

**İKİ ZAMANLI BUJİ ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA
FARKLI BİTKİSEL YAĞ VE BENZİN
KARIŞIMLARININ PERFORMANS VE
EMİSYONLARA ETKİSİ**

**2016
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Bayram YAĞIZ

**İKİ ZAMANLI BUJİ ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA FARKLI BİTKİSEL YAĞ
VE BENZİN KARIŞIMLARININ PERFORMANS VE EMİSYONLARA ETKİSİ**

Bayram YAĞIZ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

Makine Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Haziran 2016

Bayram YAĞIZ tarafından hazırlanan “İKİ ZAMANLI BUJİ ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA FARKLI BİTKİSEL YAĞ VE BENZİN KARIŞIMLARININ PERFORMANS VE EMİSYONLARA ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Abdurrazzak AKTAŞ

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 26/09/2013

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. M. Bahattin ÇELİK (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Abdurrazzak AKTAŞ (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Perihan SEKMEN (KBÜ)



...../...../2016

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

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

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.”

Bayram YAĞIZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İKİ ZAMANLI BUJİ ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA FARKLI BİTKİSEL YAĞ VE BENZİN KARIŞIMLARININ PERFORMANS VE EMİSYONLARA ETKİSİ

Bayram YAĞIZ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Abdurazzak AKTAŞ

Haziran 2016, 78 sayfa

Petrol endüstrisinin gelişimi, petrol esaslı ürünlerin piyasada bol olarak bulunabilmesi ve mineral esaslı yağlayıcıların motor performansı üzerindeki olumlu etkilerinin bir sonucu olarak, mineral esaslı yağlayıcılar otomotiv endüstrisinde yoğun bir kullanıma sahiptirler. Ancak mineral esaslı yağlayıcıların kullanımı ile yüksek miktarda zararlı emisyon gazları açığa çıkmaktadır. Mineral esaslı yağlayıcıların çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve yenilenebilir olmayışları sebebiyle günümüzde çevreye karşı daha duyarlı ve yenilenebilir özelliği olan alternatif yağlayıcıların geliştirilmesi üzerine çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmada iki zamanlı benzinli bir motorda, mineral esaslı olan ve otomotiv endüstrisinde çok yoğun olarak kullanılan 2T yağı yerine yağlayıcı olarak bitkisel esaslı olan kanola, ayçiçek ve hint yağları değişik oranlarda (%2, %3 ve %4) kullanılmış ve her dört yağlayıcı da sabit motor hızında (3000 1/min) beş farklı motor yükü altında

denenerek CO, CO₂ ve HC emisyon değerleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, iki zamanlı motorlarda emisyonları iyileştirmek amacı ile mineral esaslı yağlar yerine bitkisel yağların kullanılabilceğini göstermiştir

Anahtar Sözcükler : İki zamanlı motor, bitkisel yağ, mineral esaslı yağ, performans, emisyon.

Bilim Kodu : 708.3.026



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DIFFERENT VEGETABLE OILS AND GASOLINE MIXTURES' EFFECT ON PERFORMANCE AND EMISSIONS IN A TWO-STROKE SPARK IGNITION ENGINE

Bayram YAĞIZ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Education

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Abdurazzak AKTAŞ

June 2016, 78 pages

As a result of the development of petroleum industry, the availability of petrol based products in the market and the positive effect of mineral based oils on engine performance mineral based oils have found a wide area of use among the automotive industry. However, a large amount of exhaust emissions which are mostly harmful to the environment are generated with the use of mineral based oil additives. Due to the negative effect of mineral based oils on the environment and their lack of renewability, researches have been conducted on alternative vegetable oils which are more environment friendly and mostly renewable. In this study, canola, sunflower and palm oils have been used as a lubricant with different percentages (2%, 3% and 4%) instead of 2T oil which is a mineral based oil and is widely used among the automotive industry, and all these additives, at a fixed engine-speed (3000 1/min) and under five different engine loads, being tested, the amount of CO, CO₂ and

HC emissions has been investigated. The results show that in the two-stroke engines, the vegetable oils can be used for decreasing the harmful effect of emissions instead of mineral oils.

Key Word : Two-stroke engine, vegetable oil, mineral oils, performance, emissions.

Science Code : 708.3.026



TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Abdurrazzak AKTAŞ'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgmeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	iv
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2	4
LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
BÖLÜM 3	7
İKİ ZAMANLI MOTORLAR	7
3.1. İKİ ZAMANLI MOTORLARIN TARİHÇESİ	7
3.2. İKİ ZAMANLI MOTORLARIN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ	9
3.2.1. Sıkıştırma İşlemi	11
3.2.2. Yanma ve Genişleme İşlemi	11
3.2.3. Egzoz İşlemi	12
3.2.3.1. Port Zaman Diyagramları	12
3.2.4. Süpürme Teorisi.....	13
3.2.4.1. Dönüş (Ters) Akışlı Süpürme	14
3.2.5. İki ve Dört Zamanlı Motorların Kıyaslanması	14

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4	16
MOTOR YAĞLARI VE MOTORLARDA YAĞLAMA	16
4.1. MOTORLARDA YAĞLAMA ŞEKİLLERİ	18
4.1.1. Yakıtta Yağ Karıştırarak Yağlama	18
4.1.2. Çarpmalı Yağlama	18
4.1.3. Cebri Pompalı Yağlama.....	18
4.2. MOTOR YAĞLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ.....	19
4.3. MOTOR YAĞLARININ SINIFLANDIRILMASI.....	22
4.3.1. Taşıt Yağları	22
4.3.1.1. Viskozite Sınıflandırması.....	23
4.3.1.2. Motor Yağları Servis Sınıflaması	24
4.4. MOTOR YAĞLARININ DEĞİŞTİRİLME SÜRELERİ	31
4.5. MOTOR YAĞLARININ BOZULMASI VE SEBEPLERİ.....	31
BÖLÜM 5	34
BİTKİSEL YAĞLAR VE ÖZELLİKLERİ	34
5.1. BİTKİSEL YAĞLARIN YAPISI	34
5.2. BİTKİSEL YAĞLARIN ISIL DEĞERİ	36
5.3. BİTKİSEL YAĞLARIN VİSKOZİTESİ.....	36
5.4. HİNT YAĞI BİTKİSİ	36
5.4.1. Hint Yağı	37
5.4.2. Hint Yağının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	38
5.4.2.1. Hint Yağının Kullanım Alanları	39
5.4.3. Hint Yağının Dünyada ve Türkiye’de Üretimi.....	40
5.5. KANOLA YAĞI.....	41
5.5.1. Kanola Yağının Türkiyedeki Yeri	44
5.5.2. Kanola Yağının Dünyada ve Türkiyedeki Pazarı	44
5.6. AYÇİÇEK YAĞI	45
5.6.1. Botanik Özellikleri.....	45
5.6.2. İklim ve Toprak Özelliği	46

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 6	48
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	48
6.1. DENEYSEL ÇALIŞMANIN AMACI	48
6.2. DENEYLERE İLİŞKİN ÖZELLİKLER.....	48
6.2.1. Deney Yeri.....	48
6.2.2. Deney Motoru	49
6.2.3. Elektriksel Yükleyici Lamba Panosu	50
6.3. DENEYDE KULLANILAN ÖLÇÜM CİHAZLARI	51
6.3.1. Emisyon Ölçüm Cihazı.....	51
6.3.2. Is Emisyon Cihazı.....	52
6.3.3. Dijital Tartı, Yakıt Deposu Akış Düzeneği ve Kronometre	52
6.3.4. Devir Ölçücü Takometre Sensör ve Panosu	53
6.3.5. K Tipi Termokupl ve Sıcaklık Gösterge Cihazı	54
6.3.6. Karışım Hazırlama Beher Ölçek.....	54
6.4. DENEYLERİN YAPILIŞI	55
6.4.1. Motorda Kullanılan Yağlayıcının Değiştirilmesi Sonucu Elde Edilen Performans ve Emisyon Değerlerinin Ölçümü	56
BÖLÜM 7	60
BULGULAR VE TARTIŞMALAR	60
7.1. MOTOR PERFORMANS GÖSTERGELERİ VE ÖZGÜL YAKIT TÜKETİMİ.....	60
7.1.1. Özgül Yakıt Tüketimi	60
7.1.2. Egzoz Gaz Sıcaklığı.....	62
7.2. EMİSYON GÖSTERGELERİ	63
7.2.1. Karbonmonoksit (CO) Emisyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	63
7.2.2. Karbondioksit (CO ₂) Emisyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	66
7.2.3. Hidrokarbon (HC) Emisyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi	68
BÖLÜM 8	73
SONUÇ VE ÖNERİLER	73
8.1. SONUÇLAR	73
8.2. ÖNERİLER	74

	<u>Sayfa</u>
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	78



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Sir Dugald Clerk tarafından geliştirilen iki zamanlı motorun şematik resmi	9
Şekil 3.2. İki zamanlı bir motorun gaz değişim diyagramı.....	10
Şekil 3.3. İki zamanlı benzinli bir motorun çalışmasının şematik gösterimi.....	10
Şekil 3.4. İki zamanlı benzinli bir motorun port zamanlama diyagramı	13
Şekil 3.5. Dönüş (ters) akımlı süpürme	14
Şekil 5.1. Sıvı yağ oluşturan bitkiler.....	34
Şekil 5.2. Yağ rafineri ünitesi	35
Şekil 5.3. Hint yağı bitkisi	37
Şekil 5.4. Hint yağı tohumu	37
Şekil 5.5. Risinoleik asidin kimyasal yapısı	38
Şekil 5.6. Ayçiçek bitkisi.....	47
Şekil 6.1. Deney düzeneğinin genel görüntüsü.....	48
Şekil 6.2. Deney düzeneğinin şematik görünümü	49
Şekil 6.3. Deney motorunun şekli.....	50
Şekil 6.4. Elektriksel yükleyici lamba panosu	50
Şekil 6.5. Emisyon ölçüm cihazı.....	51
Şekil 6.6. İS emisyon cihazı	52
Şekil 6.7. Yakıt rezervuar akış düzeneği ve kronometre	53
Şekil 6.8. Devir ölçücü takometre sensör ve panosu	53
Şekil 6.9. K tipi termokupl ve sıcaklık gösterge cihazı	54
Şekil 6.10. Beher ölçek kabı	55
Şekil 6.11. Deney düzeneğinin 3 boyutlu şematik görünümü	57
Şekil 6.12. Motor yay-karbüratör vakum mekanizması.....	58
Şekil 7.1. Benzine eklenen konala yağı, ayçiçek yağı ve hint yağının motor yüküne bağlı olarak özgül yakıt tüketimine etkisi.....	61
Şekil 7.2. Benzin içerisine katılan 2T yağ yerine bitkisel yağ ilavesinin egzoz sıcaklığına etkisi	62

Sayfa

Şekil 7.3. Mineral esaslı yağ yerine bitkisel esaslı yağların CO emisyonuna etkisi.....	63
Şekil 7.4. Mineral esaslı yağ yerine bitkisel esaslı yağların CO ₂ emisyonuna etkisi.....	66
Şekil 7.5. Bitkisel esaslı yağlayıcılar ile 2T yağı kullanılması ile elde edilen HC emisyon sonuçlarının karşılaştırılması	69



ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Viskozite sınıflaması tablosu	23
Çizelge 4.2. Benzin yağlarının sınıfları.....	24
Çizelge 4.3. 2T plus motor yağının özellikleri.....	26
Çizelge 4.4. Ultra 5W/40 yağının özellikleri	27
Çizelge 4.5. Maxıma 10W/40 yağının özellikleri	28
Çizelge 4.6. Süper akra yağının özellikleri	29
Çizelge 4.7. Petrogaz 20W/50 yağının özellikleri	29
Çizelge 4.8. Dizel motoru yağlarının sınıflaması.....	30
Çizelge 5.1. Literatürde çeşitli kaynaklardan elde edilen verilere göre hint yağının yağ asidi bileşimi.	38
Çizelge 5.2. Hint yağının bazı fiziksel özellikleri.....	39
Çizelge 5.3. Rafine edilmiş ayçiçek yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	47
Çizelge 6.1. Motor-jenaratör özellikleri.....	49
Çizelge 6.2. Emisyon cihazının ölçüm aralıkları ve hassasiyeti	51

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

N ₂	: Azot
H ₂	: Hidrojen
O ₂	: Oksijen
C	: Karbon
S	: Kükürt
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
Cl	: Klor
HP	: Beygir Gücü
h	: Saat
kW	: Kilowatt
g	: Gram
~	: Yaklaşık
Pe	: Efektif güç
Π	: Pi sayısı
Me	: Efektif Moment
OH	: Hidroksit
m_y	: Kütleli debi
HC	: Hidrokarbon
MPa	: MegaPascal
N	: Duman koyuluğu
V'_h	: Etkin strok hacmi
K	: Işık absorpsiyon katsayısı

KISALTMALAR

ASTM	: American Society for Testing Materials (Amerikan Malzeme Test Birliği)
AA	: Ateşleme Avansı
AÖN	: Alt Ölü Nokta
API	: American Petroleum Institute (Amerikan Petrol Enstitüsü)
AC	: Alternatif Akım
CEC	: Coordinating European Council (Avrupa Koordinasyon Konseyi)
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
DC	: Doğru Akım
EgAA	: Egzoz Supabı Açılma Avansı
EgKG	: Egzoz Supabı Kapanma Gecikmesi
EmAA	: Emme Supabı Açılma Avansı
EP	: Extreme Pressure (Aşırı Basınç)
EgKG	: Egzoz Supabı Kapanma Gecikmesi
HCHO	: Aldehitler
HC	: Hidrokarbon
KOH	: Potasyum Hidroksit
min	: Dakika
NO _x	: Azotoksit
ÖYT	: Özgöl Yakıt Tüketimi (g/kWh)
PAO	: Polialfaolefin
ppm	: Parts per Million (Milyonda Bir Birim)
PPG	: Poli Propilen Glikol
SAE	: Society of Automotive Engineers (Otomobil Mühendisleri Topluluğu)
TBN	: Toplam Baz Sayısı
ÜÖN	: Üst Ölü Nokta

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günlük hayatta birçok farklı amaçla kullanılan benzinli motorlardan çıkan dumanın, çevreye zararlı değişik gaz emisyonlarının oluşmasına yol açtığı bilinmektedir. Günümüzde kullanılan motor yağları petrol kökenli mineral yağlardan elde edilmektedir. Motor teknolojisinin gelişimine paralel olarak mineral esaslı yağların her geçen gün daha yoğun olarak kullanılmasındaki en önemli etken, mineral yağların bol bulunması ve mineral yağların özelliklerinin devamlı olarak iyileştirilebilmesi ve motor performans ihtiyaçları için gün geçtikçe daha uygun hale getirilebilmiş olmasıdır. Son 60 yıl içerisinde mineral esaslı yağlayıcılar üzerinde yapılan yoğun çalışmalar sonucunda, mineral esaslı yağlayıcıların başta viskozite ve dağılma özelliği olmak üzere bir çok özellikleri önemli derecede iyileştirilmiş ve bu özellikleri sayesinde başta araç ve makinelerin döner ve kayar parçaları olmak üzere birçok alanda yağlayıcı olarak kullanımları yaygınlaşmıştır. Ancak bütün bu avantajlara ve üstün özelliklere rağmen mineral esaslı yağlayıcıların en öne çıkan dezavantajı, yüksek miktarda emisyon oluşumuna yol açmaları ve çevre için büyük bir tehdit olarak görülmeleridir.

Buji ateşlemeli motorlarda kullanılan hidrokarbon (HC) kökenli yakıtların ideal koşullar altında hava ile tam yanması sonucu elde edilen yanma ürünleri, CO₂, H₂O ve N₂ den oluşmaktadır. Karbondioksit (CO₂) doğrudan çevre ve insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere sahip değildir. Ancak yanma sonucu üretilen CO₂'in yaklaşık %50' si atmosferde birikerek CO₂ konsantrasyonunun artışına neden olmaktadır. Atmosferde mevcut CO₂ miktarının hava şartlarını (iklimi) etkileme özelliği bulunduğundan, bu artış sonucunda "Sera Etkisi" olarak adlandırılan atmosferin giderek ısınması olayı meydana gelmektedir [1]. Yanma sırasındaki ara

ürünler ve ayrışma reaksiyonları sonucunda oluşan ürünlerde, ortaya çıkan kirletici maddeleri belirlemektedir.

Buji ateşlemeli motorlarda hidrokarbon yakıtların yanması sonucu oluşan başlıca zararlı maddeler şunlardır;

- Yanmamış hidrokarbonlar (HC)
- Karbon monoksit (CO)
- Azot oksitler (NO_x)
- Aldehitler (HCHO vb.) [2]

Yüksek emisyon oluşumuna bağlı olarak oluşan çevre sorunları ve toplumların çevrenin korunması konusunda duyarlı hale gelmesi ile birlikte gaz emisyonların azaltılmasını gerçekleştirme doğrultusunda çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır. Bu hedef ile çevreyi daha az kirleten ve sentetik olarak isimlendirilen yenilenebilir kaynaklardan motor yağı elde edilmesi ve bu yağların motorun ihtiyacına uygun hale getirilmesi için girişimlerde bulunmaktadır.

Günümüzde sentetik yağlama yağları petrol dışı yenilenebilir kaynaklara dayalıdır. Bitkisel yağların viskozite indeksleri ve alevlenme noktası madeni yağlara oranla daha iyi değerlere sahip olmaktadır.

Bitkisel kökenli ve çevre dostu yağlama yağları, yağlar ve yağ türevleridir. Yağ türevlerinin başında da yağ esterleri gelmektedir. 19. yüzyıl öncesinde ilk olarak hint yağı olmak üzere, bitkisel yağlardan sağlanan yağlayıcılar, yağlama amacıyla yoğun olarak kullanılmıştır. Her ne kadar petrol rafinasyonunun gelişimine bağlı olarak madeni yağların uzun yıllar bol miktarda ve ucuz bulunması ile beraber bitkisel yağlara ilgiyi azaltmışsa da, 80'li yıllardan sonra sentetik yağlayıcıların önemi tekrar önem kazanmaya ve kullanımı daha çok artmaya başlamıştır [3].

Bu çalışmada, mineral yağı esaslı olan ve günümüzde benzinli motorlarda temel yağlayıcı olarak kullanılan iki zamanlı motor yağına alternatif olarak değişik bitkisel yağlar kullanılarak egzoz emisyon değerlerinin azaltılması ve iki zamanlı benzinli

motorların çevreye vermiş oldukları olumsuz etkinin minimize edilmesi amaçlanmıştır.



BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde benzinli motorlarda yağlayıcı olarak mineral esaslı ve bitkisel esaslı yağlayıcıların kullanıldığı görülmektedir. Ancak petrol endüstrisinin gelişimi ile birlikte mineral esaslı yağlayıcıların, bitkisel esaslı yağlayıcılara oranla daha çok kullanıldığı ve bu durumun günümüzde de halen geçerliliğini koruduğu müşahade edilmektedir. Bununla beraber mineral esaslı yağlayıcıların çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve yüksek miktardaki emisyon oranları, araştırmacıları bitkisel esaslı yağlayıcıların geliştirilmesine sevk etmiş ve bu konuda bazı çalışmalar yapılmıştır.

Günümüzde iki zamanlı motorlarda emisyon seviyelerinin azaltılması için yoğun çalışmalar yürütülmektedir.

Tamba vd., egzoz zamanının geciktirilmesi ve karbüratör karışımının zayıflatılmasının 25cc'lik iki zamanlı bir motor üzerindeki etkilerini incelemiş ve yakıt-hava oranının azaltılması ile eş zamanlı olarak egzoz zamanının azaltılması sonucunda, hidrokarbon (HC) ve CO emisyon miktarlarının önemli derecede azaltılabileceğini fark etmiştir [4].

De Gee vd., Polialfaolefin (PAO) Polipropilen glikol ve mineral esaslı yağların yağlayıcılık özelliklerini tespit edebilmek için bu yağlayıcıların aşınma ve sürtünme azaltma özelliklerini sınır yağlama koşulları altında incelemiştir. Yapılan bu çalışmada Polialfaolefin (PAO) esaslı yağlayıcıların aşınma azaltma eğilimlerinin mineral yağlayıcılara oranla oldukça yüksek olduğu; Poli Propilen Glikol (PPG) yağlayıcıların özelliklerinin ise PAO esaslı yağlayıcılara genellikle eşit veya çok az daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir [5].

Ram ve Setruaninh, sabit ve kademeli yük altında yağlama mekanizması kullanarak yüksek hızlı bir disk makina üzerinde iki pistonlu motor yağlarının sürtünme karakteristiklerinin tespit edilebilmesini sağlayacak bir teknik geliştirmişlerdir [6].

Masjuki vd., hint yağı metil esterleri ile karıştırılarak elde edilen bir yağlayıcıyı iki zamanlı bir motorda kullanarak hint yağı esaslı metil esterlerin yağlayıcı katkı maddesi olarak kullanabileceğini göstermektedir. Hint Yağı ve mineral esaslı yağların tribolojik emisyon ve performansını esas alan bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada yağların aşınma sürtünme, viskozite yağlayıcılık özelliğinin azalması ve egzoz emisyonlarının değerlendirilmesi amacıyla piston segmanları ile silindir arasındaki mekanik sürtünme kayıplarını minimize etmek üzere bir test seti hazırlanmış ve bu deney sonucunda hint yağının özgül aşınma oranının mineral esaslı yağların oranının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum ayrıca sürtünme katsayısının hint yağı esaslı yağlayıcılarda mineral yağ yağlayıcılarına oranla daha yüksek olduğunu ve buna bağlı olarak hint yağı esaslı yağlayıcılarda malzeme kaybını daha yüksek göstermektedir. O₂, CO, HC ve CO₂ yüksek olmakla beraber hint yağı esaslı yağlayıcılar HC emisyonlarının daha düşük olduğu gözlemlenmektedir [7].

Choi vd., Kişilerinin çalışmalarına göre literatürde aşınma önleyici katkı maddelerinin bitkisel yağları içerisinde kullanımı ve bu karışımların tribolojik performanslarının değerlendirilmesine yönelik yapılan çalışmalar da mevcuttur [8].

Busch ve Blacke'nin çalışmaları biyolojik aşınma önleyici özelliği olan yağlayıcılar üzerinde yapılan araştırmalarına göre çevre dostu yağlayıcıların ticari olarak yaygınlaşmasında büyük rol oynamaktadır [9].

Flider, çalışmalarına göre kolza tohumu, Anon, çalışmalarına göre ise Kanola bitkisel yağlar içerisinde en ümit vaadedici özelliklere sahiptir [10, 11].

Anon, bir diğer çalışmada ise bu yağların büyük oranda yenilenebilir ve sentetik esaslı yağlayıcılara göre daha az maliyetli olmakla birlikte yağlayıcı olarak oldukça

iyi performans ve kabul edilebilir düzeyde performans gösterebildiğini açıklamıştır [12].

Asaduskas vd., biyolojik olarak yenilenebilir yağlayıcıların viskozite, oksitlenme stabilitesi, kalıntı oluşturma ve yağlayıcılık gibi temel özelliklerini incelemiştir. Yapılan deneyler, bitkisel esaslı yağlayıcıların (kastor yağı) viskozite indekslerinin, minerall esaslı yağlayıcılara oranla çok daha yüksek olduğunu göstermiştir [13].

Yukarda yapılan literatür araştırmasında da görülebileceği üzere bitkisel esaslı yağlayıcıların iki zamanlı motorlarda yağlayıcı madde olarak kullanımı konusunda çeşitli çalışmalar yapılmış olmakla birlikte bu çalışmalar daha çok motor yağlayıcı viskozitesinin iyileştirilmesi aşınma, sürtünme dayanımlarının geliştirilmesi konusunda yoğunlaştığı; bununla birlikte bitkisel esaslı yağlayıcıların egzoz emisyonları üzerindeki etkilerinin incelenmesi konusunda yapılan çalışmaların nispeten daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple bu çalışmada 3 farklı bitkisel yağlayıcı kullanımında iki zamanlı bir motorun egzoz emisyonları üzerinde yaptığı etki araştırılmıştır.

BÖLÜM 3

İKİ ZAMANLI MOTORLAR

3.1. İKİ ZAMANLI MOTORLARIN TARİHÇESİ

İki zamanlı motorlar oldukça basit bir yapıya sahiptir. İlk iki zamanlı motorun 19. Yüzyılın sonlarında Sir Dugald Clerk tarafından geliştirildiği kabul edilir. Bu nedenle Clerk çevrim motoru olarak isimlendirilir. Clerk tarafından geliştirilen bu iki zamanlı motorda silindire karışımın alınması için ikinci bir piston kullanıldığı Şekil 3.1' de görülmektedir. 1891 yılında Joseph Day karterden doldurmalı iki zamanlı bir motorun patentini almıştır. Day bu iki zamanlı motorunda emme ve egzoz portlarının zamanlamasını piston ile kontrol etmiştir. Günümüzde iki zamanlı motorlar genelde bu ikinci versiyonu ile tanınmıştır [14].

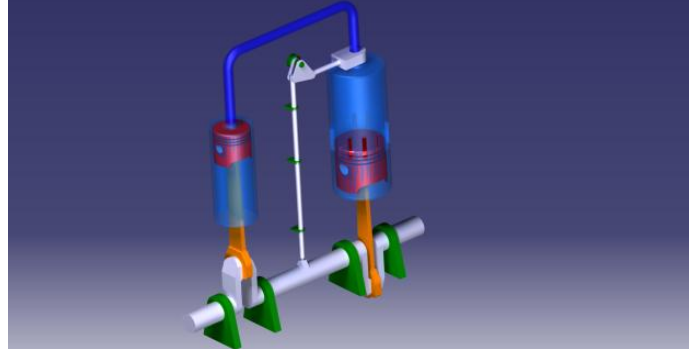
İkinci dünya savaşı sırasında petrol kaynaklarındaki azalma eğilimi ile birlikte iki zamanlı motorlar imalat ve yakıt ekonomikliğinden dolayı dört zamanlı motorlara göre avantajlı duruma geçmiştir. Bu avantajından dolayı iki zamanlı motorlar üzerine yapılan çalışmalarda hızlı bir artış söz konusu olmuştur. 1980'li yıllarda emisyon kirliliğinin gündeme gelmesiyle beraber iki zamanlı motorların gelişiminde ve kullanılmasında duraklama meydana gelmiştir. Çünkü o dönemlerde iki zamanlı motorlar dört zamanlı motorlara göre CO, HC ve yağlama yağı emisyonları bakımından daha fazla kirletici emisyonlara sahipti. Bu kirletici emisyonları oluşma sebebi iki zamanlı motorlarda içeriye alınan dolgunun bir kısmının yağlama yağıyla karışarak doğrudan egzoz portundan dışarıya atılması olarak gösterilebilir. Daha sonraki çalışmalarda iki zamanlı motorların kirletici emisyonlarının düşürülmesi üzerine yapılan araştırmalar güzel sonuçlar vermiş ve emisyon bakımından da dört zamanlı motorlarla yarışır duruma gelmişlerdir.

İki zamanlı motorların otomobillerde kullanılması 1930'lu yıllarda olmuştur. Bu dönemde neredeyse tüm otomobil firmaları otomobillerinde iki zamanlı motorları kullanmış veya denemeler yapmıştır. Örneğin Wartburg, Trabant, Auto Union, GM ve Saab gibi büyük firmalar gelmektedir. 1970 yılına kadar Wartburg ve Trabant firmaları 127000 adet iki zamanlı motora sahip otomobil satmış ve 1987'de ise 218000 adetle maksimum seviyesine ulaşmıştır [16].

İki zamanlı dizel motorları benzinli motorlardan ayıran özellik dört zamanlı motorlarda olduğu gibi yakıtın ÜÖN yakınlarında bir enjektör vasıtasıyla sıcak hava üzerine püskürtülmesi olmuştur. Genel olarak her iki tip motordaki bütün parçalar benzer yapıya sahiptirler. Dizel motorları termik verimlerinin yüksek olması nedeni ile yüksek güç istenen alanlarda iki zamanlı motorlar arasında da tercih sebebi olmuştur. İki zamanlı dizel motorları genelde lokomotifler, gemiler, uçaklar ve kamyonlarda kullanılmıştır.

İki ve dört zamanlı motorları model motorları olarak birçok farklı kullanım alanı bulmaktadır. Birçok ülkede, iki ve dört zamanlı model motorları üretilmektedir [15].

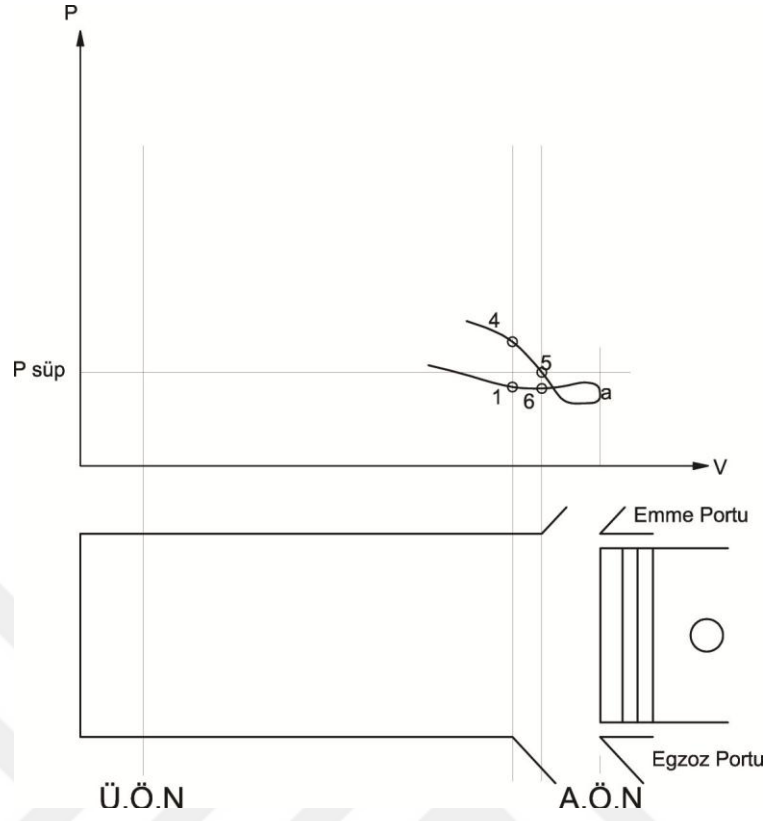
Günümüzde birçok alanda kullanılan iki zamanlı motorların tercih sebeplerinden en önemlileri yapısının basit, ekonomik ve özgül gücünün yüksek olmasıdır. Ayrıca iki zamanlı motorların en çok kullanıldığı alanlardan birkaçı motosikletler, mobiletler, otomobiller, zincirli testereler, çim kesme makineleri, küçük el aletleri, küçük çaplı güç üniteleri, eğlence amaçlı uzaktan kumandalı oyuncaklar, hafif uçaklar, botlar yarış tekneleri, hatta büyük gemiler ve askeri uçaklardır [14].



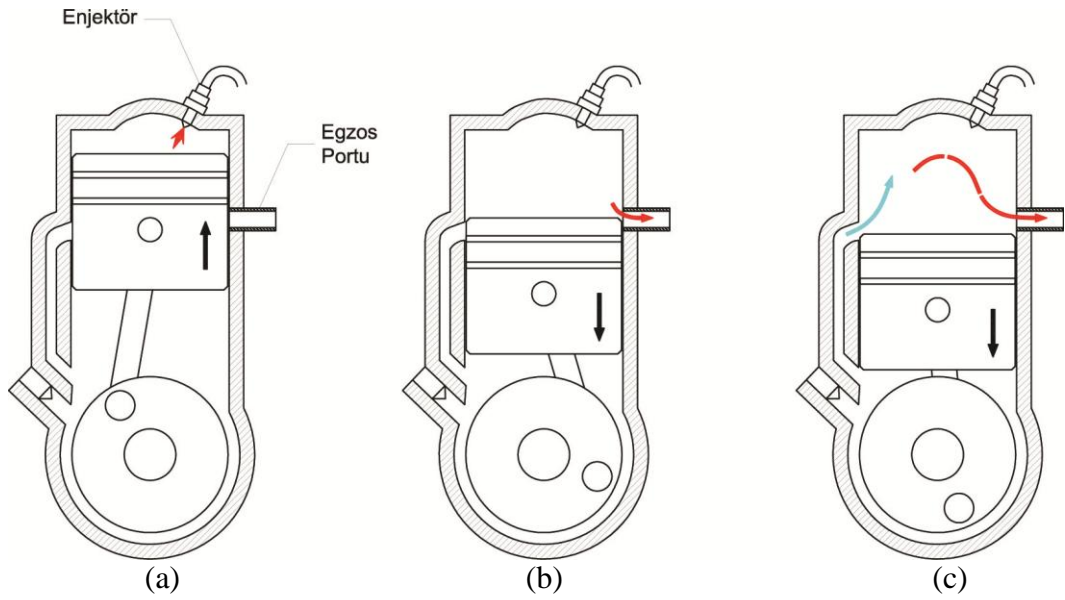
Şekil 3.1. Sir Dugald Clerk tarafından geliştirilen iki zamanlı motorun şematik resmi.

3.2. İKİ ZAMANLI MOTORLARIN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Krank milinin tam bir devrinde, diğer bir deyimle pistonun iki stroğunda bir iş çevrimi oluşturan makinelere iki zamanlı motor olarak adlandırılır. İki zamanlı motorlarda karışım silindire silindir gövdesine açılmış portlardan girerken, gazların atılışı, yine silindir gövdesi üzerine açılmış egzoz portları veya egzoz supapları üzerinden oluşmaktadır. Şekil 3.2’de iki zamanlı bir motorun gaz değişim diyagramı, Şekil 3.3’de iki zamanlı bir benzinli motorun çalışması şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 0.2. İki zamanlı bir motorun gaz değişim diyagramı [17].



Şekil 0.3. İki zamanlı benzinli bir motorun çalışmasının şematik gösterimi. a) Sıkıştırma, Kartere emme b) Genişleme, Karterde sıkıştırma c) Süpürme.

3.2.1. Sıkıştırma İşlemi

Piston AÖN'da iken silindir içerisi taze karışım (yakıt-hava karışımı) ve artık egzoz gazları ile doludur. Piston ÜÖN'ya giderken daha yüksek olan egzoz portları kapanıncaya kadar etkin bir sıkıştırma olmaz. Taze karışımın bir bölümü egzoz portlarından dışarı kaçar. Bu durum iki zamanlı benzin motorlarının verimlerinin düşük olmasının temel nedenidir. Egzoz portları kapandıktan sonra etkin sıkıştırma başlar. Politropik sıkıştırma sonunda gazların basınç ve sıcaklığı artar. Taze karışımın içindeki yakıt buharlaşır ve tutuşmaya hazır duruma gelir. Pistonun üst tarafı sıkıştırma yaparken alt tarafı karter boşluğu ve vakum oluşturur. Piston ÜÖN'ya yaklaştığında kartere taze karışım giriş portuna yakıt hava karışımı dolar. Sıkıştırma sonunda;

- Basınç;
 - Benzin motorlarında 10-14 bar
 - Dizel motorlarında 30-50 bar
- Sıcaklık;
 - Benzin motorlarında 550-750 K
 - Dizel motorlarında 700-900 K olur [18].

3.2.2. Yanma ve Genişleme İşlemi

Piston ÜÖN'ya yaklaşırken ateşleme avansı kadar önce bujide elektrik kıvılcımı oluşturulur. Yanmaya bağlı olarak küresel bir alev cephesi oluşur ve hızlı bir şekilde genişler. Yanma 1/1000 saniye kadar sürdüğünden bu sırada piston çok az hareket edebilir. Bu nedenle, yanmanın yaklaşık olarak sabit hacimde olduğu varsayılabilir. Yakıtın yanma ısısı açığa çıkar ve sıcaklık ve basınç birdenbire artar. Oluşan basınçlı yanmış gazlar pistonu hızla AÖN'ya iter, hacim artar ve politropik genişleme olur. Krank milinden döndürme momenti ve yararlı iş elde edilir. Bu arada pistonun alt yüzü, kartere daha önceden dolmuş olan yakıt-hava karışımını biraz sıkıştırır. Piston AÖN'ya yaklaştığında, önce egzoz portları açılır. 0,3-0,5 MPa basınçlı yanmış gazlar egzoz kanalından hızla dışarıya boşalmaya başlar ve basınç hızlı bir şekilde düşer. Bunun ardından süpürme portları da açılır. Karterde biraz sıkıştırılmış olan taze

karışım süpürme portlarından silindire gelerek, geriye kalan egzoz gazlarını süpürür ve dışarıya atar. Taze karışımı yönlendirerek daha iyi bir süpürme sağlamak amacı ile süpürme portları hafif alttan yukarı ve teğetsel olarak açılabilir ve piston tablasının üst tarafı hafif çıkıntılı yapılabilir. Süpürme yapılırken taze karışımın bir bölümü egzoz gazları ile dışarı kaçabilir. Ayrıca akım çizgilerinin ulaşamadığı ölü noktalarda artık egzoz gazları bulunabilir. Bu da iki zamanlı benzin motorlarının verim ve güç düşüklüğünün başka bir nedenidir. Böylece pistonun iki hareketi veya krank milinin bir tam turu sonunda bir iş çevrimi tamamlanmış olur.

İki zamanlı motorlarda, portların açılma ve kapanma süreleri ile ateşleme veya püskürtme avanslarının önemi büyüktür. İki zamanlı motorların supap zamanları ve ateşleme avansları aşağıdaki değerler arasında değişmektedir [18].

Egzoz Portları	EgAA	50-60 ° K.M.A.	AÖN'dan önce
	EgKG	50-60 ° K.M.A.	AÖN'dan sonra
Emme Portları	EmAA	30-40 ° K.M.A.	AÖN'dan önce
	EmKG	30-40 ° K.M.A.	AÖN'dan sonra
Ateşleme Avansı	A.A.	10-20 ° K.M.A.	ÜÖN'dan önce

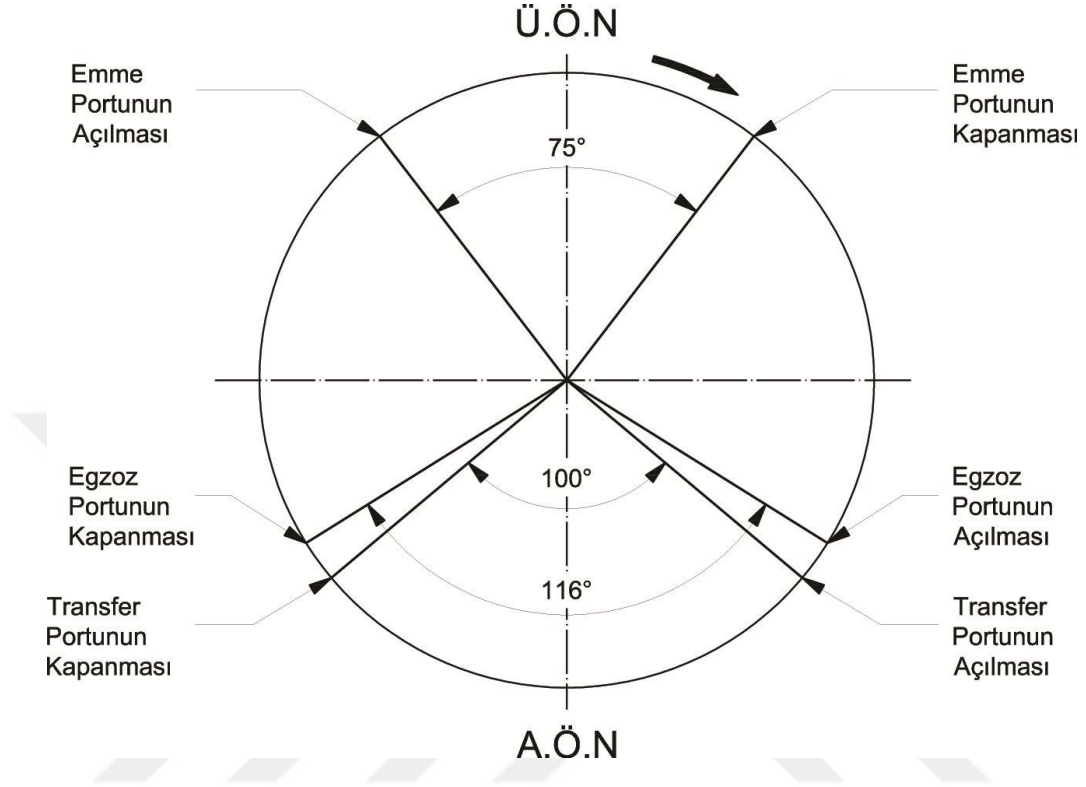
Egzoz ve emme portlarının açılma avansları ve kapanma gecikmeleri aynı ise simetrik; farklı ise asimetrik olarak adlandırılır [18].

3.2.3. Egzoz İşlemi

3.2.3.1. Port Zaman Diyagramları

İki ve dört zamanlı motorların tümünde, bir iş çevrimi için emme, sıkıştırma, yanma-genişleme ve egzoz süreçleri gereklidir. İki ve dört zamanlı motorlar arasında termodinamik olaylar bakımından hiç bir fark yoktur. Fark, karışımın silindirlere alınışı ve egzoz gazlarının silindirlerden atılışındadır. Egzoz gazlarının silindirlerden atılışı ve süpürme havası veya karışımının silindirlere verilmesi, port zaman diyagramı

denilen diyagramlar üzerinden açıklanmaktadır. Şekil 3.4' de iki zamanlı benzinli bir motorun port zaman diyagramı görülmektedir.



3.2.4. Süpürme Teorisi

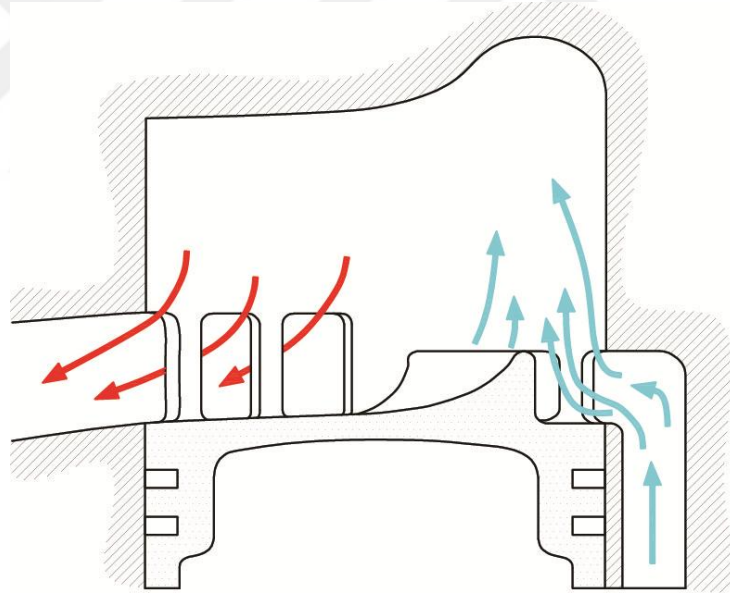
İki zamanlı motorlarda silindirin egzoz gazlarından temizlenmesi olayına süpürme adı verilir. Dört zamanlı motorların silindirlerinin egzoz gazlarından temizlenmesi piston tarafından cebren sağlanır. Egzoz zamanının sonuna doğru oluşturulan supap bindirmesi de yanma odasının atık gazlardan temizlenmesinde yardımcı olur. İki zamanlı motorlarda ise pistonun egzoz gazlarını süpürmesi söz konusu olmadığından, silindirlerin egzoz gazlarından temizlenmesinde atmosfer basıncından biraz daha yüksek basınçtaki hava veya karışımın süpürme etkisinden yararlanılır.

İki zamanlı motorlarda silindirlerin egzoz gazlarından temizlenmesi ve temiz hava veya karışımla doldurulması, yakıt ekonomisi ve yüksek verim sağlanmasını olumlu etkiler. Bu amaca yönelik olarak iki zamanlı motorlarda iki ayrı süpürme yöntemi

kullanılmaktadır. Bunlar dönüş veya ters akışlı süpürme ve doğru akışlı süpürmedir. Doğru akışlı süpürme, hava-yakıt karışımının emme portundan girdiği, egzoz gazlarının egzoz supaplarından çıktığı iki zamanlı motorlarda kullanılmaktadır [20].

3.2.4.1. Dönüş (Ters) Akışlı Süpürme

Bu tür süpürmede hava veya karışımın silindire verilmesi ve egzoz gazlarının atılması, silindirlerin gövdeleri veya gömleklerine açılmış portlar yardımıyla sağlanır. Hava veya karışım, süpürme portlarından silindirlere verilir, silindir kapağına doğru yükselir ve ona çarparak geriye döner. Bu arada önüne kattığı gazları da egzoz portlarından silindir dışına atar. Hava veya karışım akımı yönünün önce yukarı, sonra aşağıya doğru oluşu nedeniyle bu süpürme yöntemine “Dönüş (Ters) Akışlı Süpürme” denir [20]. Şekil 3.5’te Dönüş (ters) akışlı süpürme görülmektedir.



Şekil 0.5. Dönüş (ters) akımlı süpürme [20].

3.2.5. İki ve Dört Zamanlı Motorların Kıyaslanması

İki zamanlı motorların yararları ve sakıncaları, dört zamanlılarla karşılaştırmalı olarak şu şekilde özetlenebilir [19]:

Dört zamanlı motorlara göre, eşit ana boyutlar (silindir çapı ve piston stroku), silindir sayısı ve devir sayılarında teorik olarak iki misli güç üretirler. Böylelikle, aynı güç için iki zamanlı motorların özgül ağırlığı ve boyutları dört zamanlı motorlarınkinden önemli şekilde küçük olur.

Özellikle silindir sayısının dörtten fazla olduğu motorlarda, krank milinin moment dalgalanmalarına karşı iyi dengelenmesi nedeniyle ağır bir volana gerek yoktur. Yüksek devirli dört zamanlı motorlar ise düzgün çalışma sağlayabilmek için daha ağır volanlar gerektirirler.

İki zamanlı motorlarda dört zamanlı motorlara göre daha yüksek mekanik verim değerleri sağlanmaktadır.

İki zamanlı motorların dört zamanlı motorlara göre bir başka üstünlüğü de yapılarındaki sadeliktir. Özellikle dört zamanlı motorlarda supap mekanizmasının karmaşık yapıda oluşu ve çok gürültülü işletmeye neden olması, dikkate alınması gereken önemli bir sakıncadır.

İki zamanlı motorlarda yeterli olmayan süpürme havası veya karışımı kullanıldığında, silindirler egzoz gazlarından iyi temizlenememekte, ayrıca silindirler iyi şarj edilmediklerinden, dört zamanlılara oranla daha küçük ortalama basınçlar elde edilmektedir. Diğer yandan, fazla süpürme karışımı kullanıldığında ise karışım kaybı olmakta, yakıt ekonomisi kötüleşmektedir.

İki zamanlı motorların egzozu olan karışım kaybı nedeniyle ısı kayıpları daha fazla ve egzoz emisyonları daha kötüdür ve genellikle standartları karşılayamamaktadır.

İki zamanlı motorlarda süpürme etkinliğini artırmak üzere yetersiz susturucu kullanılmakta, bu nedenle egzoz gürültüsü daha fazla olmaktadır [19].

BÖLÜM 4

MOTOR YAĞLARI VE MOTORLARDA YAĞLAMA

İki metal elamanın birbiri üzerinde hareket etmelerini kolaylaştırmak amacı ile aralarına konan maddelere ‘yağ’ ve ‘yağlayan’, yaptıkları işe de ‘yağlama’ denir. Yağlamada, metal yüzeylerin birbiri ile olan temasları ortadan kalkar ve elamanlar, yağ filmi üzerinde hareket ederler.

Taşıtlarda kendinden beklenen bazı görevleri yerine getirmesi için yağlar kullanır. Motorların yağ haznesine konurlar buradan bir pompa yardımıyla krank ve piston kolu yatakları, kam mili ve tertibatına, eğer varsa kompresör ve türbin mili yataklarına gönderilir. Pompalandıkları veya yerlerde yağlama görevini tamamladıktan sonra kartere geri dönerler [3].

Yağlamada ki temel amaç; temasta olan birbirine göre izafi harekette bulunan iki yüzey arasındaki sürtünme ve aşınmayı makul olan minimum seviyeye indirmektir. Bunun yanında yağlama yağının diğer görevleri, parçalar arasında oluşan pislikleri temizlemek, silindir cidarı ile piston-segman arasındaki boşlukları doldurarak sızdırmazlık sağlamak, yataklarda ve diğer hareketli motor parçalarındaki vuruntuyu yok ederek gürültü ve sesleri azaltmak ve motor parçalarının ömrünü arttırmaktır. Genel anlamda yağların görevleri;

- Sürtünme kontrolü
- Aşınma kontrolü (soğutma sağlama)
- Sıcaklık kontrolü
- Korozyon kontrolü
- Kuvvet iletimi
- Temizleme etkisidir

Aşınma

Aşınma olayı en belirgin olarak krank yatakları, silindirler, segmanlar, pistonlar, piston kolu yatakları, kam mili ve tertibatında görülür. Aşınmanın temel nedenleri “Abrasion” yani sert parçacıkların çizilmesi, ”Friction” yani metalin metale teması,”Corrosion” yani asidik maddelerin tahribatıdır. Hava filtresinden sızan toz ve kir, aşınma ürünü metal parçacıklar ile yağda erimeyen oksidasyon ürünleri gibi ürünler sürtünen yüzeyler arasına girerek aşınmaya neden olacaktırlar. Motor içinde devamlı devir daim eden yağ bu toz, pis ve kiri alarak yağ filtresine taşır ve yağ temizlenir [3].

Soğutma

Motor parçalarının yüksek sıcaklıklarda özelliklerini kaybedip deforme olmalarının önüne geçebilmek için soğutulmaları gerekmektedir. Motorlarda soğutma görevinin büyük bir kısmını soğutma sistemi yapmasına karşın yağlama sistemi soğutmaya oldukça yardımcı olmaktadır.

Sızdırmazlık

Motor yağı segman, piston ve silindir arasındaki boşlukları doldurarak yanma odasından kartere gaz kaçağına mani olur ve dolayısıyla motorun verimini artırır. İyi bir motor yağının segmanın rahat hareketini engelleyecek depozit ve tortuların oluşumuna neden olmaması gerekir.

Kirlenme ve Birikinti

Motorun çalışması esnasında yüksek sıcaklık, yanma, aşınma, toz ve rutubet gibi nedenlerle kirlenme ve birikinti oluşumu başlar. Motor yağının görevi bu kirlenmeyi ve birikinti oluşumunu kontrol altında tutarak motora zarar vermelerini önlemektir [3].

4.1. MOTORLARDA YAĞLAMA ŞEKİLLERİ

4.1.1. Yakıtta Yağ Karıştırarak Yağlama

Bisiklet, motosiklet ve zirai ilaçlama araçlarında kullanılan küçük motorlarda basitlik amacıyla 20-25 litrelik yakıtta 1 litre yağ konularak yağlama sağlanmaktadır. Yakıt sarfiyatı az olduğu için yağ tüketimi fazla olmamaktadır [3].

4.1.2. Çarpmalı Yağlama

Hem yağ pompası kullanmamak ve hem de yakıt ile birlikte yakmamak için küçük motorlarda uygulanan bir usuldür. Yağ seviyesi yüksek tutularak, krank mili kol muylularının yağ içine dalması veya krank kolu ile biyel başına bağlanan küçük bir kepeçik ile yağın silindir duvarlarına savrulması sağlanır. Bu tür yağlamada çalışma başlangıcında yüzeylerin yeteri kadar yağlanabilmesi için gerekli yağ tutucu ve depolayıcı boşluklar, kanallar vb. tasarım değişiklikleri yapılmalıdır.

4.1.3. Cebri Pompalı Yağlama

Bir pistonlu veya diskli pompa yardımıyla ana yataklara silindir duvarlarına, pistonun alt yüzeyine, piston pimine, biyel yataklarına, supap kılavuzuna, külbütör mekanizmasına, iticilere, kam mili yataklarına, kam temas yüzeylerine ve ön kapaktaki hareket eden dişlilere 3-5 bar basınçlı yağ sevk edilmektedir. Karteri yüksek seyir rüzgârına maruz kalmayan ve büyük motor tiplerinde, yağın aşırı ısınmaması için ayrıca bir yağ soğutucusu kullanılmaktadır. Yağlamanın yapılacağı sistemde, uygun yağın seçilmesine etki eden faktörler;

- Dönüş hızı
- Yük
- Sistemin çalıştığı ortamın sıcaklığı
- Sistemde çalışma ile meydana gelen sıcaklık artışıdır.

Hız artıkça metal yüzeye yapışmış yağ küreciğinin kopma olasılığı artacaktır. Bu yüzden, hız artıkça metal yüzeye daha fazla yapışma gücüne sahip, ince yağların kullanılması gerekecektir. Hızın azalması durumunda, şaftın sürükleyebileceği yağda aranılan adezyona isteği azalacak, fakat şaftın yatağa temas etme durumuna karşı rol oynayan yağın kohezyon gücü önemli olacaktır. Yatak ve şaft arasındaki açıklık (clearance) şaftın devir adedi ile yakından ilgilidir [3].

4.2. MOTOR YAĞLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ

1. Viskozite

Motor yağlarının viskozite özelliği aşınma, sızdırmazlık, yağ sarfıyatı, sürtünmeden ileri gelen güç kaybı gibi konular ile yakından bağlantılıdır. Örneğin araç motorlarında ilk çalışma kolaylığı ve yakıt ekonomisi gibi kavramlar viskozite ile yakından ilgilidir.

2. Viskozite İndeksi (VI)

Bir yağın sıcaklık tesiri ile incelik kalınlaşma kabiliyeti “Viskozite İndeksi” diye adlandırılır. Buna göre yağlar:

- Alçak viskozite indeksli yağlar (VI < 40)
- Orta viskozite indeksli yağlar (40 < VI < 80)
- Yüksek viskozite indeksli yağlar (80 < VI < 100)
- Multigrade viskozite indeksli yağlar (VI > 100) olarak sınıflandırılırlar.

Yağların sıcaklıktan çabuk etkilenir olmaları arzu edilmediğinden dört mevsim boyunca değiştirilmeden kullanılabilen yüksek viskozite indeksli “Multigrade” yağları en çok tercih edilen yağlardır.

3. Akma Noktası

Özellikle soğukta çalışan yağlar için önemlidir. Yağın düşük sıcaklık etkisi ile akıcılığının kaybolmaması istenmektedir. Yağ soğudukça şu iki olay gözlenir:

- Viskozite yükselir yani kalınlaşır: İçindeki vaks (mum) kristalleşerek ayrılmaya başlar. Sıcaklık azaldıkça bu kristaller birbirleriyle birleşerek yağ zerrecelerini aralarına hapseder ve böylece yağ akıcılığını kaybeder.
- Akma noktası, bir tüp içinde soğumaya bırakılmış yağın hareketliliğinin kalmadığı sıcaklık derecesidir. Mum oranı fazla olan parafinik yağların “Akma Noktası” mum oranı az olan naftenik yağlarınkine oranla daha yüksek olduğu için soğutma makinelerinde daha çok naftenik yağlar kullanılır. Parafinik yağların akma noktasını düşürmek için içlerindeki mumun ayrıca temizlenmesi gerekir ki bu da maliyeti yükseltir.

4. Nötralizasyon Sayısı

Yağların eldesi esnasında asit ile işleme tabii olurlar, katılan asitlerden bir miktar asit mutlaka kalmaktadır. Bu asit, yağın bünyesinde kalırsa metal yüzeylerin aşınmasına neden olacağından yağlar ayrıca kostik soda ile nötralize edilir. Bu nötrleştirme sonucu yine çok az miktarda asit kalabilir. Bu da nötralizasyon deneyi ile tespit edilerek, 1 gr. Yağı nötralize etmek için kullanılan miligram potasyum hidroksit cinsinden (mgr. KOH / gr.) “Nötralizasyon sayısı” olarak adlandırılır [3].

5. Oksitlenme Direnci

Oksijenle temas eden yağ, özellikle yüksek sıcaklıklarda oksitlenerek bozulur, bu bir yanma olayıdır. Yanma sonucu bazı yağ asitleri oluşur ki, bunlar özellikle kurşun bronz yatakları aşındırır, yağın kalınlığını yükseltir, yağda çamurumsu bir tabaka oluşur ve eğer yağa su karışacak olursa emülsiyon olur. Bunun sonucunda yağ, görevini yapamaz hale gelir. Yağın oksitlenmesini önlemek için yağa “Oksidasyon Önleyici Katık” katılır. Bu katıklar oksijene karşı hidrokarbonlara oranla daha haris

oldukları yağa karışan oksijenle kendileri birleşerek yağın oksitlenmesine engel olurlar.

6. Metallerin Yağ İçinde Çözünmesinden Dolayı Bozulmaya Dirençleri

Bazı metaller örneğin bakır, yağda çözünmek suretiyle yağın ömrünü kısaltır. Şöyle ki, yağ içinde milyonda bir ölçüsünde bakır yağın ömrünü yarı yarıya azaltır. Bunun sonucunda böyle bir durumda engel olucu katıklar da yağa önceden ilave edilmelidir.

7. Korozyon Önleme

Oksitlenme sonucunda oluşan yağ asitlerinin metal yüzeylere etki etmemesi için ya bu asitleri nötralize eden veya metal yüzeylerine yapışarak asitlerin etkisine engel olan bir katık kullanılır.

8. Dağıtma Özelliği

İçten yanmalı motorlarda daima meydana gelme ihtimali bulunan yanmamış karbon zerreciklerinin etrafı yağ içine konan özel bir katıkla sarılarak birbirleri ile birleşmeleri önlenir ve böylece bu karbonlar büyük parçalar meydana getiremeyerek yağ içinde ince zerrecikler olarak kalırlar. Dolayısıyla yağ kanallarının tıkanması silindir gömleği ve yatakların çizilmesi gibi istenmeyen olaylar engellenir [3].

9. Sıvanma Özelliği

Parçalar üzerine sıvanan yağın yapıştığı yeri terketmemesi yani pöler özelliği koruması istendiğinde bu tip yağlara pöler molekülleri fazla olan katıklar eklenir.

10. Çok Yüksek Basınçlara Direnç

Aşırı yükler halinde bazen en etkili sıvanma özelliği olan yağlar bile film teşkil edemez ve parçalar arasındaki yüke dayanamayarak dışarı atılırlar. Böyle durumlar için daha etkili yağlar bulmak gerekir ki bunlara EP (extreme pressure) tipi yağlar

denir. Minereal yağ ilave edilen klor (Cl), kükürt (S), fosfor (P), kurşun (Pb) gibi katıklar hareket eden yüzeyler üzerinde gayet sert, elastik ve ince bir alaşım tabakası meydana getirerek yağa iyi bir sıvanma ve çok yüksek basınçlarda metale daha etki ederek sürtünme katsayısı düşük bir alaşım filmi oluşma özelliklerini kazandırır [3].

11. Köpürme Direnci

Yağ şiddetli bir şekilde çalkalanacak veya çırpılacak olursa (dişli kutularındaki gibi) hava ile karışır ve büyük hacimleri kaplayan bir köpük tabakası meydana gelir. Köpük halinde yağ yük taşıyamaz. Bu hal özellikle hidrolik sistem ve dişli kutularında mahzur teşkil edeceğinden böyle yerlerde kullanılacak yağa konan özel bir katkı, köpük baloncukların birbiri ile birleşip büyüyerek patlamasını sağlar. Bütün bunların haricinde bazı yağlarda parçalar arasına nüfuz ederek pas çözme ve pas önleme yeteneği, elektriği iletmeme gibi değişik özellikler de aranabilir.

4.3. MOTOR YAĞLARININ SINIFLANDIRILMASI

Yağları kullandıkları yerlere göre genel olarak iki ana grupta toplamak yaygın bir sınıflama şeklidir;

- Taşıt Yağları
- Endüstri Yağları

4.3.1. Taşıt Yağları

Otomobil, kamyon, traktör ve benzeri taşıtların doğru bir şekilde yağlanmalarındaki önem, taşıt aracı yapımcılarının devamlı ortaya koydukları yenilikler ve bu yeniliklere uygun düşecek yağlar üzerindeki titiz ısrarlar, taşıt yağları seçiminde kolaylık ve doğruluk sağlayacak bazı pratik sınıflamaların ortaya konulmasını zorunlu kılınmıştır [3].

Taşıt yağları ise iki grupta incelenebilir:

- Viskozite Sınıflandırması (SAE)
- Motor Yağlama Servis Sınıflandırması (API)

4.3.1.1. Viskozite Sınıflandırması

SAE (Society of Automotive Engineers = Otomobil Mühendisleri Topluluğu) tarafından oluşturulmuş olan viskozite sınıflaması, yağların belli viskozite aralıklarını belli numaralar ile ifade etmek esasına dayanmaktadır. Bu sınıflamada motor yağları ile dişli kutusu yağları ayrı gruplandırılmış olup, motor yağlarına 0W-60W ve dişli kutusu yağlarına 70W-250 numaraları verilmiştir. Viskozite sınıflaması tablosu Çizelge 4.1' de verilmiştir [3].

Çizelge 4.1. Viskozite sınıflaması tablosu [3].

SAE Numarası	viskozite	100 °C de viskozite (cSt)	
		Minimum	Maksimum
0W	-	3,8	-
5W	-	3,8	-
10W	-	4,1	-
15W	-	5,6	-
20W	-	5,6	-
25W	-	9,3	-
-	20	5,6	9,3
-	30	9,3	12,5
-	40	12,5	16,3
-	50	16,3	21,9
-	60	21,9	26,1

4.3.1.2. Motor Yağları Servis Sınıflaması

Piyasada bulunan motor tiplerinin ve motor yağı cinslerinin çok çeşitli olması motor yağlarının seçiminde kolaylık ve doğruluk sağlayacak özel bir servis sınıflamasına ihtiyaç göstermektedir. Bu konuda eski API sınıflaması 1972 senesine kadar kullanılmış ancak bundan sonra API / ASTM / SAE müşterek bir sınıflandırma oluşturmuştur. Bu sınıflandırmaya göre yağlar benzinli ve dizel motor yağları olarak ayrılıyor.

Benzin Motoru Yağları

Eski API sınıflamasında (ML, MM, MS) olarak üç sınıfa ayırmak yerine yeni sınıflaması benzin motoru yağları için “S” serisi olarak ve yeni gelişmelere daima açık bir sınıflama koymuştur. Bu serinin ilk sınıfı (SA) olup, diğer sınıflar için (S) harfi sabit tutularak ve ikinci harfler alfabetik sıra ile değiştirilerek yeni sınıflar meydana getirilir. Benzinli motorlar için Çizelge 4.2’de benzinli motor yağları verilmiştir [3].

Çizelge 4.2. Benzin yağlarının sınıfları [3].

Servis Sınıfı	Açıklama
SA	İçinde koruyucu katıklar bulunan yağları gerektirmeyen hafif şartlar altındaki motorlara mahsus tipik hizmetler içindir.
SB	Katıklar ile en az korunmanın arandığı hafif çalışma şartları altındaki motorlara mahsus tipik hizmetler içindir. Bu hizmet için uygulanan yağlar 1930 yılından beri kullanılmakta, oksidasyona, aşınmaya ve yatak korozyonuna direnç sağlar.
SC	1964 ile 1967 yılları arasındaki modellerin benzin motorları için kabul edilen tipik hizmetler içindir. Bu hizmet için yağ motorlarda yüksek ve alçak sıcaklıklardaki birikintiyi aşınmayı, paslanmayı ve korozyonu kontrol eder.

Çizelge 4.2. (devam ediyor).

SD	1968 modeller ile başlayan taşıt araçlarındaki motorların tipik hizmetleri için açıklanmıştır. Bu hizmet için yapılan yağ (SC) de olduğu gibi benzin motorlarında, yüksek ve alçak sıcaklıklardaki birikintiyi, aşınmayı paslanmayı ve korozyonu kontrol etmekle beraber SC sınıfını karşılayan yağlara oranla daha üstün performans göstermektedir.
SE	1972 senesinden itibaren üretilmiş taşıtların talep ettiği kaliteyi gösteren servis sınıfıdır. SD' den daha kaliteli formülasyonu ve daha iyi test neticeleri ortaya koyar.
SF	1980 yılından itibaren üretilmiş olan otomotiv araçlarda kullanılacak motor yağlarının servis sınıfıdır.
SG	1989 yılından itibaren üretilmiş olan otomotiv araçlarda kullanılacak motor yağlarının servis sınıfını belirtir.
SH	Halen tarif edilmiş en üstün servis sınıfıdır. 1992 yılından itibaren üretilmiş olan otomotiv araçlarda kullanılacak motor yağlarının servis sınıfıdır.

Benzinli Motor Yağlarının Çeşitleri

2-T PLUS Motor Yağı

Kaliteli parafinik baz yağlara özel paket katık ilavesi ile iki zamanlı motorlarda kullanılmak üzere üretilen üstün kaliteli bir yağdır. Genel olarak yağ-yakıt oranı 1/16 ve 1/50 arasında değişir. 2T Plus motor yağının özellikleri Çizelge 4.3'te gösterilmiştir [21].

Kullanım Yeri

Tüm iki zamanlı hava soğutmalı benzinli motorlarda kullanılabilir.

Sağladığı Faydalar;

- İçerdiği deterjan-dispersan yardımıyla tortu oluşumunu en aza indirerek artıklarının egzoz gazına karışmasını sağlar.

- Egzoz emisyonunu azaltarak çevre korumasına yardımcı olur.
- Pas önleyici katıklar yardımıyla metal yüzeyler üzerinde film oluşumunu sağlayarak su ve buhar sızıntılarının metal ile temasını engeller ve paslanmasını önler.
- İçerdiği katıklar sayesinde, piston ve silindir aşınmaları ile segman sıkışmasının engellenmesine yardımcı olur, ön ateşlemeyi kolaylaştırır [21].

Performans

API CEC-TB (TCS-2)

Tipik Özellikleri

Çizelge 4.3. 2T plus motor yağının özellikleri [21].

2T Plus	
Yoğunluk 15 °C, gr /ml	0,89
Viskozite, 40 °C. cSt	119
Viskozite İndeksi	98
Alevlenme Noktası, °C	258

ULTRA 5W/40

Tanımı

Üstün teknoloji ürünü sentetik baz yağlara yüksek performans katıkları eklenerek üretilen tam sentetik motor yağıdır. Ultra 5W/40 yağının özellikleri Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Kullanım Yeri

Katalitik konvertörlü ve turboşarjlı motorların da dahil olduğu tüm benzinli motorlarda ve binek araçların dizel motorlarında dört mevsim güvenle kullanılabilen sentetik motor yağıdır [21].

Tipik Özellik

Çizelge 4.4. Ultra 5W/40 yağının özellikleri [21].

Ultra 5W/40	
Alevlenme Nok,°C. COC	234
Yoğunluk, 15 °C, gr /ml	0,846
Viskozite Kin. 100 °C. cSt	14.45
Kesilmiş Viskozite 100 °C.cSt	12,83
TBN, mg KOH/gr	8,75
Akma Nok.°C	-45
Viskozite İndeksi	173
CSS , 25 °C, MPa.s	3500
Köpük Testi, II. Kad, ml/ml	10/0
Sınır Pompaj Sıc. -35 °C	30000

MAXIMA 10W/40

Tanımı

Yüksek teknoloji ürünü sentetik baz üretilmiş sentetik motor yağıdır. Maxima 10W/40 yağının özellikleri Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Kullanım Yeri

Katalitik konvertörlü ve turboşarjlı motorların da dahil olduğu tüm benzinli motorlarda ve binek araçların dizel motorlarında dört mevsim güvenle kullanılır [21].

Tipik Özellik

Çizelge 4.5. Maxima 10W/40 yağının özellikleri [21].

Maxima 10W/40	
Alevlenme Nok, °C. COC	200
Yoğunluk, 15 °C, gr /ml	0,873
Viskozite Kin. 100 °C. cSt	13,86
Kesilmiş Viskozite 100 °C. cSt	12,37
TBN, mg KOH/gr	8,73
Akma Nok. °C	-38
Viskozite İndeksi	156
CSS , 20 °C, MPa.s, max	3500
Köpük Testi, II. Kad, ml/ml	10/0
Sınır Pompaj Sıc. -25 °C, MPa.s, max	30000

SÜPER AKRA

Tanımı

Yüksek kaliteli baz yağlara katık ilavesi ile formüle edilmiş çok dereceli motor yağıdır [21].

Kullanım Yeri

Binek otomobiller ve küçük ticari vasıtaların benzin ve dizel yakıtlı motorlarında kullanılır. Süper Akra yağının özellikleri Çizelge 4.6'te gösterilmiştir.

Tipik Özellikleri

Çizelge 4.6. Süper akra yağının özellikleri [21].

Süper Akra					
SAE	10W/30	10W/40	15W/40	15W/50	20W/50
Yoğunluk, 15 °C, gr/ml	0,883	0,882	0,888	0,890	0,890
Viskozite, 40 °C, cSt	69	93	105	158	168
Viskozite, 100 °C, cSt	10,4	13,8	13,7	19,5	19,5
Viskozite indeksi	136	152	126	147	137
Alevlenme Noktası, °C	210	222	210	222	222
Akma Noktası, °C	-33	-33	-30	-33	-27

PETROGAZ 20W/50

Tanımı

Yüksek kaliteli baz yağlara özel katık ilavesi ile geliştirilmiş, motor temizliği artırıcı dispersan ve deterjan katıkları artırılmış motor yağıdır. Petrogaz 20W/50 yağının özellikleri Çizelge 4.7’te gösterilmiştir [21].

Kullanım Yeri

LPG ile çalışan tüm binek araçlarda kullanılabilir.

Çizelge 4.7. Petrogaz 20W/50 yağının özellikleri [21].

Petrogaz 20W/50	
Vizkozite Kin. 100 °C.cSt	19,5
Vizkozite Kin. 100 °C.cSt, kesilmiş Min.	16,5
Vizkozite APP, -10 °C, cP, Max.	4500
Akma Noktası, °C, Max.	-24
Alevlenme Nok, °C, Min.	222
Köpük Tem/Köpük Stb (ml) 2. Kd, max.	50/2

Dizel Motoru Yağları

Dizel motor yağlarının yeni API / ASTM / SAE servis sınıflamasına göre ayırımında da sistem benzin motor yağlarında olduğu gibidir. Ancak burada “C” harfi dizel motor yağının sınıflamasının sembolü kabul edilmiştir. Dizel motoru yağlarının Sınıflaması Çizelge 4.8’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Dizel motoru yağlarının sınıflaması [21].

Servis Sınıfı	Açıklaması
CA	Yüksek kaliteli yakıtlarla çalışan dizel motorlarına mahsus tipik hizmetler içindir. Tabii havalandırılmalı dizel motorları birikinti ve aşınmaya karşı fazla korunmayı gerektirmeyen yakıtlar kullandıkları zaman, bu yağlar yatak korozyonuna ve yüksek sıcaklıktan doğan birikintiye karşı korumayı temin edebilir.
CB	Düşük kaliteli yakıtlar kullanılan, hafif ve mutedil şartlarda çalışan dizel motorlarına mahsus tipik hizmetler içindir. Bu tip hizmetlerde çalışan dizel motorlarına mahsus tipik hizmetler için olup, yüksek sıcaklıklardan doğan birikintiye karşı korumayı sağlar.
CC	Orta ve ağır şartlarda çalışan dizel motorlarına mahsus tipik hizmetler için olup, piyasadaki bir çok taşıtların ihtiyacını karşılar. Bu yağlar hafif turbo ve yağ süper şarjlı dizelerde dahi yüksek sıcaklıktan doğan birikinti, pas ve korozyona karşı koruma sağlar.
CD	Ağır şartlarda çalışan normal emişli dizel motorları ile birikinti ve aşınmaya karşı çok etkili bir kontrolü gerektiren yüksek devirli turbo veya süperşarjlı dizel motorlarına mahsus tipik hizmetler içindir. Çeşitli kalite yakıtlar kullanılması halinde dahi yatak korozyonuna ve yüksek sıcaklıktan doğan birikintiye karşı korunma temin eder.
CD-II	Ağır şartlarda çalışan 2 zamanlı dizel motorları için tarif edilen yeni bir servis sınıfıdır. Bu tip motorlardaki aşınma ve birikinti olaylarına karşı çok etkili bir kontrol sağlar. CD-II şartlarını karşılayan yağlar normal olarak CD performansına da sahiptirler.

Çizelge 4.8. (devam ediyor).

CE	Turbo veya süperşarjlı yüksek performanslı modern dizel motorlarının düşük ve yüksek hızlardaki ağır yüklü çalışma şartlarında yağların tüketim, kalınlaşma, birikinti ve aşınma yönünden karşılanması gereken geçerli şartları içerir.
CF-II	1991 yılında iki zamanlı dizel motorlarına tavsiye edilen yağ.
CF-IV	Dizel servis sınıflamasının en son tarif edilmiş olanıdır.1990 yılı sonunda tanıtılan bu yeni servis sınıfı dört zamanlı turbo veya süperşarjlı dizel motorların ağır yüklü çalışma koşullarında yağ sarfiyatı ve piston birikintileri yönünden CE sınıfına göre daha geliştirilmiş şartları sağlamaktadır.

4.4. MOTOR YAĞLARININ DEĞİŞTİRİLME SÜRELERİ

Taşıtlarda yağ değiştirme süresi, genellikle yapılan kilometre ile belirlenir. Limit değerler taşıtların bakım kataloglarından öğrenilebilir. Ülkemizde genellikle 3000 km. de motor yağının değiştirilmesi adet haline getirilmiştir, fakat bu süre ekseri vasıtalar ve özellikle son zamanlarda gelişen motor yağları için çok kısadır. Normal şartlar altında çalıştırılan vasıtalar için ve bugün piyasada mevcut üstün kaliteli yağlarda çok daha uzun yağ değiştirme süreleri rahatça ortaya çıkarılabilir.

Endüstride; yağ değiştirme süresi zaman olarak belirtilir fakat pratik bakımdan kesin bir limit belirtmek imkânsızdır. Zira benzer makine parçaları dahi çok değişik koşullar altında çalışabilmekte ve bu nedenle farklı yağlarla yağlanmaktadır. Bu nedenle endüstride kullanılan yağların değiştirilme süreleri için kesin rakamlar vermek doğru değildir. Her durumun ayrı ayrı incelenmesi ve her koşulun göz önüne alınması gerekir [3].

4.5. MOTOR YAĞLARININ BOZULMASI VE SEBEPLERİ

Mineral yağlar bozulmaz, ancak hariçten giren pislikler veya motor içinde yanmadan arta kalan maddeler sebebiyle kirlenir. Aşağıda görülen yağ bozucu unsurlardan üçü dış, diğerleri ise iç nedenlerdendir;

- Hava filtresi tamamen kirlenmiş veya kurumuştur, böylece hava içindeki tozlar motor içine rahatça girebilir.
- Nakil ve kullanma dikkatsizlikleri
- Varile su kaçması.

Her kapalı kapta olduğu gibi yağ varilleri de, gündüz (yani sıcakta) içindeki havanın genişleyerek dışarı kaçması ve gece sıcaklık düşünce büzülerek dışarıdan hava çekmesi şeklinde hava almaktadır. Variller üzerinde yağmur vb. nedenlerden su biriktiği zaman varilin nefes alması sırasında içeri giren hava beraberinde bu su zerrecelerini de sürükleyerek fiçı içinde yağa su kaçmasına neden olacaktır.

- Kartere yağ konulurken kullanılan kapların kirli olması.
- Yağın motor karterine bir hortum vasıtası ile boşaltılması en iyi hal biçimidir. Teneke ve huni kullanılması yağa pislik karışmasına sebep olabilir.
- Karterde havalandırma süzgecinin yağsız kalması.
- Bu takdirde içeri giren hava beraberindeki tozları da sürükleyerek karter yağının kirlenmesine sebep olacaktır.
- Silindir içinde yanmanın tam olmaması.
- Her yanma olayından sonra bir miktar kurum karter yağına karışır. Bu durum hava ile yakıtın karışma süresinin çok kısa olduğu dizel motorları için daha yüksek bir tehlike arzeder.
- Eş çalışan parçalardan kopan metal tozların yağa karışması.
- Metal elemanların bazıları yağ ömrünü yarı yarıya veya daha fazla düşürmektedir.
- Çalışma koşullarına bağlı olarak motor içinde asit meydana gelmesi sonucu, yağ asitleri metal yüzeyleri aşındırıcı etkiye sebep olur. Hem de karterde tortu meydana gelmesine neden olurlar.
- Yanma sonucu ürünlerinden olan su buharının yoğunlaşması.
- Yoğunlaşan bu su metal yüzeylerde korozyona ve karterde tortu meydana gelmesine sebep olur.
- Metal parçaların paslanması ile kopan pas parçalarının yağa karışması.

Yağın değiştirilecek hale gelmesinde; motorun fazla sıcakta, tozlu yerde, soğukta (dur-kalk şeklinde çalışma su buharının yoğunlaşmasına dolayısıyla asit oluşmasına ve sonuçta korozyona sebep olur) alışması gibi değişik koşulların da önemli rolü vardır.

Endüstride kullanılan yağların değiştirilecek hale gelmesi çalışma koşulları ile dış etkilere bağlıdır. Bu faktörler normal olduğu takdirde uygulanış yerlerine göre geliştirilmiş olan her yağ için gereken değiştirilme süresi önceden belirtilmelidir [3].

Kirli Yağların Zararları;

- Kurum parçaları; kanalları tıkar, silindir ve yatakları çizer.
- Asitler; metal parçaları aşındırır.
- Su; diğer pisliklerle birlikte karterde tortu teşkil ederek karterin yağ hacmini azaltır, böylece içeriye daha az miktarda konulan yağın ömrü daha kısa olur ve daha çabuk kirlenir.

Yağın ince veya kalın oluşu; motor yağı dizel motorlarında olduğu gibi kurumlar sebebi ile kalınlaşabilir veya benzin motorlarında olduğu gibi benzin buharının yoğunlaşması sonucu incebilir. Yağın motora uygun olmayacak derecede incelik kalınlaşması yağlama özelliğini bozacağından bu noktaya gereken önemin verilmesi gerekir [3].

BÖLÜM 5

BİTKİSEL YAĞLAR VE ÖZELLİKLERİ

5.1. BİTKİSEL YAĞLARIN YAPISI

Yağlar organik bileşiklerin bir grubunu teşkil ederler. Karbonhidratlarda olduğu gibi yağların kimyasal yapılarına karbon, hidrojen, oksijen elementleri katılmaktadır. Katı ve sıvı yağlar, yağ asitleri ve gliserolün hâkim olduğu triesterlerdir. Bu bileşikler suda çözünmediği halde pek çok organik çözücünde çözünürler ve sudan daha düşük yoğunluğa sahiptirler. Normal oda sıcaklığında sıvıdan katıya kadar değişen bir erime aralığında bulunabilirler. Oda sıcaklığında katı formda iseler katı yağlar (fats), sıvı formda iseler sıvı yağlar (oils) olarak tanımlanırlar. Yağların katılık veya sıvılık durumu yağların fiziksel özelliğiyle ilgilidir [22].

Bitkisel ve hayvansal yağlar, bünyelerindeki serbest asitlerin nötrleştirilmesi ile rafine edilir. Yağlara süzme, renk ve koku giderme ve gerekiyorsa hidrojenlendirme (katılaştırma) işlemleri yapılır. Şekil 5.1'de sıvı yağ oluşturan bitkiler gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Sıvı yağ oluşturan bitkiler [23].

Yağlar, yağlı tohumlardan; kabuk ayırma, presleme, çözücü ekstraksiyonu ve ayırma metotlarıyla ayrılır. Bu yağların içinde çeşitli yabancı maddeler bulunur. Bunun için bu yağlara ham yağ denir. Ham yağ içinde bulunan yabancı maddelerin miktarı ve cinsi; bitkilerin yetiştirilme koşullarına, toprak yapısına ve iklim şartlarına, depolama şartlarına, tohuma uygulanan işlemlere ve yağ alma esnasındaki parametrelere bağlıdır. Ham yağın içinde oluşan yabancı maddeler ve özelliklerine göre sınıflandırılabilir.

Ham yağın içindeki maddeler;

- Bitkilerden gelen yabancı maddeler
- Depolama sırasında meydana gelen yabancı maddeler
- İşlemler esnasında meydana gelen yabancı maddeler

olmak üzere 3 şekilde sınıflandırılabilir. Şekil 5.2’de yağ rafineri ünitesi görülmektedir.

Ham yağların içinde bulunan istenmeyen maddeleri kimyasal olarak da şöyle sıralayabiliriz: karbonhidratlar, fosfatitler, emülay maddeleri. Bu tür maddeler yağların pigmentasyonunu ve kuruma sürelerini etkiler. Aynı zamanda bu artık malzemeler yağ ısıtıldığı zaman, renk, parlaklık, berraklık, dış atmosfer şartlarına karşı özelliklerini olumsuz doğrultuda etkiler [23].



Şekil 5.2. Yağ rafineri ünitesi [23].

5.2. BİTKİSEL YAĞLARIN ISIL DEĞERİ

Bitkisel yağların ısı değerleri, hidrokarbonlarının çift bağ sayısı ve zincir uzunluğuna da bağlıdır. Aralarındaki bağıntı; çift bağ sayısı yükseldikçe ısı değeri azalmakta, zincir uzunluğu yükseldikçe ısı değeri artmaktadır. Bununla beraber ısı değerinin artışı karbon ve hidrojen sayılarının oksijen sayılarına oranına bağlıdır [24].

5.3. BİTKİSEL YAĞLARIN VİSKOZİTESİ

Bitkisel yağlarda viskozite, ısı değerinin tersi olacak şekilde çift bağ sayısı yükseldikçe viskozite azalmaktadır. Bununla beraber zincir uzunluğu arttıkça viskozite artmaktadır. Bitkisel yağların viskozitesi motor üzerinde oldukça önemli bir konudur. Çünkü bitkisel yağların viskoziteleri genelde yüksek olduğu için yakıt amaçlı kullanılması halinde püskürtme ile birlikte iri tanecikler silindirin içine gönderilir. İri zerrecikler nedeni ile yakıtın parçalanması zorlaşır. Çünkü yüksek viskozite basınç artışına ve yakıtın iyi atomize olamamasına neden olur. Benzer şekilde viskozitenin düşük olması kaçaklara sebep olmaktadır [25].

5.4. HİNT YAĞI BİTKİSİ

Ricinus communis, çoğunlukla hint yağı bitkisi olarak adlandırılan, 10 m yüksekliğe kadar ulaşabilen, tropik kökenli bir yağlı tohum bitkisidir. Hint yağı bitkisi Şekil 5.3'te görülmektedir. Hint yağı bitkisinin tohumları ortalama olarak %46,0 ile %55,0 oranında yağ içerirler. Yağ; tohumun yapısındaki risin, risinin ve çeşitli alerjik maddelerden dolayı toksik yapıda olup, canlılar tarafından tüketilemez [26, 27-29].



Şekil 5.3. Hint yağı bitkisi.

5.4.1. Hint Yağı

Hint yağından su çekilmeden önce bu yağ kurumayan yağ özelliği gösterir. Bundan dolayı alkid reçinelerinde ve mürekkep formülasyonlarında plastifiyan olarak kullanılır. Hint yağı %87 risinoleik asit, %12 oleik asit kapsamaktadır. Hint yağı asit katalizörlüğünde inert gaz kullanılarak, 270 °C' ye kadar ısıtılır ve 1 mol su çıkışı ile konjüge çifte bağlar meydana gelir. Şekil 5.4'te hint yağı tohumu görülmektedir [23].



Şekil 5.4. Hint yağı tohumu [23].

5.4.2. Hint Yağının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

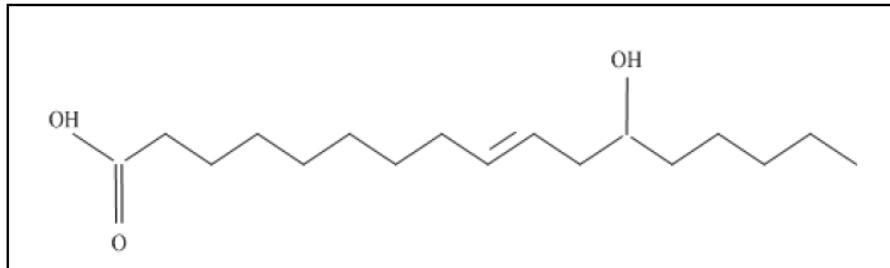
Hint yağı, *Ricinus communis* bitkisinden çözücü ekstraksiyonu ya da mekanik presleme metoduyla elde edilir. Yağ; kokusuz, viskoz ve kurumayan bir yapıya sahiptir [27-28].

Hint yağının yağ asidi bileşimi, Çizelge 5.1’de görülmektedir.

Çizelge 5.1. Literatürde çeşitli kaynaklardan elde edilen verilere göre hint yağının yağ asidi bileşimi [27,32].

Yağ Asidi	%	%
Risinoleik asit	89,0	90,2
Linoleik asit	4,2	4,4
Oleik asit	3,0	2,8
Stearik asit	1,0	0,9
Palmitik asit	1,0	0,7
Linolenik asit	0,3	0,2
Diğer	1,5	0,8

Çizelge 5.1’de görüldüğü gibi, hint yağının yağ asidi bileşiminin neredeyse %90,0’ını risinoleik asit meydana getirmektedir. Risinoleik asit (12-hidroksi-9-oktadekanoik asit), yapısında bir hidroksil grup içeren doymamış bir yağ asididir. Şekil 5.5’de risinoleik asidin kimyasal yapısı görülmektedir.



Şekil 5.5. Risinoleik asidin kimyasal yapısı [27].

Hint yağı, risinoleik asidin yapısına bağlı olarak diğer yağlardan farklı pek çok fiziksel ve kimyasal özelliğe sahiptir. Risinoleik asit yapısında mevcut olan çift bağ yağı çeşitli kimyasal reaksiyonlar ve modifikasyonlar için uygun kılar. Hidroksil grup ise daha yüksek viskoziteye ve polariteye sahip olmasını sağlar. Hint yağı, hidroksil grubun etkisi ile alkollerle tüm sıcaklıklarda her oranda karışabilir [27].

Yakıt özellikleri incelendiğinde; hint yağının yüksek ısı değer ve setan sayısına sahip olduğu görülür [28,29].

Çizelge 5.2’de hint yağının çeşitli fiziksel özellikleri görülmektedir [28,29].

Çizelge 5.2. Hint yağının bazı fiziksel özellikleri.

Fiziksel Özellik	Değer
Bağıl yoğunluk (25°C)	0,950-0,974
İyot değeri	82-90
Hidroksil değeri	160-168
Viskozite (mm ² /s) (40°C)	240-300
Alevlenme Noktası (°C)	229-260
Isıl Değer (Mj/kg)	37,2-39,5
Setan Sayısı	42
Kükürt İçeriği (mg/kg)	10
Kül İçeriği (%)	<0,01

5.4.2.1. Hint Yağının Kullanım Alanları

Hint yağının ticari olarak kullanımını antik çağlara dayanır. Hint yağı eski çağlarda çoğunlukla boya, kozmetik ve eczacılık alanlarında kullanılırken songünlerde teknolojik gelişmelerle birlikte değişik endüstriyel uygulamalarda da bulunmaya başlamıştır.

Hint yağının farklı yapısı nedeniyle diğer yağlara oranla daha geniş bir kullanım alanına sahip olduğu söylenebilir. Hint yağı endüstriyel olarak boya, kaplama, mürekkep, yağlayıcı, tekstil ve otomotiv gibi sektörlerde hammadde olarak kullanılır [26, 27].

Hint yağının katıldığı reaksiyonlar ve sonuçta elde edilen ürünler şu şekilde sıralanabilir:

- Ester bağı dolayısıyla gerçekleştiren hidroliz, esterleşme, alkoliz, sabunlaşma, indirgeme gibi reaksiyonlar sonucu yağ asidi ve gliserol, esterler, mono, di gliseritler ve sabun oluşumu [27].
- Çift bağdan dolayı gerçekleşen oksidasyon, polimerizasyon, hidrojenasyon, epoksidasyon, katılma, sülfonlama gibi reaksiyonlar sonucu polimer yağlar, hidroksisteratlar, epoksit yağlar, halojenize ve sülfone yağlar oluşumu [27].
- Hidroksil grup dolayısıyla gerçekleşen dehidrasyon, hidroliz, distilasyon, alkali füzyon, piroliz, alkoksilleme, üretan reaksiyonları sonucu dehidrate hint yağı, oktadekanoik asit, sebasik asit, kapril alkol, ündesilenik asit, heptaldehit, alkoksi hint yağı, üretan polimerleri üretimi [27].

Hint yağının ticari olarak kullanıldığı bir alan da biyodizel üretimidir. Hint yağı tohumundan yüksek verimle elde edilmesi, yenilemez nitelikte oluşu ve biyodizel üretiminde diğer yağlara göre daha az enerji tüketmesi gibi sebeplerden dolayı son yıllarda biyodizel konusunda çalışma yapan pek çok araştırmacının dikkatini çekmiştir [28,30,31].

Araştırma sonuçları hint yağından biyodizel üretiminin ticari olarak başarı sağlayabileceğini göstermiştir.

5.4.3. Hint Yağının Dünyada ve Türkiye’de Üretimi

Hint yağı bitkisi, tohumunun yüksek yağ içeriği ve endüstriyel olarak pek çok uygulama alanına sahip olması gibi olumlu etkenlere rağmen dünya yağlı tohum üretiminde önemli bir paya sahip değildir.

Hint yağı tohumu üretiminde Hindistan en büyük paya sahipken üretimin diğer bölümünü Çin, Brezilya, Rusya, Taylant ve bazı Afrika ülkeleri oluşturmaktadır [32].

5.5. KANOLA YAĞI

Kanola, önemli yağ bitkilerinden biri olan kolzanın genetik modifikasyonlar sonucunda elde edilmiş bir örneğidir. Kolza bitkisi, çiçekli bitkiler bölümünde çift çeneklilere dahil olup Brassicaceae familyasından farklı kromozom sayılarına sahip olması sebebiyle çeşitli formlarda bulunabilen Brassica napus L.'nin bir üyesidir. Bazı Asya ülkelerinde de halen üretildiği gibi kolza %22-%60 oranında erüsik asit kapsamaktadır. Bu tür kolzalar, yüksek erüsik asitli kolzalar olarak isimlendirilmektedir. Kolzanın yağında yer alan erüsik asit insan sağlığına zararlı olup, küspesinde yer alan glukosinolatlar ise küspenin değerini sınırlandırdığı gibi yem olarak kullanımında hayvan sağlığına zararlıdır. Kanadalılar genetik modifikasyonlarla bu problemi yok etmek için çalışmış ve 1968 yılında düşük oranda erüsik asitli kolza yağı üretmişlerdir. Bu kolza yağı %5 veya daha az oranlarda erüsik asit kapsamaktadır ve 0 (tek sıfır kolza) olarak da adlandırılmaktadır. Daha sonra bu ürün, hem düşük oranda erüsik asit hem de düşük oranda glukosinolat içerecek şekilde üretilmeye başlanmıştır ve 00 (çift sıfır kolza) olarak isimlendirilmiştir. 1974 tarihinde itibaren pek çok kolza ürünü lisanslandırılmıştır. 1976'te, Kanada'da yetişen sarı renkli, lifleri daha az olan kolza tipi ise 000 (üç sıfır kolza) olarak isimlendirilmiştir.

Kanola adının meydana gelişi 1979 yılında Kanada'da 00 tipindeki kolza ürünlerini belirtmek amacıyla gündeme gelmiştir ve ilk olarak Kanada'da geliştirildiği için İngilizce "Canadian Oil Low Acid" kelimelerinin baş harfleri alınarak adı oluşturulmuştur. Buna bağlı olarak kanolayı şöyle açıklamak mümkündür: Kanola, yağında %2'den daha az erüsik asit ve küspesinde 30 µmol/g'den daha az oranda alifatik glukosinolatlardan biri veya dördünün (glukonapin, progoitrin, glukobrassikanapin ve napoleiferin) herhangi kombinasyonlarından birini kapsayan bir kolza türevidir. 1985 tarihinde Amerika Gıda ve Uyuşturucu Madde Kurulu kanola ile kolzayı farklı ürünler olarak tanımlamış ve kanolayı tehlikesiz ve güvenilir bir ürün olarak açıklamıştır [33,34].

Kanola, yaklaşık %40 oranında yağ içerir ve %38-43 oranında protein içeren küspe ürününü meydana getirir. Kabukları çekirdek ağırlığının %16.5-18.7'sini oluşturur,

bu kısım yağsız küspenin %27-30'una karşılık gelmektedir. Çekirdeklerin nem oranı %8 civarındadır. Kanola yağının yağ asidi bileşimi tamamen kullanışlı olup, insanların tüketimine uygun nadir ürünlerden biridir. Kanola yağındaki linoleik asit/linolenik asit oranı yaklaşık olarak 2:1'dir ve bu oran insan gıdaları için uygun dengelenmiş bir orandır.

Kanola küspesi ise, kuru bazdaki çekirdek ağırlığının %50-58 oranlarında yer alır. Küspedeki proteinler uygun ölçülerde amino asit bileşimine sahiptir.

Kanolanın lizin, metiyonin, sistein, threonin ve triptofan gibi basit amino asit içeriği diğer tahıllarla karşılaştırıldığında daha üstündür.

Kanola ile kolza farklı yağ ve farklı küspe özelliklerine sahiptir. Kanoladaki glukosinat miktarının kolzaya oranla azalması ile kükürt miktarı da büyük oranda düşmüştür. Kükürt miktarının azalması da rafinasyon işlemleri sırasında kullanılacak katalizör miktarında azalmayı sağlamaktadır. Erüsik asitteki azalmalar ise linoleik asit ve linolenik asitte artış ile sonuçlanmaktadır. Bu değişiklik yağın erime özellikleri ile polimorfik davranışında olumlu değişime sebep olmaktadır.

Kanola yağının bileşimi, yer fıstığı yağı ve zeytinyağı bileşimlerine yakın oranda benzerdir. Kanolanın önemli avantajlarından biri ise, doymuş yağ asidi içeriğinin düşük olmasıdır. Bununla beraber direk olarak rafine edilebilen yer fıstığı ve palm yağlarına karşılık, soya ve kanola yağları zank giderme ve rafinasyon işlemlerine tabi tutulmalıdır. Bunun nedeni ise yüksek fosfolipit ve serbest yağ asidi içeriğidir. Ancak kanolanın zank giderme işlemleri, su, buhar veya su ve asit kombinasyonları ile kolayca oluşturulabilen bir işlemdir. Kanolanın bileşiminde yer alan tokoferol ise doğal antioksidan görevini yaparak raf ömrünü uzattığı gibi proses ve depolama işlemlerinde de oksidasyonu önler. Klorofil ve feofitince zengin olan kanoladan kaliteli yağ eldesi için bu tür maddelerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Kolza ve kanola uygun görülen nem oranlarında düşük sıcaklıklarda bile yetiştirebilmektedir. Bu nedenle, soya fasulyesi ve ayçiçek tohumlarının yetişmesinin mümkün olmadığı yerlerde bile üretilebilirler.

Kanola bitkisi, kışlık ve yazlık olmak üzere iki fizyolojik sürece sahiptir. Yaz tipi kanola Avrupa ve Çin’de, kış tipi kanola Kanada, ABD, Avustralya ve İskandinav Ülkeleri’nde yetiştirilmektedir. Bunun yanı sıra Çin’de Ara Tip de bulunmaktadır [34,36].

Kanola yağının kullanım alanlarını şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Yemeklik yağ sanayi
- Hayvan yemi
- Kimya sanayi hammaddesi
- Biyodizel hammaddesi

Kanolanın biyodizel hammaddesi olarak tercih edilme sebeplerinin başında ise:

- Yüksek yağ içeriği
- Düşük doymuş yağ içeriği
- 114 civarında bulunan iyot sayısı başlıca gelmektedir.

Yüksek yağ içeriği, birim ürün başına daha fazla yağ eldesi olarak adlandırılır. Bu sebeple, biyodizel üreticileri soya fasulyesi gibi az yağ içeren tohumlar yerine kanolayı tercih etmektedir. Doymuş yağ oranının düşük olması soğuk havalarda olan oluşan performansla yakından ilgilidir. Düşük sıcaklıklar, petrol kökenli motorinin kristalize olarak motoru durdurmasına sebep olabilir. Bu durumda, performansın belirlenmesinde bulanıklık noktası faktörü önemli bir rol oynar. Kanolanın kapsadığı doymuş yağ asidi oranının %7 gibi az bir oranda olması, kanola kökenli biyodizelin bulanıklık noktasının -3 °C civarında olmasını sağlar. Oysa soya yağı kökenli biyodizelin bulanıklık noktası 3 °C, donyağı kökenli biyodizelin bulanıklık noktası ise 19 °C seviyelerindedir. İyot sayısı ise oksidatif stabilitenin bir ölçüsüdür. Oksidasyon, korozif asitlerin ve tortuların oluşumuna sebep olabilir. Bu oluşumlar da motor yakıtı pompaları ve yakıt enjektörlerinde aşınmalara sebep olur. İyot sayısı ne kadar düşük olursa, oksidasyon ve motor aşınmaları o kadar az olur. Kanola için iyot sayısı 114 iken, soya fasulyesi yağı için 130’dur. Bu düşük iyot sayısı, oksidatif stabilite açısından kanola yağı avantaj sağlamaktadır [37].

5.5.1. Kanola Yağının Türkiyedeki Yeri

Türkiye toprak ve iklim özellikleri açısından kanola yetiştirmeye elverişli bir ülke olarak ifade edilir. II. Dünya Savaşı sırasında Bulgaristan ve Romanya'dan gelen göçmenlerle Türkiye'ye gelen kolza bitkisi 80'li yılların başına kadar Trakya Bölgesi başta olmak üzere yoğun olarak üretilmiş, ancak yüksek orandaki erüsik asit ve glukosinolat içeriği nedeniyle Sağlık Bakanlığı tarafından yasaklanmasına bağlı olarak belirli bir süre üretimi durmuştur. Daha sonra kanolanın ortaya çıkışı ile bu üretimin yeniden canlandırılması için yoğun çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Kanola yağının gıda sektöründeki kullanımına 1987 tarihinde resmen mücade verilmiştir. 2005-2006 döneminde, kanola ekiminin büyük bir bölümü Trakya Bölgesi'nde oluşturulmuştur. Bununla beraber Akdeniz bölgesi kıyı şeridinde kışlık olarak ikinci bir ürün uygulamasına olanak sağlayacak şekilde yazlık kolza çeşidinin yetiştirilmesi çalışması üzerinde durulmuştur. Güney Marmara, İç Ege, İç Anadolu, Karadeniz Bölgeleri de diğer ekim yapılan bölgelerdir. Verim 50-500 kg/da aralığında olup, toprak ve iklim koşullarına göre büyük oranda değişmektedir. İklimsel olumsuzluk olmaması halinde 300-400 kg/da seviyelerinde verim elde edilebilmektedir. Türkiye şartlarında genelde hasat zamanı Haziran sonu olan kışlık kanola ekimi seçilmektedir. Hiçbir yağ bitkisinin bu ayda hasadının mümkün olmaması kanola tarımının artırılması için çok önemli bir sebebi oluşturmaktadır [35].

5.5.2. Kanola Yağının Dünyada ve Türkiyedeki Pazarı

Kanola yağı, günümüzde diğer yenilebilir bitkisel yağ kaynaklarıyla karşılaştırıldığında üretimi çok gelişmiş olan dünyanın en önemli yağlı tohum ürünlerinden biri olarak adlandırılabilir. 1945 tarihinden itibaren kanola ve kolzanın üretim ve kullanımı başta Kanada ve Kuzey Avrupa'da olmak üzere hızla artmıştır. Başlıca üreticiler ülkeler arasında Çin, Kanada, Almanya, Amerika, Danimarka ve Hindistan gelmektedir [34].

Son 20 yıl içinde kanola tohumunun dünya genelindeki üretimi yer fıstığı, ayçiçek ve pamuk tohumu yağları üretimini geçmiştir. 2006-2007 yılında kolza/kanolanın

dünyadaki toplam üretimi 46.78 milyon ton olup, bu oran üretilen yağ tohumlarının %11.83'ünü meydana getirmektedir. Kanola üretimi, Dünya'da soyadan sonra en çok üretimi yapılan yağ bitkisi haline gelmiştir. Kanola istatistik değerleri genellikle kolza başlığı altında beraber verilmektedir [38].

5.6. AYÇİÇEK YAĞI

Dünyada ve ülkemizde ayçiçeği yağı tüketim açısından çok büyük önem taşımaktadır. Ayçiçeğinin yağ bitkisi olarak değerlendirilmesi Amerika'nın yerli halkı olan Kızılderililer toplumu tarafından yapılmıştır. Bu bitkinin tohumları XVI. y.y. da bir süs bitkisi olarak İspanya'ya getirilmiş o asrın sonlarında ise İspanyollar topluluğu tarafından Fransa ve İtalya bigi ülkelere tanıtılmıştır. Daha sonrada Balkan ülkelerinde yayılmış ve XIX. y.y. başlarında Rusya ülkesine geçmiştir. Çiçeğinin sarıdan turuncuya değişen rengi sebebiyle İspanyollarca "güneş çiçeği", Ruslar tarafından ise "ayçiçeği" olarak isimlendirilmiştir.

Ayçiçeği tohumları Türkiye'ye 1924 - 1928 tarihleri arasında Bulgaristan ve Romanya'dan göç edenler tarafından getirilmiştir. İlk olarak bu tohumlar bahçelere süs amaçlı olarak ekilmiş, daha sonraları da bazı girişimciler ayçiçeği tohumlarını yağ karşılığı almaya başlamışlardır. Bu yıllarda ayçiçeği tohumları, hidrolik preslerden geçirilerek yağı çıkarılmakta ve ham yağ olarak kullanılmaktaydı. Bu durum 1950 tarihine kadar sürmüştür. Ayçiçeği yağı bu yıl itibariyle en çok Trakya'da daha sonra sırası ile Marmara, Ege, Karadeniz, Orta ve Güney Anadolu bölgelerinde üretilmeye başlanmıştır. Marmara bölgesinin özellikle Trakya bölümünde sıfırdan başlayan ayçiçeği tarımı gittikçe gelişmiş ve ayçiçeği son yıllarda en önemli yağ bitkileri arasına girmiştir [23].

5.6.1. Botanik Özellikleri

Şekil 5.6'da görüldüğü gibi Ayçiçeği bitkisi Çan Çiçekliler (Campanulatae) takımının, Toplu Çiçekliler (Compositae) familyasının, Boru çiçekliler (Tubuliflorae) alt familyasının, Helianthum cinsinden bir bitki çeşididir. Ayçiçeğinin 60 - 100 kadar

çeşidi bulunmaktadır. Ancak bu türlerin çoğu çok yıllık, süs bitkisi ve kökleri yenen gibi özellikleri içerir.

Ayçiçeğinin içi özle dolu, kalın ve üzeri tüylü gövdesi bulunmaktadır. Çeşidi ve çevreye bağlı olarak bitki boyu 70 cm ile 5 m. arasında değişiklik gösterir. Yaprakları iri ve ters kalıp şeklinde üzerleri tüylüdür. Çiçek durumuna "kapitulum" veya "tabla" denilmektedir. Her sap bir tabla ile son bulur ve buna "kafa kısmı" adı olarak isimlendirilir. Çiçekler bu tablanın üstüne dizilirler. Bitki tür özelliğine bağlı olarak büyük tek tabla veya küçük birden fazla tabla taşıyabilir. Çiçekler ve yapraklar güneşe göre yön değiştirme özelliği bulunmaktadır. Sabahları doğuya, akşamları da batı yönüne doğru yönelirler. Son olarak öğleyin ve geceleri ise yukarıya çevrilirler. Bu süreç döllenme tamamlanıncaya kadar sürer. Sonraki dönemlerde tablaların %90 kadarı doğu veya kuzey - doğu yönünde, sarkık, dik, eğik v.s. şekillerde durur. Bitkinin hasat zamanındaki duruş biçimi makinalı hasat bakımından oldukça önemlidir. Bitkinin olgunlaşmış tohumları siyah veya beyaz, gri renklerde veya üzeri çizgili sert bir kabuk içinde bulunur. Bunun yanında yağlık çeşitlerde tohum kabuk rengi siyahtır.

5.6.2. İklim ve Toprak Özelliği

Soğuğa, sıcağa toleranslı olması ve belirli bir seviyede kuraklığa dayanıklılığı ayçiçeğinin değişik çevrelere adaptasyonunda rol oynar. Ayçiçeği bol miktarda güneşli geçen ilkbahar ve yaz aylarını sever. Tahıllarda olduğu gibi ilk süreçlerde serin, sonraki süreçlerde ise açık ve güneşli havalar ister. Ayçiçeği tohumları 4 °C'de çimlenir; fakat istenilen çimlenme için en az 8-10 °C'lık bir sıcaklık istenir. Ayçiçeği fideleri -3, -4 °C sıcaklığa kadar dayanıklıdır. Bu sebeple erken ekime uygundur. Gelişme döneminde sıcaklık ortalamasının 20-25 °C olması arzu edilir. Kontrollü çevre şartlarında 18-20 °C gece sıcaklığı, 24-26 °C gündüz sıcaklığı, daha fazla tohum ve yüksek yağ muhteviyatı oluşumunu sağlar.

Çizelge 5.3. Rafine edilmiş ayçiçek yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Özgül kütle	(gr/ml)	0.917
Vizkozite 38 ⁰ C'de	(mm ² /s)	33.9
Parlama Noktası	(°C)	275
Asit Değeri	(mg/g)	0.1
Nem Değeri	(%)	0.03
Isıl Değeri	(kJ/kg)	40600



Şekil 5.6. Ayçiçek bitkisi [23].

Ayçiçek yağının üretimi ekim yapılan bölgelerin genişliğine bağlı olarak değişmektedir.

Ayçiçek yağı başlıca palmitik, stearik, oleik ve linoleik asitlerden meydana gelir. Ayçiçek yağı, soya fasulyesi, yer fıstığı ve çığite benzeyen diğer tohum yağlarından daha çok doymamış yağ asidini içerir. Ayçiçek yağı oleik asit ile izlenen (%66-70) linoleik asidin yüksek konsantrasyonları ile karakterize edilmesi gerçekleşir. Ayçiçek yağı doymuş yağ asitlerince düşüktür ve palmitoleik, linolenik, araşidik, behenik ve lignoserik asitlerinin yalnızca küçük miktarlarını kapsar [23].

BÖLÜM 6

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1. DENEYSEL ÇALIŞMANIN AMACI

Bu deneysel çalışmanın amacı, yakıtına yağ katılarak yağlanması sağlanan iki zamanlı Buji Ateşlemeli Motorlarda motor yağı yerine bitkisel yağlar kullanılarak bu tür motorlardan kaynaklanan zararlı emisyonların azaltılması hedeflenmiştir.

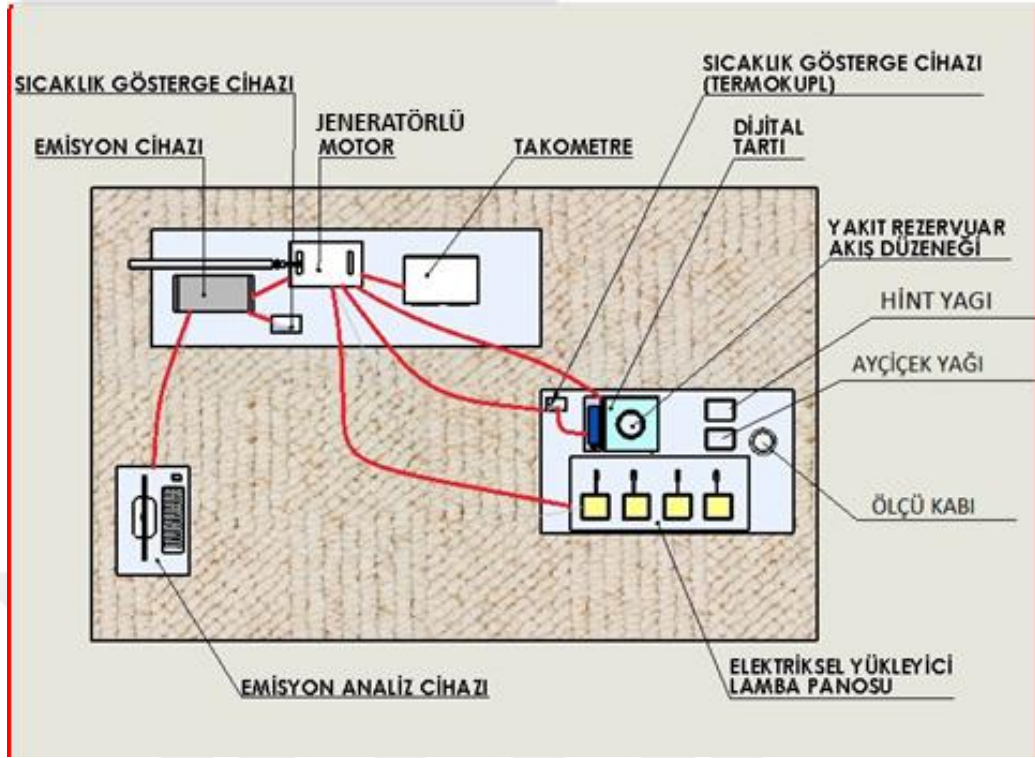
6.2. DENEYLERE İLİŞKİN ÖZELLİKLER

6.2.1. Deney Yeri

Deneysel Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Ana Bilim Dalı Laboratuvarında yapılmıştır. Deney tesisatının genel görünüşü Şekil 6.1’de ve şematik görünüşü ise Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.1. Deney düzeneğinin genel görüntüsü.



Şekil 6.2. Deney düzeneğinin şematik görünümü.

6.2.2. Deney Motoru

Kullanılan motor, K&L marka WH serisinin iki zamanlı, jeneratörü olan WH 950'dir. Motor-Jenaratör özellikleri Çizelge 6.1'de ve resmi şekil 6.3'te aşağıdaki gibi verilmiştir.

Çizelge 6.1. Motor-jenaratör özellikleri.

Model	K&L WH950
Max. Motor gücü	2 HP
Max. Jenaratör elektriksel gücü	780 Watt
Voltaj	225 Volt/50 Hz
Stroke Hacmi	63 cc
ÇapxKurs	45x40 mm
Özgül Yakıt Tüketimi	540 g/kWh
Çalışma Şekli	2 Zamanlı, Hava ile soğutmalı, Karbüratörlü
Hız	3000 1/min



Şekil 6.3. Deney motorunun şekli.

6.2.3. Elektriksel Yükleyici Lamba Panosu

Jenaratör 3000 1/min. devirde max 780 Watt elektriksel güç üretir. Jenaratör üzerinden motoru yüklemek ve ölçümler yapmak maksadıyla; farklı yüklerde halojen çubuk ampul, duyları, akım kesici anahtarları paralel devre düzeniyle Şekil 6.4'deki devre bir ahşap kontrplak üzerine monte edilip, kablo bağlantıları yapılmış olup, sırasıyla 100, 200, 300, 400, 500 Watt'lık güç harcayan bir pano elde edilmiştir. Çekilen gücün bir pens multimetre cihazı ile voltaj ve akım ölçümleri yapılarak doğruluğu kontrol edilmektedir.



Şekil 6.4. Elektriksel yükleyici lamba panosu.

6.3. DENEYDE KULLANILAN ÖLÇÜM CİHAZLARI

6.3.1. Emisyon Ölçüm Cihazı

Emisyon ölçümleri için Bilsa TSE-ECC-72/306 AT egzoz analizörü ve mod 2210 winxp stand cihazı kullanılmıştır. Cihazın ölçüm aralıkları ve hassasiyeti Çizelge 6.2' deki gibidir. Ölçüm cihazı Şekil 6.5'te görüldüğü gibidir.

Çizelge 6.2. Emisyon cihazının ölçüm aralıkları ve hassasiyeti.

Ölçülen-Birim	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
CO (% vol)	0-10	%0,06
CO2(% vol)	0-18	%0,01
HC (% vol)	0-9999	%0,12
NOx(% vol)	0-18	%0,05
Lambda Sayısı	0-1,1	



Şekil 6.5. Emisyon ölçüm cihazı.

6.3.2. İS Emisyon Cihazı

Duman koyuluğu ile is miktarı ölçümü için Optrans 1600 model is emisyon cihazı kullanılmıştır. İS emisyon cihazı Şekil 6.6'da görülmektedir.



Şekil 6.6. İS emisyon cihazı.

6.3.3. Dijital Tartı, Yakıt Deposu Akış Düzeneci ve Kronometre

Birim zamanda tüketilen yakıtın ölçüm işlemi için yüksek hassasiyetli, 30 kg kapasiteli Tess BT model elektronik tartım terazisi kullanılmıştır. Dijital tartı, yakıt kabı akış düzeneci ve kronometre Şekil 6.7'de görülmektedir. Terazinin üzerinde yakıt rezerve ve akışını tertip etmek için; dip yüzeyinde hortum bağlantılı bakır kap ve plastik hortum tertibatı kullanılmıştır.



Şekil 6.7. Yakıt rezervuar akış düzeneği ve kronometre.

6.3.4. Devir Ölçücü Takometre Sensör ve Panosu

Enda ETS1410 model dijital takometre, motor volan kapağına monteli proximity sensör ve elektrik panosu kullanılmaktadır. Motor volan kapağı altındaki volanın her bir deviri, proximity sensör vasıtasıyla sinyal halinde dijital takometreye gönderilerek, dijital ekrandan motor devir sayısı okunabilmektedir. Takometre ise 220 Volt gerilim ile beslenmekte olup, faz, nötr ve toprak bağlantısı içinde sigorta bulunan bir panodan alınmaktadır. Devir ölçücü takometre sensör ve panosu Şekil 6.8’de görülmektedir.



Şekil 6.8. Devir ölçücü takometre sensör ve panosu.

6.3.5. K Tipi Termokupl ve Sıcaklık Gösterge Cihazı

Motorun egzoz sıcaklık değerlerini almak ve zararlı gazları test mahalinde uzaklaştırmak için , motor egzoz çıkışına uyumlu alüminyum malzemedan üretilmiş Şekil 6.9’da görülen spesifik bir egzoz uzantısı kullanılmıştır. K tipi termokupl motor egzoz çıkış tarafındaki portuna monte edilmiştir. Dijital sıcaklık gösterge cihazı, pil ile beslenerek termokupl’un direnç miktarına göre göstergeden sıcaklık değeri gösterebilmektedir.



Şekil 6.9. K tipi termokupl ve sıcaklık gösterge cihazı.

6.3.6. Karışım Hazırlama Beher Ölçek

Uygun karışımı hazırlamak amacıyla hacimsel olarak kademelendirilmiş kaplardır. Karışım hazırlama beher ölçeği Şekil 6.10 da görülmektedir.



Şekil 6.10. Beher ölçek kabı.

6.4. DENEYLERİN YAPILIŞI

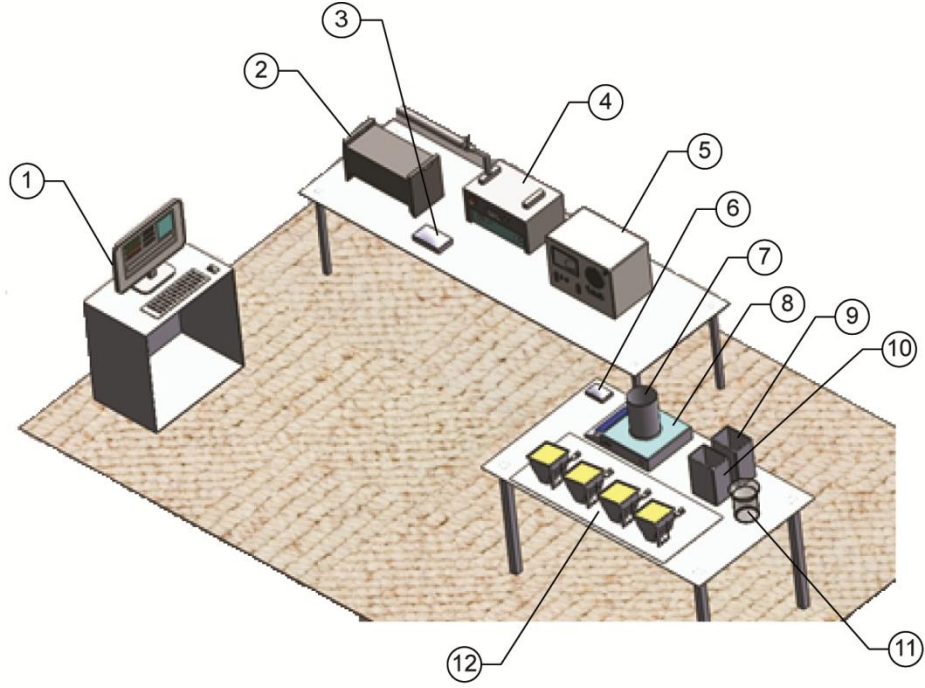
Deneylere başlamadan önce motorun ayarları kontrol edilerek, motor çalışma sıcaklığına getirildikten sonra deneylere başlanmıştır. Deneysel çalışma, iki zamanlı karterden doldurmalı, 3000 d/d sabit devirli jeneratörlü bir benzinli motor değişik yükler altında benzine yağlama amaçlı %2 T2 yağı katılarak gerçekleştirilmiştir

Motor, jeneratör yardımıyla 100 Watt, 200 Watt, 300 Watt, 400 Watt ve 500 Watt elektriksel yüklerde yüklenmiştir. Motor devri ise 3000 1/min.'de sabit tutulmuştur. Motor, bitkisel yağ ve madeni yağ bazlı motor yağı karıştırılmış kurşunsuz 95 oktan benzin kullanarak çalışmaktadır. Motor yakıtı ve Shell sx 2T standart yağlayıcı motor yağı motor üreticisinin tavsiye ettiği gibi %2 oranında sabit tutulmuştur. Fakat analizi yapılacak olan bitkisel yağlayıcı %2, %3 ve %4 oranlarında karıştırılmıştır. Karışımlar ile ilgili kısaltmalarda geçen “B” harfi benzin, “T2 Y” iki zamanlı motor yağı, “K.Y.” kanola yağı, “A.Y.” ayçiçek yağı, “H.Y.” hint yağı yerine kullanılmıştır. % değer ise benzine katılan bitkisel yağ miktarını ifade etmektedir. Örneğin; “B+%2 T2Y” numunesi %2 oranında iki zamanlı motor yağı içeren benzin (%98) bitkisel yağ karışımını ifade etmektedir.

6.4.1. Motorda Kullanılan Yağlayıcının Değiştirilmesi Sonucu Elde Edilen Performans ve Emisyon Değerlerinin Ölçümü

Deney düzeneğinin şematik üç boyutlu görünümü Şekil 6.11’de gösterilmektedir. Şekilde de belirtildiği gibi jeneratörlü motor deney tezgahının üzerine sabitlenmiş ve jeneratör panelinde bulunan faz-nötr elektriksel yükleyici lamba panosunun faz nötr fişi takılmıştır. Daha sonra egzoz çıkışına egzoz uzantısı bağlanmıştır. Uzantı üzerinde, motor egzoz çıkışı tarafına monte edilen K tipi bir termokupl elektrik akımı ile dijital termokupldan alınan dirence göre dijital göstergeden, Celcius °C cinsi sıcaklık değeri okunmaktadır.

Motor karbüratör yakıt girişi ile yakıt tüketimi ölçme düzeneği arasındaki yakıt akışını sağlamak için, motor yakıt deposu sökülüp, giriş borusu da plastik hortum ile yakıt rezervuar girişine bağlantılı hale getirilmiştir ve yakıt akışını sifon prensibiyle sağlamak amacı ile terazi ve üstündeki rezervuar deney tezgâhından daha yüksek bir platforma yerleştirilmiştir.



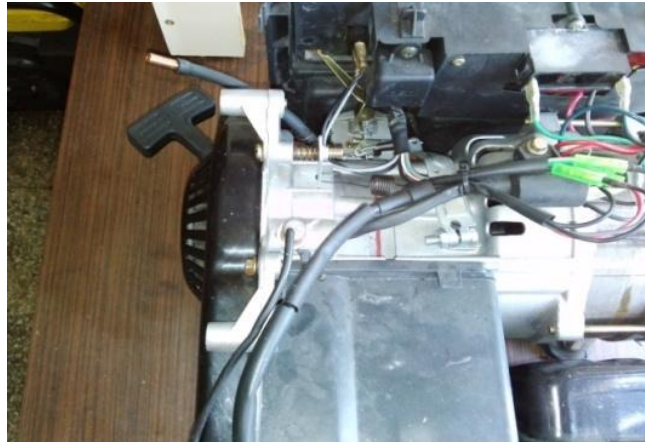
- ① Emisyon Analiz Cihazı
- ② Emisyon Cihazı
- ③ Sıcaklık Gösterge Cihazı
- ④ Jeneratörlü Motor
- ⑤ Takometre
- ⑥ Sıcaklık Gösterge Cihazı (Termokulp)
- ⑦ Yakıt Rezervuar Akış Düzenegİ
- ⑧ Dijital Tartı
- ⑨ Hint Yağı
- ⑩ Ayçiçek Yağı
- ⑪ Ölçü Kabı
- ⑫ Elektriksel Yükleyici Lamba Panosu

Şekil 6.11. Deney düzeneğinin 3 boyutlu şematik görünümü.

Deney yakıtı olarak kurşunsuz benzin, yağlayıcı olarak ta madeni yağ bazlı 2 zamanlı motor yağı ve çeşitli oranlarda bitkisel yağ kullanılır. Referans ölçümler için beher ve ölçek ile %2 benzin-standart yağlayıcı karışım hazırlanarak, rezervuara eklenerek, motor çekçekli ip marş ile ilk hareket verilerek çalıştırılarak referans ölçümler alınmıştır.

Deney düzeneğinde kullanılan Jeneratör 3000 1/min.'de 780 Watt gücünde elektrik enerjisi üretebilmekte fakat deney uzun periyotta sağlıklı sonuç alıp motoru da yıpratmamak için yük 500 Watt'a kadar sınırlandırılmıştır. Deney motorunun genel özellikleri için Çizelge 6.2'ye bakınız. Gücü belli yanan ampul adedi jeneratörden çekilen gücü vermektedir ve çekilen güç pens multimetreden de kontrol gücü belli olan ampuller devreye alınarak jeneratörden akım çekilmek suretiyle motor yüklenmiştir. Egzoz emisyonu ölçümleri egzoz gaz analizörü ve bağlı bulunduğu bilgisayar monitöründen değerler alınarak yapılmaktadır. Yakıt tüketimi, 1 lt kaptaki yakıtın 10 g/s harcanma miktarı bir kronometre ile ölçülerek bulunmuştur. Yakıt tüketimi de g/saat debinin elektriksel efektif güce bölünmesi ($\dot{OYT} = \frac{m_y}{P_e}$ formülü) ile hesaplanmaktadır. Bunun yanında motor devri kendi mekanizması sayesinde ~3000 1/min.'de sabit tutulmaktadır. Gücün aynı olduğu ise pens multimetre ile yapılan ölçümlerle doğrulanmaktadır

Deneyleerde; motor, benzin ile maksimum torkun sağlandığı ~3000 1/min hızda çalışmaktadır ve bu devirde gaz kolu konumu değişen yüklere göre, devri sabit tutmak için Şekil 6.12'deki bir yay-karbüratör vakum mekanizması sayesinde değişmektedir.



Şekil 6.12. Motor yay-karbüratör vakum mekanizması.

Jeneratörden sırasıyla 100W, 200W, 300W, 400W, 500 Watt güç alınarak yükleme işlemleriyle ölçümler alınmıştır. Deney yakıt-yağ karışımları hacimsel olarak ayarlanmıştır. Benzinin içerisine ölçme kapları kullanılarak ilk olarak %2 standart

yağlayıcı ilave edilmiş ve ~3000 1/min. motor hızında sırası verilen yüklerle yüklenerek ölçümler tekrarlanmıştır. Benzer deneyler, aynı koşullar oluşturularak benzin-bitkisel yağ karışımının %2, %3, %4 oranlarında her dört yağlayıcı da beş farklı harici motor yükü altında denenerak CO, CO₂ ve HC emisyon değerleri incelenmiştir.



BÖLÜM 7

BULGULAR VE TARTIŞMALAR

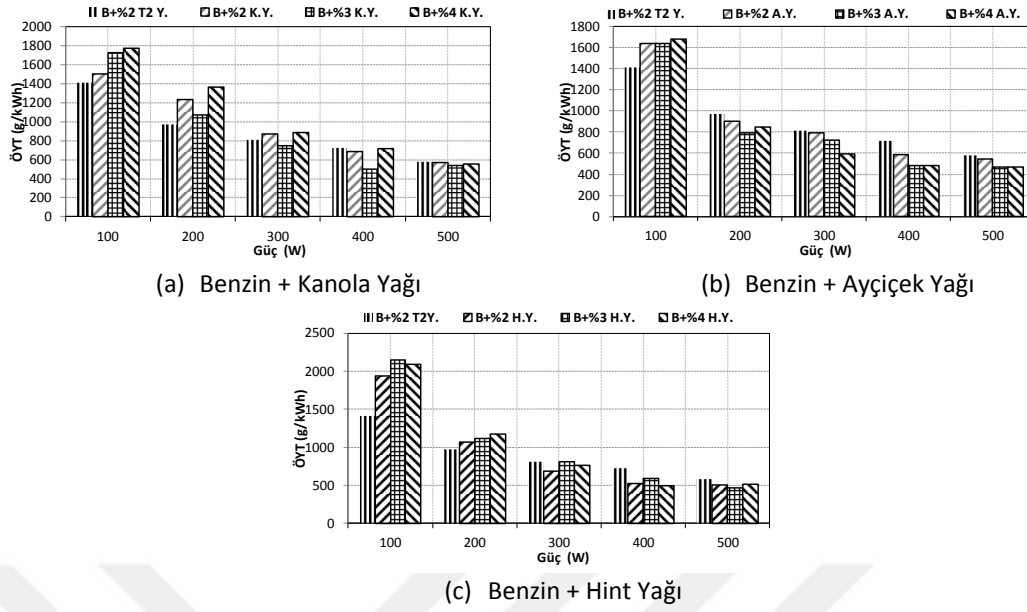
Bu çalışmada iki zamanlı benzinli bir motorda, mineral esaslı olan ve otomotiv endüstrisinde çok yoğun olarak kullanılan 2T yağı yerine yağlayıcı olarak bitkisel esaslı olan kanola, ayçiçek ve hint yağları değişik oranlarda (%2, %3 ve %4) kullanılmış ve her dört yağlayıcı da sabit motor hızında (3000 1/min.) beş farklı motor yükü altında denenerek elde edilen bulgular aşağıda tartışılmıştır.

7.1. MOTOR PERFORMANS GÖSTERGELERİ VE ÖZGÜL YAKIT TÜKETİMİ

Performans göstergeleri olarak; özgül yakıt tüketimi ve egzoz gaz sıcaklığı parametreleri incelenmiştir.

7.1.1. Özgül Yakıt Tüketimi

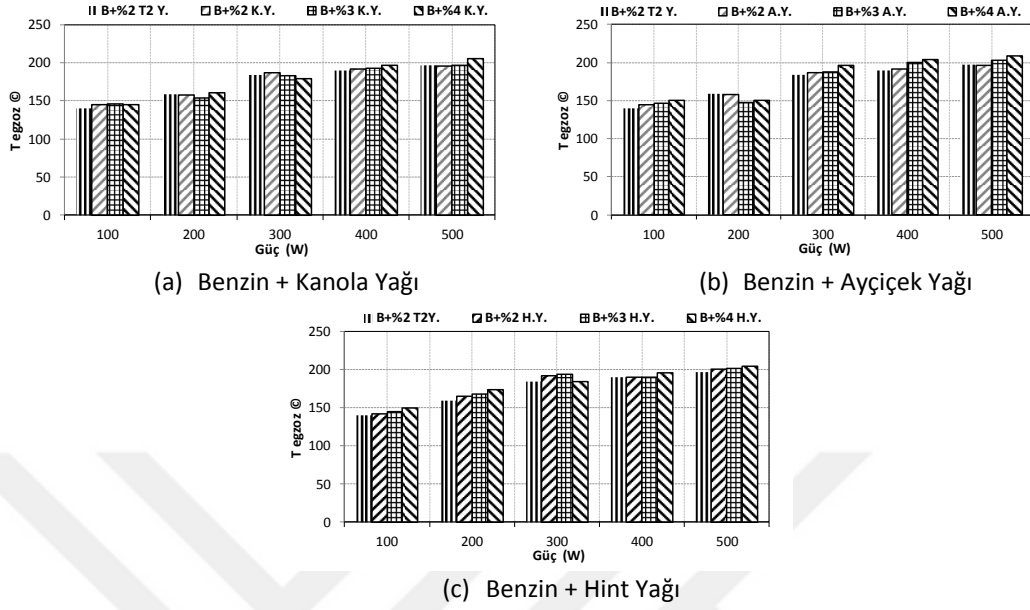
Otomotiv sektöründe özgül yakıt tüketimi birim güç başına harcanan yakıt miktarı olarak ifade edilmektedir. Yani birim zamanda kütleli olarak püskürtülen yakıt miktarı elde edilen güç miktarına oranlandığında yakıt tüketimi ve verim ilişkisi kolayca ortaya çıkmaktadır. Kısacası yanma ne kadar iyi ise yakıt bünyesindeki HC'ların daha fazla yakılması söz konusu olduğundan özgül yakıt tüketimi azalacaktır. Bu nedenle aralarında ters orantı vardır diyebiliriz.



Şekil 7.1. Benzine eklenen a) konala yağı b) ayçiçek yağı ve c) hint yağının motor yüküne bağlı olarak özgül yakıt tüketimine etkisi.

Şekil 7.1 de benzine eklenen konala yağı ayçiçek yağı ve hint yağının motor yüküne bağlı olarak özgül yakıt tüketimine etkisi gösterilmiştir. Benzine 2T yağ yerine bitkisel yağ ilavesi ile ÖYT değerlerinde azalmanın meydana geldiği belirtilen üç grafiğe göre açıktır. Motorda ve çalışma parametrelerinde herhangi bir değişiklik yapılmaksızın benzine bitkisel yağ ilavesi, bitkisel yağların diğer yağlara göre yakıt özellikli ve oksijen içermelerinden dolayı ÖYT de azalmaya neden olmaktadır. Yani bitkisel yağ karışımı benzinde yanma sıcaklığı artar ve daha fazla güç elde edilir. Kısacası aynı gücü elde etmek için daha az yakıt sarfedilir. Söz konusu azalmalar benzin bitkisel yağ karışımındaki bitkisel yağ miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Söz konusu durum yapılan testlere göre motorun yüksek güç değerleri için kendini daha net göstermesine rağmen düşük güç değerleri için grafikte bazı sapmalar görülebilmektedir.

7.1.2. Egzoz Gaz Sıcaklığı



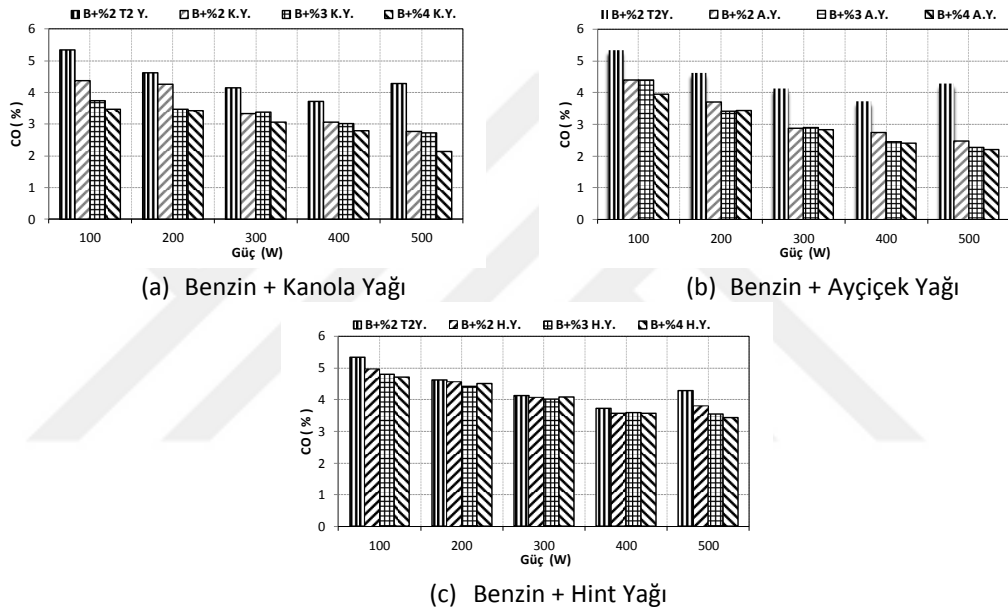
Şekil 7.2. Benzin içerisine katılan 2T yağ yerine bitkisel yağ ilavesinin egzoz sıcaklığına etkisi ((a) konala yağı b) ayçiçek yağı ve c) hint yağının).

Benzin içerisine katılan 2T yağ yerine bitkisel yağ ilavesinin egzoz sıcaklığına etkisi şekil 7.2'de gösterilmiştir. Egzoz gazı sıcaklığı yanma sonu sıcaklığının bir fonksiyonu ve göstergesidir. Kimyasal formüllerinde Hidroksit (OH) grupları olduğunu bildiğimiz yağlar, bu grupları sayesinde yanma sırasında ayrışarak yanmayı kısmı olarak iyileştirmektedir. Ayrıca yakıt viskozitesi yanma üzerinde oldukça etkilidir. Karışım yakıtın viskozitesi normal benzin vizkozitesinden daha düşüktür. Viskozitenin azalması, püskürtme sırasında yakıt taneciklerinin küçülmesine sebep olmaktadır. Bu durum yakıt taneciklerinin yanma odasında hava ile daha iyi bir karışım sağlanmasına yardımcı olarak yanmayı iyileşmekte ve dolayısıyla motor momenti ve gücü artırmaktadır. Bununla beraber karışım yakıtın egzoz sıcaklığı değerlerinin benzininkinden yüksek çıkması daha iyi bir yanmanın sonucu olabilir. Ayrıca bitkisel yağların yanmasının egzozda sarkmasından da olabilir.

7.2. EMİSYON GÖSTERGELERİ

7.2.1. Karbonmonoksit (CO) Emisyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Benzin içerisinde sırasıyla mineral esaslı 2T yağı ve bitkisel esaslı kanola yağı, ayçiçek yağı ve hint yağının değişik oranlarda katılması durumunda, motora uygulanan değişik yükler altında elde edilen CO emisyon sonuçları, Şekil 7.3'de verilmiştir.



Şekil 7.3. Mineral esaslı yağ yerine bitkisel esaslı yağların CO emisyonuna etkisi ((a) konala yağı b) ayçiçek yağı ve c) hint yağının).

Karbon monoksit, yakıt içindeki karbon tamamen yanmadığında oluşan renksiz, kokusuz ve zehirli bir gazdır. İnsan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz ve tehlikeli etkileri sebebiyle emisyon oranının mümkün mertebe düşük olması istenir.

Benzin içerisinde 2T yağı eklenmesi ile yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar incelendiğinde CO emisyon oranının, 2T yağı kullanımında maksimum düzeyde olduğu görülmektedir. Bu durum, 2T yağının mineral esaslı bir yağlayıcı olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak motora uygulanan yükün artması ile birlikte CO yüzdesinin kısmen azalma gösterdiği de müşahade edilmektedir. Bu durum, düşük yük altında motor içerisindeki yanmanın verimsiz bir şekilde gerçekleştiği, yükün

artması ile birlikte yanma veriminin iyileştiği ve bu sayede CO emisyon oranında düşüş sağlanabildiğinin bir göstergesidir.

Benzin içerisine mineral yağ esaslı olan 2T yağı yerine bitkisel yağ esaslı olan kanola yağı eklendiğinde CO emisyon yüzdesinin, 2T yağına oranla daha düşük olduğu gözlemlenebilmektedir. Bu durumun kanola yağının oksijen içermesi nedeniyle yanmadan kaynaklandığı düşünölmektedir. Benzin yağı içerisine 2T yağı ile aynı yüzde (%2) katıldığında minimum yük (100 Watt) altında kanola yağı ile yapılan deneyde açığa çıkan CO seviyesinin, 2T yağı kullanımında açığa çıkan CO seviyesinden yaklaşık %18 daha düşük olduğu görölmektedir. Kanola yağı yüzdesinin arttırılması ile birlikte CO emisyon oranının daha aşağı seviyelere çekilebildiği, elde edilen sonuçlardan anlaşılabilir. Minimum yük altında %4 oranında kanola yağı kullanımı sonucunda açığa çıkan CO emisyonunun, %2 oranında 2T yağı kullanımında açığa çıkan CO emisyonuna oranla yaklaşık %35 daha düşük olduğu görölebilmektedir.

Benzin içerisine katılan yağ yüzdesinde elde edilen CO emisyon azalmasına paralel olarak, motora uygulanan yükün arttırılmasının da CO emisyon seviyesinin azaltılmasında olumlu bir faktör olarak rol aldığı görölebilmektedir. %4'lük kanola yağının 500 Watt yük altında uygulanması durumunda açığa çıkan CO emisyon değerı, 100 Watt yük altında açığa çıkan emisyon değerinden yaklaşık olarak %23 daha düşüktür.

Elde edilen sonuçlar, kanola yağı yüzdesinin ve motora uygulanan dış yükün arttırılmasının, CO emisyon yüzdesinin azaltılması konusunda olumlu katkıda bulunduğunu göstermektedir. Kanola yağı kullanımında en düşük CO emisyon seviyesi, %4 kanola yağı kullanımında ve 500 Watt yük altında sağlanmıştır.

2T yerine benzin içerisine ayçiçek yağı katılması durumunda elde edilen sonuçlar, ayçiçek yağının, kanola yağına benzer şekilde 2T yağına oranla daha düşük CO emisyon oluşumuna yol açtığını göstermektedir. Benzer şekilde ayçiçek yağı yüzdesinin ve motora uygulanan dış yükün arttırılmasının da CO emisyonlarının azaltılmasında olumlu katkıda bulunduğu görölebilmektedir. Bu durum, ayçiçek

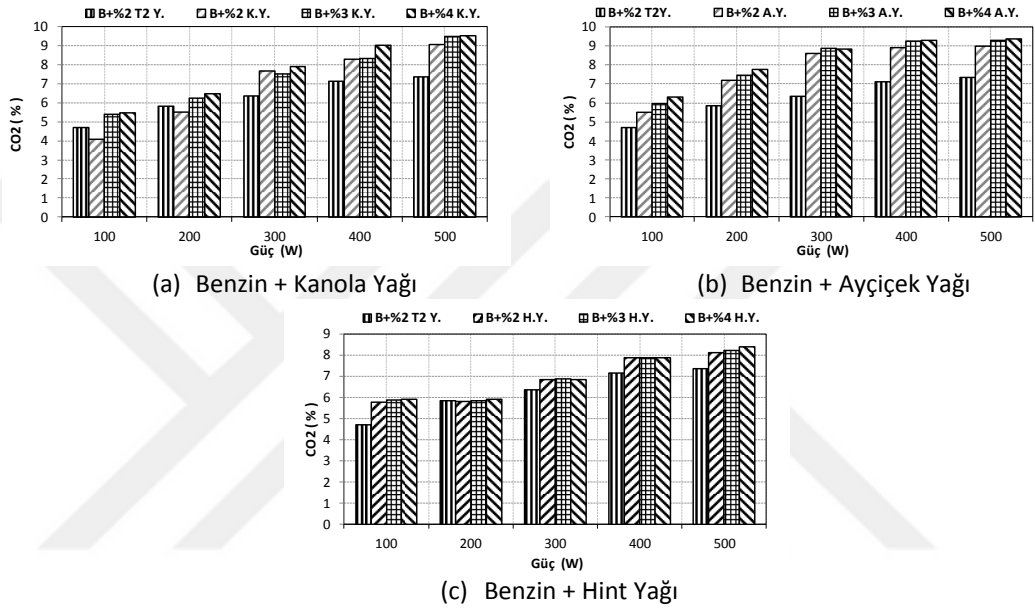
yağının bitkisel esaslı olmasının ve yanma verimini iyileştirici özellik göstermesinin bir sonucudur. 2T yağı ile aynı yüzdede (%2) ayçiçeği kullanımında, 100 Watt yük altında CO emisyon oranının, 2T yağı kullanımında açığa çıkan CO emisyonuna oranla yaklaşık %7,5 daha düşük olduğu müşahede edilmektedir. Aynı yük altında ayçiçek yağı yüzdesinin %4'e çıkarılması sonucu CO emisyonundaki düşüş yaklaşık olarak %26 civarında olmaktadır. Kanola yağına benzer şekilde ayçiçek yağı kullanımında minimum CO emisyon oranı, %4 ayçiçek yağı oranında ve 500 Watt yük altında elde edilmiş olup bu değer, aynı yük altında %2 oranında 2T yağı kullanımında açığa çıkan CO emisyon oranına göre yaklaşık olarak %49 daha düşüktür.

Bitkisel esaslı bir yağlayıcı olan hint yağı kullanılarak yapılan deney sonuçları, kanola ve ayçiçek yağı ile yapılan deneylerde olduğu gibi hint yağının da 2T yağına oranla daha düşük CO salınımına yol açtığı ve CO emisyonunun azaltılması konusunda olumlu bir alternatif olarak değerlendirilebileceği görülmektedir. Değişik hint yağı yüzdesi kullanımı sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde, hint yağı yüzdesinin artırılmasının, CO emisyonlarının azaltılmasında olumlu sonuç verdiği, 2T yağı ile aynı oranda (%2) hint yağı kullanımında, 100 Watt yük altında hint yağı, 2T yağına göre CO emisyonunun yaklaşık %6,5 daha düşük olduğu ve minimum CO emisyon oranının, kanola ve ayçiçek yağında olduğu gibi %4 hint yağı yüzdesi kullanımında ve 500 Watt yük altında sağlanabildiği görülmektedir.

2T yağı ve diğer bitkisel yağların kullanımı ile elde edilen tüm sonuçlar irdelendiğinde 2T yağının tüm bitkisel yağlara oranla daha çok CO emisyonunun açığa çıkmasına yol açtığı ve bu sebeple çevreye en çok zarar veren yağlayıcı olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşılık bitkisel esaslı yağlayıcıların kullanımı ile CO emisyon oranının büyük ölçüde azaltılabildiği ve azalmanın, kanola ve ayçiçek yağı kullanımında da maksimum olduğu müşahede edilebilmektedir. Düşük yük altında hint yağı da kanola ve ayçiçek yağına yakın CO emisyon azalmasını sağlamış olmakla beraber yüksek yük altında bu azalma eğiliminde kanola ve ayçiçek yağına oranla kısmi bir azalma olduğu görülmektedir.

7.2.2. Karbondioksit (CO₂) Emisyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Benzin içerisine sırasıyla mineral esaslı 2T yağı ve bitkisel esaslı kanola yağı, ayçiçek yağı ve hint yağının değişik yüzdelerinin katılması durumunda, motora uygulanan değişik yükler altında elde edilen CO₂ emisyon sonuçları, Şekil 7.4'de verilmiştir.



Şekil 7.4. Mineral esaslı yağ yerine bitkisel esaslı yağların CO₂ emisyonuna etkisi ((a) konala yağı b) ayçiçek yağı ve c) hint yağının).

Doğrudan insan ve çevre sağlığı üzerinde etkili olmayan zehirsiz bir gazdır. Ancak uzun vadede CO₂ gazı, dünyanın çevresinde bir tabaka oluşturur ve dünyaya gelen güneş ışınları yerden yansdıktan sonra geri dönüşleri esnasında bu tabakaya çarparak tekrar dünyaya dönerler. Bu olay da dünyanın daha çok ısınmasının bir nedeni olup sera etkisi olarak bilinir. CO oranı düştükçe CO₂ oranının artması beklenir.

2T yağı kullanılması durumunda yapılan incelemeler, CO₂ oranının diğer yağlayıcıların kullanıldığı duruma oranla daha düşük görülmektedir. Bu durum, 2T yağının mineral esaslı olması ve buna bağlı olarak aynı şartlar altında CO seviyesinin bitkisel esaslı yağlara oranla daha yüksek olmasının bir sonucudur. Motora uygulanan harici yükün arttırılması ile birlikte CO oranının azalmasına paralel olarak

CO₂ oranında artma olduğu görülebilmektedir. En düşük yük (100 Watt) altında açığa çıkan CO₂ emisyon oranı %5,711 ve maksimum yük altında açığa çıkan CO₂ emisyon oranı % 7,355 olup yaklaşık % 22,5'lik bir CO₂ yüzdesi artışı meydana gelmiştir.

Kanola yağı ile yapılan CO₂ emisyon ölçüm deneylerinde elde edilen değerler, CO emisyon deneylerinde elde edilen sonuçlara paralel olarak CO₂ emisyon oranının da kanola yağı kullanımı durumunda artış gösterdiği ve bu artışın, kanola yağı yüzdesi ve motora uygulanan harici yükün arttırılması ile doğru orantılı bir artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Ancak motora uygulanan yükün CO₂ emisyon oranı üzerindeki etkisi, kanola yağının yüzdesinin arttırılmasına oranla çok daha barizdir. En yüksek CO₂ emisyon oranı, 500 Watt yük altında ve % 4'lük kanola yağı kullanımında %9,530 civarında ölçülmüş olup bu değer, aynı yük altında kullanılan %2'lik 2T yağına oranla yaklaşık olarak %30 daha fazladır. Her ne kadar düşük yük altında ve düşük kanola yağı yüzdelerinde CO₂ emisyon seviyesi 2T yağına oranla kısmen düşük olsa da kanola yağı yüzdesinin arttırılması ile birlikte CO₂ emisyon oranının 2T yağında elde edilen oranın üzerine çıkarılabildiği ve genel eğilimin, 2T yağına oranla daha yüksek CO₂ emisyon oranı açığa çıkması şeklinde olduğu müşahade edilmektedir.

Ayçiçek yağının benzinli motor içerisinde yağlayıcı olarak kullanılması sonucu elde edilen deney sonuçları irdelendiğine, kanola yağı deneyinde elde edilen sonuçlara yakın bir CO₂ emisyon eğilimi olduğu görülebilmektedir. Ayrıca, CO₂ emisyon oranının Ayçiçek yağının yüzdesinin artması ile doğru orantılı olarak artış gösterdiği ve motora uygulanan dış yükün arttırılmasının da CO₂ emisyon oranı üzerinde benzer etkiye yol açtığı gözlemlenmektedir. En düşük emisyon oranı %2'lik ayçiçek yağı kullanımında ve 100 Watt yük altında açığa çıkmış olup aynı yüzdede ve aynı yük altında kullanılan 2T yağına oranla %17 daha fazladır. En yüksek emisyon oranı ise % 4'lük ayçiçek yağı kullanımı ve 500 Watt'lık dış yük uygulanması durumunda tespit edilmiş olup aynı yük altında % 2 olarak kullanılan 2T yağına oranla %27 daha yüksektir.

Benzin içerisine hint yağı katılarak elde edilen deneyler incelendiğinde CO₂ emisyon açısından hint yağının, kanola ve ayçiçek yağına benzer şekilde 2T yağından daha yüksek sonuçlar verdiği ve CO₂ emisyon oranının hint yağı yüzdesinin ve motora uygulanan dış yükün arttırılması ile doğru orantılı olarak artış gösterdiği gözlemlenebilmektedir. Ancak hint yağı ile yapılan deneylerde yüksek yük altında elde edilen CO₂ emisyon oranları, aynı şartlar altında kanola ve ayçiçek yağında elde edilen CO₂ emisyon oranlarına göre genel olarak daha düşük bir artış eğilimi göstermektedir. En düşük CO₂ emisyon değeri %2'lik hint yağı kullanımında ve 100 Watt'lık harici yük uygulanması durumunda tespit edilmiş olup bu değer, aynı şartlarda 2T yağı kullanımı ile elde edilen değerden yaklaşık olarak %23 daha fazla; en yüksek CO₂ emisyon değeri ise %4'lük hint yağı kullanımında ve 500 Watt'lık harici yük altında tespit edilmiş olup aynı yük altında %2 seviyesinde kullanılan 2T yağı ile elde edilen değerden yaklaşık olarak %10 daha yüksektir.

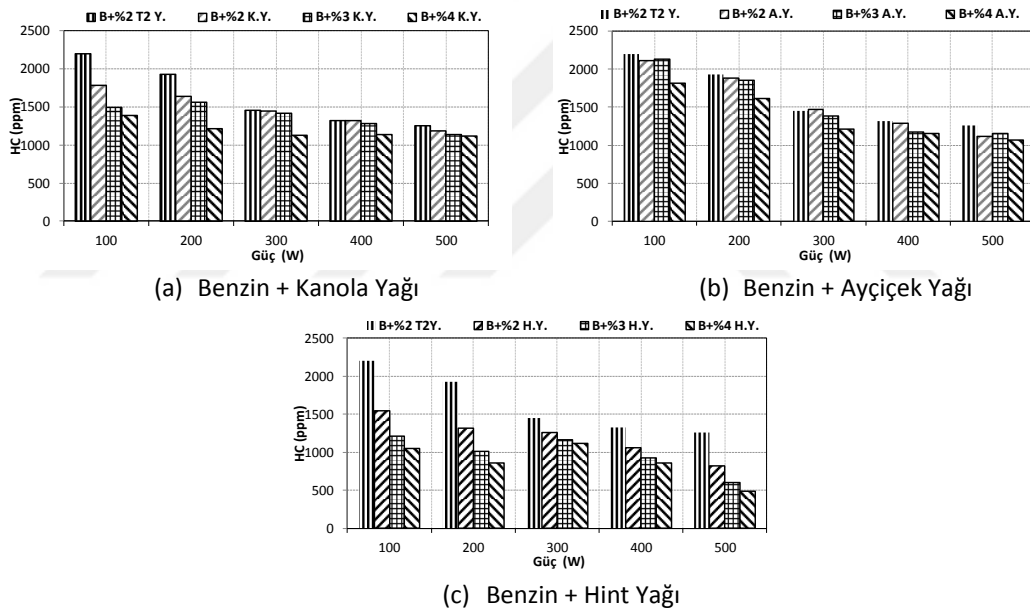
Bitkisel esaslı ve mineral esaslı yağlayıcıların kullanımı ile elde edilen sonuçlar genel olarak incelendiğinde mineral esaslı olan 2T yağı kullanımında CO₂ emisyon oranının bitkisel esaslı yağlayıcılara göre daha düşük olduğu ve en yüksek CO₂ emisyon oranının, Ayçiçek yağı kullanımı sonucunda elde edildiği görülmektedir. Kanola yağı kullanımında da ayçiçek yağına oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir. Hint yağı kullanımında ise düşük yük altında elde edilen sonuçlar kanola ve Ayçiçek yağı kullanımı ile elde edilen sonuçlara çok yakın olup yüksek yüklerde bu artışın hint yağında kısmen azaldığı görülebilmektedir.

7.2.3. Hidrokarbon (HC) Emisyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yanma odasını çevreleyen dar boşlukların (örneğin piston segmanlarıyla piston ve silindir arasındaki boşluklar) ile sıkıştırma esnasında yakıt-hava karışımı ile dolması, yatkın yağ tabakaları içinde absorpsiyonu, kalıntıların yağ filmi etkisi göstermesi, silindir içinde sıvı yakıt kalması ve supap yatak boşluklarında karışım sızması şeklindeki mekanizmalar en önemli HC kaynaklarıdır [39].

Benzin içerisinde 2T yağı, hint yağı, kanola yağı ve ayçiçek yağlarının sırasıyla ve değişik yüzdelerde, değişik yükler altında yağlayıcı olarak kullanılmaları durumunda elde edilen hidrokarbon (HC) emisyon sonuçları şekil 7.5’de verilmiştir.

2T yağı ve bitkisel yağlarının kullanımları sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde en yüksek HC oranının 2T yağı kullanımı durumunda açığa çıktığı gözlemlenmektedir. Bu değer, motora uygulanan yükün artışı ile birlikte kısmi bir azalma eğilimi göstermektedir. Ancak düşük yük altında HC emisyon değeri 2T kullanımında maksimum düzeyde olup 2200 1/min seviyesindedir. Elde edilen değerler, benzinin yanma eğiliminin 2T yağı kullanılması durumunda minimum düzeyde olduğunu göstermektedir.



Şekil 7.5. Bitkisel esaslı yağlayıcılar ile 2T yağı kullanılması ile elde edilen HC emisyon sonuçlarının karşılaştırılması ((a) konala yağı b) ayçiçek yağı ve c) hint yağının).

Kanola yağının HC emisyonlarına etkisi incelendiğinde kanola yağının yağlama amaçlı benzine katılması ile birlikte HC emisyonlarının mineral esaslı yağlayıcılara oranla daha düşük seviyede olduğu görülmektedir. 100 Watt’lık yük altında yapılan deneyde elde edilen sonuçlar, HC oranında 2T kullanıldığı duruma göre %2’lik kanola yağı kullanımında yaklaşık %19’luk bir azalma sağlandığı, %4’lük kanola yağı kullanımında ise bu azalmanın %27 seviyelerine kadar çıkarılabildiği

görülmektedir. Bu durum, kanola yağı-benzin karışımının yanma eğiliminin, 2T-benzin karışımına oranla daha iyi olduğunun bir göstergesidir.

Kanola yağı kullanımında yükün artması ile birlikte HC emisyon değerlerinin de sürekli azalmaya maruz kaldığı ve bu azalmanın kanola yağı yüzdesinin arttırılması ile birlikte aynı eğilimi gösterdiği ve HC emisyon oranının azaltılmasında olumlu etki sağladığı görülebilmektedir. En düşük HC seviyesi maksimum yük ve yağ oranında sağlanmış olup 1121 1/min seviyesindedir. Aynı şartlarda 2T yağı kullanımında elde edilen HC değeri ise 1256 1/min seviyesindedir. Ayrıca grafik üzerindeki tüm koşullar incelendiğinde, kanola yağı kullanımında elde edilen HC oranının, tüm yük ve yüzde durumlarında 2T yağı kullanımına oranla oldukça düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, kanola yağının 2T yağına oranla daha çevre dostu bir yağlayıcı görevi gördüğünü göstermektedir.

Kanola yağında elde edilen sonuçlara paralel olarak ayçiçek yağı kullanımında da 2T yağına oranla genel anlamda bir HC emisyon oranı azaltma eğilimi müşahade edilmektedir. 300 Watt'lık yük altında %2'lik ayçiçek yağı kullanımında açığa çıkan HC emisyon seviyesi 2T kullanımında açığa çıkan HC emisyon seviyesine oranla kısmen yüksek olsa da ayçiçek yağının bu yük altında yüzdesinin arttırılması ile birlikte HC emisyon seviyelerinin iyileştirilebildiği ve 2T yağı kullanımına oranla daha düşük seviyelerde HC emisyonunun açığa çıkmasının sağlanabildiği görülmektedir. Diğer yük ve yağ yüzdesi durumlarında ise ayçiçek yağının HC emisyon seviyelerinin 2T yağı kullanımına oranla daha düşük olduğu ve bu seviyelerin, ayçiçek yağı yüzdesinin arttırılmasıyla daha da düşürülebildiği görülebilmektedir. En düşük HC emisyon seviyesi ise maksimum yük ve yağ yüzde oranlarının sağlandığı durumlarda müşahade edilmekte olup 1068 ppm seviyesindedir. Bu değer, kanola yağının maksimum yük ve yüzde kullanımında elde edilen değerden çok az daha düşüktür. Düşük yüklerde elde edilen sonuçlar ise ayçiçek yağı kullanımında elde edilen HC seviyesinin, kanola yağı kullanımında elde edilen sonuçlara oranla kısmen daha yüksek, ancak yine de 2T yağı kullanımına oranla daha düşük olduğunu göstermektedir.

2T yerine hint yağı kullanılması durumunda ise egzoz gazları içerisinde tespit edilen HC seviyesinin tüm yük durumları altında, kanola ve ayçiçek yağı kullanımına paralel olarak 2T yağı kullanımına oranla daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, hint yağı kullanılması durumunda yanmanın daha iyi bir şekilde gerçekleştirildiğinin bir göstergesi olup tüm yük durumları için geçerliliğini korumaktadır. Hint yağı yüzdelerinin arttırılması ile birlikte HC değerlerinde de sürekli bir azalma olduğu ve HC emisyon oranının kademeli olarak düştüğü müşahade edilmektedir. Hint yağı kullanımı durumunda en yüksek HC emisyon değeri en düşük yük altında; en düşük HC emisyon değeri ise en yüksek yük altında elde edilmiştir. Bu durum, motora uygulanan yükün arttırılması ile birlikte benzin-hint yağı karışımının yanma veriminin arttığını ve maksimum yük altında minimum HC emisyon değerlerinin elde edilebileceğini göstermektedir. Maksimum yük ve hint yağı kullanımında elde edilen HC emisyon seviyesi, minimum yük ve hint yağı yüzdesi kullanımında elde edilen HC emisyon oranının yaklaşık olarak 1/3'ü civarındadır. Bu sonuçlardan yola çıkarak hint yağı kullanımında hem yağ yüzdesinin hem de motora uygulanan dış yükün arttırılmasının, HC emisyon değerlerinin düşürülmesine katkıda bulunduğu sonucuna varılabilmektedir.

HC emisyon değerleri incelendiğinde en yüksek HC emisyonunun, CO ve CO₂ emisyon değerlerinde olduğu gibi 2T yağı kullanımında açığa çıktığı gözlemlenmektedir. Bu durum, 2T yağının yanma verimi üzerindeki etkisinin, bitkisel esaslı yağlayıcılara oranla daha düşük olduğunu göstermektedir. Bitkisel esaslı yağlayıcı kullanımında ise HC emisyonlarının bariz bir şekilde azalma gösterdiği ve en etkili artışın da hint yağı kullanımında elde edildiği görülebilmektedir.

HC emisyonları açısından elde edilen tüm değerler incelendiğinde, HC oranının 2T yağı kullanımında maksimum değerlerde olduğu ve bu durumun genel olarak tüm yük şartlarında geçerliliğini koruduğu görülmektedir. Bitkisel esaslı yağlayıcıların kullanılması ile birlikte HC emisyon oranlarında büyük oranda azalma sağlanabildiği ve bu azalmanın motora uygulanan yük ve yağlayıcı yüzdesinin arttırılması ile daha da iyileştirilebildiği müşahade edilmektedir. En düşük HC emisyon oranı, %4'lük hint yağı kullanımında ve 500 Watt'lık yük altında sağlanabilmektedir. Genel olarak

sonuçlar değerlendirildiğinde kanola yağının düşük yük durumunda ayçiçek yağına oranla daha düşük HC emisyon oluşumuna; yüksek yük durumlarında ise ayçiçek yağına yakın HC emisyon oluşumuna yol açtığı gözlemlenmektedir. Hint yağı kullanımında tüm yük durumlarında HC emisyon oranının kanola ve ayçiçek yağı kullanımına göre daha düşük olduğu grlebilmektedir. Aynı şekilde yağ yüzdelerinin arttırılması, her üç bitkisel yağ kullanımında da HC emisyonlarının azaltılması noktasında olumlu etkilere yol açtığı grlebilmektedir.



BÖLÜM 8

SONUÇ VE ÖNERİLER

8.1. SONUÇLAR

Yapılan deneylerde benzin içerisine hacimsel olarak %2, %3 ve %4 oranında bitkisel yağ ilavesi ile %2 oranında standart madeni yağ-benzin karışımının değişik iki zamanlı, buji ile ateşlemeli bir motorun performans ve emisyonlarına etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. İki zamanlı benzinli bir motorda, yaygın olarak kullanılan mineral esaslı yağ (2T) yerine bitkisel esaslı olan kanola, ayçiçek ve hint yağlarının değişik oranlarda (%2, %3 ve %4) sabit motor hızında (3000 1/min.) ve beş farklı motor yükü altında kullanılmasıyla elde edilen aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

Mineral esaslı yağ yerine bitkisel yağların kullanılmasıyla özgül yakıt sarfiyatının kısmi yükte arttığı orta ve tam yükte azaldığı gözlenmiştir.

Egzoz gaz sıcaklıkları benzine karıştırılan bitkisel yağ ilavesi ile artış göstermiştir ve bununla beraber artan oranla artış devam etmiştir.

Mineral esaslı yağ yerine bitkisel yağların kullanılmasıyla CO emisyonu önemli miktarda azalmıştır. Kanola ve ayçiçek yağının CO emisyonunu azaltma etkisi hint yağından daha yüksek çıkmıştır.

Benzine mineral esaslı yağ yerine bitkisel yağ ilavesinin HC emisyonlarına etkisi incelendiğinde, HC emisyonunun 2T yağı kullanımında maksimum seviyelerde olduğu ve bu durumun genel olarak tüm yük şartlarında geçerliliğini koruduğu görülmüştür. Bitkisel esaslı yağlayıcıların kullanılması ile birlikte HC emisyon

oranlarında büyük oranda azalma sağlanabildiği ve bu azalmanın motora uygulanan yük ve yağlayıcı yüzdesinin artırılması ile sürdürüğü müşahede edilmiştir.

8.2. ÖNERİLER

1) Bitkisel Yağların aşınmaya etkileri de araştırılabilir.

2) Bitkisel yağlara katkı maddeleri katılarak da emisyon ve aşınmaya etkileri de araştırılmalıdır.



KAYNAKLAR

1. Stokes, J., Lake, T. H., Christie, M. J. and Denbratt, I., “Improving the NO_x / fuel economy trade-off for gasoline engines with the CCVS Combustion System”, *SAE Paper*, No:940482, 1-11 (1994).
2. Çetinkaya, S. ve Çelik, M. B., “Buji ateslemeli motorlarda yakıt olarak metanol-benzin karışımlarının kullanılması”, *5. Yanma Sempozyumu*, Bursa, (1997).
3. Acaroğlu, M., “Alternatif Enerji Kaynakları”, *Nobel Yayın Dağıtım*, İstanbul, Aralık, 478-513 (2007).
4. Tamba, S., Yamamoto, M., Yuasa, T. and Yoshimizu I., “Emission reduction for small utility two-stroke engine”, *Trans SAE*, 104: 1741–9 (1995).
5. De Gee, A. W. J., Lossie, C. M. and Stoop, W., “Characterization of the lubricating action of oils under boundary lubrication conditions”, *Tribol Trans*, 38: 565–70 (1995).
6. Ram, M. and Sethuramiah, A., “Study of the lubrication mechanism of two-stroke engine oils using a disc machine”. *Tribol Int*,17: 73–81 (1984).
7. Masjuki, H. H. and Maleque, M. A., “Wear, performance and emissions of a two-stroke engine running on palm oil methyl ester (POME) blended lubricant”. *Proc Inst Mech Eng*, 210: 213–9 (1996).
8. Choi, U. S., Ahn, B. G., Kwon, O. K., and Chun, Y. J., “Tribological behavior of some antiwear additives in vegetable oils”, *Tribol Int*, 30: 677–683 (1997).
9. Busch, C., and Blacke, W., “Rapidly biodegradable hydraulic fluids”, *Tribol Schmierungstec*, 41: 17–23 (1994).
10. Flider, F. J., “Use of rapeseed oil in lubricants” *INFORM*, 6: 1031–5 (1995).
11. Anon., “Operating hydraulics on green fluids” *Machine Design*, January 22: 73–77 (1993).
12. Anon., “Vegetable-oil-based tractor lubricant” *Off-Highway Eng*, December:7–10 (1994).
13. Asadauskas, S., Perez, J. M. and Duda, J. L., “Lubrication properties of castor oil-potential basestoke for biodegradable lubricants”, *Lubr Eng*, 53: 35–40 (1997).

14. Öztürk, E., “İki zamanlı direkt püskürtmeli bir dizel motorunun bilgisayar yardımı ile performans analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 11-19 (2003).
15. Okur, M., “İki zamanlı ve iki silindirli bir model uçak motorunun tasarımı ve imali”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 3-13 (2001).
16. Wyczalek, F. A., “Two-stroke engine technology in 1990’s”, *SAE Paper*, No: 910663, 1-3 (1991).
17. Safgönül, B., “Pistonlu Motorlar Cilt 1”, *İTÜ Makine Fakültesi ve Ofset Atölyesi*, İstanbul, 89-106 (1989).
18. Sürmen, A. ve Karamangil, M. İ., “Motor Termodinamiği”, *Alfa Akademi*, 79-105 (2004).
19. Küçükşahin, F., “Gemi Makineleri, Cilt 3”, *Güven Kitap Kirtasiye*, İstanbul, 309-428 (2000).
20. Küçükşahin, F., “Gemi Makineleri Operasyonu-2, Cilt 2”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 27-34 (1998).
21. Hanı, İ., “Madeni yağlar ve Petrol Ofisi Ürünleri”, *Bursa Teknik Kitabevi*, 87-110 (2002).
22. Koçak, M. S., “Fındık yağı metil esterinin dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanımının deneysel olarak araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2005).
23. Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP), “Kimya Teknolojisi Yağlar Ve Yağ Analizleri”, *MEGEP*, Ankara (2008).
24. Altın, R., “Bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılmasının deneysel olarak incelenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (1998).
25. Yamık, H., “Dizel motorlarında alternatif yakıt olarak yağ esterlerinin kullanılma imkanlarının araştırılması”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2002).
26. Barajas C., “Biodiesel from castor oil: A promising fuel for cold weather, *Proceedings of International Conference on Renewable Energies and Power Quality*”, Zaragoza, İspanya (2005)
27. Ogunniyi D. S., “Castor oil: A vital industrial raw material”, *Bioresource Technology*, 97: 1086-1091 (2006).

28. Silva N. L., Maciel, M. R. W., Batistella, C. B. and Filho, R. M., "Optimization of biodiesel production from castor oil", *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 130: 405-414 (2006).
29. Scholz V. and Silva J. N., "Prospects and risks of the use of castor oil as a fuel", *Biomass and Bioenergy*, 32: 95-100 (2008).
30. Oliveira D., Luccio M., Faccio C., Rosa C. D., Bender J. P., Lipke N. and Amroginski C., "Optimization of alkaline transesterification of soybean oil and castor oil for biodiesel production", *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 122: 553-560 (2005).
31. Meneghetti S. M. P., Meneghetti M. R., Serra T. M., Barbosa D. C. and Wolf C. R., "Biodiesel production from vegetable oil mixtures: cotton seed, soybean and castor oils" *Energy&Fuels*, 21: 3746-3747 (2007).
32. Conceição, M. M., Fernandes ,V. J., Bezerra, A. F., Silva, M. C. D., Santos, I. M. G., Silva, F. C. ve Souza, A. G., "Dynamic kinetic calculation of castor oil biodiesel", *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 87: 865-869 (2007).
33. Cıgızoğlu, B., "Kolza bitkisi", Lisans Tezi, *İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi*, İstanbul (1994).
34. Fereidoon, S., "Canola and Rapeseed", *Van Nostrand Reinhold*, New York (1990).
35. Özgüven, M., "Kolza (Brassica napus L., Brassica campestris L.) ve yetiştiriciliği", *Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları*, Adana (2000).
36. Ludger, A., Benniger, M., Bockey, C. H., Brenndörfer, M., Feiffer, A., Gertz, A., Graf, T., Haase, A., Heger, M., Humpish, G., Klaassen, H., Kurpjuweit, H., Maylandt, M., Mielke, T., Mohr, R., Remmele, E., Schaefer, B., Schneider, K., Schöne, F., Schönhammer, A., Schumann, U., Sinemus, K., Stemann, G., Theissen, H. and Weissen, E., Raps – "anbau und verwertung einer kultur mit perspektive", *Münster*, Deutschland (2006).
37. Canola Council of Canada, "Canola is a high quality feedstock for biodiesel production", *Conference of Fueling Our Future*, Canada, 17-18 July, www.canola-council.org (2006).
38. United States Department of Agriculture, Oilseeds : "World markets and trade", **FOP**, 1-07 (2007).
39. Öz, İ.H., Borat, O., Sürmen, A., "İçten Yanmalı Motorlar" *Birsen Yayın Evi*, İstanbul, Mart, 260-269, (2003).

ÖZGEÇMİŞ

Bayram YAĞIZ 1983 yılında İzmit'te doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Kocaeli Teknik Endüstri Meslek Lisesi 'inden mezun oldu. 2003 ve 2004 yılları arasında Adapazarı'nda yer alan Toyota A.Ş. fabrikasında çalıştı. 2005 yılında Kocaeli Üniversitesi Yeniköy Meslek Yüksekokulu Otomotiv Bölümü'nden mezun oldu. 2006 yılında Dicle Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2009 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programına ve 2011 yılında Türk Hava Yolları Teknik AŞ'de göreve başlamış olup, halen Öğretmen olarak çalışmaya devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Hacıosman Mah. Hızır Reis Cad. Bilgi Sok. Kocaeli /Körfez
Tel : 0535 714 08 32
E-posta : bayramyagiz@gmail.com