışımlarının farklı yüklerde NO _x emisyonuna etkisi | 66 |
| Şekil 7.20. JP8+biyodizel yakıt karışımlarının farklı yüklerde NO _x emisyonuna etkisi | 67 |
| Şekil 7.21. Dizel+JP8 yakıt karışımlarının is emisyonuna etkisi..... | 68 |
| Şekil 7.22. JP8+biyodizel yakıt karışımlarının is emisyonuna etkisi | 69 |
| Şekil 7.23. Dizel+JP8 yakıt karışımlarının farklı yüklerde is emisyonuna etkisi | 69 |
| Şekil 7.24. JP8+biyodizel yakıt karışımlarının farklı yüklerde is emisyonuna etkisi | 70 |

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enerji, günümüz dünyasında ülkelerin sosyal kalkınma ve ekonomik büyümeleri için vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Ülkeler enerjinin çevreye duyarlı, yenilenebilir, güvenli, yeterli miktarda ve ekonomik olmasını istemektedirler.

Günümüzde kullanılan enerji iki ana kaynaktan karşılanmaktadır. Bunlardan birincisi petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil kökenli yakıtlar; ikincisi ise güneş, hidrojen, biyokütle, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Ancak ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir bölümü fosil kökenli yakıtlardan elde edilmektedir (%70 fosil kökenli yakıtlar, %30 yenilenebilir enerji kaynakları). Fosil kökenli yakıtlarsa; teknolojinin ilerlemesi, sanayileşmenin hızlanması ve nüfusun artmasına bağlı olarak aşırı kullanım sonucu giderek tükenmeye başlamakta ve gelecekte ihtiyacı karşılayamaz duruma gelmesi düşünülmektedir. Ayrıca, içten yanmalı motorlarda kullanılan fosil kökenli yakıtların egzoz gazları çevre kirliliğine sebep olan önemli etkenlerden biri durumundadır (Vezir, 2006).

Petrol kökenli yakıtların tükeniyor olması ve bu yakıtlarla çalışmakta olan taşıt motorlarının egzoz ve gürültü emisyonları nedeni ile çevre kirliliğinin had safhalara ulaşması, araştırmacıları alternatif enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Özellikle dizel motorların egzoz emisyonlarının azaltılmasına duyulan ihtiyaç dizel motor teknolojisinin de gelişimini sürdürmesini sağlamıştır. Bu gelişmeler, dizel yakıt enjeksiyon teknolojisi, egzoz sonrası yakıt teknolojisi ve daha yüksek standartlarda yakıt üretimi alanlarında devam etmektedir (Önem, 2009).

Modern bir dizel motorun yakıt enjeksiyon sistemi çok yüksek basınçlarda çalışmaktadır. Bu yeni teknoloji, geleneksel motorun enjeksiyon sistemini yağlayan yakıttan daha iyi yağlayıcılık özelliğine sahip yakıt gereksinimini doğurmuştur (Mitchell, 2001). 1993 yılından önce 5000ppm düzeyinde olan dizel yakıtındaki

kükürt oranı, çevreci gerekçeler doğrultusunda 500ppm'in altına düşürülmesi Amerikan Çevre Koruma Örgütü (EPA) tarafından mecburi hale getirilmiştir. Petrol rafinerilerinin kullandıkları ileri teknoloji ile bu değer daha da azaltılarak 1 Haziran 2006'dan itibaren 15 ppm düzeyine indirilmiş ve yakın zamanda da 10ppm değerine indirilmesi hedeflenmiştir (Schumacher, 2005).

Bilimsel ve endüstriyel alanlarda kullanımında kerosine diye tanımlanan kerosen yakıtı aslında yanıcı özellikte bir hidrokarbon sıvısıdır. Yunan dilinde keros sözcüğünden türetilmiştir. Aslında “parafin yağı” diye tabir edilen gaz yağıdır. Genellikle ısıtma ve aydınlatma alanında kullanılmaktadır. Benzinden daha zor alev alır ama benzinden daha fazla da ısı verir. Parlama derecesi 40°C dir. Bu sıcaklığın altında herhangi bir ateş temasında yanmaz. Bu özelliği sayesinde “Uçak Yakıtı” olarak da kullanılmasının asıl nedeni, herhangi bir kaza/kırım anında yangın çıkartma riskini minimize etmesidir. Kerosen yakıtının donma noktası -47°C ila -49°C olduğundan dolayı, içerisinde su yoksa, yakıt donmadan kolayca motora ulaşır. Kerosen yakıtı havacılık alanında “JET-A1” yakıtı olarak da bilinir. Günümüzde jet motorlu uçaklarda kullanılan kerosen yakıtının diğer çeşitleri “JET-A, JET-B, JP-4, JP-5, JP-7 ve JP-8” dir (Arkoudeas, et al., 2002).

Bu çalışmada, çeşitli dizel-JP8 ve JP8-biyodizel yakıt karışımlarının sıkıştırma ile ateşlemeli bir motorun performans ve egzoz emisyonlarına etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla yakıtlar hacimsel olarak değişik oranlarda karışımlar hazırlanarak test edilmiş ve sonuçlar dizel yakıtının çalışmasıyla karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM 2

LİTARATÜR TARAMASI

Ciniviz ve Salman., yaptıkları çalışmada, %30 LPG %70 Dizel yakıtının, motor performans ve emisyonlarına etkisini incelenmişlerdir. Bu amaçla tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motoru LPG+Dizel yakıtı ile çalışabilecek şekilde modifiye edilmiştir. Sonuçta çift yakıtlı çalışmada motor torku ve gücünde %5,8 artış, NO_x emisyonunda %5,9 ve k faktöründe ise 1/9 oranında iyileşme sağlanmıştır (Ciniviz, 2001).

Öztürk, tarafından yapılan çalışmada bir dizel motorda alternatif yakıt olarak kanola yağı metil esteri kullanılmıştır. Farklı motor hızı şartlarında yapılan deneylerde %100 biyodizel, %50 dizel yakıtı + %50 biyodizel ve %100 dizel yakıtı dört zamanlı ve dört silindirli bir dizel motorda denenmiştir. Sonuç olarak; dizel motorların, belirgin bir revizyona ihtiyaç duyulmaksızın, alternatif yakıt olarak dizel ve biyodizel karışımlarının kullanılmasına uygun olduğu, kanola yağı metil esterinin yakıt özellikleri ve yanma ürünleri açısından olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Öztürk, 2008).

İlkılıç ve Yücesu, “Ayçiçek yağı metil esteri ile dizel yakıtı karışımının bir dizel motor performansına etkisi” adlı çalışmalarında, bitkisel yağların yüksek viskozitelerinden dolayı doğrudan dizel motorlarda kullanılmaları çeşitli problemlere yol açtığını bildirmişlerdir. Bu sebeple bitkisel yağlar çeşitli işlemlere tabi tutularak özellikleri dizel yakıtına yaklaştırılmaktadır. Ham bitkisel yağlardan ester elde etmek bu yöntemlerden biridir. Bu çalışmada, ayçiçek yağı metil esteri (AYME) dizel yakıtı ile hacimsel olarak %50 oranda karıştırılarak tek silindirli bir dizel motorda test edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak karışımın, dizel yakıtın performansından biraz düşük olduğu görülmüştür. Sadece NO_x emisyonu açısından AYME-Dizel yakıt karışımının, dizel yakıtından daha iyi olduğu ortaya çıkmıştır (İlkılıç, 2000).

Geo et al. (2008), tarafından yapılan çalışmada, bitkisel yağların dizel motorlarda kullanılmasında ana problemin yüksek duman koyuluğu ve düşük verim olduğu belirtilmiştir. Tek silindirli, 4,5 kW gücünde, bir dizel motorda kauçuk yağı, kauçuk yağı metil esteri ve ana yakıt olarak dizel yakıtı 1500 1/min motor hızında denenmiştir. Emme manifolduna hidrojen boşaltarak çift yakıt uygulaması denenmiştir. Deneylede maksimum termik verimin yakıtta %8,39 hidrojen ilavesiyle %28,12, %8,73 hidrojen ile %29,26 ve %10,1 hidrojen eklentisiyle %31,62 olarak belirlenmiştir. Ayrıca maksimum verimde kauçuk yağı metil esteri uygulamasıyla duman seviyesi 5,5 BSU (Bosch Smoke Unit) dan 3,5 BSU ya, kauçuk yağı uygulamasıyla 6,1 BSU dan 3,8 BSU ya gerilediği belirlenmiştir (Geo et al, 2008).

Kızıllan, (2008) yaptığı çalışmada alternatif yakıt olarak kanola ve soyadan elde edilmiş bir biyodizel (hacimsel olarak %20 soya, %80 kanola) yakıt kullanılmıştır. Biyodizel yakıtın dizelle hacimsel olarak 15/85 (B15) oranında oluşturduğu karışım normal dizel yakıt ile karşılaştırılmıştır. Deneyle, değişken sıkıştırma oranlı, tek silindirli, su soğutmalı Faryman 1977 tipi bir CFR dizel motorunda yapılmıştır. Öncelikle normal dizel yakıtla çeşitli sıkıştırma oranlarında performans ve emisyon deneyleri yapılmış, daha sonra aynı sıkıştırma oranlarında biyodizel/dizel karışımı ile aynı deney tekrarlanmıştır. Bu iki yakıt için elde edilmiş olan deney sonuçları birbirleriyle karşılaştırılarak, sıkıştırma oranının ve yakıt tipinin motor performansına, is ve diğer emisyon değerlerine etkisi incelenmiştir. $\epsilon = 17,13:1$ sıkıştırma haricindeki hemen tüm sıkıştırma oranlarında ve tüm yüklerde B15 yakıtı daha iyi güç, moment ve özgül yakıt sarfiyatı değerleri vermiştir. Ancak hem B15 hem de dizel yakıtın performans değerleri artan sıkıştırma oranıyla birlikte azalmaktadır. Her iki yakıt için de en iyi performans değerleri $\epsilon = 17,13:1$ de elde edilmiştir.

B15 yakıtından, tüm sıkıştırma oranlarında dizel yakıtına kıyasla daha iyi HC emisyonu değerleri elde edilmiştir. NO_x emisyonu ise $\epsilon = 17,13:1$ hariç tüm sıkıştırma oranlarında dizelle kıyasla daha kötüdür. CO ve CO_2 emisyonları için kesin bir şey söylenememektedir. Her iki yakıt için de sıkıştırma oranı arttıkça CO ve HC emisyonları artmış; NO_x emisyonu miktarı azalmıştır (Kızıllan, 2008).

Rosca, R., araştırmasında, ayçiçeği yağının yenilebilir bir enerji kaynağı olması, düşük sülfür içeriği ile güvenle saklanabilir olması ve deri hastalıklarına sebep olmaması nedeniyle dizel yakıt için iyi bir alternatif olarak sunulmuştur. Yapılan deneylerde, ayçiçeği yağı kullanıldığında enjeksiyon cihazının nasıl davrandığı ve bu yağların motorun güç indekslerini nasıl değiştirdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak direkt enjeksiyonlu dizel motorlarda ayçiçeği yağlarının kullanılmasının, yüksek viskoziteleri ve düşük ısıl enerjileri nedeniyle yanma olayında problem yarattığı belirlenmiştir (Radu, 1997).

Tüter, yaptığı bu çalışmada etanol, metanol, doğalgaz, hidrojen ve biyodizelin dizel motorlarında kullanılabilme potansiyellerini incelenmiştir. Etanol ve metanol kullanıldığında motor performans değerlerinde kısmi düşüşler görülmüş, emisyonlarda artışlar tespit edilmiştir. Ayrıca motor üzerinde modifikasyona ihtiyaç duyulmuştur. Doğalgaz ve hidrojen kullanıldığında motor performanslarında düşüşler görülmüştür ancak ekonomik yönden kullanılabilirliği yönünde olumlu görüşler oluşmuştur. Yapılan deneyde 4 zamanlı 6 silindirli bir şehir içi otobüs motoru kullanılmıştır. Deneylerde biyodizelin motor performans değerlerinde çok az düşüşler gösterdiği ancak emisyon testlerinde oldukça olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bu avantajlarının yanında biyodizel yüksek viskozite, düşük ısıl değer ve bazı malzemeler üzerinde aşındırıcı/çözücü etkiye sahip olması gibi bazı olumsuz özelliklere de sahiptir (Tüter, 2007).

Ulusoy vd, (2004), Atık kızartma yağından elde edilmiş biyodizel yakıtını saf halde 4 silindirli, 4 zamanlı bir dizel motorunda yakıt olarak kullanmış ve bu yakıtın motor performans ve egzoz emisyonu değerlerini elde etmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan biyodizel yakıtı ile CO, HC ve partikül emisyonlarında sırasıyla %8,59, %30,66 ve %63,33 azalma gözlenirken, CO₂ ve NO_x emisyonlarında sırasıyla %2,62 ve %5,03 artış gözlemlenmiştir. Diğer taraftan taşıt performansı yönünden karşılaştırıldığında tekerlek tahrik kuvvetinde %3,35, tekerlek gücünde %2,03 azalma gözlenmiştir (Ulusoy vd, 2004).

Arslan, yaptığı bu çalışmada dizel yakıtına alternatif yakıt olarak soya ve kanola yağı metil esterinden elde edilmiş biyodizel yakıtları kullanılmıştır. Bu alternatif

yakıtlar dört silindirli bir dizel motorunda tam yük ve değişken hız şartlarında üç farklı enjektör basıncında (250, 300, 350 bar) test edilmiştir. Elde edilen verilere göre, her üç yakıtın değişik enjektör basınçlarında motor performans ve emisyon değerleri elde edilmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. 250 bar enjektör basıncında yapılan deneylerde yakıtların performans verimliliği bakımından sıralaması dizel, kanola ve soya yağı metil esteri olarak değişmektedir. Emisyon değerleri bakımından ise soya, kanola yağı metil esteri ve dizel yakıtı olarak sıralanmaktadır. Basınç 300 bar'a yükseltildiğinde soya ve kanola yağı metil esterlerinin performans ve emisyon değerleri dizel yakıtına yakın sonuçlar vermiştir. Basıncın 350 bar'a yükseltilmesi ise alternatif yakıtları performans ve emisyon değerlerini olumsuz etkilemiştir. Soya ve kanola yağı metil esterlerinin yenilenebilir olması, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin dizel yakıtına yakın olması ile birlikte motor performans ve emisyon değerlerindeki iyileşmeler nedeni ile yapılacak yeni çalışmalarda geliştirilip alternatif yakıt olarak kullanılabilereği sonucuna varılmıştır (Arslan, 2007).

Altun, çalışmasında, dizel yakıtına alternatif olarak susam yağını kullanmıştır. Bu amaçla; susam yağının dizel ile %25, %50 ve %75 oranlarındaki karışımlarını, Lombardini marka 6 LD 400 model tek silindirli, dört zamanlı ve direkt püskürtmeli bir dizel motorunda denemiş, motor performansı, egzoz emisyonları ve motor elemanları üzerindeki etkilerini dizel ile karşılaştırmıştır. Araştırma sonuçları, susam yağı ve dizel karışımlarının deneylerde kullanılan oranları için motor yapısında değişiklik yapmadan yakıt olarak kullanılabilereğini göstermiştir (Altun, 2004).

Tillem, (2005), biyodizel hammaddesi olarak ham kanola yağı, nötr pamuk yağı ve atık kızartma yağı kullanılmış, biyodizel üretim yöntemi olarak alkali katalizörler ile transesterifikasyon metodunu izlemiştir. Transesterifikasyon reaksiyonunda, alkol olarak metil alkol, katalizör olarak sodyumhidroksit kullanılmıştır. Üretilen biyodizeller, dizel yakıtına %20 hacimsel oranda karıştırılmıştır. Elde edilen biyodizel-dizel karışımları, dört zamanlı, dört silindirli, ön yanma odalı turbo-dizel bir motorda, tam yük şartlarında denenmiş, motor performans ve emisyon değerleri incelenmiştir. Deney sonuçları, farklı çalışma şartlarında performans ve emisyon değerleri göz önüne alınarak, üretilen biyodizel yakıtların dizel yakıtına kısmi oranda

karıştırılması suretiyle dizel motorda herhangi bir değişiklik veya yakıt ön ısıtması gerektirmeden kullanılabilirliğini göstermiştir (Tillem, 2005).

Erdoğan, D., Onurbaş, A., küçük hacimli bir dizel motorda bazı bitkisel yağların yakıt olarak kullanılma oranlarını incelemiştirlerdir. Bu amaçla yaptıkları çalışmada tek silindirli, direkt püskürtmeli ve hava soğutmalı 5,5 kW anma gücünde dizel motorda %50 motorin + %50 rafine bitkisel yağ (ayçiçeği, pamuk yağı ve mısır özü yağı) karışımı ve %100 bitkisel yağlar kullanılmışlardır. İlk harekette bir zorluk görülmemiştir.

Motorin + bitkisel yağ karışımları ve %100 bitkisel yağlarla yapılan denemelerde motorine kıyasla püskürtme pompasında herhangi bir ayar yapmaksızın güç düşüşü görülmemiş, ancak özgül yakıt tüketiminde artış görülmüştür. Ayrıca motorin + bitkisel yağ karışımı denemeleri süresince motor düzgün çalışmıştır. %100 bitkisel yağlarla yapılan denemelerde düşük devirlerde soğutma ve yağlama sisteminin yetersiz kaldığı saptanmıştır (Erdoğan ve Onurbaş, 1988).

Şahin, tek silindirli, dört zamanlı, direkt püskürtmeli bir dizel motoru biyodizel/hidrojen çift yakıtı ile çalışacak şekilde düzenlenmiş, sabit hız şartlarında hidrojen oranının performans ve emisyonlara etkisi incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonunda, soya biyodizeline hidrojen eklenmesinin; hidrokarbon, karbonmonoksit, karbondioksit ve is emisyonlarında önemli ölçüde azalmalar meydana getirdiği, fren termik verimini artırdığı ve özgül yakıt tüketimini düşürdüğü, buna karşın azot oksit emisyonlarında bir miktar artışa sebep olduğu belirlenmiştir (Şahin, 2009).

Arkoudeas, et al, Havacılıkta kullanılan ilk jet yakıtları havacılık benzini olup daha sonra, bu yakıtların karakteristikleri, arıtma kapasiteleri iyileştirilmek suretiyle , mevcut yakıt kaynakları geliştirilmiştir. Önce sunulan katkı taslak çeşitli gereksinimleri çeşitli işlemsel jet yakıtlarının gelişimine önderlik etmiştir. Bunlar Birleşik Devletler Jet (Avrupa Jet A-1), JP-4 (Nato kodu, F-40), JP-5 (Nato kodu, F-44), JP-7 (yalnızca ABD), JP-8 (F-34), JP-TS (yalnızca ABD) ve JP-8+100'dür. Yer teçhizatları ve hava araçları için tek bir yakıtın kullanımında, yakıt yükünün azalması

NATO dizel yakıtın yerini almıştır. Sonuç olarak F-34 birçok uygulamada damıtılmış dizel yakıtın yerini almıştır. Doğrudan enjeksiyonlu sıkıştırılmalı motorlarda yakıt tiplerinin yapıldığı Athens Milli Teknik Üniversitesi Yakıtlar ve Yağlar Laboratuvarında %50 oranında iki farklı tip biodizel yakıt karışımı ile doldurulmuş sabit (durağan) dizel motorlardaki yakıt tüketimi ve egzoz yayılması ölçümleri tamamlanmıştır. İki tip biodizel eşit performansa sahip olduğu görülmüştür. Hammaddeye bakılmaksızın onların ürünleri için kullanılmıştır (Arkoudeas et al, 2002).

Yamık, H., tarafından çalışmada ham ayçiçek yağından metil ve etil ester üretilerek fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. Tek silindirli bir dizel motorunda dizel yakıtı, ayçiçeği yağı metil esteri ve etil esterinin tam yük, değişken hız şartlarında ve sabit hız, değişken yük şartlarında denenmiştir. Yapılan çalışmada her bir yakıt için performans haritaları çıkarılmıştır. Tam yük değişken hız deneylerinde etil ester performansı, dizel yakıtı ve metil estere göre daha düşük değerlerde ölçülmüştür. Emisyonlar bakımından etil ester emisyon değerleri metil esterinkine yakın değerlerde ölçülmüştür. Ayçiçek yağı metil esterinin ısı değer ve özgül yakıt tüketiminin dizel yakıtına benzer değerler verdiği saptanmıştır. Deneyler sırasında gürültü ölçümü yapılmış ve esterlerin gürültü seviyelerinin dizel yakıtından düşük olduğu belirlenmiştir. Her yakıt için maksimum momentin meydana geldiği optimum avans değerleri tespit edilmiştir. Deneyler sonucunda metil ester performans bakımından dizel yakıtına alternatif olabileceği saptanmıştır. Etil ester motor gücü ve momentinin ise dizel yakıtına yakın olduğu belirlenmiş buna karşılık özgül yakıt tüketimlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Özellikle özgül enerji tüketimi ve özgül enerji maliyetlerinin etil esterde diğer yakıtlara göre yüksek olduğu hesaplanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda bitkisel yağ metil esterlerinin dizel yakıtına alternatif olabileceği görülmüştür (Yamık, 2002).

Eryılmaz, yaptığı çalışmada, yabani hardal tohumundan elde edilen ham yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemiştir. Bu yağdan transesterifikasyon yöntemi ile yabani hardal yağı metil esteri (YHME) üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen B100 formundaki biyodizeli hacimsel olarak %20 ve %2 oranında motorinle karıştırarak, B20 ve B2 formunda yakıtlar elde edilmiştir. Bu yakıtların (B100, B20

ve B2) fiziksel, kimyasal ve yakıt özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen yakıtlar, dört zamanlı, 3 silindirli, 60 BG gücünde direkt püskürtmeli TUMOSAN 3D 29T dizel bir motorda denenerek karşılaştırılmış ve moment, güç, yakıt tüketimi, motor gürültü değerleri ve duman yoğunluğu motorin ile karşılaştırılmıştır. B100, B20 ve B2 yakıtları motorinle mukayese edildiğinde, bütün yakıtlarda maksimum moment 1200 1/min'de gerçekleştirilmiştir. B100'de %2.39, B20'de %0.81 artış görülmüş, B2'de ise değişim olmamıştır. Maksimum güç ise bütün yakıtlarda 2500 1/min'de, motorine göre; B100'de %5.64, B20'de %2.64 artış görülmüş, B2'de ise değişim olmamıştır. Maksimum güçte B100 kullanılmasıyla, özgül yakıt tüketiminde motorine göre %2.86 artış görülmüş, B20 ve B2 yakıtlarında ise sırasıyla %1.80 ve %2.84 azalma görülmüştür. Motorin, B100, B20 ve B2 yakıtları ile yapılan denemelerde en yüksek toplam verim sırasıyla 1300 1/min'de %34.348, 2000 1/min'de %36.103, 1200 1/min'de 36.911 ve 1200 1/min'de %34.565 olarak belirlenmiştir. Motor gürültü değerleri B100 ve B20 yakıtları kullanılmasıyla motorine göre, belirli devirlerde yükselme ve azalmalar göstermiş, B2 yakıtı kullanıldığında ise diğer yakıtlara göre, bütün devir sayılarında azalma görülmüştür. Duman yoğunluğu bütün devir sayılarında, motorine göre, karışım oranları arttıkça daha fazla azalma göstermiştir (Eryılmaz, 2009).

Ayvaz, tarafından yapılan çalışmada, dizel yakıtına değişik oranlarda benzin karıştırılarak, dört farklı sıkıştırma oranı için, dört farklı yük durumunda ve farklı motor hızlarında denenerek motorun karakteristikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, dizel motorlarında, dizel yakıtı-benzin karışımları kullanıldığında, efektif verim ve güç değerlerinde artış, özgül yakıt tüketiminde azalma görülmüştür. Ayrıca çeşitli karışımlar için yakıt maliyetinde genellikle azalma ve yanma veriminde artış olduğu belirlenmiştir (Ayvaz, 1991).

Koç, tarafından yapılan bu çalışmada, belli periyotlarla motor yağından alınan numuneler ICP spektrometresi ile elementel olarak analiz edilmiş, motor aşınmalarına yakıtın etkisi araştırılmıştır. FTIR analizleri ile motor yağında oluşabilecek oksidasyonlar ve yağ özelliklerinin değişimi karşılaştırılmıştır. Motorların izlenmesi açısından önemli bir parametre olan motor yağlarındaki TBN değişimleri yine karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Termal kamera ile motorlar

gözlenmiş, ısı farklılıkları fiziksel olarak karşılaştırılmıştır. Titreşim ölçümleri yapılmış, motorda yanmadan kaynaklanan titreşimler etüt edilmiş, değerler karşılaştırılmıştır. Enjektör basınç değerleri izlenmiş, yakıtların enjektörler ve yakıt pompaları üzerine etkileri SEM analizleri ile değerlendirilmiştir. Kısa süreli testler ile yapılan karşılaştırmalar sonucu saf biyodizel kullanımının motorlar üzerinde ek iyileştirmeler ile mümkün olduğu, her iki yakıtın da avantaj ve dezavantajları bulunduğu bildirilmiştir (Koç, 2010).

Sezer, yaptığı çalışmada, kurşun katkısı yerine metanol ve MTBE gibi oksijenatların normal benzinde katkı olarak kullanılmasının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla, elektrikli dinamometre ile donatılmış, değişken sıkıştırma oranlı tek silindirli bir benzin motoru kullanılarak bir dizi sistematik deney yapılmıştır. Deneyler, tam (1/1) gazda, değişken hızlarda, farklı sıkıştırma oranı ve farklı ateşleme avanslarında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde metanol ve MTBE'nin dört farklı hacimsel oranda (%5, 10, 15, 20) normal benzine katılmasıyla elde edilen karışımlar kullanılmıştır. Karşılaştırma yapmak için karışımlara ek olarak süper ve kurşunsuz benzin de kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen efektif güç, döndürme momenti, ortalama efektif basınç, efektif verim, özgül yakıt tüketimi ve CO emisyonları gibi sonuçlar farklı çalışma koşulları için değerlendirilmiştir. Sonuçlar, normal benzine metanol ve MTBE katılmasının motor performansı ve egzoz emisyonlarını deney yapılan çalışma koşullarının çoğunda olumlu yönde etkilediği görülmüştür. En iyi performans değerleri sırasıyla MET5 ve MET10 karışımları ile MTBE10 ve MTBE15 karışımlarıyla elde edilmiştir. Diğer taraftan, en iyi efektif verim değerlerini metanol karışımları vermiş, bunları kurşunsuz benzin ve MTBE karışımları izlemiştir. MET20 karışımı metanol karışımları ve MTBE15 karışımı MTBE karışımları içinde en iyi efektif verim değerlerine sahip karışımlardır. Normal, süper ve kurşunsuz benzinle karşılaştırıldığında oksijenat katılmış karışımlar genel olarak CO emisyonlarını azaltmıştır. Deney yakıtları ve yakıt karışımları içinde tüm çalışma koşulları için en düşük CO emisyonu değerlerini MET20 ve MTBE10 karışımları vermiştir (Sezer, 2002).

Şahin. yaptığı çalışmada; farklı oranlardaki benzin ve etanol fumigasyonunun, motor performansı ve egzoz gazları emisyonları üzerindeki etkilerini teorik olarak incelemiştir. Bu amaçla dizel motoru çevrimi için Termodinamiğin Birinci Kanununa dayanan bir matematiksel model geliştirilmiştir. Söz konusu model, demetin oluşumu, yakıt-hava karışımı, girdap, ısı transferi ve emisyon modelleri gibi alt modellerden oluşan sanki boyutlu çok bölgeli yanma modeli kavramlarını içermektedir.

Saf dizel yakıtı ve farklı fumigasyon oranlarındaki dizel yakıt-benzin-etanol karışımlarının yakıt olarak kullanıldığı dört ve altı silindirli turboşarlı iki farklı dizel motorunun performans parametreleri ve egzoz gazları emisyonları teorik olarak hesaplanmıştır. Değişken eşdeğerlik oranlarında, benzin fumigasyonu attıkça efektif güç, özgül yakıt tüketimi (ÖYT) ve karbon monoksit (CO) oranı artmaktadır. Öte yandan, efektif verim ve azot oksit (NO) konsantrasyonu azalmaktadır. Sabit eşdeğerlik oranlarında benzin fumigasyonu attıkça efektif güç, efektif verim ve CO oranı artmaktadır. Bununla birlikte, ÖYT ve NO konsantrasyonu azalmaktadır. Değişken eşdeğerlik oranlarında etanol fumigasyonu attıkça efektif güç, efektif verim ve CO oranı artmaktadır. Bunun yanında, ÖYT ve NO konsantrasyonu ise azalmaktadır. Sabit eşdeğerlik oranlarında etanol fumigasyonu attıkça efektif güç, efektif verim ve NO konsantrasyonu ve buna bağlı olarak da ÖYT önemli ölçüde artmaktadır. Ayrıca, CO oranı da genel olarak artma eğilimi göstermektedir (Şahin, 2002).

Ejder, bu çalışmada, gelecekte fosil kaynaklı yakıtlara alternatif olarak kullanılması düşünülen etanol ve biyodizel yakıtların bir direkt püskürtme sistemine sahip dizel traktör motorunun farklı karışım oranlarında test edilmesi suretiyle performans karakteristiklerinin değişimleri elde edilmiştir. Mevcut biyodizel – dizel ve etanol – dizel yakıtları farklı oranlarda birbirlerine karıştırılması suretiyle test motorunun performans karakteristikleri belirlenmiştir. Deney motorunun yüklenmesi Schenk 130kW marka ve tip bir elektromanyetik fren ile yapılmıştır. Önce motor, referans dizel yakıt ile test edilmiş ve elde edilen bu performans karakteristikleri motorun alternatif yakıt deneylerinde referans oluşturmuştur. Her bir yakıt karışımı için yapılan deney sonuçları referans karakteristikleri ile karşılaştırılmış mevcut biyodizel

ve etanolün farklı oranlarda kısa süreli performans testlerinde kullanılmaları durumunda dizel yakıtı yakın sonuçlar verdikleri gözlemlenmiştir. Böylece, performans yönünden biyodizel ve etanolün önemli bir alternatif yakıt kaynağı olabileceği ortaya konulmuştur (Ejder, 2007).

Özaktaş, vd, yapılan çalışmada ayçiçeği yağı, zeytinyağı, soya yağı, mısır yağı hacimsel olarak %20, %80 oranında dizel yakıtı ile karıştırılmış ve sıra tipi 6 silindirli 66 kW'yi 2800 1/min'de veren motorda denenmiştir. Yapılan testlerde özgül yakıt tüketimi, güç, moment, verim, duman koyuluğu incelenmiştir. Kısa testlerde bitkisel yağların dizel yakıtına alternatif olabileceği fakat dayanıklılık testine ihtiyaç olduğu bildirilmiştir (Özaktaş vd. 1997).

Topgül, tarafından yapılan bu çalışmada buji ile ateşlemeli motorlarda benzin-etilalkol karışımları motor yakıtı olarak kullanılmıştır. Yapılan deneyde, motor performansını etkileyen parametreler ile efektif verimde , efektif güçte özgül yakıt tüketimi ve egzoz gazlarının değişimi incelenmiştir (Topgül, 2002).

Eray, yaptığı çalışmada, dört silindirli, dört zamanlı ön yanma odalı turbo dizel motor üzerinde gazyağı, fuel oil ve motorinden oluşan çeşitli harmanların motor performansına ve emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde yakıtların harmanlar içerisindeki oranlarına bağlı olarak dizel motor performansı ve emisyon değerlerinde değişimler olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlar, yakıt harmanlarının referans yakıt motorine göre performansta fazlaca bir değişiklik yapmadığı, özgül yakıt tüketiminde yaklaşık olarak %10 azalma sağladığı, emisyonlarda ise harmanın içeriğine bağlı olarak duman ve NO_x emisyonlarında artışa neden olduğu anlaşılmıştır. Yakıt harmanların maliyet olarak referans yakıtı göre yaklaşık %23 oranında ucuzlama sağladığı da bulunan diğer bir sonuçtur (Eray, 2002).

Yücesu ve Altın (1999), kanola yağının dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanımını üzerinde bir araştırma yapmışlardır. Tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda 900 1/min ile 1800 1/min Aralığında 100 1/min'lık aralıklarla performans ve emisyon testleri yapmışlardır. Ticari dizel yakıtı ve kanola yağı ile yapılan testler sonucunda; motor hızına bağlı olarak dizel yakıtının kanola yağından

daha yüksek moment verdiği (maksimum fark 1800 1/min'de %6), hız azaldıkça bu fark azalmıştır. Benzer şekilde dizel yakıtının kanola yağından daha yüksek güç verdiği (maksimum fark 1800 1/min'de %6), özgül yakıt tüketiminin kanola yağından dizel yakıtına göre daha yüksek olduğu, kanola yağının termik veriminin dizel yakıtından yaklaşık %9 düşük olduğu, CO emisyonunun kanola yağı kullanımında daha fazla olduğu NO_x oluşumunun ise dizel yakıt kullanımında daha yüksek çıktığı, duman koyuluğu kanola yağı kullanımında daha fazla olduğu ve motor momenti arttıkça her iki yakıtta da arttığı bildirilmiştir. Burada; Kanola yağının dizel yakıtından daha düşük ısı değere sahip olması, viskozitesinin daha yüksek olması, performans ve emisyon değerlerinde dizel yakıtına göre kötü sonuçlar vermekle beraber aradaki farklılıkların çok fazla olmadığı ve kanola yağının kısa süreli çalışmalarda dizel yakıtına alternatif olabileceği belirtilmiştir (Yücesu ve Altın, 2001).

Aktaş ve Sekmen, (2008) yakıt olarak biyodize kullanan bir motorda püskürtme avansının motor performansı ve emisyonlarına etkileri dört zamanlı, tek silindirli bir dizel motorda araştırılmıştır. Püskürtme zamanlaması 24,9, 26,6 ve 28,5° KMA (krank mili açısı) için tam yükte motor momenti, efektif güç, özgül yakıt tüketimi, egzoz gaz sıcaklıkları ile CO, HC ve NO_x emisyonları ölçülmüştür. Biyodizel ile çalışmada püskürtme avansının 26,6° KMA' ya artırılmasıyla motor momenti ve efektif güçte yaklaşık %6'ya kadar artış ve özgül yakıt tüketiminde %8'e kadar iyileşme görülmüştür. Ayrıca, CO ve HC emisyonlarında azalma elde edilirken, NO_x emisyonlarında %4-11 arasında değişen artışlar belirlenmiştir. Biyodizel ile çalışmada motor momenti ve efektif güçte bir miktar artış olmasına rağmen, ısı değerinin düşük olmasından dolayı özgül yakıt tüketimi dizel yakıtından daha yüksektir. Püskürtme avansının 26,6°'ye artırılmasıyla motor momenti ve efektif güçte %6 kadar artış, özgül yakıt tüketiminde %8 iyileşme sağlanmıştır. Püskürtme avansının daha fazla artırılmasının motor performansı ve egzoz emisyonlarını olumsuz etkilediği görülmüştür. Biyodizel ile çalışmada egzoz gaz sıcaklıkları dizel yakıtına göre daha düşük olarak ölçülmüştür. Bunda biyodizelin oksijen içermesi, ve püskürtme başlangıcının öne alınmasının etkisi vardır. En düşük egzoz gaz sıcaklıkları püskürtme avansının 26,6° KMA' ya artırılmasıyla elde edilmiştir. Biyodizel ile avanslı çalışmada egzoz gaz sıcaklıklarının düşük olması püskürtme

avansının dizel yakıtta Gore bir miktar artırılması gerektiğini göstermiştir (Aktaş ve Sekmen, 2008).

Arkoudeas, et al, tarafından yapılan çalışmada tek silindri sıkıştırma ile ateşlemeli bir motorda saf JP-8 yakıtı ile J-P8 yakıtına %10, %20, %50 oranlarında iki tip biyodizelin ilave edilmesiyle oluşturulan yakıt karışımlarını denemiştir. 5 HP güce kadar çeşitli yüklerde bu yakıtlar denenerek yakıt tüketimi, HC, CO, NO_x ve partikül emisyonlarını incelemiştir. Biyodizel ilaveli karışımların kullanımı HC ve CO emisyonlarında azalma sağlamıştır. Karışımların emisyon değerleri JP-8 yakıtının emisyon seviyesinden oldukça düşüktür. Düşük biyodizel konsantrasyonlarında NO_x emisyonu çoğu durumda azalmıştır. JP-8 yakıtına biyodizel ilavesi partikül madde emisyonlarını genel olarak azaltmıştır. Bunun sebebi biyodizel moleküllerinde oksijen içermesi ve kükürt bulunmamasıdır. Ayrıca biyodizel ilaveli karışımların yakıt tüketiminde bir miktar artışa sebep olmuştur. Sonuç olarak partikül madde emisyonlarında önemli bir azalma olduğu için; özellikle çevre kirliliğinin fazla olduğu bölgelerde dizel motorunun çeşitli dezavantajlarını ortadan kaldırıcı etki göstermektedir (Arkoudeas, et al, 2003).

Ünal, bu çalışmada, tek silindri, dört zamanlı, hava soğutmalı bir motor üzerinde JP4, JP8, metil ester ve motorinden oluşan çeşitli yakıt karışımların motor performansına ve emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde kullanılan yakıtların karışım oranına bağlı olarak referans yakıt motorine göre, %50 JP8-%50 metil ester karışımının motor gücünün %2,4 azaldığı görülmektedir. %50 JP4-%50 metil ester kullanıldığında ise motor gücünde %31,2 bir düşüş görülmektedir. Emisyonlar açısından ise karışımların içeriğine bağlı olarak duman ve NO_x emisyonlarında referans yakıt motorine göre büyük ölçüde azalmaya neden olduğu anlaşılmıştır. Sonuç olarak herhangi bir yakıt sıkıntısı anında dizel motorların ayçiçek yağdan üretilen metil esterle ve motorine göre daha ucuz olan JP4, JP8'le de çalışabileceği görülmüştür (Ünal, 2005).

Gökalp, tarafından yapılan çalışmada, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı bünyesindeki motorlarda kullanılan jet yakıtı (JF), gemi yakıtı (MF) ve kara taşıt yakıtı (D2), soya yağı metil esteri (SME) ile %5, %20, %50 karışım oranları ile dört silindri, doğal

emişli, direkt püskürtmeli (DP) bir dizel motorda kullanılmıştır. Motor performans ve egzoz emisyon karakterlerini belirlemek amacıyla, motor tam yük ve değişken devir denemelerine tabi tutulmuştur. Denemeler neticesinde, yakıtlar içerisindeki SME oranı arttıkça, özgül yakıt tüketimi artış gösterirken, motor performansında ise JF, MF ve D2 yakıtlarına göre hafif bir düşme olmuştur. Egzoz gaz sıcaklıkları karışım yakıtlar içerisindeki SME oranı arttıkça yükselmiştir. Denemelerde, her bir yakıt için karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), azot oksit (NO_x) ve ışık absorpsiyon katsayısı değerleri ölçülmüştür. Emisyon denemeleri neticesinde, SME'nin oksijen içeriği, CO ve ışık absorpsiyon katsayısı değerlerinde önemli azalmalar sağladığı belirlenmiştir. Ancak deneme motorunda SME ve karışım yakıtların kullanımı ile NO_x emisyonunda artış görülmüştür (Gökalp, 2009).

BÖLÜM 3

DİZEL MOTORLARDA YANMA

3.1. DİZEL MOTORLAR

Dizel motoru, içten yanmalı bir motor tipidir. Daha özel bir tanımla, dizel motor oksijen içeren bir gazın (genellikle bu atmosferik havadır) sıkıştırılarak yüksek basınç ve sıcaklığa ulaşması ve silindir içine püskürtülen yakıtın bu sayede alev alması ve yanması prensibi ile çalışan bir motordur. Bu yüzden benzinli motorlardan farklı olarak ateşleme için bujiye ve yakıt-oksijen karışımını oluşturmak için karbüratöre ihtiyaç yoktur. 1892'de Alman Mühendis Rudolf Diesel tarafından bulunmuş, 23 Şubat 1893'te patenti alınmış olan bu süreç, dizel çevrimi olarak bilinir. Dizel motoru, kömür tozu dâhil çeşitli yakıtların kullanımına yönelik olarak tasarlanmıştır. Gaz sıkıştırıldığında sıcaklığı yükselir, dizel motoru bu özelliği kullanarak yakıtı ateşler. Dizel motorunun silindiri içine çekilen hava piston tarafından, buji ile ateşlemeli motorlardakinden çok daha yüksek bir oranda sıkıştırılır. Hava sıcaklığı 700-900 °C'ye ulaşır. Piston ÜÖN civarlarına yaklaştığında, dizel yakıt yüksek basınçla atomize halde memeden geçerek yanma odasının içine püskürtülür, burada sıcak ve yüksek basınçlı hava ile karışır. Bu karışım hızla tutuşur ve yanar. Hızlı sıcaklık artışı ile yanma odası içindeki gaz genişler, artan basınç, pistonu aşağı doğru hareket ettirir. Biyel kolu vasıtasıyla, krank mili çıkışına dönme gücü olarak iletilir. Süpürme işlemi, egzoz gazını silindirin dışına atma ve silindiri taze hava ile doldurma işlemi, supaplar veya giriş ve çıkış kanalları aracılığıyla yapılır. Dizel motorun kapasitesinin tam olarak kullanılabilmesi için içeriye alınan havayı sıkıştırabilecek turbosarjer kullanılması gerekir. Turbosarjer ile havanın sıkıştırılmasından sonra bir ara soğutucu ile içeri alınan havanın soğutulması ayrıca verimi artırır. Yıllardır tüketicilerin farklı isteklerinin çeşitliliği, dizel yakıt enjeksiyon sisteminde de çeşitliliğin artmasına yol açmıştır. Dizel motor teknolojisindeki birçok önemli gelişme, güçte artış, yakıt

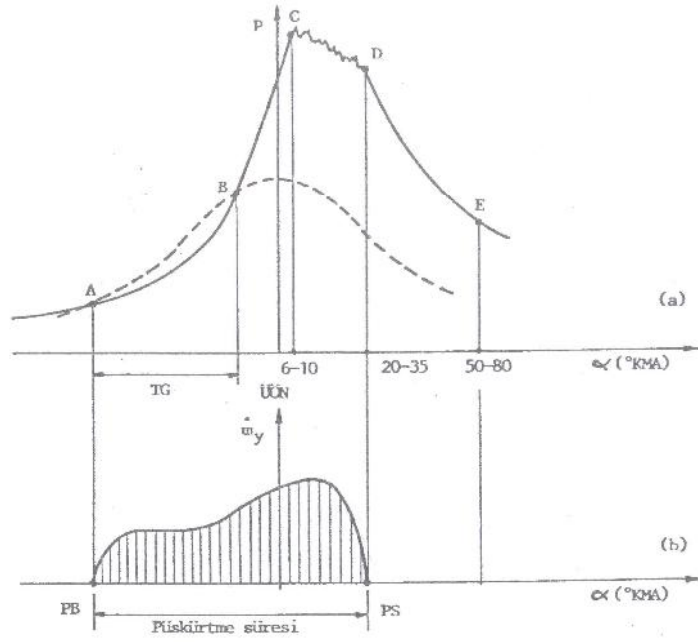
tüketimi, motor gürültüsü ve egzoz emisyonlarında iyileşme sağlamıştır. Geleceğin dizel püskürtme sistemi olarak tanımlanan 'Common Rail' yakıt enjeksiyon sistemi, özellikle Avrupa'da gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Yakın gelecekte Türkiye'de de çok sayıda dizel aracın, bu sistemle donatılacağı düşünülmektedir. Günümüz enjeksiyon teknolojisi, yanma gürültüsü ve egzoz emisyonlarını azaltmak, bunun yanında motor performansını artırmak için kademeli enjeksiyon sistemlerini geliştirmiştir. Dizel motorlarındaki yüksek basınç, silindirler içerisinde sıcaklığın hızlı bir şekilde artmasına ve buna bağlı olarak da NOx emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için pilot enjeksiyon yöntemi geliştirilmiştir. Dizel motor endüstrisinin genelinde common rail enjeksiyon sisteminin avantajları kabul görmüştür (Tüter, 2007).

3.2. DİZEL MOTORLARDA YANMA

Dizel motorlarda yanma ve egzoz emisyonlarının oluşumu fiziksel ve kimyasal etkileşimlerden oluşan bir olaydır. Yanmayı oluşturan fiziksel olaylar genellikle kütle ve enerji iletimi ile ilgilidir. Kimyasal reaksiyonlar ise yakıt ile oksidant arasında moleküler seviyedeki etkileşimlerdir.

Dizel motorlarda yanma, yakıtın yanma odasına püskürtülmeye başladığı andan, egzoz zamanı başlangıcına kadar geçen süre içerisindeki tüm fiziksel ve kimyasal olayları içerir. Dizel motorlarında yanma odası içerisinde homojen bir karışım yoktur. Sıkıştırma oranı yüksek olduğundan yanma odasında sıkıştırma zamanında yüksek sıcaklık ve basınç oluşur. Bu ortama püskürtülen yakıtın buharlaşmaya başlaması ile birlikte reaksiyonlar da oluşmaya başlamaktadır (Şahin 2009).

Şekil 3.1(a)'da bir dizel motoru için tipik bir basınç- krank açısı diyagramı gösterilmiştir. Şekil 3.1(b) kısmında ise püskürtme başlangıcından (PB) püskürtme sonuna (PS) kadar olan kütleli yakıt püskürtme miktarı görülmektedir.



Şekil 3.1. Dizel motorda basınç-krank açısı ve püskürtme seyri (Borat vd. 1994).

Şekilden de anlaşılacağı gibi dizel motorlarda yanma olayı dört faza ayrılarak incelenebilir;

- Tutuşma Gecikmesi Periyodu (A-B)
- Ani Yanma Periyodu (B-C)
- Kontrollü Yanma Periyodu (C-D)
- Art Yanma Periyodu (D-E)

3.2.1. Tutuşma Gecikmesi Periyodu

Yakıtın püskürtülmeye başladığı an ile tutuşmaya başladığı an arasındaki safhadır. Püskürtülen yakıt damlacıklarının buharlaşması belli bir süre almaktadır. Damlacıkların etrafında püskürtmenin hemen ardından bir buhar tabakası oluşmakta ve yanma bu buhar tabakasında başlamaktadır. Buhar fazındaki yakıtın yanma hızı buhar tabakasını çevreleyen havanın oksijen konsantrasyonu ile orantılıdır. Tutuşma gecikmesini (TG) etkileyen en önemli etkenler; yakıt kalitesi,

basınç ve sıcaklıktır. Yüksek basınç ve sıcaklık tutuşma gecikmesini kısaltır. Tutuşma gecikmesi süresince püskürtülen yakıt miktarı tutuşma gecikmesini etkilemez. Yakıt tutuşma gecikmesi süresince silindirlere girer ve tutuşma başlayıncaya kadar birikir (Ünal, 2006).

3.2.2. Ani Yanma Periyodu

Tutuşma gecikmesi süresince yakıt silindirlere girmekte ve buharlaşmaktadır. Gene bu süre zarfında damlacıklar daha küçük parçacıklara bölünüp hava ile daha iyi karışmaktadırlar. Yanma başladığı zaman ise oksijenle temas eden yakıt büyük bir hızla yanar. Bu yanma hızı silindir içindeki basınç artış hızını (dp/dt) da belirler. Yüksek bir basınç artış hızı, hareketli motor parçalarına ani bir yük uygulaması demek olacağından, bu parçalarda tahribata sebep olur. Bu olaya dizel vuruntusu adı verilir. Yanmanın bu safhası tutuşma gecikmesine oranla çok daha kısa olduğundan yakıtın büyük bir kısmı tutuşma gecikmesi süresince püskürtülmektedir. Dolayısıyla maksimum basıncı tayin eden tutuşma gecikmesidir (Ünal, 2006).

3.2.3. Kontrollü Yanma Periyodu

Tutuşma gecikmesi süresince püskürtülen yakıtın hemen hemen tümünün yanması ile bu safhaya geçilir. Ani yanma süresi sonundaki basınç ve sıcaklık çok yüksek olduğundan bu safhayı takiben püskürtülen yakıt oksijen bulunca hemen yanar. Yanmaya hazır karışım miktarı ile yanma kontrol edilir. Bu safhadaki yanma hızı yakıt buharı ile havanın karışmasına bağlıdır. Verimin yüksek olması için yanmanın ÜÖN'ya mümkün olduğunca yakın tamamlanması istenir (Ünal, 2006).

3.2.4. Art Yanma Periyodu

Kontrollü yanma sonrasında silindir içinde bir miktar yakıt tam yakılamaz ve genişleme esnasında yakıtı yakacak hava girişiyle yanma devam eder. Motor veriminin yüksek olması için bu safhanın kısa olması istenir.

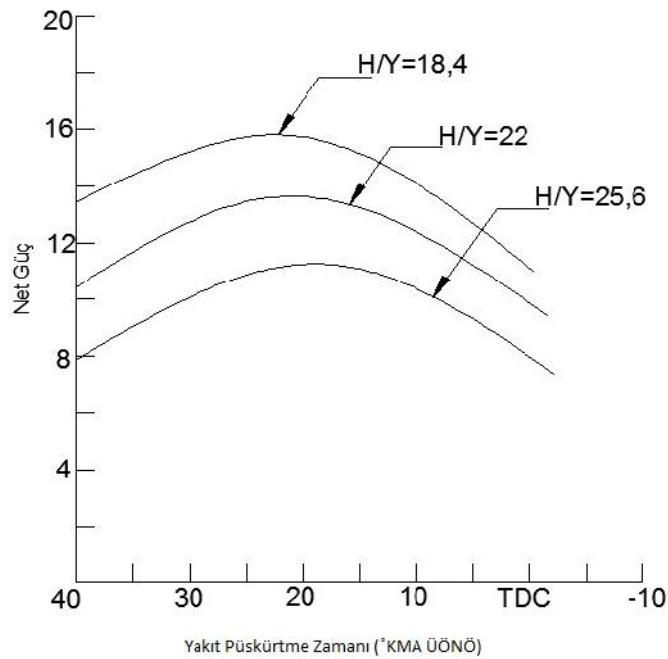
Çok uzun art yanma silindir yüzeylerini, silindir kapağını ve piston tepesinin aşırı ısınmasına, segman yuvalarında karbon ve yapışkan kalıntılar oluşmasına neden olur (Karasu, 2003).

3.3. YANMAYA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Dizel motorlarda yanma, yanma odası tasarımı, sıkıştırma oranı, yakıt kalitesi, püskürtme avansı ve basıncı gibi daha birçok parametreden etkilenmektedir. Bu parametrelerin optimize edilmesi ile yakıt ekonomisi sağlanırken aynı zamanda egzoz emisyonları azaltılabilmektedir (Aktaş, 2007).

3.3.1. Püskürtme Avansının Etkisi

Dizel motorlarda püskürtme avansı motor performans ve egzoz emisyonlarını etkileyen temel parametrelerden birisidir. Püskürtme avansı, tutuşma gecikmesini, maksimum basıncın oluşma yerini ve basınç artma hızını dolayısıyla da yanma periyodunu doğrudan etkilemektedir. Şekil 3.2’de püskürtme avansının motor gücüne etkisi görülmektedir.



Şekil 3.2. Püskürtme avansının motor gücüne etkisi (Karakuş, 2000).

Püskürtme avansının belirli noktaya kadar artması ile tutuşma gecikmesi kısılırken daha da artırılması tutuşma gecikmesi periyodunun uzamasına neden olmaktadır. Optimum püskürtme avansı ile motor performansı ve egzoz emisyonlarında iyileşme sağlanabilmektedir (Karakuş 2000; Kegl, 2006; Aktaş ve Sekmen, 2008).

Motorun optimum değerden daha fazla avans ile çalıştırılması halinde silindir içindeki basınç ve sıcaklıklar düşük olduğundan yakıtın tutuşma gecikmesi süresi artar. Bu sırada silindirde biriken yakıtın ani yanmasıyla basınç artma oranı yükseleceğinden motor vuruntulu çalışacak, silindir içi sıcaklık artacağından NO_x emisyonları artacaktır. Püskürtme avansının optimum değerden daha az olması halinde silindir içi basınç ve sıcaklıklar daha yüksek olacağından tutuşma gecikmesi süresi azalır. Ancak, yakıtın büyük bir kısmı kontrollü yanma periyodunda yanacağından ve hacim genişlemesi nedeniyle yanma sonu maksimum ve ortalama efektif basınçlar düşecektir. Ayrıca, silindir içi sıcaklıklar düşük olacağından NO_x emisyonları azalacaktır (Topgül, 2000; Karakuş, 2000).

3.3.2. Karışım Oranının Etkisi

Dizel motorlarda yakıt, silindire sıvı olarak püskürtölmekteve içerde buharlaşmaktadır. Dolayısıyla, buharlaşmanın bölgesel durumuna bağılı olarak, silindir içerisindeki Y/H oranları homojen bir dağılım göstermez. Sadece havanın bulunduğu noktalardan, sadece buharlaşmamış yakıt damlacığı bulunan noktalara kadar değışik Y/H oranları mevcuttur. Bu yüzden püskürtölen yakıt miktarından ziyade buharlaşan yakıt miktarı önem kazanmaktadır. Yanma, en uygun Y/H oranlarının olduğı noktalardan başlamaktadır. Bu nedenle Y/H oranının TG üzerinde doğrudan etkisi yoktur. Ancak, dolaylı olarak Y/H oranının azalması TG'nin artmasına yol açmaktadır. Yani fakir karışımlarda TG'nin artması açığı çıkan yanma ısısının ve buna bağılı olarak silindir cidar sıcaklığının düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Sönmez, 2006).

Y/H oranının en önemli etkisi emisyonlarda görülür. Tam yükte, Y/H oranı ayarlanırken duman sınırı esas alınır. Bu sınır aşıldığı takdirde fazla yakıt ile havanın karışması için yeterli zaman olmayacağından yakıtın büyük bir bölümü

kısmen yanmış veya yanmamış olarak dışarı atılır. Dolayısıyla duman emisyonu artar (Sönmez, 2006).

3.3.3. Sıkıştırma Oranının Etkisi

Sıkıştırma oranının yükseltildiği durumlarda sıkıştırma sonu sıcaklığı ve basıncında artış olması sebebiyle dp/dt değerinin yükselmesi gerekirken yapılan deneysel çalışmalarda bu etkinin fazla olmadığı tespit edilmiştir (Sönmez, 2006).

3.3.4. Püskürtülen Yakıt Miktarının Etkisi

Dizel motorlarda sıkıştırma sonu sıcaklığı ve basıncı yüksek olduğundan püskürtülen çok az yakıt miktarı bile yüksek bir termik verimle yanmaktadır. Yakıtın püskürtme hızı yerine, püskürtme süresi değiştirildiği zaman kısa tutuşma gecikmesi süresince daha az yakıt püskürtülmekte ve böylece yanmanın ikinci safhasında basınç değişim hızında (dp/dt) bir azalma görülmektedir (Karakuş, 2000).

3.3.5. Motor Hızının Etkisi

Düşük motor hızlarında TG süresince daha az yakıt birikeceğinden basınç artış hızı ve miktarı düşük olmaktadır. Yüksek ve düşük hızlarda TG süresi aynı olmasına rağmen iyi bir türbülans sağlayan motorda yüksek devirlerde yakıt miktarı değişmeyeceği ve aynı sürede daha iyi bir karışım mümkün olacağından daha az türbülans sağlayan motora nazaran sadece yakıt miktarının fazla olmasından dolayı dp/dt oranı daha yüksektir (Sönmez, 2006).

3.3.6. Emme Hava Sıcaklığı Ve Basıncının Etkisi

Karakuş (2000) tarafından yapılan çalışmada motora giren havanın basıncının yüksek olması tutuşma gecikmesi süresini ve dp/dt oranını azalttığı ve bu azalmanın temel olarak sıcaklık artışından kaynaklandığı belirtilmiştir. Giriş basıncı arttıkça dolgu miktarı da artacağından daha fazla yakıt enjekte edilerek motor

gücünün arttırılabildiği, motor soğutma suyu sıcaklığı ve hava giriş sıcaklığının fazla olduğu durumlarda TG'si ve dp/dt oranında azalma olduğu, fakat silindir içerisine alınan hava miktarında da azalma olacağından maksimum gücün düştüğü belirtilmiştir.

3.3.7. Karışımdaki Oksijen Yüzdesinin Etkisi

Hava yerine sadece oksijen kullanmanın birim hacim basına açığa çıkan enerji miktarını yaklaşık beş kat arttırdığı, karışımdaki artan oksijen yüzdesi enerji açığa çıkma hızını arttırarak tutuşma gecikmesi süresini azaltmaktadır (Borat vd., 1994).

Sönmez (2006) tarafından yapılan deney sonuçlarına göre emme havasının oksijence zenginleştirilmesi ile motor performans parametrelerini ve egzoz emisyonları açısından olumlu sonuçlar elde edilmiş, emme havasının oksijence zenginleştirilmesiyle motor momenti ve gücünün arttığı, özgül yakıt tüketimin ise azaldığı deneysel olarak belirlenmiştir. Ayrıca, emme havasının oksijence zenginleştirilmesi ile CO emisyonlarının ortalama %95,5 azaldığı görülmüş, buna karşın CO₂ emisyonunda artış tespit edilmiştir. Bu durum yanmanın iyileştiğini ve termik verimin arttığını göstermektedir. Emme havası oksijence zenginleştirildiğinde HC emisyonlarında azalma meydana geldiği saptanmıştır. Bu durum oksijen yüzdesinin artması nedeniyle yakıtın daha iyi oksitlendiğini göstermektedir Emme havasına oksijen ilave edilmekle yakıt oksijenle reaksiyona daha hızlı girmekte, bu ise silindir içi sıcaklığını arttırmakta ve NO_x emisyonlarında ciddi bir artışa sebep olmaktadır. Ayrıca hızlı reaksiyon is emisyonlarını da büyük ölçüde azaltmaktadır (Sönmez, 2006).

3.3.8. Aşırı Doldurmanın Etkisi

Aşırı doldurma giriş basıncını olduğu kadar giriş sıcaklığını da arttırır. Her iki artış da tutuşma gecikmesini azaltıcı yöndedir. Dolayısıyla aşırı doldurma, düşük basınç yükselme hızı (dp/dt) ve maksimum basıncın giriş basıncına oranı aynı motorun normal emişli olması haline kıyasla daha iyi sonuçlar vermektedir (Karakuş, 2000).

BÖLÜM 4

DİZEL YAKITI

Dizel yakıtlar kaynama noktaları 150 ile 380 °C arasında değişen hidrokarbon karışımlarıdır ve ham petrolün damıtılmasıyla elde edilirler. Rafineriler farklı oranlardaki benzin, dizel yakıt ve diğer petrol ürünlerinde uygun ürün özelliklerini elde etmek ve pazar ihtiyacını karşılamak için petrol ana ürün ve yan ürünlerini karıştırmaktadır. Atmosferik basınçta çalışan ilk damıtma ünitesinde parametreler azami damıtım sağlamak için ayarlanmıştır. Elde edilen akışkanın kalitesi ve miktarı kullanılan ham petrolün kimyasal bileşimine bağlıdır. Parafinli (alkan), naftensel (sikloalkan) ve aromatik hidrokarbonlar gibi farklı hidrokarbon tiplerinden oluşan ham petrolerden farklı özelliklere (setan sayısı, enerji içeriği, buharlaşma noktası, kükürt içeriği gibi) sahip dizel yakıtlar üretilmektedir. Rafineriler aynı zamanda özel marketler için genel ürün taleplerinden farklı oranlarda gaz, benzin ve ara ürün yakıt elde edebilir. Rafineri üretim şekliyle market ihtiyacını dengelemenin tek yolu downstream değişim işlemleridir. Bu işlemlerde büyük moleküller ısı, basınç ya da katalizörler uygulanarak daha küçük moleküllere parçalanırlar. Rafinerilerin birçoğu hidrokarbonların istenmeyen ağır kısımlarının kırılarak daha hafif hidrokarbonlara dönüştürüldüğü vakumda damıtma, ısıl kraking, katalitik kraking ve hidrokraking gibi değişim ünitelerine sahiptirler. Yüksek oranda parafinli hidrokarbonlar düşük sıcaklık özelliklerini karşılamada problem çıkarsa da yakıtın iyi tutuşma özelliğine sahip olmasını sağlar. Kraking işlemleri daha düşük parafin içeren karışımlar vermekte fakat katalitik ve ısıl krakingden sonra tutuşma kalitesi düşmektedir. Yakıtın kimyasal kompozisyonu, motor performansı ve emisyonlarını önemli oranda etkilemektedir. Yakıt ne kadar fazla parafin hidrokarbonları ihtiva ederse, setan sayısı o kadar yüksek olur, tutuşma gecikme süresi kısalır, motorun çalışması daha düzenli ve sarsıntısız oluşur. Yakıtın uçuculuğu, yüzey gerilmesi ve viskozitesi gibi fiziksel karakterler aynı zamanda yanma prosesine tesir eder. Yakıtın viskozitesi ve

yüzey gerilimi, atomizasyonu, yakıtın uçuculuğu ise yanıcı karışımın oluşum hızını etkilemektedir.

Yakıtın bileşiminde bulunan hidrokarbonlar, gerek tek, gerekse grup halinde yanma olayını önemli derecede yönlendirir. Yakıttaki parafinik hidrokarbonların miktarı arttıkça yakıtın setan sayısı da artar. Dolayısıyla tutuşma gecikme süresi azalır ve motor daha yumuşak çalışır. Yakıtın setan sayısı yanında viskozitesi, yüzey gerilimi ve uçuculuk gibi fiziksel özellikleri de yanma olayını etkiler. Viskozite ve yüzey gerilimi parçalanmanın derecesini, uçuculuk ise karışımın oluşumunu biçimlendirir. Özellikle setan sayısı düşük olan yakıtlar içine anil nitrat gibi katkıları katılırsa tutuşma gecikme süresi kısalmış ve motorun yumuşak çalışması sağlanır.

Yanma odasına enjekte edilen yakıtın motor performansına ve emisyon değerlerine tesir eden bazı özellikleri aşağıda belirtilmektedir. Dizel motorlarda kullanılan yakıt motorindir. Motorin, ham petrolün 200–380 °C arasında damıtılmasından elde edilir. Mazot ve motorin farklı yakıtlardır. Motorin yüksek hızlı dizel motorlarında kullanılan, alt ısı değeri mazota göre daha fazla, yoğunluğu 0,89 g/cm³ civarında olan ve ham petrolü 1. kuledeki damıtılması sırasında elde edilen bir yakıttır (Ejder, 2007).

4.1. Dizel Yakıtının Sınıflandırması

ASTM standartlarına göre dizel yakıtları üç derecede değerlendirilmektedir;

- No.1-D: Petrolün damıtılmasından elde edilir. Değişik hızlarda ve yüklerde çalışan motorlarda kullanılan uçucu-damıtık dizel yakıtıdır.
- No.2-D: Damıtık ve kraking ürünlerini ihtiva eden, No.1-D'ye göre buharlaşma özelliği az olan ağır hizmet ve endüstri motorları yakıtıdır.
- No.4-D: Damıtık ve kraking ürünlerinden ve bazı atıklardan oluşan düşük veya orta hız motorlarının yakıtıdır.

Çizelge 4.1'de dizel yakıtlarının özellikleri görülmektedir.

Çizelge 4.1. Dizel yakıt tiplerine ait bazı fiziksel özellikler (ASTM standardı).

| Özellikler | D1 | D2 | D4 |
|--------------------------------|-------|---------|----------|
| Setan indeksi | 40 | 40 | 40 |
| Parlama noktası (°C) | 38 | 52 | 55 |
| Viskozite (mm ² /s) | 3-3,4 | 3,3-4,5 | 4,5-12,5 |
| Kül, (%kütlesel) | 0,01 | 0,02 | 0,10 |
| Kükürt, (%kütlesel) | 0,05 | 1,00 | 2,00 |

4.2. Dizel Yakıtının özellikleri

Güvenlik, çevresel faktörler ve motor çeşitliliği gibi birçok neden, motorlarda kullanılan yakıtların belirli standartlarda üretilip kullanılmasını gerektirmektedir. Bu standartlar yakıt türlerine göre değişimler göstermektedir. Dizel yakıtının standartları Çizelge 4.2’de görülmektedir.

Çizelge 4.2. Dizel yakıtının standartları.

| Özellik | Birim | Limit | Metod/Yöntem |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Yoğunluk | (15°C) g/ cm ³ | 0,820 - 0,860 | ASTM-D 1298 |
| Alevlenme Noktası | °C | 55 (En düşük) | ASTM-D 93 |
| Soğuk Filtre Tıkama Noktası. | °C | -10 (Enyüksek) 5 (En yüksek) | IP 309 |
| Damıtma | Hacimde % | | ASTM-D 86 |
| İyileştirilmiş | (250°C) | 65 (En yüksek) | |
| İyileştirilmiş | (350°C) | 85 (En yüksek) | |
| İyileştirilmiş | (370°C) | 95 (En düşük) | |
| Kükürt | Kütlesel % | 0,70 (En yüksek) | IP 336 veya IP 242 |
| Karbon Tortusu | (%10 tortuda), | 0,30 (En yüksek) | ASTM-D 52 |
| Viskozite | (40°C), mm ² /s | 2,0 - 4,5 | ASTM-D 44 |
| Kül | Kütlesel % | 0,01 (En yüksek) | ASTM-D 482 |
| Setan İndeks | Hesaplanmış | 46 (En düşük) | ASTM-D 976 |
| Su | mg/kg | 200 (En yüksek) | ASTM-D 1744 |
| Partiküller | mg/kg | 24 (En yüksek) | IP 415 |
| Oksidasyon | g/m ³ | 25 (En yüksek) | ASTM-D 2274 |

4.2.1. Viskozite

Viskozite; sıvıların iç sürtünmelerinin ve akmaya karşı dirençlerinin bir ölçüsüdür. Dinamik viskozite; birbirinden 1 m uzaklıktaki iki düzlem arasındaki 1m^2 yüzey alanına sahip sıvı tabakasını 1 m/s hızla kaydırmak için gerekli Newton cinsinden kuvvetidir. Kinematik viskozite ise; dinamik viskozitenin yoğunluğa oranıdır. Sıvı ve katı yağların en önemli özelliklerinden birisi de kinematik viskozite kabiliyetidir (Altın, 1998).

Dizel yakıtı viskozitesi, ideal yakıt-hava karışımının elde edilmesini ve buna bağlı olarak da silindir içerisinde meydana gelecek yanmayı doğrudan etkilemektedir. Viskozite küçüldükçe enjektörlerden silindirlere gönderilen yakıtın daha küçük zerrelelere ayrılması ve hava ile homojen bir karışım oluşturarak daha düzgün bir yanma oluşumu gerçekleşmektedir. Viskozitenin çok düşük olması durumunda ise püskürtme sisteminin farklı bölgelerinde kaçaklar oluşabilmektedir.

Viskozitenin büyük olması durumunda ise yakıtın enjektörlerden yeterince küçük zerreler şeklinde püskürtülmesi ve homojen yakıt-hava karışımının oluşması sağlanamaz. Buna ilave olarak özellikle soğuk havalarda yakıtın püskürtülmesinde sorunlar yaşanabilmektedir. Bu da yanma olayının verimini düşürerek yanmamış hidrokarbonların miktarını artırır. Sıcaklık viskoziteye önemli derecede etki ettiğinden, viskozite her zaman sıcaklıkla birlikte verilmelidir. Motor yakıtlarının viskoziteleri $50\text{ }^\circ\text{C}$ ' de $1,5\text{--}5\text{ mm}^2/\text{s}$ aralığında olmalıdır. Viskoziteleri bu aralığın üzerinde olan yakıtlar $40\text{--}100\text{ }^\circ\text{C}$ 'a kadar ısıtılarak kullanılırlar (Yamık, 2002).

4.2.2. Setan Sayısı

Dizel yakıtının en önemli özelliklerinden biri setan sayısıdır. Sıkıştırma zamanı sonunda basıncı ve sıcaklığı artmış olan havanın içerisine püskürtülen dizel yakıtının kendi kendine tutuşma kabiliyetini gösteren bir ölçüdür. Dizel motorunda yakıt buharı-hava karışımının sıkıştırma sonunda kendi kendine tutuşabilmesi için dizel yakıtlarının tutuşma meyillerinin, benzinin aksine yüksek olması istenir. Tutuşma meylinin düşük, yani tutuşma gecikmesinin (TG) zaman olarak büyük

olması durumunda yanma için ayrılabilen krank mili açısı aralığı azalır. Ayrıca TG süresince yanma odasında biriken ve ani olarak yanan yakıt miktarı da artacağından mekanik zorlamalara neden olan yüksek basınçlar ortaya çıkar (Yamık, 2002).

4.2.3. Isıl Değer

Yanma sonucu oluşan ürünlerin, yanma öncesi referans bir sıcaklığa göre toplam entalpilerinin yakıt kütlelerine bölünmesiyle elde edilen değere ısıl değeri denir. Yakıtın ısıl değeri genellikle birim kütlelerinin enerjisi ile verilmektedir (kJ/kg veya kcal/kg). Motorlardaki yanma sonu sıcaklıklarında su her zaman buhar olarak bulunduğu için, ısıl değer, alt ısıl değer olarak verilmelidir (Yamık, 2002).

4.2.4. Akma Noktası

Akma ya da katılaşma noktası, motorun düşük sıcaklıklarda çalıştırılması sırasında önem kazanmaktadır. Akma noktasının yüksek olması yakıtın soğuk havalarda yakıt püskürtme sisteminden geçemeyerek motorun çalışmasını engelleyebilir.

Özellikle soğuk bölgelerde çalışan dizel motorlarında yakıtın akma noktasını düşürmek için içerisine belirli oranlarda gaz yağı ve değişik kimyasal maddeler katılmaktadır (Hacıkadıroğlu, 2007).

4.2.5. Parlama Tehlikesi

Bir yakıtın parlama noktası, bir kapta ısıtılan yakıtın üzerine yaklaştırılan alev ile geçici olarak tutuşması halindeki en düşük sıcaklıktır. Alevlenme noktası ise tutuşma buharının sönmeden devam etme sıcaklığıdır. Alevlenme sıcaklığı parlama sıcaklığından biraz yüksektir. Kendi kendine tutuşma bakımından yakıtlar buldukları ortama son derece bağımlıdır. Benzin gibi buharlaşma kabiliyeti yüksek yakıtlar açık havada oldukça düşük sıcaklıklarda alevlenirler. Bu bakımdan dizel yakıtları gibi buharlaşma sıcaklıkları nispeten yüksek yakıtlar daha

emniyetlidirler. Deniz seviyesinde yaklaşık alevlenme sıcaklık sınırları hafif dizel yakıtlar için 67-146 °C'dir (Ulusoy, 1999).

4.2.6. Destilasyon (Uçuculuk)

Uçuculuk, dizel motorlarında kullanılan yakıtın yanması ve çalışmayı kolaylaştırmak ve dumansız bir yanma için gerekli olan iyi bir karışımın temin edilebilmesi açısından gerekli olan bir özelliktir. Düşük uçuculuk değerine sahip olan yakıtlar dumana azaltmak ve daha çok güç vermek için yüksek devirli motorlarda kullanılır (Özer, 2010).

4.2.7. Kül Miktarı

Yanma sonucu meydana gelen atıklar sekman yuvaları ve subap tablası sapında birikirler. Bu açıdan dizel yakıtlarının en önemli sorunlarından birisi fazlaca karbon ve kül ihtiva etmeleridir. Setan sayısı belli bir değere kadar, yanma olayını iyileştirmek suretiyle yanma sonu artık miktarı azalır. Ancak bu değerden sonra is oluşmasına olumsuz etki eder. Bu yüzden herhangi bir maddenin kovansiyonel dizel yakıt ilavesi olarak kabul edilmesinden önce bu özellikleri dikkate alınmalıdır (Özer, 2010).

4.2.8. API Gravitesi ve Özgül Ağırlığı

Yakıtların özgül ağırlıkları direkt olarak yanma ile alakalı değildir fakat özgül ağırlıkları yüksek olan yakıtlar yüksek oranda karbon bulduklarları için daha büyük ısı enerjisi sahiptirler. Dizel yakıtlarının yoğunlukları genellikle 0,815-0,934 g/cm³ arasındadır. Yakıtın gravitesi, API serisi içerisinde viskozite ve tutuşma kalitesinin müsaade ettiği sınırlardan düşük olmalıdır. Çünkü azami ekonomi yüksek özgül ağırlıklı yakıtlar ile elde edilir. (Özer, 2010).

BÖLÜM 5

DİZEL MOTORLARDA EMİSYONLAR VE EMİSYONLARA ETKİ EDEN PARAMETRELER

5.1. DİZEL MOTORLARINDA EMİSYONLAR

Dizel motorları, genellikle fakir karışım oranlarında çalışmakta ve H/Y oranı motorun yük durumuna göre değişmektedir. Karışımın belli bir oranın üzerinde zenginleşmesini sınırlayan belli bir is sınırı mevcuttur. Özellikle; HFK 2'den az olduğunda is önemli derecede artmaktadır (Nalan, 2005).

CO emisyon oluşumu; H/Y oranı ile ilişkilidir. Zira; yanma olayının ara kademelerinde oluşan CO'nun CO₂'ye dönüşmesi için ortamda yeterli oksijenin bulunması gerekir. Ancak; CO₂'nin oluşabilmesi, oksijenin yanı sıra reaksiyon için yeterli sıcaklığı ve zamanı da gerektirir. Düşük yüklerde, sıcaklığın az olması nedeniyle CO'nun oksidasyonu için gerekli reaksiyonlar gerçekleşemediğinden CO miktarı yüksektir. Yük arttıkça; CO artmaktadır. Tam yüke doğru, oksijen miktarının ve reaksiyon süresinin azalması nedeniyle CO miktarı tekrar artış gösterir (Oral, 2008).

Hidrokarbonlar ve aldehitler, alevin söndüğü silindir duvarlarında ve yanma sürecinin başında veya sonuna doğru hava tarafından yanmanın kalitesinin bozulduğu bölgelerde oluşur. Yani; silindir cidarlarında soğuyan yakıt damlacıkları, HC emisyonunu arttırır. Yükün artışı ile silindire alınan yakıt miktarının artmasına rağmen sıcaklıklardaki yükseliş, reaksiyonları hızlandırmakta ve yanmamış HC emisyonu azalmaktadır (Uslu, 2006).

Azot oksitlerin oluşumu; yanma odasındaki, basınç ve sıcaklığa, karışımın formasyonuna ve tutuşma gecikmesi süresince silindirde biriken yakıt miktarına

bağlıdır. Azot oksitler, yüksek sıcaklıkta yanmış gaz bölgelerinde oluşur. Ancak, yanmış gazlar içerisinde sıcaklık ve (H/Y) oranı üniform olmadığından, azot oksitlerin oluşum hızı stokiyometrik bölgelere yaklaştıkça artar. NO_x miktarı; yük arttıkça, buna bağlı olarak sıcaklığın artması ve H/Y oranının stokiyometrik orana yaklaşması ile artmaktadır (Özer, 2010).

Dizel motorlarında motorun yük durumuna göre H/Y oranı değişmektedir. Verimli bir yanma için; yanma odası içerisinde yeterli havanın, yeterli sürenin ve yeterli sıcaklığın olması gerekmektedir. İş oluşumu; hava miktarına, yanma odası içerisindeki sıcaklığa ve yanma için tanınan süreye bağlı olarak değişmektedir. Dizel motorlarında; düşük devirlerde hava hareketlerinin az olması, yüksek devirlerde ise; volümetrik verimin azalması ve yetersiz süre nedeniyle karbon tanecikleri, iş oluşumuna neden olmaktadır. İş miktarı; yük arttıkça artmaktadır. Yük arttıkça HFK azalmakta ve buna bağlı olarak yanma odası içerisindeki hava miktarının azalmasıyla karbon tanecikleri, yanmasını tamamlayamadıklarından iş oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca devir arttıkça yanma için tanınan süre azaldığından iş oluşumu hızlanmaktadır. Bu nedenle dizel motorlarında izin verilen iş emisyonu sınırı, motor gücünü sınırlayan bir faktör olmaktadır (Ejder, 2007).

5.2. ÇALIŞMA PARAMETRELERİNİN ETKİLERİ

5.2.1. Yakıt Miktarı

Dizel motorlarında güç, yakıt miktarıyla ayarlanmaktadır. Tam gazda maksimum güç elde edilir. Ancak, bu durumda silindir içerisine alınan H/Y karışımının iyi bir karışım oluşturduğu söylenemez. Bu durumda egzoz isli olur ve silindirlerde karbon birikintileri meydana gelir. Bu durum yakıt/hava oranına bir üst sınır koyar. Bu limitte alt sınır yoktur (Karakuş, 2000).

5.2.2. Püskürtme Basıncı

Enjeksiyon basıncı, yakıtın atomizasyonuna, dolayısıyla karışım formasyonuna etki eden faktörlerden birisidir. Enjeksiyon basıncı arttıkça yakıt daha iyi parçalanarak,

damlacık çapı küçülmekte ve bu durum yakıtın daha kolay buharlaşmasına neden olmaktadır. Ancak, yakıt taneciği küçüldükçe ataleti de azaldığından yakıtın yanma odasındaki nüfuz derinliği azalabilmektedir. Silindir duvarlarına yakın bölgelerdeki havanın kullanılmaması nedeniyle yanma kötüleşebilmektedir. Düşük enjeksiyon basınçlarında damlacık çapının artması, yakıtın buharlaşmasının daha uzun zaman almasına neden olabilmektedir. Bu durum yanmayı kökleştireceğinden düşük enjeksiyon basıncında fren özgül yakıt tüketimi artmaktadır (Vural, 2009).

Enjeksiyon basıncı arttıkça yakıt damlacık çapı giderek küçülmektedir. Yakıtın daha iyi buharlaşması yanma hızını arttırdığından, basınç ve sıcaklığa bağlı olarak NO_x oluşumu hızlanmaktadır.

5.2.3. Püskürtme Avansı

Diğer tüm parametreler sabit kabul edilirse püskürtme avansının bir miktar öne alınması tutuşma gecikmesine etkileyeceği için tutuşma gecikmesinde içeriye daha fazla yakıtın girmesine neden olacaktır.

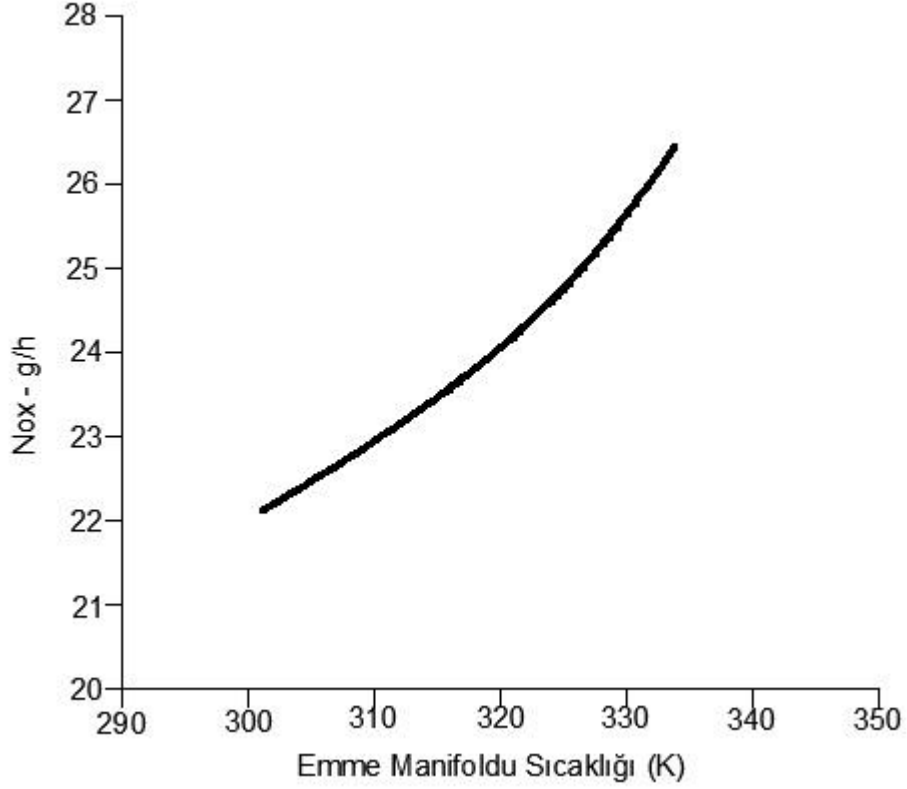
Yakıtın erken tutuşması ile birlikte kontrolsüz yanma safhası daha uzun ve erken gerçekleşecek ve silindir içersindeki basınç artışı ani olacağı için yanma istenilenden daha erken bitecektir.

Bu istenilmeyen basınç artması ve erken yanma motor parçalarını olumsuz etkileyeceği gibi daha fazla gürültü ve termal kayıplara neden olacaktır. Emisyonlar bakımından bakıldığında ise daha fazla NO_x emisyonlarının çıkmasına sebep olacaktır.

5.2.4. Giriş Hava Sıcaklığı

Giriş hava sıcaklığı arttıkça TG ve (dp/dt) azalır. Bu, püskürtme sırasında silindir içerisinde daha yüksek bir sıcaklığın hâkim olmasındandır. Ancak içeriye emilen hava miktarı azalacağından ıssız bir yanma ihtimali azalır ve maksimum güç düşer.

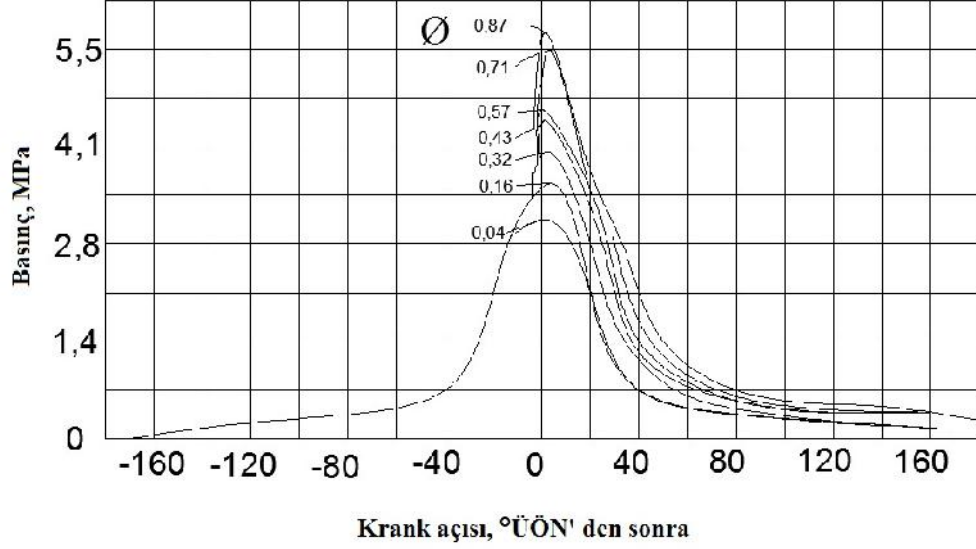
Şekil 5.1’de giriş havası sıcaklığının NO_x emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere giriş havası sıcaklığı arttıkça NO_x emisyonunun da arttığı görülmektedir.



Şekil 5.1. Giriş havası sıcaklığının NO_x emisyonlarına etkisi (Çalışır, 2009).

5.2.5. Hava/Yakıt Oranı

Dizel motorlarında hava filtrelerinin tıkanması ve enjeksiyon pompasının maksimum yakıt verme miktarı ayarının bozuk olması belirli rejimlerdeki çalışmalar için yakıt-hava oranını bozacağından yanma kötüleşecek ve bunun sonucu olarak zararlı emisyon konsantrasyonu artacaktır. Şekil 5.2’de eşdeğerlik oranının silindir basıncına etkisi görülmektedir.



Şekil 5.2. Eşdeğerlik oranının silindir basıncına etkisi (Vural, 2009)

Maksimum yakıt miktarı ayarının normal değerinin altında veya üstünde ayarlanması normal emisyon değerlerini değiştirmektedir.

Kirletici emisyon oluşumu, yanma olayına bağlıdır. Burada gerçek H/Y oranı teorik H/Y oranından büyük olmasına rağmen silindir içerisindeki yakıt damlacıkları çevresinde yeteri miktarda hava bulunmamaktadır. Bu da eksik yanma ürünü olan isin oluşmasına yol açmaktadır. Burada etkin olan parametre, HFK'nın değişimidir. Maksimum yanma hızı hava fazlalık katsayısının (HFK) 0.9-0.95 değerlerine tekabül etmektedir. Ayrıca motorun ekonomik çalışması istendiğinde hava fazlalık katsayısının 1-1.1 arasında olması idealdir. Hava fazlalık katsayısının 1'e yaklaşması CO ve HC miktarlarında azalma sağlamaktadır. Çok yüksek Y/H oranlarında, tamamlanamayan yanma nedeni ile karbon birikintileri oluşur. Bu birikintiler egzoz gazları ile is şeklinde dışarı atılır. Bu olay, gerek karışımın zamanında olmamasından, gerekse yakıtın yanması için gerekli olan oksijen miktarının azlığından ileri gelmektedir. Egzoz gazları ile birlikte is şeklinde dışarı atılan karbon zerrelere gerek çevre sağlığını tehlikeye düşürmesi, gerekse motorun verimini ve ömrünü azaltması yönünden istenmemektedir.

HFK'ki artışla birlikte yanma hızı azalmakta ve yanma süreci uzamaktadır. Fakir karışımlara doğru girildiğinde CO ve NO emisyonları azalmaktadır. NO emisyonlarındaki azalma yanma sonu sıcaklıklarındaki düşüşe paralel olarak gerçekleşmektedir. Karışımın fakirleşmesi sonucu ayrıca CO'un CO₂'ye oksidasyonu da sağlanabileceğinden, CO emisyonlarında da beklenen azalma olmaktadır.

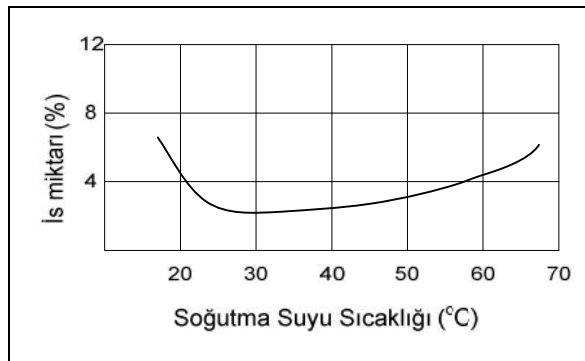
İs, dizel motorlarında muhtelif renklerde görülebilir;

- Yanmanın tamamlanmamış olmasından dolayı doğan karbon zerrecikleri içeren siyah renkli is,
- Yanmamış yakıt dumanından oluşan siyah renkli is,
- Yanmamış yağlama yağından oluşan siyah renkli is.

Bunların dışında emisyon içerisinde kısmen okside olmuş hidrokarbonlar, metalik yakıt ve yağ artıkları gibi kirleticiler görülebilir. Yukarıda açıklanan püskürtme avansı, püskürtme basıncı, maksimum yakıt miktarı, yakıt-hava oranlarının emisyonlara etkisi, motorun servis koşullarının değişimi ile direkt ilişkili parametrelerdir.

5.2.6. Soğutma Suyu Sıcaklığı

Şekil 5.3'de soğutma suyu sıcaklıkları referans alınarak yapılmış deneylerde elde edilen is değişimleri gösterilmiştir. İs değerleri 35–40 °C soğutma suyu sıcaklıklarından sonra artış göstermektedir.



Şekil 5.3. Soğutma suyu sıcaklığına bağlı olarak is oluşumu (Türkcan, 2009).

5.2.7. Dolgu Miktarı

Silindire alınan dolgu miktarı, özellikle püskürtülen yakıtın tutuşması ve alev hızını etkilemektedir. Yanmayı kolaylaştıran oksijen miktarındaki artış yanma verimini ve motor performans parametrelerini iyileştirmektedir.

5.3. DİZEL YAKIT ÖZELLİKLERİNİN VE KALİTESİNİN PERFORMANSA VE EMİSYONLARA ETKİLERİ

Yakıtın kimyasal kompozisyonu, motor performansı ve emisyonlarını önemli oranda etkilemektedir. Yakıt ne kadar fazla parafin hidrokarbonları ihtiva ederse, setan sayısı o kadar yüksek olur, tutuşma gecikme süresi kısalır, motorun çalışması daha düzenli ve sarsıntısız oluşur. Yakıtın uçuculuğu, yüzey gerilmesi ve viskozitesi gibi fiziksel karakterler aynı zamanda yanma süresince tesir eder. Yakıtın viskozitesi ve yüzey gerilimi, atomizasyonun iyiliğini; yakıtın uçuculuğu ise yanıcı karışımın oluşum hızını etkiler.

Püskürtme başlangıcı ve diğer koşullar aynı kalmak şartıyla setan sayısı değişik yakıtların basınç-KMA derecesi cinsinden indikatör diyagramları incelendiğinde setan sayısı yüksek olan parafinik yakıtın tutuşma gecikmesi süresi kısa ve dolayısıyla maksimum basınç ve basınç artma oranı diğerlerine göre daha düşüktür. Bundan başka, yakıtın çoğu üçüncü fazda yandığı için maksimum basınç diğer yakıtlardan daha düşük olur.

Yakıtın setan sayısı yanında viskozitesi, yüzey gerilimi ve uçuculuk gibi fiziksel özellikleri de yanma olayını etkiler. Viskozite ve yüzey gerilimi parçalanmanın derecesini, uçuculuk ise karışımın oluşumunu biçimlendirir. Özellikle setan sayısı düşük olan yakıtlar içine anil nitrat gibi katkıları katılırsa tutuşma gecikme süresi kısalır ve motorun yumuşak çalışması sağlanır.

Yanma odasına püskürtülen yakıtın motor performansına ve emisyon değerlerine tesir eden bazı özellikleri aşağıda belirtilmektedir (Özer, 2010).

5.3.1. Setan Sayısının Etkileri

Dizel motorunda aynı şartlarla aynı vuruşu şiddetini veren metil naftalin+setan karışımındaki setan yüzdesine setan sayısı denmektedir. Bir yakıtın setan sayısı yükseldikçe motordaki tutuşma gecikme süresinin azalacağı vurgulanmaktadır. Yapılan araştırmaların çoğunda, setan sayısının motor emisyonlarında etkili olduğu tespit edilmiştir. Setan sayısı, dizel motorlarının kolay çalışması ve yanma şartlarına etki eder. Setan sayısının yüksek olması motorun sessiz ve yumuşak çalışmasını sağlar. Setan sayısının gereğinden fazla yüksek olması tutuşma gecikmesini kısalttığından, yakıt, yanma odası içerisinde iyi dağılamaz ve dumanlı bir yanma meydana gelir (Özer, 2009). Setan sayısı, yüksek hızlı dizel motorlarında 45-50'dir. Yakıtın tutuşma kabiliyeti, Alman DIN 51601 ve EN ISO 4264 standart değerine göre; dizel yakıtı için setan sayısı 46'den aşağı olmamalıdır.

5.3.2. Aromatik Yüzdesinin Etkileri

Hidrokarbonlar içerisinde yoğunluğu en fazla olan aromatiklerdir. Dolayısı ile birim hacim başına en yüksek ısı değere sahip olduklarından isli yanarlar. Yanma odasına püskürtülen yakıtın aromatik yüzdesinin fazla olması durumunda yanma sonu oluşan karbon birikintilerinin çokluğu sebebiyle özellikle supap sapı, supap tablalarında ve enjektör meme uçlarında kurum oluşturarak yanma odası hacminin azalmasına sebep olmaktadır. Bu birikinti miktarının giderek artması motor performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

Dizel yakıtı içerisindeki aromatik bileşenlerinin düşürülmesi, HC emisyonunun düşmesini sağlamaktadır (Vural, 2009).

5.3.3. Yakıt Yoğunluğunun Etkileri

Yakıt yoğunluğu, partikül ve NO_x emisyonlarının oluşmasında en önemli faktörlerden biri olarak bilinmektedir. Özellikle geçiş şartlarında yapılan deneylerde bu özellik daha net görülmektedir. Yoğunluğun fiziksel olarak etkisi detaylı bir biçimde incelendiğinde, daha yüksek yoğunluktaki dizel yakıtının daha fazla

miktarda püskürtülmesine neden olduğu ve buna bağlı olarak dinamik zamanlamanın değiştiği söylenilebilir (Vural, 2009). Yani yanma odasına daha fazla yakıt enjekte etmekle silindir içerisinde daha fazla yakıt sürülmüş olunur ki bu da zengin karışım oluşmasına neden olur. Yanma odası cidarlarındaki sıcaklığın artmasına bağlı olarak da tutuşma gecikmesi süresi azalmaktadır.

Ayrıca, dizel motorlarda güç artışı silindire gönderilen yakıtın yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir. Tam yük şartlarında arzu edilen homojen bir karışım oluşturulmaz ve silindir içerisinde yanma kötüleşerek karbon birikintileri ve egzozdaki duman miktarı hızla artar.

BÖLÜM 6

MATERYAL VE METOD

6.1. DENEYSEL ÇALIŞMANIN AMACI

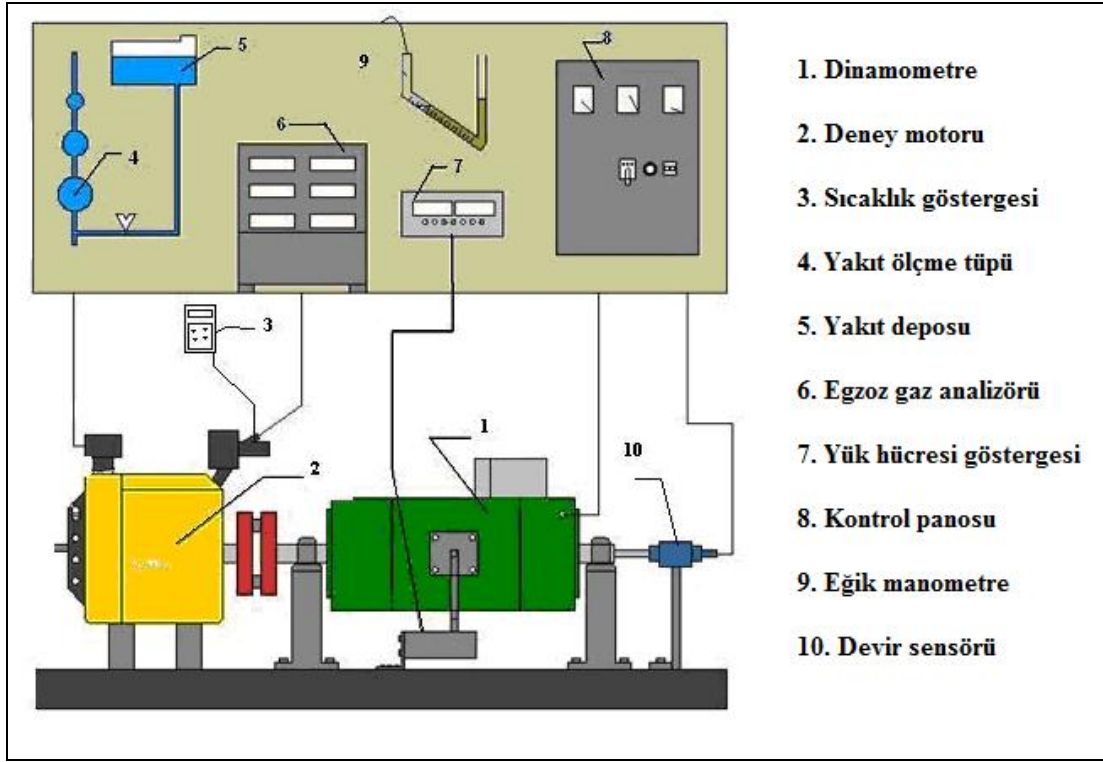
Bu çalışmada, Dizel-JP8, JP8-Biyodizel karışımlarının tek silindirli, bir dizel motorda hem sabit hız (2600 1/min) hemde farklı yüklerde ve tam yük ve farklı hızlarda (2000-3200 1/min hız aralığı) motor performans ve emisyonlarına etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

6.2. DENEY DÜZENEGİ

Motor testleri Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Otomotiv Anabilim Dalı laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneğinin genel görünüşü Şekil 6.1’de şematik görünümü ise Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.1. Deney düzeneğinin genel görünümü



Şekil 6.2. Deney düzeneğinin şematik görünümü.

6.2.1. Deney Motoru

Testlerde 4 zamanlı, tek silindirli, doğrudan püskürtmeli Katana marka dizel motor kullanılmıştır. Deney motorunun teknik özellikleri Çizelge 6.1’de, motorun genel görünüşü Şekil 6.3’te verilmiştir.



Şekil 6.3. Katana Deney motorunun genel görünüşü.

Çizelge 6.1. Deney motorun teknik özellikleri.

| | |
|---|---|
| Markası ve tipi | Katana, 4 zamanlı doğrudan püskürtmeli, dizel motor |
| Silindir sayısı | 1 |
| Silindir çapı (mm) | 78 |
| Kurs (mm) | 62 |
| Sıkıştırma oranı | 18/1 |
| Supap düzenlemesi | Üstten kamlı, 2 supaplı |
| Maksimum motor hızı (1/min) | 3600 |
| Silindir hacmi (cc) | 296 |
| Püskürtme basıncı (MPa) | 20 |
| Püskürtme avansı ($^{\circ}$ KMA ÜÖNÖ) | 19 |

6.2.2. Motor Dinamometresi

Deneylerde motorun yüklenmesi için Kemsan marka, 10 kW gücünde elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Deney seti, motor momentini, hızını ve sıcaklığını ölçebilecek donanıma sahiptir. Dinamometre kontrol ünitesi ile motorun istenilen hızda hassas olarak yüklenmesi ve marş yaptırılması mümkün olmaktadır. Dinamometre gövdesinde oluşan baskı kuvvetinin ölçülmesinde Esit marka SP 100 kg C1 yük hücresi göstergesi ve PWI-P marka indikatör kullanılmıştır.

6.2.3. Egzoz Gaz Analizörü

Deney motorunun egzoz emisyonlarının ölçümü için MRU DELTA 1600L egzoz gaz analizörü emisyon cihazı kullanılmıştır. Egzoz gaz analizörü ile NO_x , HC, CO, CO_2 , λ (hava fazlalık katsayısı) ve O_2 değişkenlerini ölçebilmek mümkündür. Bununla birlikte dizel motorları için de aynı değişkenler ve is emisyonları belirlenebilmektedir. Çizelge 6.2'de MRU DELTA 1600L egzoz gaz analiz cihazının teknik özellikleri gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Egzoz gaz analiz ölçüm cihazı.

Çizelge 6.2. MRU DELTA 1600L egzoz gaz analizörünün özellikleri

| Ölçüm | Ölçüm aralığı | Hassasiyet |
|-----------------------------|------------------|------------|
| CO (%hacimsel) | 0–15,00 | ±0,06 |
| CO ₂ (%hacimsel) | 0–20,00 | ±0,5 |
| NO _x (ppm) | 0–2 000 | ±5 |
| HC (ppm) | 0–20 000 n-hexan | ±12 |
| O ₂ (%hacimsel) | 0–25 | ±0,1 |
| Sıcaklık (°C) - | 40-(+650) | ±1 |

6.2.4. Yakıt Tüketimi Ölçme Düzenegi

Dizel yakıtı ile çalışmada, yakıt tüketimi ölçmek için kullanılan düzenek, hacimsel yonteme göre çalışan 10 mL hacme sahiptir. Yakıt tüketim ölçme düzenegi Şekil 6.5'de görülmektedir. Yakıt tüketimi süresinin Caston ST-631D marka bir kronometre kullanılarak ölçülmüştür. Kronometre 1 salise hassasiyetinde dijital ölçüm yapabilmektedir.



Şekil 6.5. Yakıt tüketimi ölçüm düzeneği

6.2.5. Deneylerde Kullanılan Yakıtlar

Deneysel çalışmada dizel, atık yağ biyodizeli ve JP8 havacılık yakıtı kullanılmıştır. Motor testleri ilk olarak dizel yakıtı ile yapılmıştır. Daha sonra dizel yakıtının içerisine sırasıyla %20, %30, %40, %50 oranlarında JP8 havacılık yakıtı ilave edilmiştir. Son olarak, JP8 havacılık yakıtının içerisine sırasıyla %20, %30, %40, %50 oranlarında atık yağ biyodizeli ilave edilmiştir. Kullanılan bu yakıtların bazı özellikleri Çizelge 6.3’de verilmiştir. Çizelge 6.4’te ise deneyde kullanılan yakıt karışımları verilmiştir.

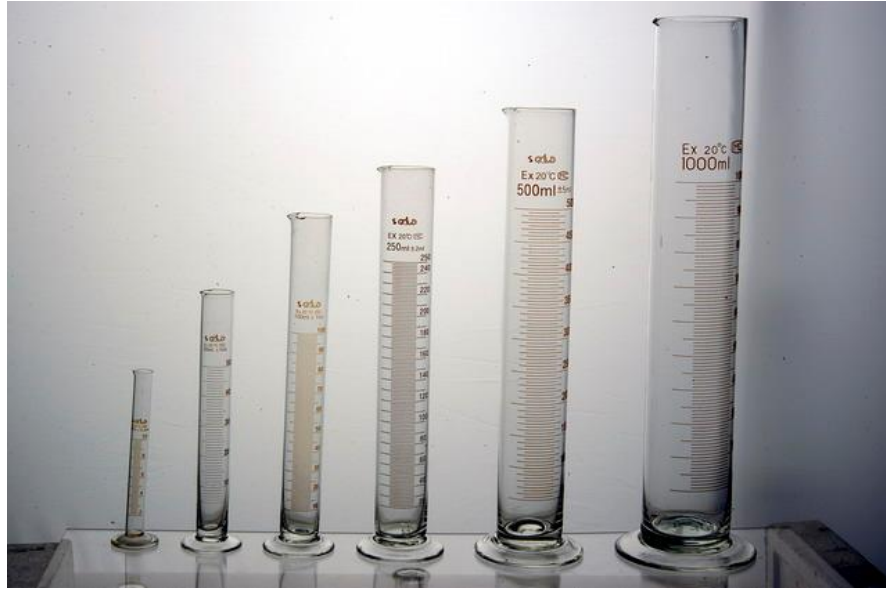
Çizelge 6.3. Deneyde kullanılan yakıtların özellikleri.

| Özellik | Birim | Dizel Yakıtı | Atık yağ biyodizeli | JP8 |
|-----------------|-----------------------------|--------------|---------------------|-------|
| Yoğunluk | (15 °C)(g/cm ³) | 0,837 | 0,887 | 0,820 |
| Viskozite | (40 °C)(mm ² /s) | 3,16 | 5,96 | 3,87 |
| Setan sayısı | | 49,80 | 51,00 | 45 |
| Parlama noktası | (°C) | 62,00 | 120,00 | 41,00 |
| Isıl Değer | (kJ kg) | 45,30 | 37,00 | 43,04 |
| Donma | (°C) | -10 | -6,6 | -48,5 |
| Kükürt | (ppm) | 1670,00 | -- | -- |

Çizelge 6.4. Deney yakıtı karışımları

| Karışım | Dizel yakıt miktarı | JP8 havacılık yakıtı miktarı | Atık yağ biyodizeli miktarı |
|---------|---------------------|------------------------------|-----------------------------|
| D100 | %100 | - | - |
| D80 | %80 | %20 | - |
| D70 | %70 | %30 | - |
| D60 | %60 | %40 | - |
| D50 | %50 | %50 | - |
| J80 | - | %80 | %20 |
| J70 | - | %70 | %30 |
| J60 | - | %60 | %40 |
| J50 | - | %50 | %50 |

Dizel yakıtı ile JP8 havacılık yakıtı ve JP8 havacılık yakıtı ile atık yağ biyodizel karışımını hazırlamak için şekil 6.6'da görülen karışım hazırlama kapları kullanılmıştır.



Şekil 6.6. Dereceli silindirler

6.3. HESAPLAMALAR

Deneylere başlamadan önce motor ayarları yapılmış, motor yağı değiştirilmiş ve motor normal çalışma sıcaklığına getirilmiştir. Deneyler önce motorun tam yük ve değişik hızlarında sonra da sabit hız değişik yüklerinde yapılmıştır. Tam gaz değişik devir deneylerinde ölçümlere 1700 1/min'dan başlanarak 300'er devir arttırılarak 3200 1/min'ya kadar 6 noktada ölçüm yapılmıştır. Sabit devir değişik yük deneylerinde ise motor hızı 2600 1/min'da sabit tutularak kademeli olarak %20, %40, %60, %80, %100 oranlarında yüklenerek ölçüm yapılmıştır.

Sıkıştırma ile ateşlemeli bir motorun performansını belirlemek için motorun güç, moment ve yakıt sarfiyat değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Deneysel çalışmalar sonucunda doğrudan bulunamayan bu değerler, performans karakteristiklerini veren denklemlerle hesaplanır. Motor deneylerinde motor hızı, belirli bir hacimdeki yakıtı tüketim süresi, egzoz gaz sıcaklığı ve egzoz emisyon değerleri ölçülmüştür.

Ölçülen bu parametreler kullanılarak motor momenti, efektif güç, özgül yakıt tüketimi, mekanik verim ve termik verim gibi performans değerleri bulunabilir.

6.3.1. Motor Momenti ve Gücü

Motor belirlenen devirlerde yük altında çalışırken motorun dinamometre ile yüklenmesiyle oluşan etki yük hücresi göstergesinden okunmuştur. Okunan bu değer ile dinamometrenin kuvvet kolu uzunluğu çarpılarak moment hesaplanmıştır. Buna göre motor tarafından oluşturulan döndürme momenti;

$$M_e = m \cdot g \cdot l \quad (6.1)$$

Burada;

M_e : Motor momenti (Nm)

m : yük hücresinden okunan yük (kg)

g : Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

l : Moment kolu uzunluğu (m) nu ifade etmektedir.

Motor çıkış milinden alınan efektif güç, Eşitlik 6.2 ile hesaplanmıştır.

$$P_e = \frac{M_e \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 1000} \text{ (kW)'} \text{ dir.} \quad (6.2)$$

Burada;

P_e : Efektif motor gücü (kW)

M_e : Efektif motor momenti (Nm)

n : Motor devri (1/min)'dir.

6.3.2. Yakıt Tüketimi ve Özgül Yakıt Tüketimi

Motorun tükettiği yakıt miktarı dinamometre üzerinde bulunan yakıt ölçme borusu yardımıyla bulunmuştur. Burada 10 ml yakıtı motorun ne kadar sürede tükettiği hassas bir kronometre yardımıyla belirlenmiştir. Tüketilen yakıtın kütleli debisi eşitlik 6.3 ile hesaplanmıştır.

$$\dot{m} = \frac{\Delta V \cdot 10^{-6} \cdot 3600}{\Delta t} \cdot \rho_y \text{ (kg/h)} \quad (6.3)$$

Burada;

ΔV : Tüketilen yakıt miktarı (ml)

Δt : 10 ml yakıtın tüketilme süresi (s)

ρ_y : Kullanılan yakıtın yoğunluğu (kg/m^3)

Özgül yakıt tüketimi eşitlik 6.4 ile hesaplanmaktadır;

$$sfc = \frac{\dot{m}}{P_e} \cdot 10^3 \text{ (g/kWh)} \quad (6.4)$$

Burada;

sfc : Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)

\dot{m} : Tüketilen yakıt debisi (kg/h)

P_e : Motor gücü (kW)'dır.

6.4 . ÖRNEK HESAPLAMA

Motor devri 2000 1/min'de iken yük hücresi göstergesinden okunan değer 4 kg olduğuna göre, 2000 1/min'deki motor momenti; (6.1)'deki eşitlikte yerine konularak

$$M_e = 4 \cdot 9,81 \cdot 0,25 = 9,81(\text{Nm})$$

9,81 Nm olarak hesaplanır.

Motor gücü değişimi ise (6.2)'deki eşitlikten hesaplanmaktadır;

$$P_e = \frac{9,81 \cdot 2000}{9549} = 2,05 \text{ kW} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Örnek olarak motor 10 ml yakıtı 28,8 sn'de tüketiyorsa; bu değer (6.3)'deki eşitlikte yerine koyulursa motorun saatteki yakıt tüketimi hesaplanabilir.

$$\dot{m} = \frac{10 \cdot 10^{-6} \cdot 3600}{28,8} \cdot 837 = 1,04 \text{ kg/h} \text{ olarak bulunur.}$$

Bu değer (6.4)'deki eşitlikte yerine konulursa 6zgöl yakıt tüketimi aşağıda görüldüğü gibi hesaplanabilir.

$$\text{sfc} = \frac{1,04}{2,05} \cdot 10^3 = 507,3 \text{ g/kWh olarak bulunur.}$$

BÖLÜM 7

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, tek silindirli, dört zamanlı dizel bir motorda tam yük değişik motor hızlarında ve sabit hız değişken yüklerde JP8, atık yağ biyodizeli ve dizel yakıtlarından elde edilen karışımlar test edilmiştir. Hacimsel olarak %100 dizel, %80 dizel+%20 JP8, %70 dizel+%30 JP8, %60 dizel+%40 JP8, %50 dizel+%50 JP8, %80 JP8+%20 biyodizel, %70 JP8 +%30 biyodizel, %60 JP8+%40 biyodizel ve %50 JP8+%50 biyodizel yakıt olarak kullanılmıştır. Deneyler tam gaz konumunda 1700, 2000, 2300, 2600, 2900 ve 3200 1/min'de ve 2600 1/min sabit hızda %20, %40, %60, %80 ve %100 gaz kolu konumunda gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, motor momentini ve gücü, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır.

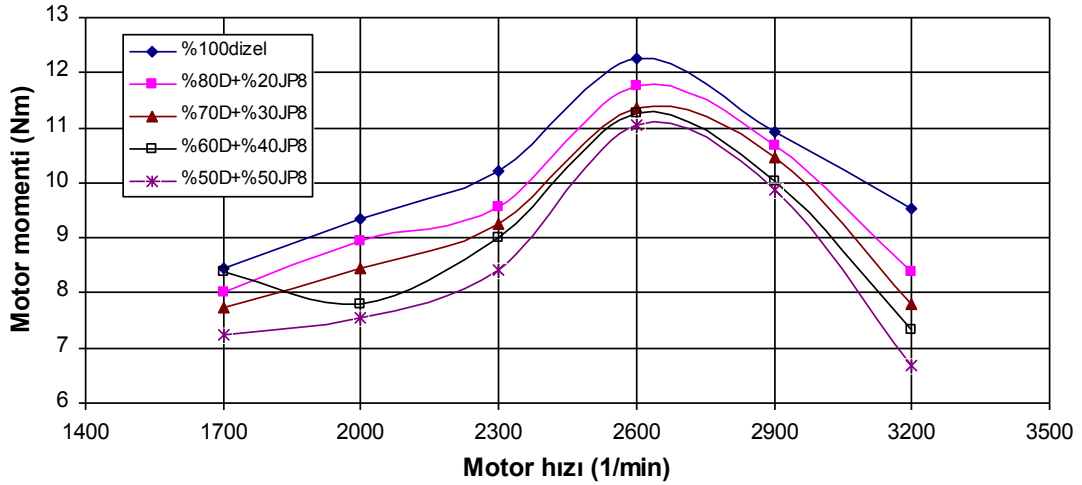
7.1. MOTOR PERFORMANSI

7.1.1. Motor Momenti ve Gücü

Moment, motorun iş yapabilme kabiliyetinin ölçüsüdür. Düşük hızlardan yüksek hızlara doğru motor hızının artmasıyla moment de artmaktadır. Moment bir maksimum noktaya ulaştıktan sonra azalmaktadır. Momentin artmasının sebebi hız artışına bağlı olarak karışımın oluşmasının gelişmesi ve çevrim başına gaz kaçakları ile ısı kayıplarının azalmasıdır. Ayrıca, düşük hızlarda bağımsız silindirlere dağıtılan karışım daha iyi ve egzoz gazı atıkları da az olmaktadır. Maksimum momentin sağlandığı noktada silindirlere bir çevrimde maksimum karışım kütlesi alınmaktadır. Benzer şekilde güç de maksimum noktaya kadar hızla artmaktadır. Giriş karışımının akış ve kütle dirençleri motor hızına bağlı olarak artmaktadır. Bu artışla birlikte sürtünme kayıplarının da yine motor hızıyla orantılı olarak artması ve doğru

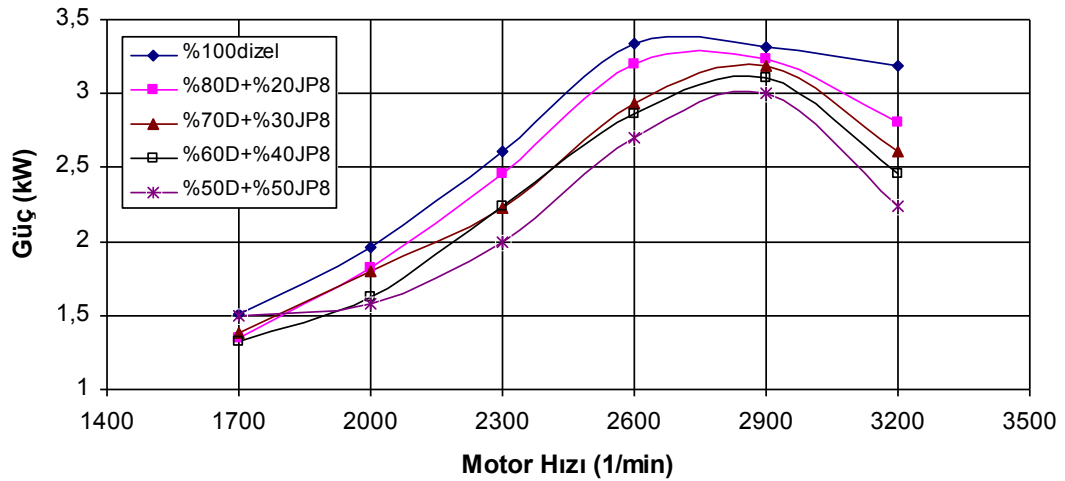
oranda karışım sağlanamaması motor momentini azaltmaya başlar ve güç artışı da yavaşlar (Çetinkaya, 2005).

Şekil 7.1’de dizel yakıt hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında JP8 ilavesinin motor momentine etkisi motor hızı ile birlikte görülmektedir.



Şekil 7.1. Farklı oranlarda Dizel+JP8 yakıt karışımlarının motor momentine etkisi

Şekil 7.2’te dizel yakıt hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında JP8 ilavesinin motor gücüne etkisi motor hızı ile birlikte görülmektedir

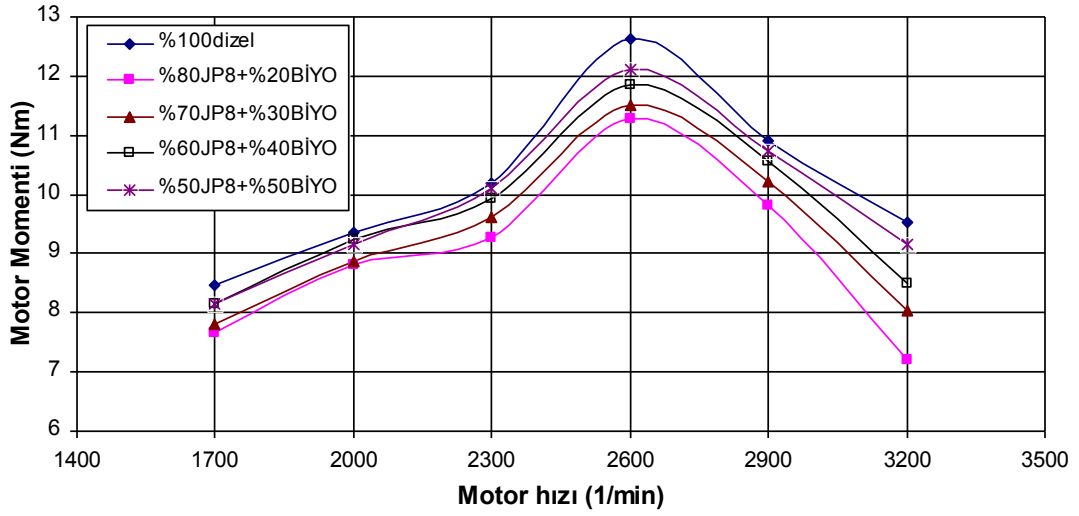


Şekil 7.2. Farklı oranlarda Dizel+JP8 yakıt karışımlarının motor gücüne etkisi

Dizel yakıtı ve karışım yakıtları incelendiğinde; düşük motor hızlarında momentin düşük olduğu, motor hızının artmasıyla motor momentinin de arttığı fakat maksimum bir noktaya ulaştıktan sonra tekrar azaldığı görülmektedir. Her yakıt türü için motor hızının artmasıyla moment ve gücün artması, birim zamandaki çevrim artışının doğal bir sonucudur. Dizel yakıtına JP8 ilave edilmesiyle motor momentinde azalma olduğu belirlenmiştir. Bu azalma genellikle karışım içindeki JP8'in oranı ile ilişkili olarak değişim göstermektedir. Karışım içindeki JP8 miktarı arttıkça motor momentinde düşüş görülmektedir. Motor momentindeki azalmanın nedenlerinden biri, karışım içerisindeki JP8 miktarının artmasından dolayı viskozitenin artmasıdır, Viskozitedeki artış yakıtın enjektörlerden yeterince küçük zerrecikler şeklinde püskürtülmesi ve homojen yakıt-hava karışımının oluşmasını engellemektedir (Yamık, 2002). Böylece yanma kötüleşmekte ve yanma verimi düşmektedir. Yanma veriminin düşmesi motor momentinin azalmasına yol açmaktadır. Bir başka neden ise deney motorunun dizel yakıtına göre tasarlanmış olmasıdır. Bu durumu ortadan kaldırmak için püskürtme basıncının artırılarak test edilmesi önerilmektedir.

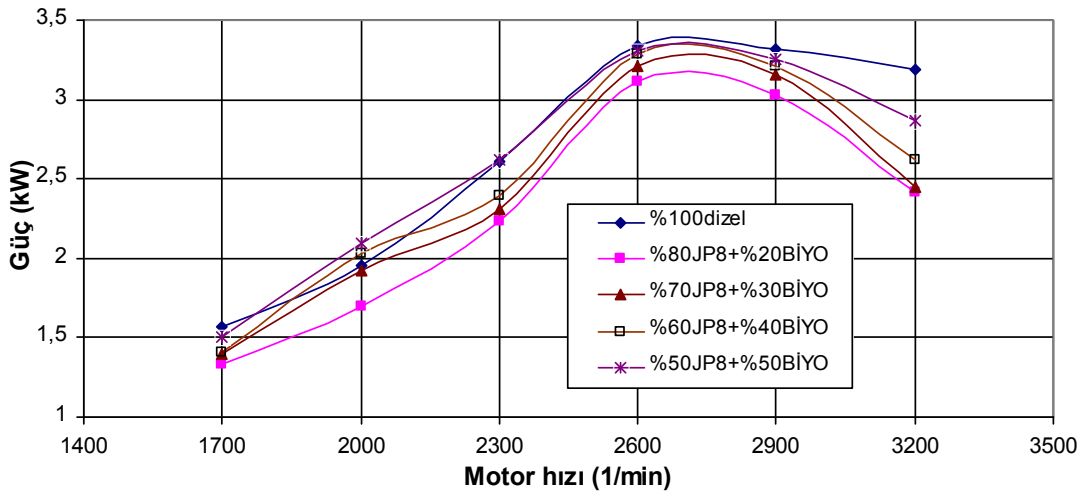
Dizel yakıtına JP8 ilave edilmesiyle motor momenti ve gücünde azalma olduğu belirlenmiştir. Karışım içindeki JP8 miktarı arttıkça motor momenti ve gücünde düşüş görülmektedir. Bu azalmanın nedenlerinden biri, karışım içerisindeki JP8 miktarının artmasından dolayı viskozitenin artması; Viskozitedeki artış yakıtın enjektörlerden yeterince küçük zerrecikler şeklinde püskürtülmesi ve homojen yakıt-hava karışımının oluşmasını engeller. Böylece yanma kötüleşir ve yanma verimi düşer. Yanma veriminin düşmesi motor momentinin düşmesine yol açar. Ayrıca JP8 yakıtının setan sayısının düşük olmasından dolayı da motor momenti ve gücünü düşürebilir.

Şekil 7.3'de JP8 yakıtına hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında biyodizel ilavesinin motor momentine etkisi motor hızı ile birlikte görülmektedir.



Şekil 7.3. Farklı oranlarda JP8+biyodizel yakıt karışımlarının motor momentine etkisi

Şekil 7.4'de JP8 yakıtına hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında biyodizel ilavesinin motor gücüne etkisi motor hızı ile birlikte görülmektedir.



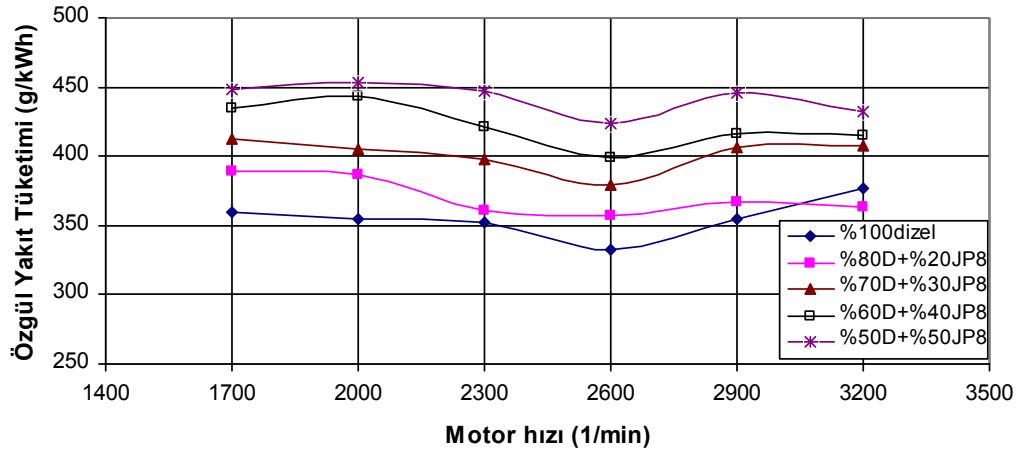
Şekil 7.4. Farklı oranlarda JP8+biyodizel yakıt karışımlarının motor gücüne etkisi

JP8'e biyodizel ilave edilmesiyle, motor moment ve gücünde dizel yakıt ile elde edilenden daha az olurken, karışım içerisindeki biyodizelin oranı ile orantılı olarak bir artış göstermektedir. Motor moment ve gücündeki bu artışın nedenleri; biyodizelin setan sayısının yüksek olması, karışım yoğunluğunun referans yakıt dizele göre daha yüksek olması (yoğunluğun yüksek olduğu deneylerde yanmanın maksimum basıncı ve basınç artma hızı yükseldiğinden), biyodizelin yapısında

yaklaşık olarak %10 oranında oksijen bulunması yanmayı ve dolayısıyla yanma verimini iyileştirir. Ayrıca biyodizelin dizel motorların yapısına uygun olmasından dolayı motor momenti gücünde artış gözlenmiştir.

7.1.2. Özgül Yakıt Tüketimi

Özgül yakıt tüketimi; birim güç (kWh) başına tüketilen yakıt miktarı olarak tarif edilmektedir. Motor performans karakterlerinin karşılaştırılmasında iki temel parametre; moment ve birim güç başına tüketilen yakıt kütlesi olan özgül yakıt tüketimidir. Şekil 7.5'te dizel yakıtı hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında JP8 ilavesinin özgül yakıt tüketimine etkisi motor hızı ile birlikte görülmektedir.

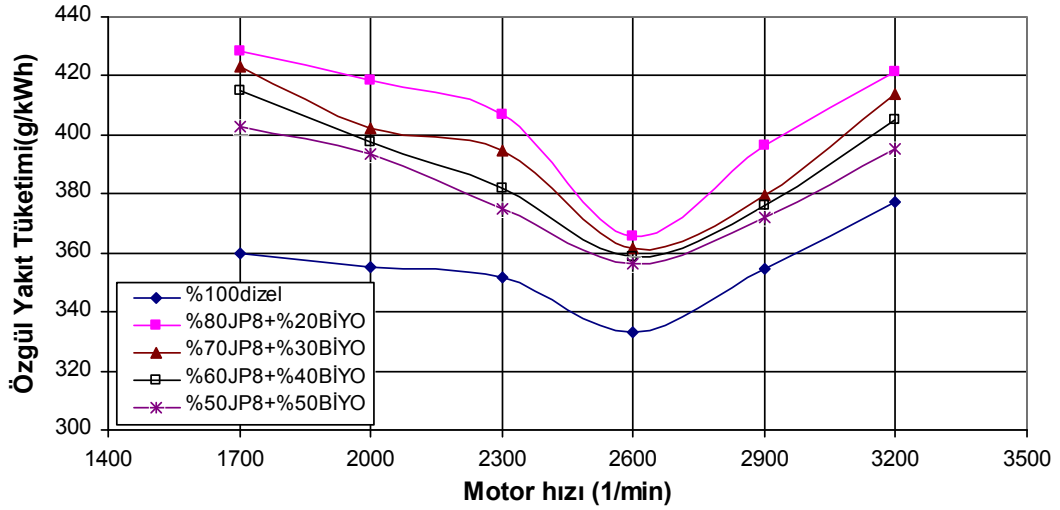


Şekil 7.5. Farklı oranlarda Dizel+JP8 yakıt karışımlarının özgül yakıt tüketimine etkisi

JP8 ilavesi özgül yakıt tüketimini artırır. Özgül yakıt tüketimindeki bu artışın karışım içindeki JP8 yakıtının miktarıyla orantılı olduğu görülmektedir. Bu artışın nedeni bu karışımlardaki motor momentlerinin azalmış olmasıdır. İlave edilen yakıtın ısı değerinin düşük olmasından dolayı aynı gücü elde etmek için daha fazla yakıtın tüketilmesi gerekmektedir. Ayrıca düşük devirlerde motorun hareketli parçalarındaki atalet kuvvetinin fazla olması da özgül yakıt tüketimini artırır.

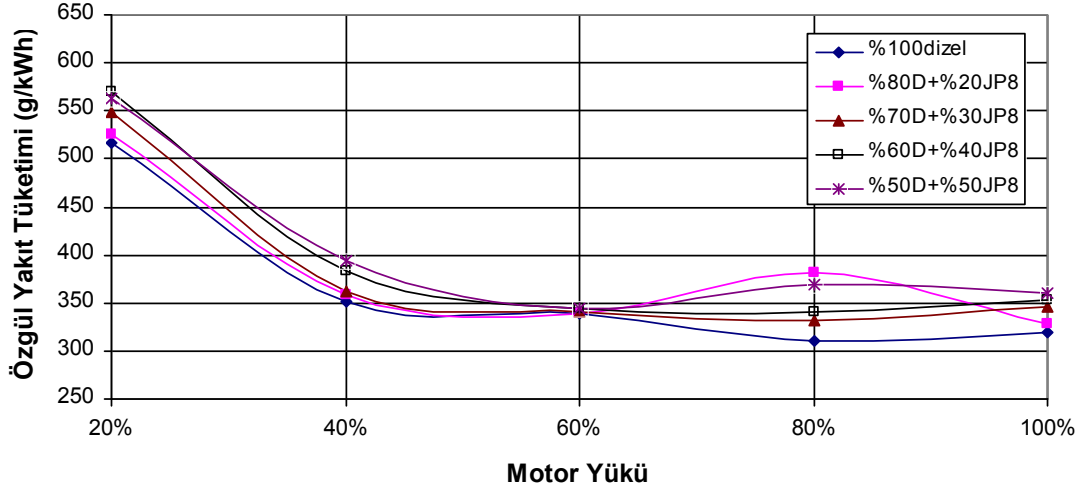
Şekil 7.6'da JP8 yakıtına hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında biyodizel ilavesinin özgül yakıt tüketimine etkisi motor hızı ile birlikte

görülmektedir. Tüm karışımlarda elde edilen özgül yakıt tüketimleri dizel yakıtı ile elde edilenden daha fazladır. Ancak, JP8+biyodizel karışımları içerisindeki biyodizel miktarı arttıkça özgül yakıt tüketimi azalmaktadır. JP8 içerisine biyodizel ilave ettikçe yanmanın iyileşmesi ve motor momentinin yükselmesinden dolayı özgül yakıt tüketiminde bir azalma görülmektedir.



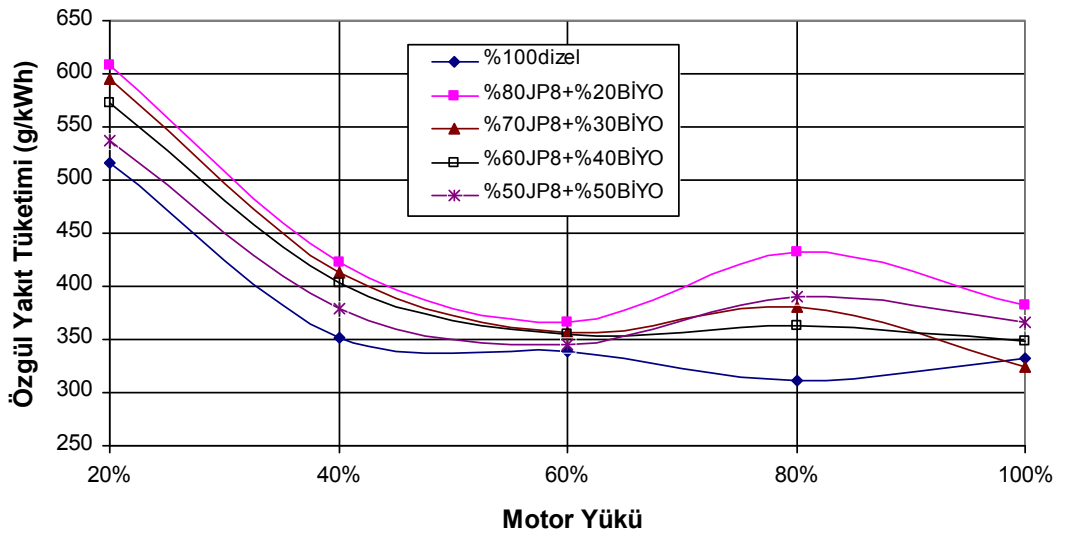
Şekil 7.6. Farklı oranlarda JP8+biyodizel yakıt karışımlarının özgül yakıt tüketimine etkisi

Şekil 7.7’de dizel yakıtına JP8 ilavesinin 2600 1/min’de motor yüküne bağlı olarak özgül yakıt tüketimine etkisi görülmektedir. Dizel yakıtına JP8 ilavesi özgül yakıt tüketiminde artışa sebep olmuştur. Özgül yakıt tüketimindeki bu artışın dizel yakıtının içerisine JP8 yakıtının ilavesiyle orantılı olduğu görülmektedir.



Şekil 7.7. Farklı oranlarda Dizel+JP8 yakıt karışımlarının farklı yüklerde özgül yakıt tüketimine etkisi

Şekil 7.8’de JP8’e biyodizel ilavesinin 2600 1/min’de motor hızına bağlı olarak özgül yakıt tüketimine etkisi görülmektedir. JP8 yakıtına Biyodizel ilavesi özgül yakıt tüketiminde azalmaya sebep olmuştur. Özgül yakıt tüketimindeki bu azalmanın dizel yakıtının içerisinde JP8 yakıtının ilavesiyle orantılı olduğu görülmektedir.



Şekil 7.8 Farklı oranlarda JP8+biyodizel yakıt karışımlarının farklı yüklerde özgül yakıt tüketimine etkisi

7.2. EGZOZ EMİSYONLARI

Atmosferdeki hava kirliliğini artıran önemli nedenlerden biri de taşıtların egzozlarından yayılan kirletici gazlardır. İçten yanmalı motorlarda yakıt deposu, karter havalandırma, yakıt sistemi ve egzozdan 110'dan fazla hava kirletici emisyonların çıktığı belirlenmiştir (Akyaz, 2007).

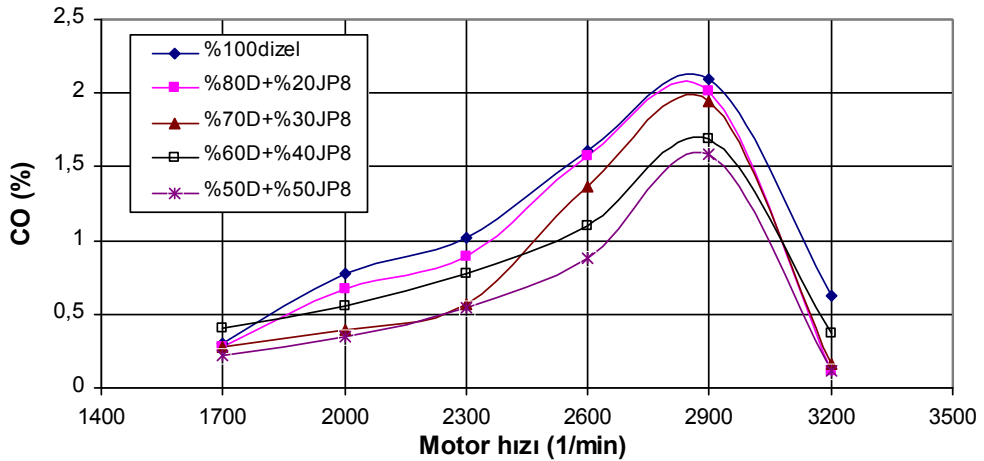
Yakıtın yanması, içindeki yanabilen elemanlar ile havanın oksijeni arasında yüksek hızla oluşan kimyasal reaksiyonlardır Bu reaksiyonlar sonucu ısı ve ışık açığa çıkar ki buna yanma denilmektedir. İdeal yanmada, karbondioksit ve su buharı ürün olarak çıkmaktadır. Hava içindeki azot (N_2) reaksiyona girmez, alındığı gibi havaya geri verilmektedir. Su buharı (H_2O) zararlı değildir ve kirletici bir özellik taşımamaktadır. Karbondioksit (CO_2) doğrudan insan sağlığı ve çevre üzerinde zararlı etkilere sahip değildir. Ancak, yanma sonucu atmosfere en çok salınan ve sera etkisi yapan gazdır. Yanmaya katılan hava gerekenden çok veya az olabilir. Yanmaya katılan hava gereken miktarda olsa bile, yanma odasında yakıt ile havanın iyi karışmaması nedeniyle zengin ve fakir karışım bölgeleri oluşabilir ve tam yanma gerçekleşmeyebilir. Ayrıca, hidrokarbon yakıtlar içerisinde bulunan farklı oranlardaki kükürt ve yakıt çeşitli nedenlerle eklenen katkı maddeleri de yanma sonucunda kirletici madde olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla içten yanmalı motorlarda yanma sonucunda yanmamış hidrokarbonlar (yanmamış yakıt molekülleri) (HC), karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), aldehitler (R:CHO), is (yanmamış karbon taneciği) ve partiküller (metaller, sıvı yağ ve yakıt tanecikleri), kükürt dioksit (SO_2) ve kurşun bileşenleri kirletici olarak ortaya çıkmaktadır (Kutlar, 1997). Bu emisyonların zehirleyici niteliği yanında atmosferde uzun süre kalmaları durumunda, fotokimyasal sise ve asit yağmurlarına neden olmaları diğer emisyon kaynaklarına göre taşıt egzoz emisyonlarını daha önemli yapmaktadır (Akyaz, 2007).

Bu deneysel çalışmada, dizel yakıtına hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında JP8 ilavesinin ve JP8'e hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında biyodizel ilavesinin, motor hızına ve motor yüküne bağlı olarak egzoz emisyonlarındaki değişimler incelenmiştir.

7.2.1. CO Emisyonları

Yanma ürünleri arasında CO bulunmasının ana nedeni oksijenin yetersiz olmasıdır. CO emisyonunun oluşumu büyük ölçüde hava fazlalık katsayısına (HFK) bağlıdır. Eğer HFK 1'den küçük ise, yani yakıt-hava karışımı içinde gerekenden daha az hava varsa yanma yetersiz oksijen ortamı içinde olacak ve yakıttaki karbonunun tümü CO₂'ye dönüşemeyerek CO olarak kalacaktır. Motorda silindir içinin tümü ele alındığından oksijen genel olarak yetersiz kalacağı gibi, karışımın tam homojen olmaması durumunda silindir içinde belirli bir konumda yerel olarak da yetersiz olabilir. (Ergeneman vd., 1998).

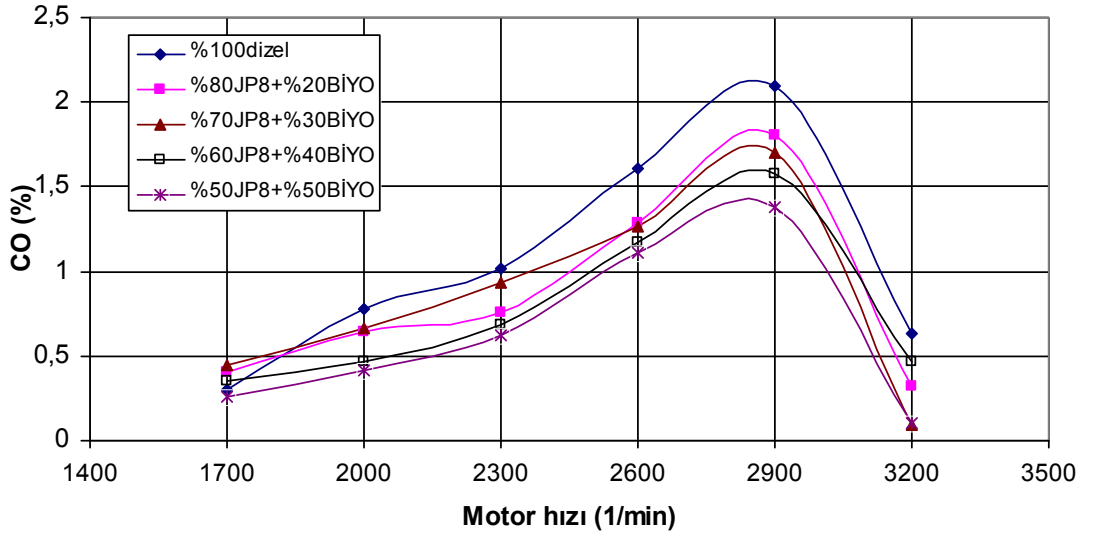
Şekil 7.9'da dizel yakıt hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında JP8 ilavesinin CO emisyonlarına etkisi motor hızı ile birlikte görülmektedir. Dizel yakıtına JP8 ilavesi CO emisyonunda referans yakıt dizele göre daha düşük seviyelerde görülmektedir. Karışım içindeki JP8 oranının artmasıyla orantılı olarak CO emisyonunun azaldığı gözlemlenmektedir. Bu durumun literatürle uyumlu olduğu görülmüştür.



Şekil 7.9. Farklı oranlarda Dizel+JP8 yakıt karışımlarının CO emisyonuna etkisi

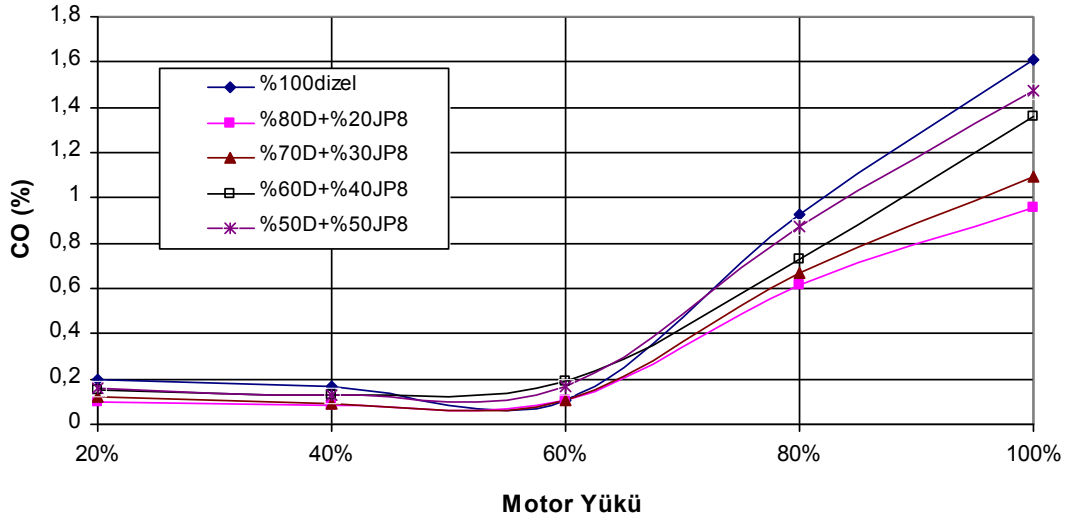
Şekil 7.10'da JP8'e biyodizel ilavesinin değişik motor hızlarında CO emisyonlarına etkisi görülmektedir. JP8 yakıtına biyodizel ilavesi CO emisyonunda referans yakıt dizele göre daha düşük seviyelerdedir. Karışım içerisindeki biyodizel miktarı arttıkça CO emisyonları da azalma göstermektedir. Bu azalmanın temel nedeni;

biyodizelin yakıtının içerisinde oksijen miktarının fazla olmasıdır. CO emisyonundaki azalmanın diğer nedeni yanma odasında oluşan hava-yakıt oranının fakirleşmesidir. Ayrıca yanma kalitesinin artması da CO emisyonunu azalttığını söylenebilir (Gökalp, 2009). Tüm devirler için biyodizel ilavesinin CO emisyonları dizel yakıtı göre daha düşük olarak ölçülmüştür. Biyodizel yakıtının oksijen içermesi bu azalmanın temel sebebidir. Dizel motorlar genellikle fakir karışımla çalıştığından CO emisyonları düşüktür (Aktaş ve Sekmen, 2008; Akçay vd, 2009).



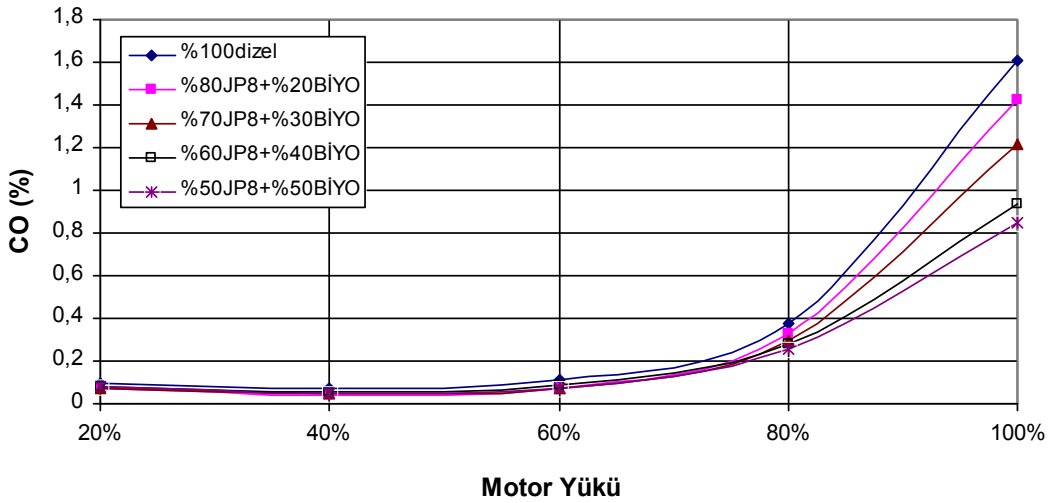
Şekil 7.10. Farklı oranlarda JP8+biyodizel yakıt karışımlarının CO emisyonuna etkisi

Şekil 7.11’de dizel yakıtı hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında JP8 ilavesinin CO emisyonuna etkisi sabit motor hızında(2600 1/min) görülmektedir. Karışım içerisindeki JP8 miktarının artmasıyla CO emisyonlarında bir azalma görülmektedir. Bu azalma JP8 yakıtının karışım içerisinde hacimsel miktarı ile orantılı şekilde değişmektedir. Motor yükünün %60, %80, %100 olduğu durumlarda bu azalma belirginleşmekte ve motor yükünün %100 olduğu durumda maksimum seviyeye ulaştığı görülmektedir.



Şekil 7.11. Farklı oranlarda Dizel+JP8 yakıt karışımlarının farklı yüklerde CO emisyonuna etkisi

Şekil 7.12’de JP8 yakıtına biyodizel ilavesinin 2600 1/min’de motor yüküne bağlı CO emisyonlarına etkisi görülmektedir.



Şekil 7.12. Farklı oranlarda JP8+biyodizel yakıt karışımlarının farklı yüklerde CO emisyonuna etkisi

7.2.2. HC Emisyonları

Egzoz gazları içerisindeki hidrokarbon bulunması yakıtın tam olarak yakılmadığını gösterir. Hidrokarbon oluşumunun ana nedeni sıcaklıkların veya oksijenin yetersiz

olması sonucunda (HFK 1'den küçük–zengin karışım) yanmanın tamamlanamamasıdır. Bu durum;

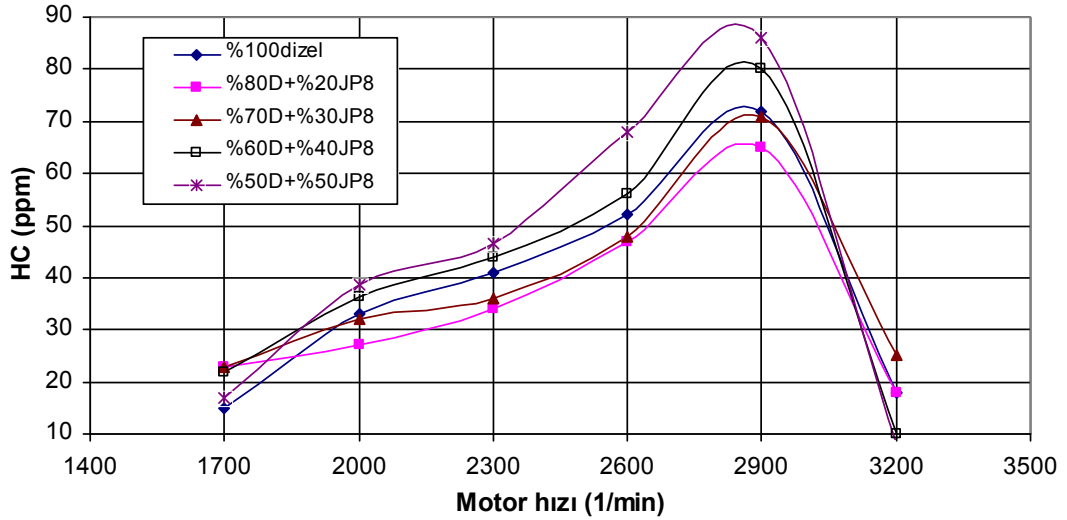
- Silindir içinde bazı bölgelerde yakıt-hava karışım oranının çok zengin ve fakir olması sonucu oksidasyon reaksiyonlarının yavaşlaması ve yanmanın tamamlanamaması,
- Silindir içerisindeki soğuk cidarlara (silindir, silindir kapağı ve piston üst yüzeyi) ısı kayıpları nedeniyle bu bölgeye ulaşan alevin anında sönmesi, Piston-silindir arası gibi dar bölgelerde alevin ilerleyemeyerek sönmesi nedeniyle oluşmaktadır (Ergeneman vd., 1998).

HC emisyonları birçok tasarım ve çalışma parametresi ile yakından ilişkilidir. Hava-yakıt oranı, motor hızı ve yükü, ana çalışma değişkenleri olarak alındığında yanma odası ve dolgu sistemi tasarımı önemli iki tasarım parametresidir. Silindir hacmi, yanma odasının şekli, silindir çapı, kurs ve sıkıştırma oranı, yanma odası yüzey, hacim oranı HC emisyonlarını etkilemektedir. Ayrıca, sıkıştırma ve yanma esnasında artan silindir basıncı, silindir içerisindeki yanmamış gazların bir kısmını yanma odasındaki çiziklere ve piston çevresel boşluğuna girmeye zorlamasıdır. Bu yanmamış karışım bölgesi, alevin ulaşamayacağı kadar dar bir bölge olduğundan yanma işlemine katılmamaktadır. Bu boşlukları dolduran yanmamış karışımlar genişleme ve egzoz işlemi esnasında yanmadan dışarı atıldığı için hidrokarbon emisyonu oluşturmaktadır. Bununla birlikte HC emisyonları yanmanın özellikle yavaş seyrettiği çevrimlerinde hava/yakıt oranı ve ateşleme zamanının tam ayarlanmaması sebebiyle, yanmanın tam gerçekleşmemesinden kaynaklanmaktadır. HC miktarı yanmamış yakıt taneciklerinin oranıyla birlikte artmaktadır (Vezir, 2006).

Şekil 7.13 de' dizel yakıtı hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında JP8 ilavesinin HC emisyonlarına etkisi motor hızı ile birlikte görülmektedir. Karışım içerisindeki JP8 oranının %20 ve %30 olduğu durumlarda HC emisyonu referans yakıt dizel göre daha düşük, %40 ve %50 olduğu durumlarda ise daha yüksek seviyelerdedir. Aşırı fakir bölgelerden kaynaklanan HC emisyonlarının miktarı tutuşma gecikmesi süresince püskürtülen yakıt miktarına, bu süreçte hava ile gerçekleşen karışım karakterine ve silindir içi koşullara bağlı olarak değişmektedir.

Tutuşma gecikmesi süresinin uzaması ile oluşan HC emisyonlarının giderek arttığı söylenebilir. Deney motorunun dizel yakıtı göre tasarlandığı da göz önüne alınırsa yakıt enjeksiyonu sırasında enjektör iğnesinden kaynaklanan yakıt buharı, silindir içinde yanmaya hiç katılmadan atılmakta ve bu durum HC emisyonlarında artışa neden olmaktadır.

Diğer bir neden ise silindir içine fazla yakıt alınmasından ve/veya karışımın heterojen olmasından kaynaklanan tam olarak yanamayan aşırı zengin bölgelerdir. Bu artışın nedeni olarak yanmanın kötüleşmesi, yakıtın yanması için yeterli hava bulamaması olarak söylenebilir (Sekmen, 2007; Akçay vd., 2009).

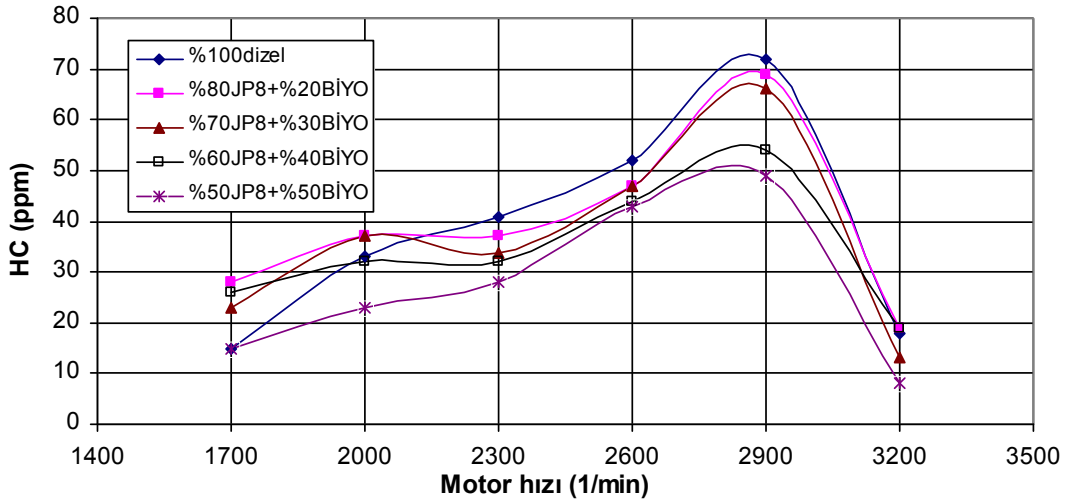


Şekil 7.13. Farklı oranlarda Dizel+JP8 yakıt karışımlarının HC emisyonuna etkisi

Şekil 7.14'te JP8 yakıtına hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında biyodizel ilavesinin HC emisyonlarına etkisi görülmektedir. JP8 yakıtına biyodizel ilavesi HC emisyonunun azalmasına yol açmıştır. HC emisyonlarındaki bu düşüş yanma olayının iyileşmesi ve yanma veriminin yüksek olmasıyla açıklanabilir. Ayrıca, biyodizel yakıtının içerisinde bulunan oksijen de HC emisyonlarının azalmasında önemli bir etken olduğu söylenebilir.

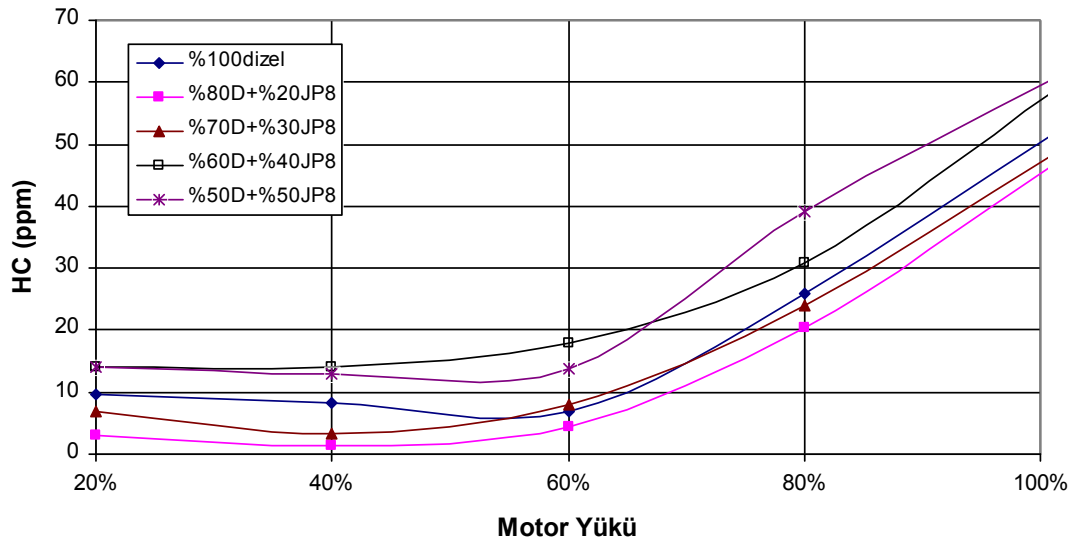
Dizel motorlarda, HC oluşumunun birçok sebebi vardır. Bu sebeplerin başında her püskürtmeden sonra, enjektörün iğne tarafından kapatılmayan uç hacminde kalan

yakıt gelir. Bu hacimde kalan yakıt, genişleme kursunun sonlarına doğru genişleyerek silindire girer ve oksijen eksikliğinde yanarak HC ve CO emisyonuna sebep olur. Aynı şekilde segman boşluklarında, yanma odasının köşelerinde biriken yakıt ve yağ, cidara çarpan yakıt zerrecikleri, tutuşması zor oldukça fakir karışımlar, HC emisyonlarının temel sebeplerindendir. HC emisyonları biyodizel ile çalışmada tüm motor hızlarında daha azdır (Aktaş ve Sekmen, 2008; Sekmen, 2007).



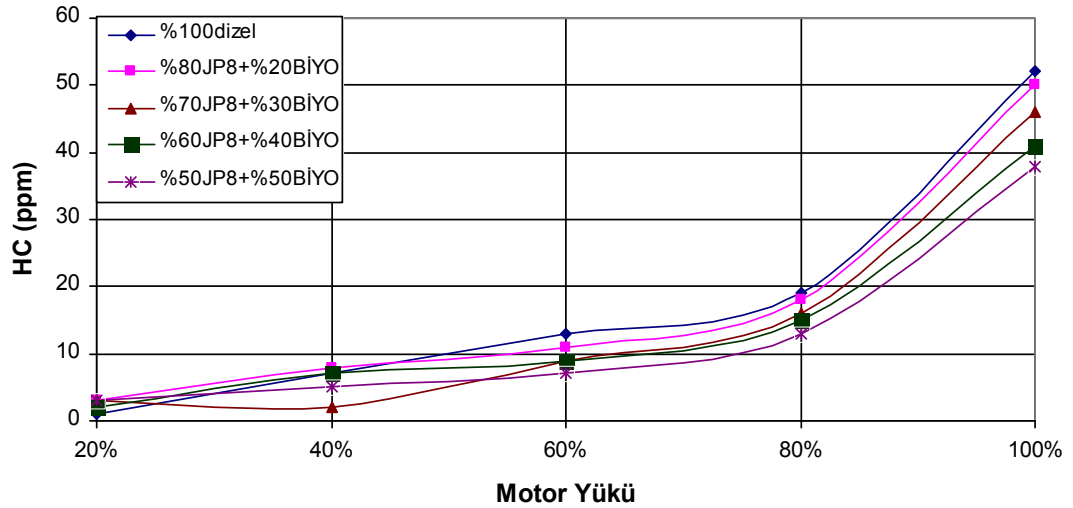
Şekil 7.14. Farklı oranlarda JP8+biyodizel yakıt karışımlarının HC emisyonuna etkisi

Şekil 7.15'te Dizel+JP8 karışımlarının 2600 1/min'de motor yüküne bağlı olarak HC emisyonuna etkisi görülmektedir. Bu deneyde karışım içerisindeki JP8 yakıtı miktarı %20 ve %30 olduğu durumlarda HC seviyesi referans yakıt dizelden daha düşük seviyede, karışım içerisindeki JP8 miktarı %40 ve %50 olduğu durumlarda ise HC emisyonunun referans yakıt dizelden daha yüksek seviyede olduğu görülmüştür.



Şekil 7.15. Farklı oranlarda Dizel+JP8 yakıt karışımlarının farklı yüklerde HC emisyonuna etkisi

Şekil 7.16'da JP8+biyodizel karışımlarının 2600 1/min'de motor yüküne bağlı olarak HC emisyonuna etkisi görülmektedir. Karışım içerisindeki biyodizel miktarının artmasıyla HC emisyonunda bir düşüş görülmektedir. JP8 yakıtının hacimsel olarak artmasıyla orantılı şekilde görülmektedir.



Şekil 7.16. Farklı oranlarda JP8+biyodizel yakıt karışımlarının farklı yüklerde HC emisyonuna etkisi

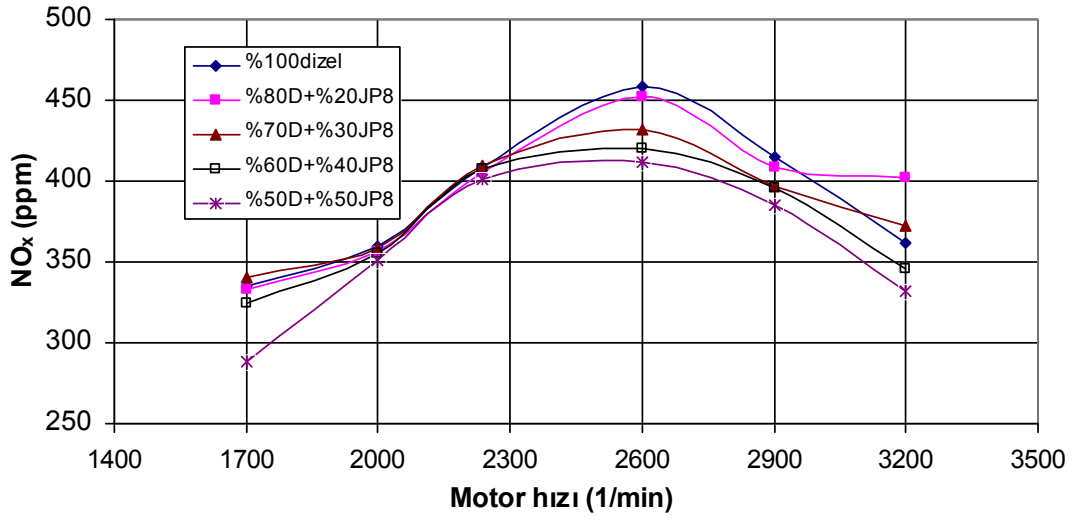
7.1.3. NO_x Emisyonları

Normal şartlar altında havanın içinde azot (N₂) yanma sonucu reaksiyona girmez. Ancak, motor içindeki yanmada ulaşılan yüksek sıcaklıklarda (1600 °C nin üstünde), havanın içerisindeki azotun oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu azot oksitler meydana gelmektedir. Azot içerisinde ana eleman olarak genellikle NO bulunmaktadır. Egzoz gazlarının daha sonra atmosfere atılması sonucu oksijen ile temasında NO' nun bir kısmı NO₂ ve öteki NO_x' lere dönüşmektedir. Sonuç olarak, azot oksit oluşumunu silindir içi sıcaklığın büyük ölçüde etkilediği, sıcaklık arttıkça azot oksidin hızla arttığı anlaşılmaktadır.

Azot oksit oluşumunu etkileyen bir diğer parametre de hava fazlalık katsayısıdır. HFK=1,1 civarında (yani azot ile birleşecek oksijenin bulunması durumu) azot oksit oluşumu en fazla olmaktadır. Ancak, HFK 1,1'den büyük olursa, yani daha fakir karışım halinde, silindir içi sıcaklık, reaksiyona giren gaz miktarının azalması ile düşecek ve NO_x emisyonunda hızlı bir azalma gözlenecektir (Ergeneman vd., 1998).

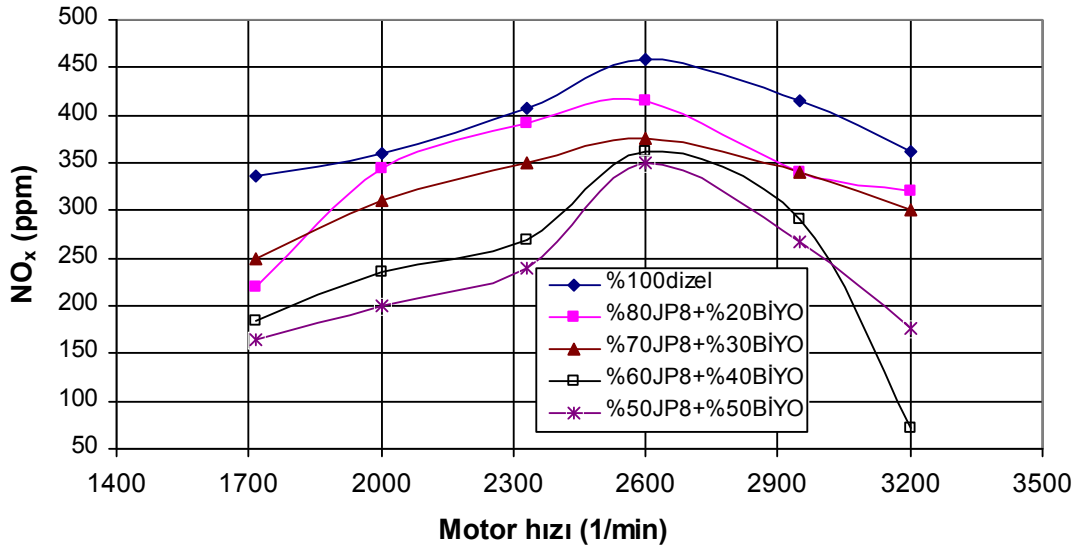
Şekil 7.17'de dizel yakıtı hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında JP8 ilavesinin NO_x emisyonlarına etkisi motor hızı ile birlikte görülmektedir. Dizel yakıtına JP8 ilavesi NO_x emisyonunda referans yakıt dizele göre daha düşük seviyelerdedir. Bu düşüş dizel yakıtı içindeki JP8 oranının artmasıyla orantılı olarak değişmektedir. Motor hızına bağlı olarak yakıtın buharlaşma ve karışım oluşturma kabiliyeti farklılık göstereceğinden, yüksek hızlardaki azot oksit miktarında görülen düşüşün nedeni olabilir.

Azot oksit konsantrasyonu, yanma ürünlerinin soğutulma hızına bağlıdır. Fakir karışımlarda azot oksit konsantrasyonu, maksimum sıcaklık ile belirlenir. Azot oksidasyonu alev cephesinin arkasında, yanma ürünleri bölgesinde oluşmaya başlar. Azot oksit miktarı yanmanın maksimum sıcaklığına ve yanma ürünlerindeki azot ve oksijen konsantrasyonuna bağlıdır (Karimi, 1995).



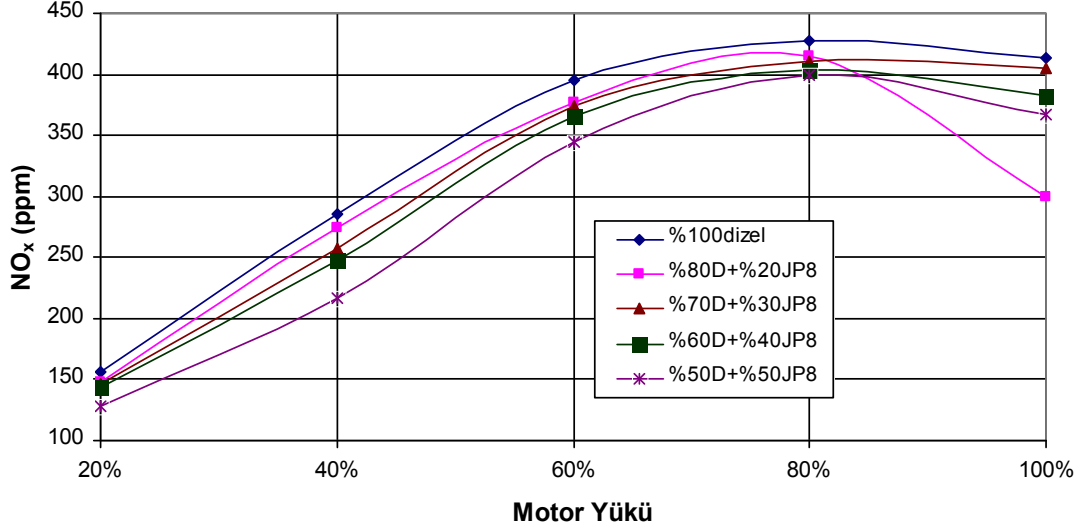
Şekil 7.17. Farklı oranlarda Dizel+JP8 yakıt karışımlarının NO_x emisyonuna etkisi

Şekil 7.18'te JP8 yakıtına hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında biyodizel ilavesinin NO_x emisyonlarına etkisi görülmektedir. JP8 yakıtına biyodizel ilavesi NO_x emisyonunun azalmasına yol açmıştır. Bu deneyde karışım içerisindeki biyodizel miktarı arttıkça NO_x seviyesi referans yakıt dizelden daha düşük seviyede belirlenmiştir. Biyodizelin ısıl değerinin düşük olması bu düşüşün ana sebebidir.



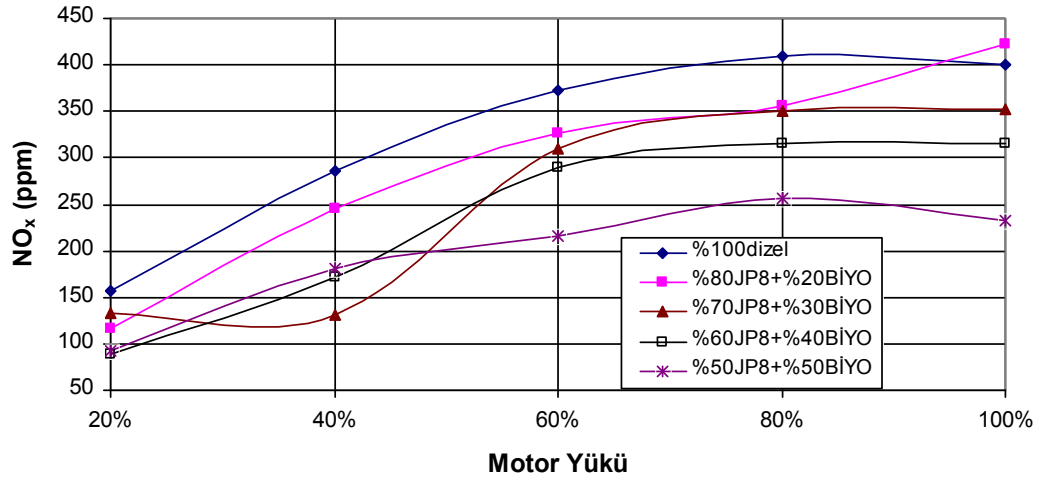
Şekil 7.18 Farklı oranlarda JP8+biyodizel yakıt karışımlarının NO_x emisyonuna etkisi

Şekil 7.19’da Dizel+JP8 karışımlarının 2600 1/min’de motor yüküne bağlı olarak NO_x emisyonuna etkisi görülmektedir. Karışım içerisindeki JP8 miktarının artmasıyla NO_x emisyonunda bir düşüş görülmektedir bu düşüş JP8 yakıtının hacimsel olarak artmasıyla orantılı şekilde görülmektedir.



Şekil 7.19. Farklı oranlarda Dizel+JP8 yakıt karışımlarının farklı yüklerde NO_x emisyonuna etkisi

Şekil 7.20’de JP8+biyodizel karışımlarının 2600 1/min’de motor yüküne bağlı olarak NO_x emisyonuna etkisi görülmektedir. Karışım içerisindeki biyodizel miktarının artmasıyla NO_x emisyonunda bir düşüş görülmektedir. Bu düşüşün JP8 yakıtının karışım içerisinde hacimsel olarak artmasıyla orantılı şekilde devam ettiği görülmektedir. Motor hızına bağlı olarak yakıtın buharlaşma ve karışım oluşturma kabiliyeti farklılık göstereceğinden yüksek hızlarda görülen azot oksit miktarında düşüşün nedeni olarak gösterilebilir. Supap zamanlamasının dizel yakıtına göre tasarlandığı deney motorunda egzoz gazlarının tekrar silindire dönmesi azot oksit emisyonlarını azaltır. Dizel motorlarda azot oksit oluşumu silindir içi sıcaklıkların yüksek olması ve bu sıcaklıkta azotun oksijenle reaksiyona girmesiyle oluşmaktadır. Sonuç olarak, bütün deneylerde referans yakıt dizele göre azot oksit emisyonlarında büyük ölçüde azalma belirlenmiştir.



Şekil 7.20 Farklı oranlarda JP8+biyodizel yakıt karışımlarının farklı yüklerde NO_x emisyonuna etkisi

7.1.4. İş Emisyonları

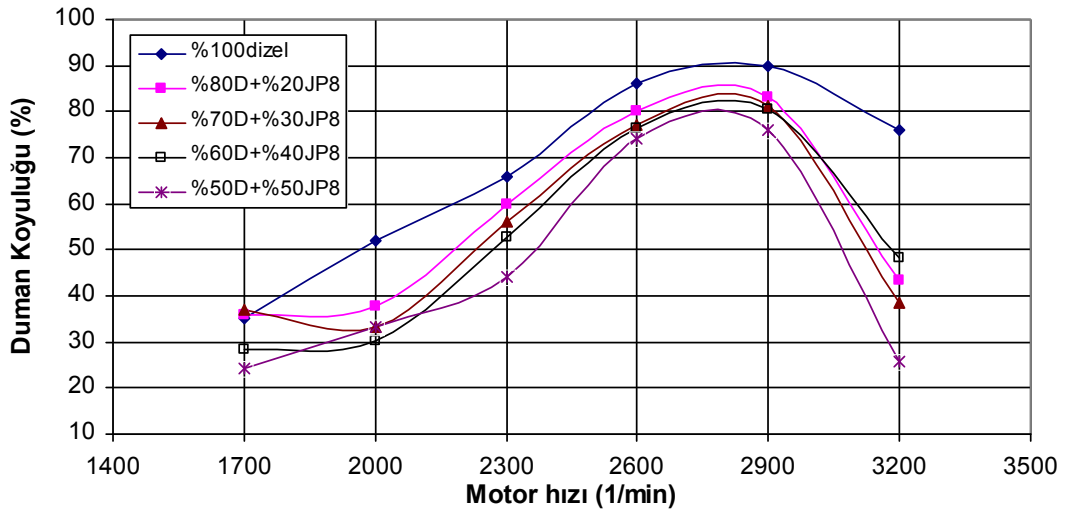
Dizel motorunda silindir içinde sıvı halde bulunan yakıt damlasının içindeki H₂ molekülleri, hızlı bir şekilde reaksiyona girmekte (oksijenle birleşmekte) ve geriye kalan C yeterli O₂ bulamadığından yanamayıp is partikülleri halinde dışarı atılmaktadır. İş oluşumunun başlıca nedeni dizel yakıtının silindir içinde yeterli hava bulamaması veya zamanında hızla hava ile karışamaması ve buharlaşmamasıdır (Ergeneman vd., 1998).

Bu nedenle dizel motorları her zaman tam yanma için gerekenden daha fazla hava ile çalıştırılırlar. Hava yakıt oranı genellikle 14,8/1'in altına düşürülmez.

Karbon taneciklerinden oluşan isin doğrudan insan sağlığına bir etkisi henüz tam anlaşılmamıştır. Ancak is partikülleri, yanma odası içerisindeki kanserojen ve tahriş edici etkisi olan yakıt ve yağ moleküllerini de hapsederek insan sağlığını doğrudan tehdit eden bir hale dönüşürler.

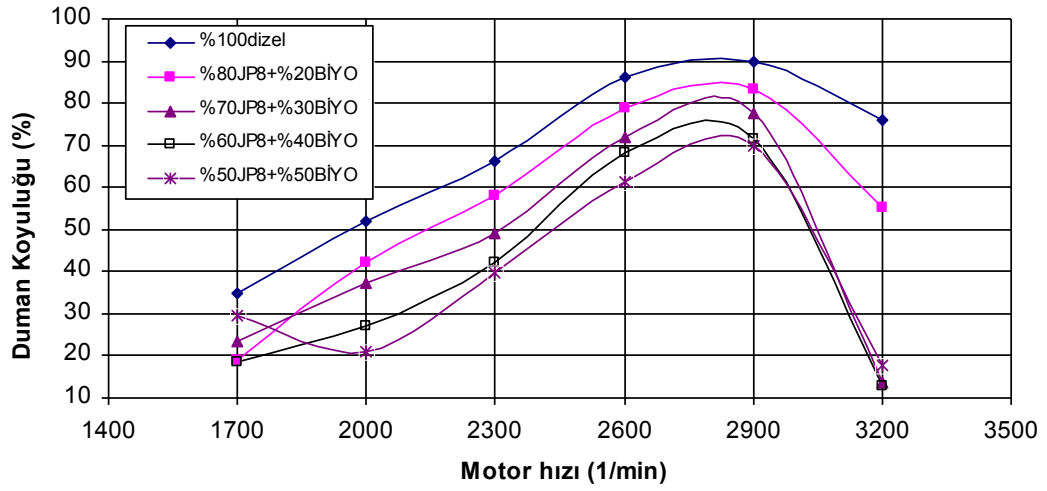
Şekil 7.21'de dizel yakıtı hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında JP8 ilavesinin is emisyonlarına etkisi motor hızı ile birlikte görülmektedir. Dizel yakıtına JP8 ilavesi is emisyonunda referans yakıt dizele göre daha düşük seviyelerdedir. Bu düşüş dizel yakıtı içindeki JP8 oranının artmasıyla orantılı olarak

gözlemlenmektedir. Dizel motorlarda yakıtın tam yanmasını gerçekleştirmek için HFK'nın değeri yüksek seçilir fakat silindire giren hava faydalı olarak kullanılamaz. Silindire püskürtülen yakıtın sıkıştırılmış hava ile karışımının oluşturulması yönteminin ve tutuşma gecikmesi süresinin yanma olayına etkisi çok büyüktür. Karışımlardaki aromatik miktarına bağlı olarak duman miktarı değişebilir. Bu nedenle motor hızına bağlı olarak is emisyonunda tüm karışımlarda referans yakıt dizele göre azalma görülmektedir. Karışımların ısıl değerlerine bağlı olarak silindir içerisindeki sıcaklık değişimi de is emisyonunun oluşumunda etkin olabilir (Ünal, 2005).



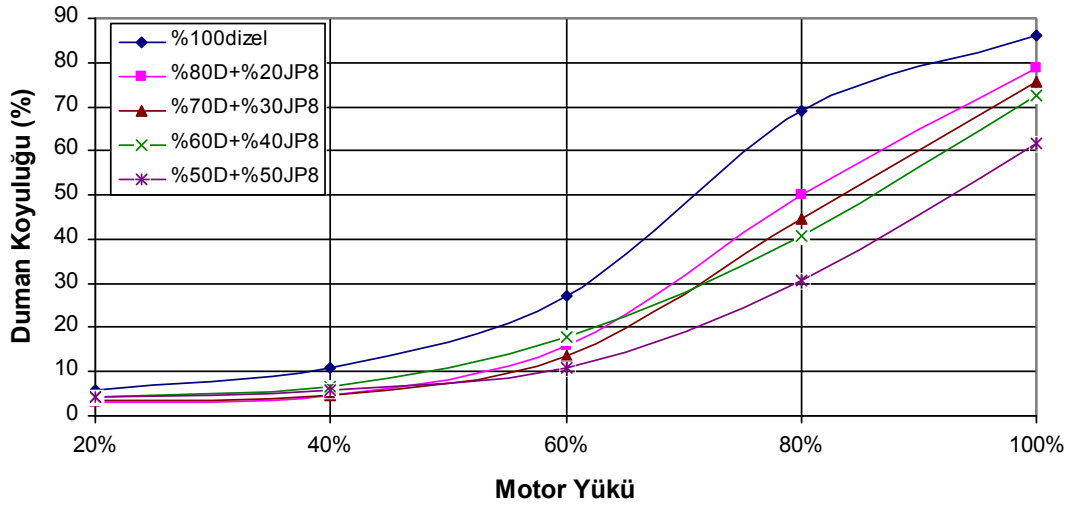
Şekil 7.21. Farklı oranlarda Dizel+JP8 yakıt karışımlarının is emisyonuna etkisi

Şekil 7.22'de JP8 yakıtına hacimsel olarak %20, %30, %40 ve %50 oranında biyodizel ilavesinin is emisyonuna etkisi görülmektedir. JP8'e biyodizel ilavesinin değişik motor hızlarında. JP8 yakıtına biyodizel ilavesi is emisyonunun azalmasını sağlamıştır. Bu deneyde karışım içerisindeki biyodizel miktarı arttıkça is emisyonunun seviyesi azalmaktadır. Biyodizel yakıtının içerisindeki oksijen yüzdesinin fazla olması is emisyonunun azalmasıdaki başlıca etkidir.



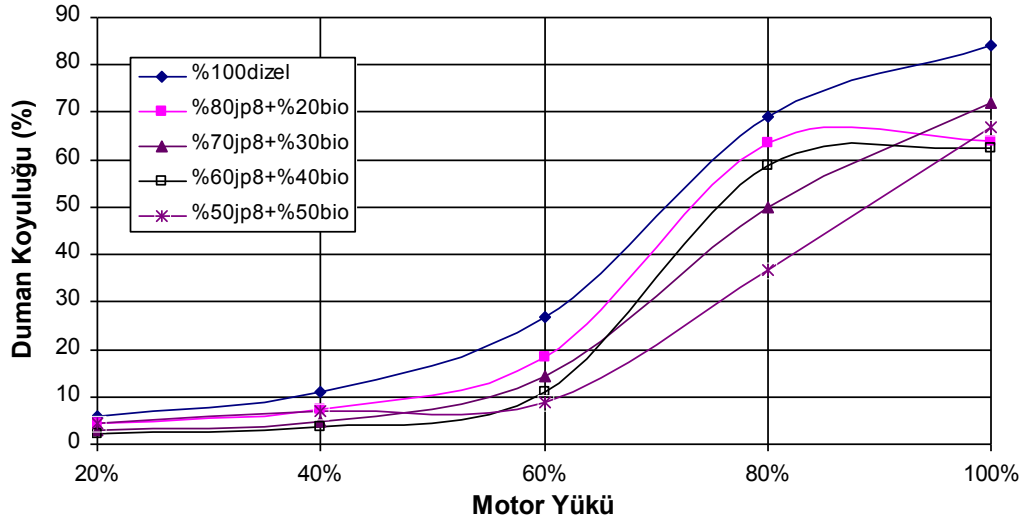
Şekil 7.22. Farklı oranlarda JP8+biyodizel yakıt karışımlarının is emisyonuna etkisi

Şekil 7.23'te Dizel+JP8 karışımlarının 2600 1/min'de motor yüküne bağlı olarak is emisyonuna etkisi görülmektedir. Karışım içerisindeki JP8 miktarının artmasıyla is emisyonunda bir düşüş görülmektedir bu düşüş JP8 yakıtının hacimsel olarak artmasıyla orantılı şekilde görülmektedir.



Şekil 7.23. Farklı oranlarda Dizel+JP8 yakıt karışımlarının farklı yüklerde is emisyonuna etkisi

Şekil 7.24'te JP8+biyodizel karışımlarının 2600 1/min'de motor yüküne bağlı olarak is emisyonuna etkisi görülmektedir. Karışım içerisindeki biyodizel miktarının artmasıyla is emisyonunda azalma görülmektedir. Bu azalmanın biyodizelin karışım içerisinde hacimsel olarak artmasıyla orantılı şekilde devam ettiği görülmektedir.



Şekil 7.24. Farklı oranlarda JP8+biyodizel yakıt karışımlarının farklı yüklerde is emisyonuna etkisi

BÖLÜM 8

SONUÇLAR

Ham petrol rezervinin Dünyada giderek azalıyor olması ve emisyon normlarının giderek önem kazanması, üreticileri alternatif yakıt arayışlarına yöneltmiştir. Bu arayışta alternatif yakıtların dizel motorların çalışma koşullarına ne derece uyum sağladığı önem taşımaktadır. Bu çalışmada, sıkıştırma ile ateşlemeli bir motorun tam yükte 1700, 2000, 2300, 2600, 2900 ve 3200 1/min'de ve 2600 1/min sabit motor hızında %20, %40, %60, %80 ve %100 yükte dizel+JP8 ve JP8+biyodizel karışımları farklı oranlarda denenmiş, motor performans ve emisyon değerleri belirlenmiştir.

- Dizel+JP8 karışımları ile çalışmada motor momenti ve gücünde bir miktar azalma görülmüştür. Bu azalmanın, karışım içerisindeki JP8 oranının artmasıyla orantılı olduğu görülmüştür. JP8+biyodizel karışımlarında ise yanma veriminin yükseldiği ve yanmanın iyileştiği gözlenmiştir. Karışım içerisindeki biyodizel oranı arttıkça motor momenti ve gücünün artarak dizel yakıtı ile elde edilen güce yaklaştığı görülmüştür.
- Özgül yakıt tüketimleri incelendiğinde dizel+JP8 karışımlarında bir miktar artış; JP8+biyodizel karışımlarında ise dizel+JP8 karışımlarındakine göre bir miktar azalma görülmüştür. Bu değişimin, motor momenti ve gücüne bağlı olarak değiştiği görülmüştür.
- Dizel+JP8 karışımları ile çalışma koşulları için, CO emisyonlarında bir azalma görülmüştür. Karışım içerisindeki JP8 oranı arttıkça CO emisyonlarında azalma gerçekleşmiştir. JP8+biyodizel karışımları incelediğinde ise, yine referans yakıt dizele göre bir azalma görülmüştür. Karışım içerisindeki biyodizel oranı arttıkça yakıt karışımının oksijen içeriğindeki artıştan dolayı CO emisyonunun azaldığı belirlenmiştir.

- Dizel+JP8 karışımlarında karışım içerisindeki JP8 oranının %20 ve %30 olduğu durumlarda HC emisyonlarında bir miktar azalma; %40 ve %50 olduğu durumlarda ise bir miktar artış gözlemlenmiştir. JP8+biyodizel karışımlarında ise; karışım içerisindeki biyodizel oranına bağlı olarak büyük bir azalma görülmüştür. HC emisyonlarındaki bu düşüş yanma olayının iyileşmesi ve yanma veriminin yüksek olmasıyla açıklanabilir. Ayrıca biyodizel yakıtının içerisinde bulunan oksijen de HC emisyonlarının azalmasında önemli bir etken olduğu söylenebilir.
- NO_x emisyonları incelendiğinde ise; bütün karışımlarda referans yakıt dizele göre büyük oranda bir azalma görülmüştür. Dizel motorlarda azot oksit oluşumu, silindir içi sıcaklıklarının yüksek olması ve bu sıcaklıklarda azotun oksijenle reaksiyona girmesiyle oluşmaktadır. Sonuç olarak bütün deneylerde referans yakıt dizele göre azot oksit emisyonlarında büyük ölçüde düşüş belirlenmiştir.
- İS emisyonlarına bakıldığında ise bütün karışımlarında referans yakıt dizele göre bir azalma görülmüştür. Bu azalmanın karışım içerisindeki JP8 oranındaki artışla orantılı olarak azaldığı belirlenmiştir.
- Sonuç olarak JP8+biyodizel karışımlarının dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilmesi görülmüştür. JP8+biyodizel karışımlarında motor gücünde bir miktar azalma meydana gelse de egzoz emisyonlarında sağlanan büyük ölçüde iyileştirmeler motor gücündeki olumsuzluğun göz ardı edilebileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

Akçay, M., Sekmen Y., Yılmaz İT., Gölcü M., ve Yazıcı H., “The place of free fatty acids and ater in iodiesel production process from waste oils,” *International Scientific Conference (UNITECH'10)*, Gabrova, Bulgaria, 574-578, (2009).

Altın R., “Bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanılmasının deneysel olarak incelenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 33-67 (1998).

Altun Ş., “Motorin ve susam yağı karışımlarının dizel motorlarda kullanılabilirliği” Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 69 (2004).

Aktaş, A., ve Sekmen, Y., “Biyodizel ile çalışan bir dizel motorda yakıt püskürtme avansının performans ve egzoz emisyonlarına etkisi”, *GÜMMF Dergisi*, 23 (1): 199-206, (2008).

Aktaş, A.,ve Sekmen, Y., “Biyodizel ile çalışan bir dizel motorda yakıt püskürtme basıncının performans ve egzoz emisyonlarına etkisi”, *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11 (2): 32-39 (2008).

Aktaş, A., Sekmen, Y., Sekmen, P., “Biodiesel production from waste melon seeds and using as an alternative fuel in a direct injection diesel engine”, *Journal of Energy Institute*, 83 (2) 69-74 (2010).

Akyaz, S., “Benzin–tersiyer bütil alkol ve benzin naftalin karışımlarının buji ateşlemeli motorun performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel olarak incelenesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 12-15, 36-149 (2007).

Arkoudeas P., Kalligeros S., Zannikos F., Anastopoulos G., Karonis D., Korres D., and Lois E., “Enerji dönüşümü ve yönetimi CI motorlarında biyodizel ve JP8 havacılık yakıtı kullanım çalışmaları”, *Department of Chemical Engineering, National Technical University of Athens, Iroon Polytechniou* 9, 4-16 (2002).

Arkoudeas P., Kalligeros S., Zannikos F., Anastopoulos G., Karonis D., Korres D., and Lois E., “Study of using JP-8 aviation fuel and biodiesel in CI engines”, *Energy Conversion and Management*, 1013–1025 (2003).

Arslan, M., “Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Soya ve Kanola Yağı Metil Esterlerinin Farklı Enjektör Basınçlarında Kullanılmasının Performans ve Emisyon Üzerindeki Etkileri” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 84-86 (2007).

Ayvaz, Y., “Dizel motorlarda dizel yakıtı-benzin karışımlarının kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, *K.T.Ü Fen bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*, Trabzon, 154 (1991).

Borat O., Balcı M. ve Sürmen A., “Hava kirlenmesi ve kontrol tekniği”, *Teknik Eğitim Vakfı Yayınları*, Ankara, (3): 259-264, (1994).

Ciniviz M., Salman M.S., ve Çarpman K., “Dizel motorlarında dizel yakıtı + LPG kullanımının performans ve emisyonu etkisi” *Selçuk Teknik Online Dergisi*, 2 (1): 1-6 (2001)

Çalışır, A., ve Gümüş, M., “Buji ateşlemeli bir motorda benzin-metanol karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerine etkisi”, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, 1: 1894-1988 (2009).

Çetinkaya, S., “Benzin ve dizel motorların doğalgaz motoruna dönüştürülmesi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 81: 14-31 (2004).

Ergeneman, M., Mutlu, M., Kutlat, O.A., ve Arslan, H., “Taşıtlardan kaynaklanan egzoz kirleticileri” *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 13-14 (1998).

Ejder, S., “Etanol-dizel, biyodizel-dizel yakıt karışımlarının kullanımının motor performansına etkilerinin deneysel olarak araştırılması” *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 43-44 (2007).

Eray, M.E., “Çeşitli yakıt harmanlarının dizel motor performansına ve emisyonlara etkileri” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 204 (2002).

Erdoğan, D., ve Onurbaş, A., “Bir dizel motorda yakıt olarak kullanılan bazı bitkisel yağların ölçülen performans değerleri” *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, Ankara, 44 (1-2): 12-16 (1998).

Eryılmaz, D., “Hardal yağı biyodizelinde farklı karışım oranlarının dizel motorlarda performansa etkisi” Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 108-114 (2009).

Geo, V. E., Naragajan, G. and Nagalingam, B., “Studies on dual fuel operation of rubber seed oil and its bio-diesel with hydrogen as the inducted fuel”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 33 (21): 6357-6367 (2008).

Gökalp, B., “Biyodizel katkıli gemi ve uçak yakıtlarının içten yanmalı motorlardaki performansının incelenmesi” Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 77-80 (2009).

Hacıkadıroğlu, H., “Bitkisel yağ esterleri – motorin karışımının motor performansı ve emisyonlarına etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 37-41 (2007).

İlkılıç, C., Yücesu, S., “Ayçiçek yağı metil esteri ile dizel yakıtı karışımının bir dizel performansına etkisi”, *Teknoloji Dergisi*, 3 (2-3): 257-265, (2000).

Karakuş, N., “Yakıt özelliklerinin dizel motor performansına ve emisyonlarına etkisi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 98, (2000).

Karimi, E.R., “A short course of diesel particules an NOx emissions”, *University of Leeds Mechanical Engineering Department*, U.K., 8-42, (1995)

Kızıllan, V., “İçten yanmalı dizel motorlarda biyodizel kullanımının motor performansı ve emisyonlara etkisinin incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 49-98 (2008).

Koç, Ö., “Dizel motorlarda biyodizel kullanımının motora etkilerinin dizel yakıtı ile deneysel karşılaştırılması olarak incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 43-55 (2010).

Nalan, A., Akgün, Y., Kalpaklı, K., ve Özkara, N., “Enerji gündemindeki konu biyodizel” *Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Kimya Teknolojileri*, 5: 50-80 (2005).

Oral, M., “Farklı yakıtlarla dizel motorun is ve emisyon karakteristiklerinin deneysel ve teorik olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-70 (2008).

Önem E., “Biyodizel yakıtların yağlayıcılık özelliklerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 41-50 (2009).

Özaktaş, T., Cılızoğlu K.B., ve Karaosmanoğlu, F., “Alternative diesel fuel study on four different types vegetable oils of” *Turkish Energy Sources*, 19 (1997).

Özer, S., “Bütanol kullanımının dizel motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerinin deneysel olarak araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 69-78 (2010).

Öztürk M., “Dizel motorlarda biyodizel kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri” *Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale, 45-58 (2008).

Radu, R., and Mircae, Z., “The use of sunflower oil in diesel engines”, *SAE Technical Papers*, 4-8 (1997).

Sekmen Y., ve Aktaş A., “Soya yağı metil esterinin dizel motor performans ve egzoz emisyonlarına etkileri” *Politeknik Dergisi*, 11 (3): 249-254 (2008).

Sekmen Y., “Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterinin dizel motorda yakıt olarak kullanılması”, *Teknoloji Dergisi*, 10 (4): 295-302 (2007).

Sönmez, İ., “Dizel motorlarına ilave oksijen verilmesinin motor performansı ve emisyonlarına etkisi” *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak, 10-24 (2006).

Schumacher L., Gerpen, J.V., and Adams, B., “Diesel fuel injection pump durability test with low level biodiesel blends.”, *American Society of Agricultural Engineers*, 36, (2005).

Şahin, Z., “Dizel motorlarda dizel yakıtı-hafif yakıt karışımlarının kullanılmasının yanmaya ve motor performansına etkisi” Doktora Tezi *K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*, Trabzon, 183 (2002).

Şahin, Ö., “Biyodizel ile çalışan bir motora hidrojen ilave edilmesinin motor performansına ve emisyonlara etkisinin incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 76-88 (2019).

Tillem, İ., “Dizel motorlar için alternatif yakıt olarak biyodizel üretimi ve kullanımı” Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 42-52 (2005).

Topgül, T., “Tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda püskürtme avansı ve püskürtme basıncının motor performansına ve egzoz emisyonlara etkisinin deneysel analizi” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 6-32 (2000).

Türkcan, A., Çanakçı, M., Özsezen, A., ve Sayın, C., “Bir dizel motorda yanma karakteristiklerinin incelenmesi”, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21 (1): 1-10 (2009)

Tüter, B., “Alternatif yakıtların dizel motorlarda kullanımı teknik ve ekonomik analizi” Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 66-90 (2007).

Ulusoy, Y., “Ayçiçeği, kolza, pamuk ve soya yağlarının dizel motorlarında yakıt olarak kullanım olanaklarının belirlenmesi üzerine karşılaştırmalı bir araştırma”, Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, 6-11 (1999).

Ulusoy Y., ve Alibaş K., 2002. “Diesel motorlarda biodiesel kullanımının teknik ve ekonomik olarak incelenmesi”, *Uludağ. Üniversitesi. Zir. Fak. Dergisi.*, Bursa, 16: 37-50 (2004).

Uslu, K., “Dizel motorlarında farklı püskürtme avanslarında dizel yakıtı+ethanol kullanımının performans ve emisyonlara etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-107 (2006).

Ünal, S., “JP4 ve JP8 havacılık tipi yakıtlarla metil ester harmanlarının dizel motorlarda kullanılma imkanlarının deneysel analizi” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 76-98 (2005).

Ünal, C., “Örnek dizel motorda püskürtmenin fazlara ayrılmasının NO_x ve is oluşumuna etkisinin araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-12 (2006).

Vezir A., “Metanol – benzin karışımlarının MgO – ZrO₂ termal bariyer çemberli bir motorda performans ve emisyonlara etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 10-20, 53-92 (2006).

Vural, E., “Küçük hacimli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda püskürtme avansının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel olarak araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-50 (2009).

Yamık, H., “Dizel motorlarda alternatif yakıt olarak yağ esterlerinin kullanılma imkanlarının araştırılması” Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 71-90 (2002).

Yücesu, S., ve Altın, R., “Kanola yağının alternatif yakıt olarak dizel motorlarda kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerinin deneysel olarak incelenmesi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Ankara, 12 (4): 1045-1058 (1999).

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin SÖYLER 1985 de Akhisar da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Akhisar'da tamamladı. Akhisar Endüstri meslek Lisesinden 2000 yılında mezun oldu. 2005 yılında DİCLE ÜNİVERSİTESİ Batman Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı Otomotiv Öğretmenliği Programı'na yerleşti. 2009 yılında bu bölümden mezun oldu. 2009 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı ve hazırlayıp sunduğu bu tez ile yüksek lisans öğrenimini tamamladı.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Kethuda Mahallesi 374 Sokak
No:46
45200 / Akhisar/MANİSA

E-posta : huseyinsoyler@gmail.com