

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİZEL YAKITINA BELİRLİ ORANLARDA KARIŞTIRILMIŞ
PAMUK YAĞININ MOTOR PERFORMANSI VE EMİSYON
KARAKTERİSTİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

HALİT LÜTFİ YÜCEL

DOKTORA TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

1998
ELAZIĞ

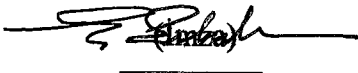
T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİZEL YAKITINA BELİRLİ ORANLARDA KARIŞTIRILMIŞ
PAMUK YAĞININ MOTOR PERFORMANSI VE EMİSYON
KARAKTERİSTİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

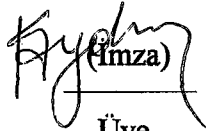
HALİT LÜTFİ YÜCEL

DOKTORA TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

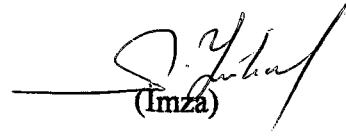
Bu tez, 19 / 11 / 1998 Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından Oybirliği
ile Başarılı Olarak Değerlendirilmiştir.



Danışman
Prof. Dr. Kâzım PIHTILI



Üye
Doç. Dr. Kadir AYDIN



Üye
Doç. Dr. Bedri YÜKSEL

ÖZET

Doktora Tezi

**DİZEL YAKITINA BELİRLİ ORANLARDA KARIŞTIRILMIŞ
PAMUK YAĞININ MOTOR PERFORMANSI VE EMİSYON
KARAKTERİSTİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Halit Lütü YÜCEL

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

1998, Sayfa: 121

Artan nüfus ve endüstrileşme dünya enerji tüketimindeki hızlı artışı beraberinde getirmekte ve bunun doğal sonucu olarak da enerji açısından yeni ve acil önlemlerin alınma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Petrol sarfiyatının önemli bir bölümü tarımda ve ulaşımda olmaktadır. Tarımda ve ulaşımda kullanılan dizel motorlar için motorin yerine kullanılabilir alternatif yakıtların bulunması önemli olacaktır.

Bu çalışmada dizel motorlar için alternatif yakıt olarak pamuk yağı+motorin karışımlarının kullanılması halinde ortaya çıkabilecek problemlerin tespiti ile performans ve emisyon karakteristikleri üzerindeki etkilerinin tespiti amaçlanmıştır.

Belirli oranlardaki pamuk yağı+motorin karışımları kullanılarak tek silindirli bir dizel motorun elemanlarının durumları incelenmiştir. Artan pamuk yağı yüzdesi ile silindir içerisinde kalıntı miktarının arttığı görülmüştür.

Pamuk yağı+motorin karışımlarının yakıt olarak kullanılması halinde CO ve HC emisyonlarında motorine göre artış, NOx' te ise azalma elde edilmiştir. Motor gücü yaklaşık aynı seviyede kalmış, özgül yakıt sarfiyatı artmıştır.

Motorda herhangi bir değişikliğe gidilmeden pamuk yağı+motorin karışımlarının kısa süreli çalışmalar için uygun olduğuna, uzun süreli çalışmalar için ise pamuk yağı oranının %30-40 oranından fazla olmaması gerektiği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Pamuk yağı, alternatif yakıt, dizel motor

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

**INVESTIGATION OF THE EFFECTS ON ENGINE PERFORMANCE AND
EMISSION CHARACTERISTICS OF COTTON OIL AND DIESEL FUEL BLENDS**

Halit Lütü YÜCEL

Fırat Üniversitesi

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

1998, Page: 121

Increase in the population and industrial developments in the world have been required more and faster consumption of energy sources thus, new and urgent cautions should be considered from the point of energy production . The important part of fuel consumption occurs in the agriculture and transportation services. It will be important to search new alternative fuels instead of diesel fuel.

In this study, when blends of cotton oil and diesel fuel as an alternative fuel are considered for diesel engines, determination of the problems effect on performance and emission characteristics are proposed.

Once the blends of cotton oil and diesel fuel in the different rates are used, the conditions of the parts of a diesel engine with a single cylinder are investigated. With the increasing rate of cotton oil, it is observed that the deposits in the cylinder increase.

In the case of using the blends of cotton oil and diesel fuel, it is obtained that CO and HC emissions increase when comparing with diesel where as NO_x decreases. Engine power has been obtained at the same level, but specific fuel consumption has increased.

It is concluded that the blends of cotton oil and diesel fuel are suitable for a short running period without doing any change in the engine configuration but for a long running period, the rate of cotton oil should not be exceeded 30-40%.

KEY WORDS: Cotton oil, alternative fuel, diesel engine.

TEŞEKKÜR

Doktora tezimin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen ve bana yol gösteren danışman hocam Prof.Dr. Kâzım PIHTILI' ya teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Ayrıca tez konusunun belirlenmesinde ve tezimin hazırlanmasında yardımını esirgemeyen Prof.Dr. Ömer Erkin PEREMECİ' ye, mikroskoptaki incelemelerimde yardımcı olan Yrd.Doç.Dr. Mustafa AKSOY' a, pamuk yağı analizlerinin yapılmasındaki katkılarından dolayı ODTÜ Petrol Araştırma Merkezi' nden Prof.Dr. Ender OKANDAN' a, Gazi Üniversitesi Motorlar Laboratuvarında yaptığım deneylerimde yardımcı olan Dr. Anıl KAREL' e, Araştırma Fonu İşletme Müdürü Prof. Dr. Vedat TANYILDIZI' na ve personeline, Fırat Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü atelye teknisyenlerine ve bölümdeki hocalarım ile tüm bölüm arkadaşlarıma teşekkür ederim. Doktora öğrenimim sırasında manevi desteklerinden dolayı aileme de sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Halit Lütü YÜCEL
Makina Yüksek Mühendisi

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	XI
RESİMLER LİSTESİ	XIII
SİMGELER LİSTESİ	XIX
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	6
3. BİTKİSEL YAĞLARIN YAKITSAL ÖZELLİKLERİ VE YAKITOLARAK KULLANILABİLME İMKANLARI.....	11
3.1. Yağ Bitkileri	11
3.2. Bitkisel Yağların Otomotiv Endüstrisinde Yakıt Olarak Kullanılma İmkânları	13
3.3. Pamuk Yağı	19
3.4. Türkiye'nin Pamuk Potansiyeli ve Yakıt Olarak Tercih Edilmesinin Nedeni	20
3.5. Pamuk Yağı Formülasyonu	24
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	25
4.1. Deney Tesisatının Tanıtımı	25
4.2. Deney Motorlarının Özellikleri	25
4.3. Dinamometre (Su freni) Özellikleri	28
4.4. Döndürme Momentinin Tespiti	28
4.5. Efektif Gücün Bulunması	28
4.6. Yakıt Sarfiyatının Tespiti	29
4.7. Özgül Yakıt Sarfiyatının Bulunması (be)	30

4.8. Egzoz Gazı Analizi Ünitesi	30
4.9. Egzoz Gazı Sıcaklığının ölçülmesi	31
4.10 Yakıtın Isıl Değerinin Tespiti	31
4.11. Yakıt Viskozitesinin Tespiti	31
4.12. Bitkisel Yağın Malzemeye Sıvanmasının (Yapışma) Kontrolü	31
4.13. Yakıt Damlacıklarının Tespiti	32
5. YAPILAN DENEYLER VE SONUÇLARI	33
5.1 Yakıt Analiz Sonuçları	33
5.2. Sıvanma Deneyi Sonuçları	36
5.3. Püskürtme Deneyi Sonuçları	44
5.4. Pamuk Yağı-Motorin Karışımlarının Motor Elemanları Üzerindeki Etkilerini Tespit Etmek İçin Yapılan Deneylerin Sonuçları	53
5.4.1. Motorin İle 100 Saatlik Çalışma Sonunda Motor Elemanlarının Durumları	57
5.4.2. %25 Pamuk Yağı+% 75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Motor Elemanlarının Durumları	63
5.4.3. %50 Pamuk Yağı+% 50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Motor Elemanlarının Durumları	68
5.4.4. %75 Pamuk Yağı+% 25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Motor Elemanlarının Durumları	72
5.4.5. 100 Saatlik Deneysel Çalışmaların Analizi	78
5.5. Emisyon ve performans Testleri ile Sonuçlarının Analizi	80
5.5.1. CO Emisyonu Bulguları	82
5.5.2. Hidrokarbon (HC) Emisyonu Bulguları	85
5.5.3. Azot Oksit (NOx) Emisyonu Bulguları	87
5.5.4. O ₂ Bulguları	89
5.5.5. CO ₂ Bulguları	92
5.5.6. Isı Emisyonu Bulguları	94
5.5.7. Hava Fazlalık Katsayısı ve Egzoz Gazı Sıcaklığı Bulguları	95

5.5.8. Performans Bulguları	96
5.5.9. Mod 13 Deney sonuçları	99
5.5.10. Emisyon ve Performans Ölçümü Sonuçları	102
6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	107
KAYNAKLAR	109
 EKLER	 115
EK 1. Motorin İle Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı+Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Boşta Çalışmada CO Değişimi	 115
EK 2. %25 Nötr Pamuk Yağı+%75 Motorin Damıtma Eğrisi	116
EK 3. %25 Ham Pamuk Yağı+%75 Motorin Damıtma Eğrisi	117
EK 4. %50 Nötr Pamuk Yağı+%50 Motorin Damıtma Eğrisi	118
EK 5. %25 Ham Pamuk Yağı+%75 Motorin Damıtma Eğrisi	119
EK 6. %25 Ham Pamuk Yağı+%75 Motorin Damıtma Eğrisi	120
EK 7. %50 Ham Pamuk Yağı+%50 Motorin Damıtma Eğrisi	121

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.1. Yakıt Ölçme Kabı	29
Şekil 4.2. Enjektör Test Cihazı	32
Şekil 5.1. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Boşta Çalışmada CO Değişimi	82
Şekil 5.2. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Yarım Yükte Çalışmada CO Değişimi	83
Şekil 5.3. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Yükte Çalışmada CO Değişimi	83
Şekil 5.4. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada CO Değişimi	84
Şekil 5.5. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada CO Değişimi	84
Şekil 5.6. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada CO Değişimi	85
Şekil 5.7. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Boşta Çalışmada HC Değişimi	85
Şekil 5.8. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Yarım Yükte Çalışmada HC Değişimi	86
Şekil 5.9. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Yükte Çalışmada	

HC Değişimi	86
Şekil 5.10. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada HC Değişimi	87
Şekil 5.11. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Boşta Çalışmada NOx Değişimi	87
Şekil 5.12. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Yarım Yükte Çalışmada NOx Değişimi	88
Şekil 5.13. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Yükte Çalışmada NOx Değişimi	88
Şekil 5.14. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada NOx Değişimi	89
Şekil 5.15. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Boşta Çalışmada O ₂ Değişimi	89
Şekil 5.16. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Yarım Yükte Çalışmada O ₂ Değişimi	90
Şekil 5.17. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde tam Yükte Çalışmada O ₂ Değişimi	90
Şekil 5.18. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada O ₂ Değişimi	91
Şekil 5.19. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada O ₂ Değişimi	91

Şekil 5.20. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Boşta Çalışmada CO ₂ Değişimi	92
Şekil 5.21. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Yarım Yükte Çalışmada CO ₂ Değişimi	92
Şekil 5.22. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Yükte Çalışmada CO ₂ Değişimi	93
Şekil 5.23. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada CO ₂ Değişimi	93
Şekil 5.24. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada CO ₂ Değişimi	94
Şekil 5.25. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada İs Değişimi	94
Şekil 5.26. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada λ Değişimi	95
Şekil 5.27. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada Egzoz Gazı Sıcaklığı Değişimi	95
Şekil 5.28. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada Ne Değişimi	96
Şekil 5.29. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada Be Değişimi	96
Şekil 5.30. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin	

Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada Ne Değişimi	97
Şekil 5.31. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada Md Değişimi	97
Şekil 5.32. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada Md Değişimi	98
Şekil 5.33. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada Termik Verimin Değişimi	98



TABLOLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1. Dünya Motorlu Taşıt Üretimi	2
Tablo 1.2. Yıllar İtibariyle Türkiye Motorin Tüketim.....	3
Tablo 1.3. Türkiye ve GAP' ın Mekanizasyon Durumu	3
Tablo 1.4. Türkiye Araç Parkı	4
Tablo 3.1. Bitkisel Yağların Üretimi İçin Giren ve Çıkan Enerji Miktarları.	12
Tablo 3.2. Bitkisel Yağlara Ait Çeşitli Özellikler	14
Tablo 3.3. Bitkisel Yağlara Ait Çeşitli Özellikler	15
Tablo 3.4. Bitkisel Yağlara Ait Çeşitli Özellikler	16
Tablo 3.5. Bitkisel Yağlara Ait Çeşitli Özellikler	17
Tablo 3.6. Bitkisel Yağlara Ait Çeşitli Özellikler	18
Tablo 3.7. Pamuk Yağı ve Motorinin Yüzde Bileşenleri	19
Tablo 3.8. Pamuk Yağı ve Motorinin Viskoziteleri	20
Tablo 3.9. Pamuk Yağı ve Motorine Ait Isıl Değer ve Yoğunluklar	20
Tablo 3.10. 1992 İtibariyle Türkiye' nin Bazı Yağ Bitkilerinin Üretim Miktarları ve Ekili Alanlar	20
Tablo 3.11. Bazı Bitkisel Yağlar İçin İşletmelerin Sayısı ve Yıllık Üretim Miktarları	21
Tablo 3.12. Yıllara Göre Pamuk Ekili Arazi ve Üretim Miktarlarındaki Değişmeler	21
Tablo 3.13. GAP İllerinde Sulanabilir Tarım Arazisi, Halen Sulanan, Gap ile Sulamaya Katılacak ve Sulama Dışı Kalacak Arazi Miktar ve Oranları	22
Tablo 3.14. GAP Alanında Ekilmesi Beklenen Bitki Cinsi, Ekim Alanlarının Oranları ile Hektar Başına Verim ve Üretimleri	23
Tablo 3.15. Pamuk Yağı Asitleri	24
Tablo 5.1. Pamuk Yağı, Motorin ve Pamuk Yağı Motorin Karışımlarının Isıl Değerleri	33

Tablo 5.2. %100 Nötr Pamuk Yağı Analiz Sonuçları	34
Tablo 5.3. %25 Nötr Pamuk Yağı+%75 Motorin Analiz Sonuçları	34
Tablo 5.4. %50 Nötr Pamuk Yağı+%50 Motorin Analiz Sonuçları	34
Tablo 5.5. %100 Ham Pamuk Yağı Analiz Sonuçları	35
Tablo 5.6. %25 Ham Pamuk Yağı+%75 Motorin Analiz Sonuçları	35
Tablo 5.7. %50 Nötr Pamuk Yağı+%50 Motorin Analiz Sonuçları	35
Tablo 5.8. %100 Motorin Mod 13 Deneyi	99
Tablo 5.9. %10 Pamuk Yağı+%90 Motorin Karışımı Mod 13 Deneyi	99
Tablo 5.10. %30 Pamuk Yağı+%70 Motorin Karışımı Mod 13 Deneyi	100
Tablo 5.11. %50 Pamuk Yağı+%50 Motorin Karışımı Mod 13 Deneyi	100
Tablo 5.12. Mod 13 Deney Sonuçları	101
Tablo 5.13. Mod 13 Yük Faktörleri	101



RESİMLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Resim 4.1. Motor Elemanlarının Durumlarını Tespit İçin Kullanılan Pancar Marka Motor.....	26
Resim 4.2. Deney Motoru ve Dinamometre	27
Resim 4.3. Deney Motoru ve Dinamometre	27
Resim 5.1. Sıvanma Deneyinde Kullanılan Hareketli Sehpa	37
Resim 5.2. Sıvanma Deneyinde Kullanılan Hareketli Sehpa	37
Resim 5.3. Motorin ve Pamuk Yağı İçerisinde Bekletilmiş Piston Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü	38
Resim 5.4. Ayçiçek Yağı İçerisinde Bekletilmiş Piston Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü	38
Resim 5.5. Motorin ve Pamuk Yağı İçerisinde Bekletilmiş Gömlek Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü	39
Resim 5.6. Ayçiçek Yağı İçerisinde Bekletilmiş Gömlek Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü	39
Resim 5.7. Motorin ve Pamuk Yağı İçerisinde Bekletilmiş Yağ Segmanı Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü	40
Resim 5.8. Ayçiçek Yağı İçerisinde Bekletilmiş Yağ Segmanı Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü	40
Resim 5.9. Motorin ve Pamuk Yağı İçerisinde Bekletilmiş Enjektör Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü	41
Resim 5.10. Ayçiçek Yağı İçerisinde Bekletilmiş Enjektör Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü	41
Resim 5.11. Motorin ve Pamuk Yağı İçerisinde Bekletilmiş Kompresyon Segmanı Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü	42
Resim 5.12. Ayçiçek Yağı İçerisinde Bekletilmiş Kompresyon Segmanı Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü	42
Resim 5.13. Motorin İçerisinde Bekletilmiş Supap Yüzeyinin	

Mikroskop Altındaki Görüntüsü	43
Resim 5.14. Pamuk Yağı İçerisinde Bekletilmiş Supap Yüzeyinin	
Mikroskop Altındaki Görüntüsü	43
Resim 5.15. Ayçiçek Yağı İçerisinde Bekletilmiş Supap Yüzeyinin	
Mikroskop Altındaki Görüntüsü	44
Resim 5.16. İslı Cam Üzerine Püskürtülen Motorin Damlacıklarının	
Görüntüsü (Püskürtme Açıklığı 20 cm.)	45
Resim 5.17. İslı Cam Üzerine Püskürtülen Motorin Damlacıklarının	
Görüntüsü (Püskürtme Açıklığı 50 cm.)	45
Resim 5.18. İslı Cam Üzerine Püskürtülen Motorin Damlacıklarının	
Görüntüsü (Püskürtme Açıklığı 50 cm.)	46
Resim 5.19. İslı Cam Üzerine Püskürtülen Motorin Damlacıklarının	
Görüntüsü (Püskürtme Açıklığı 100 cm.)	46
Resim 5.20. İslı Cam Üzerine Püskürtülen %25 Pamuk Yağı+%75	
Motorin Damlacıklarının Görüntüsü	
(Püskürtme Açıklığı 20 cm.)	47
Resim 5.21. İslı Cam Üzerine Püskürtülen %25 Pamuk Yağı+%75	
Motorin Damlacıklarının Görüntüsü	
(Püskürtme Açıklığı 50 cm.)	47
Resim 5.22. İslı Cam Üzerine Püskürtülen %25 Pamuk Yağı+%75	
Motorin Damlacıklarının Görüntüsü	
(Püskürtme Açıklığı 50 cm.)	48
Resim 5.23. İslı Cam Üzerine Püskürtülen %25 Pamuk Yağı+%75	
Motorin Damlacıklarının Görüntüsü	
(Püskürtme açıklığı 100 cm.)	48
Resim 5.24. İslı Cam Üzerine Püskürtülen %50 Pamuk Yağı+%50	
Motorin Damlacıklarının Görüntüsü	
(Püskürtme Açıklığı 20 cm.)	49
Resim 5.25. İslı Cam Üzerine Püskürtülen %50 Pamuk Yağı+%50	
Motorin Damlacıklarının Görüntüsü	
(Püskürtme Açıklığı 50 cm.)	49

Resim 5.26. İslı Cam Üzerine Püskürtülen %50 Pamuk Yağı+%50 Motorin Damlacıklarının Görüntüsü (Püskürtme Açıklığı 100 cm.)	50
Resim 5.27. İslı Cam Üzerine Püskürtülen %50 Pamuk Yağı+%50 Motorin Damlacıklarının Görüntüsü (Püskürtme Açıklığı 100 cm.)	50
Resim 5.28. İslı Cam Üzerine Püskürtülen %75 Pamuk Yağı+%25 Motorin Damlacıklarının Görüntüsü (Püskürtme Açıklığı 50 cm.)	51
Resim 5.29. İslı Cam Üzerine Püskürtülen %75 Pamuk Yağı+%25 Motorin Damlacıklarının Görüntüsü (Püskürtme Açıklığı 100 cm.)	51
Resim 5.30. İslı Cam Üzerine Püskürtülen Pamuk Yağı Damlacıklarının Görüntüsü (Püskürtme Açıklığı 100 cm.)	52
Resim 5.31. İslı Cam Üzerine Püskürtülen Pamuk Yağı Damlacıklarının Görüntüsü (Püskürtme Açıklığı 100 cm.)	52
Resim 5.32. Silindir Kafası ve Yanma Odasının Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü	53
Resim 5.33. Silindir Kafası ve Yanma Odasının Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü	54
Resim 5.34. Silindir Kafası ve Yanma Odasının Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü	54
Resim 5.35. Emme ve Egzoz Supabının Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü	55
Resim 5.36. Emme ve Egzoz Supabının Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü	55
Resim 5.37. Pistonun Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü	56
Resim 5.38. Pistonun Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü	56
Resim 5.39. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Silindir Kafasının Görünüşü	57
Resim 5.40. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Silindir	

Kafasının Görünüşü	57
Resim 5.41. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Silindir	
Kafasının Görünüşü	58
Resim 5.42. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Egzoz Supabının	
Görünüşü	58
Resim 5.43. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Emme ve Egzoz	
Supabının Görünüşü	59
Resim 5.44. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Emme ve Egzoz	
Supabının Görünüşü	59
Resim 5.45. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Piston Üst	
Yüzeyinin Görünüşü	60
Resim 5.46. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Piston Yan	
Yüzeyinin Görünüşü	60
Resim 5.47. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Piston	
Tablasının Görünüşü	61
Resim 5.48. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Piston Yan	
Yüzeyinin Görünüşü	61
Resim 5.49. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Enjektörün	
Görünüşü	62
Resim 5.50. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Egzoz	
Manifoldunun Görünüşü	62
Resim 5.51. %25 Pamuk Yağı+%75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	
Sonunda Yanma Odası ve Supap Yuvalarının Görünüşü	63
Resim 5.52. %25 Pamuk Yağı+%75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	
Sonunda Yanma Odası ve Supapların Görünüşü	63
Resim 5.53. %25 Pamuk Yağı+%75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	
Sonunda Emme ve Egzoz Supabının Görünüşü	64
Resim 5.54. %25 Pamuk Yağı+%75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	
Sonunda Emme ve Egzoz Supabı Tablasının Görünüşü	64
Resim 5.55. %25 Pamuk Yağı+%75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	
Sonunda Gömleğin Görünüşü	65

Resim 5.56. %25 Pamuk Yağı+%75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Egzoz Manifoldunun Görünüşü	65
Resim 5.57. %25 Pamuk Yağı+%75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Pistonun Görünüşü	66
Resim 5.58. %25 Pamuk Yağı+%75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Pistonun Görünüşü	66
Resim 5.59. %25 Pamuk Yağı+%75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Pistonun Görünüşü	67
Resim 5.60. %25 Pamuk Yağı+%75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Enjektörün Görünüşü	67
Resim 5.61. %50 Pamuk Yağı+%50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Yanma Odası ve Supap Yuvalarının Görünüşü	68
Resim 5.62. %50 Pamuk Yağı+%50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Pistonun Görünüşü	69
Resim 5.63. %50 Pamuk Yağı+%50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Pistonun Görünüşü	69
Resim 5.64. %50 Pamuk Yağı+%50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Gömleğin Görünüşü	70
Resim 5.65. %50 Pamuk Yağı+%50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Gömleğin Görünüşü	70
Resim 5.66. %50 Pamuk Yağı+%50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Egzoz Supabının Görünüşü	71
Resim 5.67. %50 Pamuk Yağı+%50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Emme ve Egzoz Supabının Görünüşü	71
Resim 5.68. %50 Pamuk Yağı+%50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Enjektörün Görünüşü	72
Resim 5.69. %75 Pamuk Yağı+%25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Yanma Odasının Görünüşü	73
Resim 5.70. %75 Pamuk Yağı+%25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Yanma Odası ve Supap Yuvalarının Görünüşü	73
Resim 5.71. %75 Pamuk Yağı+%25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	

Sonunda Pistonun Görünüşü	74
Resim 5.72. %75 Pamuk Yağı+%25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	
Sonunda Pistonun Görünüşü	74
Resim 5.73. %75 Pamuk Yağı+%25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	
Sonunda Emme ve Egzoz Süpabının Görünüşü	75
Resim 5.74. %75 Pamuk Yağı+%25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	
Sonunda Egzoz Süpabının Görünüşü	75
Resim 5.75. %75 Pamuk Yağı+%25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	
Sonunda Emme ve Egzoz Supabının Görünüşü	76
Resim 5.76. %75 pamuk yağı+%25 motorin ile 100 saatlik çalışma	
sonunda egzoz manifoldunun görünüşü	76
Resim 5.77. %75 Pamuk Yağı+%25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	
Sonunda Gömleğin Görünüşü	77
Resim 5.78. %75 Pamuk Yağı+%25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	
Sonunda Gömleğin Görünüşü	77
Resim 5.79. %75 Pamuk Yağı+%25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma	
Sonunda Enjektörün Görünüşü	78

SİMGELER LİSTESİ

be	: Özgöl yakıt sarfiyatı (gr/kWh)
CO_m	: Özgöl CO miktarı (%/kW)
CO_{2m}	: Özgöl CO_2 miktarı (%/kW)
CCO	: CO miktarı (%)
CCO_2	: CO_2 miktarı (%)
CHC	: HC miktarı (%)
CNO_x	: NO_x miktarı (ppm)
CO_2	: O_2 miktarı (%)
C_{par}	: Partikül madde miktarı (gr)
E_{pm}	: Özgöl partikül madde miktarı (gr/kW)
γ_y	: Yakıtın özgül ağırlığı (gr/cm ³)
HC_m	: Özgöl HC miktarı (%/kW)
L	: Dinamometre moment kolu uzunluğu (m)
M_d	: Döndürme momenti (Nm)
Ne	: Efektif güç (kW)
NO_{xm}	: Özgöl NO_x miktarı (ppm/kW)
O_{2m}	: Özgöl O_2 miktarı (%/kW)
P	: Dinamometrede uygulanan kuvvet (kg)
t	: Yakıt harcama zamanı (sn)
T_{eg}	: Egzoz gazı sıcaklığı (°C)
V_y	: Harcanan yakıtın hacmi (cm ³)
WF	: Yük faktörü

1.GİRİŞ

Yeryüzünde bilinen enerji kaynaklarının gittikçe azalması, bu kaynakların daha dikkatli kullanılmasını ve özellikle linyit, taşkömürü, petrol ürünleri gibi kaynakların yerini alabilecek yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılmasını gerektirmektedir. Artan nüfus ve endüstrileşme dünya enerji tüketimindeki hızlı artışı beraberinde getirmekte ve bunun doğal sonucu olarak da enerji açısından yeni ve acil önlemlerin alınma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla güneş, rüzgar, jeotermal, nükleer, hidrolik, biyokütle ve hidrojen gibi enerji kaynakları üzerinde durulmakta, bu enerji kaynaklarının değerlendirilmesi zorunlu görünmekte ve bunun aksinin önemli bir enerji bunalımı oluşturacağına kesin gözüyle bakılmaktadır. Yeni veya yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle en önemli yeri almaktadır. Biyokütle enerjisi yakın zamana kadar üzerinde durulmayan bir potansiyeli harekete geçirmesi açısından önem kazanmaktadır. Yeryüzünde güneş enerjisinin kimyasal enerji olarak depolanması şeklinde ortaya çıkan biyokütller ya doğrudan kullanılmakta veya bazı işlemlerden geçirilerek kullanılabilir hale gelmektedir. Günümüzde hammaddeleri üretilebilen enerji kaynakları olarak, bitkisel yağlar, alkol ve biyogaz önem kazanmaktadır. Dizel motorunun mucidi Rudolph Diesel'in 1900'lerde kendi motorlarında bitkisel yağı kullandığı bilindiği halde petrol kökenli yakıtların uzun yıllar ucuz ve bol miktarda bulunur olması araştırmacıların bitkisel yağlar gibi yenilenebilir kaynaklı yakıtları gözardı etmelerine neden olmuştur. Oysa, bitkisel yağlar hem enerji içeriği açısından petrol kökenli hidrokarbon bileşikleriyle yaklaşık aynı düzeydedir, hem de kaynakları yenilenebilir ve çok çeşitlidir. Zaman bakımından petrol rezervleri tükenme sınırına yaklaştıkça bu kaynağın değerlendirilmesi ve pratikte ortaya çıkan bazı engellerin giderilmesi yönündeki çalışmalar hız ve önem kazanmaktadır.

Petrol sarfiyatının önemli bir bölümü tarımda ve ulaşımda olmaktadır. Aşağıdaki tablolarda dünyadaki araç sayısındaki artış ve dizel motorlu taşıtlarda kullanılan motorin tüketimindeki artış açıkça görülmektedir. Ülkemizdeki petrol üretimi ihtiyacı karşılayamamaktadır ve petrol açığımız çok fazladır. Tarımda ve ulaşımda kullanılan içten yanmalı motorlarda tüketilen petrol kökenli yakıtlar yerine kullanılabilecek alternatif yakıtların bulunması, hem ekonomik açıdan hem de bilimsel açıdan önemli

olacaktır. Meydana gelebilecek bir petrol krizinde, özellikle ekim ve hasat gibi mevsime bağılı olması gereken tarımsal aktivitenin aksamaması ve petrol açığımızın bir miktar azaltılması için dizel motorlarda kullanılan motorinin yerine alternatif bir yakıtın belirlenmesi çok önemlidir.

Tablo 1.1. Dünya Motorlu Taşıt Üretimi(OSD,1997).

Yıllar	Toplam(bin)
1996	51.513
1995	49.934
1994	49.439
1993	46.785
1992	48.088
1991	46.928
1990	48.554
1989	49.248
1988	48.359
1987	46.041
1986	45.410
1985	44.909
1984	42.149
1983	39.382
1982	36.171
1981	37.277
1980	38.565
1975	33.106
1970	29.419
1965	24.271
1960	16.488
1955	13.628
1950	10.577

Tablo 1.2. Yıllar İtibariyle Türkiye Motorin Tüketimi (OSD,1997).

Yıllar	Motorin (ton)
1965	1.095.106
1970	1.883.939
1975	3.211.246
1980	4.053.057
1985	5.459.147
1990	7.193.181
1991	6.808.037
1992	6.682.616
1993	8.227.061
1994	7.645.465
1995	8.100.884
1996	8.518.174

Tarımsal üretimde; tarım alet ve makinaları, işlemlerin tekniğine uygun olarak, zamanında yapılması ve verimliliğin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Tarımda kullanılan makinaların başında traktör gelmektedir. Ülkelerin ve bölgelerin mekanizasyon düzeyleri karşılaştırılmasında belirli bir alana düşen traktör sayısı yada bir traktöre düşen tarım alanı önemlidir. Bu durumda GAP alanı ile Türkiye ortalaması karşılaştırıldığında 1985 yılı itibariyle Türkiye' de ortalama 1000 hektara 24,4 traktör düşerken GAP alanında 11,7 traktör düştüğü görülmüştür.

Tablo 1.3. Türkiye ve GAP Bölgesinin Mekanizasyon Durumu (Erkan vd., 1989).

	Traktör Sayısı	Tarım Alanı	ha / Traktör	Traktör/1000ha
GAP	26.488	2.264.416	85,5	11,7
TÜRKİYE	538.974	23.944.000	41,0	24,4

Mekanizasyon durumu değerlendirildiğinde Türkiye' de bir traktöre ortalama

41,0 hektar arazi düşerken GAP alanında 85,5 hektar arazi düşmektedir. Bu ölçüler, GAP alanındaki mekanizasyon düzeyinin Türkiye ortalama değerinin yarısının altında olduğunu göstermektedir. Önümüzdeki yıllarda sulu tarım neticesinde GAP bölgesindeki durum Türkiye düzeyine ulaşacaktır. Bu da motorin tüketimini daha da artıracaktır. Aşağıdaki tabloda Türkiye' deki araç sayısındaki hızlı artış görülmektedir. Böylece kamyon, kamyonet, otobüs ve traktörlerde kullanılacak motorin tüketimi de artacaktır.

Tablo 1.4. Türkiye Araç Parkı (OSD,1997).

Yıllar	Otomobil	Kamyon	Kamyonet	Minibüs	Otobüs	Traktör	TOPLAM
1963	72.034	49.356	30.739	7.543	11.726	50.844	222.242
1964	79.449	46.721	28.658	9.196	11.216	51.781	227.021
1965	87.584	49.317	29.804	10.476	11.693	54.608	243.482
1966	91.469	47.931	31.462	11.239	12.041	65.108	259.250
1967	112.867	56.889	39.927	16.008	13.332	74.982	314.005
1968	125.375	62.616	43.441	18.967	13.948	84.874	349.221
1969	137.345	69.478	48.655	20.540	15.520	96.407	387.945
1970	137.771	70.770	52.152	20.916	15.980	105.865	403.454
1971	153.676	73.433	57.011	22.380	17.040	118.525	442.065
1972	187.272	78.920	62.796	25.559	18.504	135.726	508.777
1973	240.360	86.780	71.043	30.055	20.011	156.139	604.388
1974	313.160	95.309	81.025	34.122	21.404	200.466	745.486
1975	403.546	108.381	98.579	40.623	23.763	243.066	917.958
1976	488.894	122.176	116.861	46.066	25.388	281.802	1.081.187
1977	560.424	138.093	134.213	51.999	27.096	320.578	1.232.403
1978	624.438	146.551	144.695	56.836	28.559	370.259	1.371.338
1979	688.687	157.095	155.278	61.596	30.634	402.777	1.496.067
1980	742.252	164.893	165.821	64.707	32.783	436.369	1.606.825
1981	776.432	172.372	172.269	66.514	33.839	458.714	1.680.140
1982	811.465	180.772	178.762	69.598	35.432	491.001	1.767.030
1983	856.350	190.277	186.427	73.585	38.478	513.516	1.858.633
1984	919.577	197.721	198.106	80.697	43.638	556.781	1.996.520
1985	983.444	205.496	212.505	87.951	47.119	583.974	2.120.489
1986	1.087.234	217.211	224.755	97.917	50.798	612.731	2.290.646
1987	1.193.021	225.872	233.480	106.314	53.554	637.449	2.449.690
1988	1.310.257	234.166	240.718	112.885	56.172	654.636	2.608.834
1989	1.434.579	241.392	248.602	118.026	58.859	672.845	2.774.303
1990	1.649.879	257.353	263.407	125.399	63.700	692.454	3.052.192
1991	1.864.344	273.409	280.891	133.632	68.973	704.373	3.325.622
1992	2.181.388	287.160	308.180	145.312	75.592	726.933	3.724.565
1993	2.619.852	305.511	354.290	159.900	84.254	746.283	4.270.090
1994	2.861.640	313.771	374.473	166.424	87.545	763.529	4.567.382
1995	3.058.511	321.421	397.743	173.051	90.197	937.528	4.978.451
1996	3.274.156	333.269	442.788	182.694	94.978	988.142	5.316.027

Mevcut dizel motorlarda herhangi bir değişikliğe gidilmeden motorin ile belirli oranlarda karıştırılmış bitkisel yağların yakıt olarak kullanılabilmesinin temini önemli bir boşluğu dolduracaktır. Bitkisel yağ-motorin karışımlarının yakıt olarak kullanılmaları halinde ortaya çıkabilecek problemlerin tespiti ve bu problemlerin giderilmesinde katedilecek mesafeler neticesinde, dizel motorlarda alternatif yakıt olarak bitkisel yağ-motorin karışımlarının kullanılabilmesi sağlanmış olacaktır.

Ülkemizin tarım potansiyelinin yüksek olması bitkisel yağ kullanımını destekler mahiyettedir. Kullanılacak bitkisel yağ türünün tercihi de önemlidir. Ülkemizde üretilen bitkisel yağlara örnek olarak ayçiçek, pamuk, mısır, soya ve zeytinyağını sayabiliriz. Üretim miktarı açısından şu anda en fazla potansiyel pamuk yağındadır. Ülkemizin tekstil açısından dünyadaki yerini göz önüne alırsak ve özellikle GAP sonrası üretim artışını dikkate aldığımızda pamuk yağı-motorin karışımlarının dizel motorlarda yakıt olarak kullanılabilmesinin araştırılması diğer bitkisel yağ türlerine göre öncelik kazanmaktadır. Ayrıca diğer bitkisel yağ türleri üzerinde yapılan araştırmalar oldukça fazladır. Önümüzdeki yıllarda pamuk üretiminde meydana gelebilecek artış neticesinde elde edilecek pamuk çekirdeklerinden çıkartılacak yağ miktarı da artacaktır. Çalışmalarda başarılı olunduğu takdirde; şu anda olduğu gibi yemeklik yağ olarak, margarin imalinde katkı olarak veya sabun sanayinde kullanılmasının yanında yakıt olarak da değerlendirilebilecektir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Lutz (1992), yakıt olarak bitkisel yağ kullanımını çevresel ve sosyal bir olay olarak ele almış ve Mali' deki kabuklu yemişi olan yöresel çalılarının değerlendirilmesi için motor yakıtı olarak kullanılabilirliğini incelemiştir. Böylece sadece yemeklik ve sabun için kullanılmayıp yakıt olarak da kullanım alanı ortaya çıkmıştır. Ayrıca sera etkisini azaltacağını belirtmiştir.

Akor ve arkadaşları (1983), alternatif dizel yakıtı olarak palm yağını ele almış ve dünyadaki palm yağı üretim miktarları, zirai işlemleri, palm yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile motor testlerini incelemiştir. Özellikle palm yağının yüksek viskozitesinin düşük sıcaklıklarda (30°C' nin altında) püskürtme problemine yol açtığını bu nedenle ön ısıtma işlemine tabi tutulduğunu belirtmişlerdir. Testlerde ön yanma odalı ve direkt püskürtmeli iki motor kullanıldığını ve direkt püskürtmeli motorda daha yüksek termik verim elde edildiğini belirtmişlerdir. Motorin ile çalışmada elde edilen termik verimin palm yağı ile çalışmada elde edilenden daha yüksek olduğunu, egzoz sıcaklığı ve isin motorin ile çalışmayla aynı olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca genel olarak bitkisel yağ-motorin karışımlarının saf bitkisel yağ kullanımından daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Georing ve arkadaşları (1982), 11 tane bitkisel yağın özelliklerini araştırmışlardır. Kimyasal yapılarını ve ASTM testlerini belirttikten sonra bitkisel yağ ile motorin arasındaki başlıca farkın, bitkisel yağın düşük tutuşma sıcaklığı ve yüksek viskozitesi olduğunu belirtmişlerdir.

Bir başka çalışmalarında ise 11 bitkisel yağ yakıtın enerji giriş çıkış bilançosunu yaparak, yağın eldesi için verilen enerji ve elde edilen enerji oranını bulmuş; bu oranın tarım girdilerini azaltmak ve verimi artırmak gibi metodlarla büyüyebileceğinden bahsetmişlerdir (Georing vd.,1981). Bilanço neticesinde pamuk yağının girdi/çıktı enerji oranının uygun olduğu belirtilmektedir.

Aylık North Dakota Farm Research bülteninin 1982 yılı Mayıs-Haziran sayısında ayçiçeği yağının dizel motor yakıtı olarak kullanılabilmesi için yapılan çok yönlü çalışmalar ve ortaya çıkan problemlere yer verilmiştir.

Walter ve arkadaşları (1982), Güney Dakota çiçek gücü projesinde on iki

kooperatif tarafından 1981 yılı boyunca projede kullanılan tarım traktörlerinde, ayçiçek yağı ve ayçiçek yağı-motorin karışımlarının traktör gücüne etkisini ve çalışma şartlarını tespit etmişlerdir. Çalışma sıcaklıkları, çalışma zamanı, saha şartları, yükler, yakıt sarfiyatı ve yağ değişimi kaydedilmiştir. Çalışma sonunda motorun fotoğrafları alınmıştır. Kalıntı karbon oluşumu tespit edilmiştir. Motor problemlerinin başladığı ilk bitkisel yağ/motorin karışım oranını %50 olarak belirlemişlerdir. Yağın elde edildiği bitkinin yetiştirildiği ortama ve bitkisel yağın yüksek viskozitesi ile buna bağlı olarak da düşük atomizasyon tesiriyle karbon oluşumu ve verniksi yapışkan tabaka elde edildiğini bildirmişlerdir.

Backer ve arkadaşları (1982), yakıt olarak kullanılan yağın filtrasyon özelliklerini araştırmış ve genel olarak iyi olduğunu kaydetmişlerdir.

Kucera ve arkadaşları (1982), değişik sıcaklıklarda kullanılan ayçiçek yağı ve karışımlarını tipik tarım traktörlerindeki dizel yakıt sistemleri için test etmişlerdir. Sonuçta, yaz şartlarında ve ayçiçek yağının düşük yüzdelerinde başarılı olmuşlardır. Ayçiçek yağının yüksek yüzdeleri için ve soğuk ortam şartlarında sistemin dizaynında değişiklikler gerektiğini bildirmişlerdir.

Ramdeen ve arkadaşları (1982), ayçiçek yağı ve 2 nolu dizel yakıtının bazı fiziksel testlerini yapmışlardır. Isıl değerin %4,7 daha düşük olduğu, yüksek viskozitenin püskürtme problemlerine yol açtığı, bütün sıcaklıklarda bitkisel yağ viskozitesinin motorinden daha yüksek olduğu, 100 °F 'ta 2 nolu dizel yakıtına çok benzediği, %75 motorin %25 yağ oranının motorda yandığı zaman dizel yakıtı ile aynı olduğunu belirtmişlerdir.

Olson (1982), ayçiçek yağının dizel yakıtı olarak kullanılmasında meydana çıkan bir problemde yanmamış yağın polimerizasyonu olduğunu kaydetmiştir. Polimerizasyon için gerekli olan yüksek sıcaklık, zengin oksijen ortamı ve dizel yakıtındaki sülfür şartları motorda mevcut olmaktadır.

Ziejewski ve Kaufman (1982), dizel yakıtı ile problemsiz çalışan motorda %50/50 oranında karışım kullanılarak yapılan çalışmada, filtre tıkanması, enjektör memelerinin karbon tutması ve segman yapışması problemlerinin ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. %75/25 motorin/ayçiçeği yağı oranında %6,2 daha fazla güç elde edilmiştir. Test sonuçları kısaca şöyle özetlenebilir: 1) Yakıtın rafinasyon derecesine bağlı fark çok küçüktür veya yoktur. Ham veya rafine ayçiçek yağı enerji içeriği aynıdır. 2) Efektif güç

karışım içindeki yağ miktarından etkilenir. Volümetrik verim motorine göre düşüktür.

Rakopoulos (1992), zeytinyağının direkt ve indirekt püskürtmeli motorlardaki performansını incelemiş; NO, HC ve is miktarının direkt püskürtmelide indirekt püskürtmeliden daha fazla olduğunu kaydetmiştir.

Barsic ve arkadaşları (1981), ayçiçek yağının özelliklerini ortaya koyduktan sonra, filtre ve enjektörün fotoğraflarını vermiş, performans ve emisyon eğrilerini çıkarmıştır. Filtrede yapışkan madde kalması, memenin karbonlaşması ortaya çıkan bazı problemlerdendir. Bitkisel yağ yakıtların tabii emişli motorlardaki performansları ile ilgili olarak şu sonuçları elde etmişlerdir. 1) Maksimum yakıt girişinde standart pompa kalibrasyonunda, bitkisel yağ ve bitkisel yağ/motorin karışımları ile motor çalıştırıldığında dizel yakıtına göre motor aynı gücü üretir veya biraz daha güç artışı olur. Çünkü bitkisel yağın daha yüksek yoğunluğundan dolayı kütleli debisi ve enerji dağılımı artar. Motor daha uzun süre normal püskürtme şartları ile çalıştığında, enerji girişinin daha yüksek seviyelerinde ve daha yüksek eşdeğerlik oranlarında, termik verimde düşme, artan egzoz sıcaklıkları ve özgül yakıt sarfiyatının kütleli değerlerinde artışlar olur. 2) Aynı enerji girişinde bitkisel yağ kullanıldığında genel motor performansından hafif düşmeler gözlenir. Artan yağ yüzdesi ile güç, teorik verilenden hafif düşer ve egzoz sıcaklıkları artar. 3) NO_x biraz düşer. Diğer emisyonlardaki artış değişiktir. 4) %50 karışım oranındaki CO ve is emisyonları %100 bitkisel yağdan daha yüksektir. 5) Genel olarak dizel yakıtına göre emisyonlar daha yüksektir.

Çalışmanın ikinci kısmında, yakıtın özellikleri ile ilgili olarak; 1) Bitkisel yağın viskozitesi ve yoğunluğunun 2 no' lu dizel yakıtından daha yüksek olduğu, 2) Bitkisel yağın ısı değeri %10 düşük olduğu, 3) Bitkisel yağdaki moleküler oksijenin hava/yakıt oranını artırdığı, 4) Bitkisel yağın rafinasyon işlemi, yağ çekirdeğinin cinsi ve yağ çekirdeğinin yetiştiği iklimin, farklı yakıt örneklerine ve motor test sonuçlarında bazı farklara yol açtığı belirtilmiştir.

Charpentier (1987), bitkisel yağların elektrojen gruplarında kullanılabilirliğini araştırmıştır. Pamuk yağının özellikleri ve performans üzerindeki etkilerini hindistan cevizi ve motorin ile mukayeseli olarak ele almıştır.

Karaosmanoğlu ve arkadaşları (1992), kullanılmış kanola yağının dizel yakıtı olarak kullanılması halinde performans ve emisyon durumlarını incelemiş ve %20 kanola yağı %80 motorin karışımının dizel motorlarında kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Buckingham (1982), atmosferdeki karbondioksit miktarının ve buna bağılı olarak sera etkisinin gün geçtikçe arttığını, ileride çıkabilecek problemler için önlem alınması gerektiğini vurgulamış, bitkisel yağların dizel yakıtı olarak kullanılabileceğini ancak bazı motor değişikliklerine gidilmesi gerektiğinden şu anda henüz uygulanabilir olmadığını belirtmiştir.

Graeme vd. (1982), bitkisel yağlar ile motorun kısa süreli çalışmasında başarılı olduğunu belirterek, bitkisel yağların kullanılması halinde meydana gelen koklaşma probleminin giderilebilmesi için bazı çözüm yollarından bahsetmiştir.

Vellught (1983), bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılmasının uygun hale getirilebilmesi için dizel yakıtı olarak, bitkisel yağ esterlerinin kullanılmasını ve etkilerini araştırmıştır. Ham bitkisel yağların uzun süreli çalışmalarda uygun olmadığını, enjektörde ve pistonda kalıntılar oluştuğunu, bu problemlerin metil veya etil esterler kullanılarak giderilebileceğini belirtmiş ve esterleşme işlemi hakkında bilgi ile kolza yağı esterleri kullanılarak yapılan testlerin sonuçlarını bildirmiştir.

Parker (1981), biyokütleden elde edilebilecek katı, sıvı ve gaz motor yakıtlarını, elde edilişlerini, özelliklerini ve fiyatlarını belirtmiştir.

Suda (1984), bitkisel yağlar ve soya yağının dizel yakıtı olarak kullanılabilmesi için motor modifikasyonunu ele almıştır. Motorda bir değişikliğe gidilmeden bazı olumsuz sonuçların ortaya çıktığını bu nedenle motor modifikasyonu yapılması gerektiğini ve yapılan bazı modifikasyonları belirtmiştir.

Wagner vd. (1984), soya yağı esterlerinin motor performansı ve yağlama üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bitkisel yağ esterlerinin kendini meydana getiren ham bitkisel yağdan daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Bir başka çalışmada ise motorlar için yeni yakıtlardan bahsetmiştir (1981).

Schwab (1987), bitkisel yağların dizel yakıtı olarak kullanılması için uygulanacak metotlar ve yakıt özelliklerini ele almıştır. Bitkisel yağlar ile motorin arasında viskozite yönünden önemli farklar olmasından dolayı bunların dizel motorlarda kullanılabılır hale getirilmesi gerektiğini ve bu konuda uygulanabilecek metotları ele almıştır. Seyreltme, mikroemülsiyon oluşturma, bağ parçalama ve ester transferi metotlarını vermiş, elde edilen yakıtların fiziksel özelliklerini ve soya yağı örneğini vermiştir.

Tahir vd. (1989), ayçiçek yağının esterleştirilmesi ve etkilerini araştırmıştır.

Yüksek viskozite ve zayıf atomizasyondan dolayı bitkisel yağların dizel yakıtı olarak kullanılmasında problem çıktığını ancak bitkisel yağ metil veya etil esterlerinin dizel yakıtı ile benzer özellikler gösterdiğini bildirmiştir. Esterleştirme tekniği hakkında bilgi vererek ve esterlerin fiziksel özelliklerinin dizel yakıtı ile karşılaştırmasını yapmışlardır.

Harker vd. (1981), Gruse (1967), Bingöl (1951), ASTM (1971), Campbell(1952), yakıtlar ve yakıt testlerini açıklamışlardır. Özgül ağırlık, yoğunluk, setan sayısı, ısıl değer, tutuşma noktası, kalıntı karbon ve viskozite tayini gibi test metotlarını vermişlerdir. İlk hareket, soğukta çalışma, güç ve yakıt sarfiyatının bulunması gibi motor testleri ile ilgili bilgiler vermişlerdir.

Keskin (1981), bitkisel yağlar ve elde edilişleri ile ilgili bilgiler vermiştir. Yemelik olarak kullanılan bitkisel yağların üretim işlemleri, özellikleri ve kimyasal yapılarını incelemiştir.

Weisz (1980), biyokütleden elde edilecek yakıtları ekonomiklik ve teknoloji yönünden incelemiştir. Biyokütle enerjisi maliyetini formüle ederek bağlı olduğu parametreleri izah etmiştir. Alkoller ile sıvılaştırılmış kömürü karşılaştırmıştır.

Ullman vd. (1983), sıvılaştırılmış kömür, filtre edilmiş yağlama yağı ve soya yağını alternatif yakıt olarak ele almış ve bu yakıtların dizel yakıtına göre emisyonlarını karşılaştırmıştır.

Chartier vd. (1979), Coombs vd. (1979), Hall vd. (1979), King (1979) yaptıkları çalışmalarında biyokütle enerjisini ele almışlardır. Biyokütle kullanımının avantaj ve dezavantajları, bazı ülkelerdeki biyokütle üretim miktarları, mevcut çalışmalar ve geleceğe yönelik plânlar ile biyokütle enerjisi elde etmek için kullanılan bazı kimyasal işlemlerden bahsetmişlerdir.

Delmer vd. (1982), ayçiçek yağının maliyeti ile giren ve çıkan enerji miktarlarını incelemiştir.

Lowry (1990), dizel motorlar için alternatif yakıt olarak bitkisel yağları önermiş, fiyatları ve sosyal etkileri açısından incelemiştir. Kısa süreli çalışmalarda bitkisel yağların elverişli olduğunu, uzun süreli çalışmalarda motor performansının ve ömrünün azaldığını belirtmiştir.

Alibaş vd. (1993), bitkisel yağlar üzerine yapılan çalışmaları taramış ve sonuçlarını vermişlerdir. Literatürdeki çalışmaların ışığında, bazı değişiklikler yapılmak suretiyle bitkisel yağların dizel motorlarda kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

3. BİTKİSEL YAĞLARIN YAKITSAL ÖZELLİKLERİ VE YAKIT OLARAK KULLANILABİLME İMKANLARI

3.1. Yağ Bitkileri

Yüksek oranda yağ içeren bitkilere yağ bitkileri denir. Günümüz Avrupa'sında kolza, şalgam ve ayçiçeği önem kazanırken, Amerika' da mısır, soya, pamuk, yerfıstığı ve ayçiçeği ön sıraları almaktadır. Ülkemizde ise ayçiçeği, zeytin, mısır ve pamuk önemli yağ bitkilerindendir.

Yağ bitkilerinden yağın üretimi, çok eski zamanlardan beri bilinmektedir. Başlangıçta yemeklik yağ elde etmek için yetiştirilen yağ bitkileri, yağın endüstride hammadde olarak kullanılmasıyla daha geniş alanlarda üretilmeye başlanmıştır.

Bitkisel yağlar insan beslenmesinde büyük ölçüde kullanılırlar. Ayrıca endüstride hammadde olarak boya, vernik ve sabun yapımında kullanılırlar.

Bitkisel yağlar, 20 °C daki durumlarına göre katı ve sıvı yağ olarak isimlendirilirler. Bunların katılma noktası sıcaklıklarını ve viskozitelerini, içerdikleri yağ asitlerinin zincir uzunlukları ve çift bağ sayıları etkilemektedir.

Çeşitli yağ bitkilerinden elde edilen yağlı tohumların içerdikleri kuru madde, yağ, protein, karbonhidrat ve ham selüloz miktarları farklı olmaktadır.

Bitkisel yağ üretiminde enerji bilançosu, dikkate alınması gereken en önemli noktalardan biridir. Amerika' da yapılan bir araştırmada yağ bitkilerinin üretimi sırasında harcanan enerji miktarı ile elde edilen enerji miktarları belirlenmiştir. Bölgelere göre değişmekle beraber çeşitli yağ bitkilerindeki enerji oranları farklı olmaktadır. Üretimde harcanan enerji miktarı ile elde edilen enerji miktarı arasında optimal bir dengenin sağlanması gerekir. Bitkisel yağ üretimine ait çeşitli girdi faktörleri işçilik, makina, tohum, ilaçlama, gübre, kurutma ve yağın çıkarılması şeklinde belirlenmiştir. Bu faktörlerin verimi azaltmayacak şekilde minimum seviyeye düşürülmesi giren enerji miktarını azaltır. Çıkan enerji miktarını artırma ise birim alandaki üretimi artırmakla mümkündür. Buda ileri teknik ve bilgi ile gerçekleştirilebilir (Georing vd.,1981).

Tablo 3.1. Bitkisel Yağların Üretimi İçin Giren ve Çıkan Enerji Miktarları.

	Ayçi- çeği	Soya	Kolza	Mısır	Keten Toh.	Pamuk Toh.	Yer fıstığı
Giren Enerji Miktarı (Mj/ha)							
İşçilik	12	34	11	23	7	37	45
Makina	811	834	876	917	1.008	800	860
Diesel Yakıtı	4.239	4.553	3.472	4.553	1.653	6.159	5.511
Gübre	2.582	774	609	10.102	1.342	3.474	1.476
Tohum	915	1.779	441	2.171	1.785	670	9.379
İlaçlama	110	286	293	4.023	328	732	2.713
Kurutma ve Ayıklama	433	0	157	2.178	72	1.600	1.467
Taşıma	159	269	113	569	157	378	402
Yağın Çıkarılması ve Arıtılması	2.102	3.515	1.652	10.515	757	1.240	3.028
TOPLAM	11.363	12.044	7.624	35.05	7.109	16.090	27.480
Yağa Verilen Enerji (%)	60,3	37,8	62,9	9,08	61,7	9,2	69,3
Çıkan Enerji Miktarı (Mj/ha)							
Elde edilen Ürün Miktarı	1.569	2.623	1.233	7.847	565	925	2.260
Yağ İçeriği (%)	39,0	20,0	41,0	4,2	40,2	18,0	48,0
Enerji Miktarı	24.210	20.77	20.06	13.322	8.879	6.567	43.130
Çıkan Enerji / Giren Enerji	3,5	4,56	4,18	3,88	2,02	4,4	2,26

3.2. Bitkisel Yağların Otomotiv Endüstrisinde Yakıt Olarak Kullanılma İmkanları

Bitkisel yağların dizel yakıtı yerine doğrudan kullanımındaki en büyük engel viskozitelerinin yüksek oluşudur. Yüksek viskozite silindire enjeksiyon sırasında damlacık boyutunda büyümeye neden olmakta ve bu da tam yanmayı engellemektedir. Yanmanın tamamlanmaması ise yanma odasında birikmelere, yanmamış yakıtın motor yağlama yağına karışmasına ve burada toplanmasına, motor yağının seyrelmesine ve enjektörlerde koklaşmaya neden olmaktadır. Bitkisel yağlar doymamışlık derecelerine göre yağlama yağında farklı oranlarda polimerleşerek yağın viskozitesini arttırmakta bu da sonuçta motorda arızalara yol açmaktadır. Bitkisel yağların yakıt olarak kullanımında bir başka kısıtlayıcı faktör de düşük sıcaklıklarda katılaşma eğilimi göstermeleridir. Bu probleme dizel yakıtı ile karışım oluşturmak veya bir çeşit ön ısıtma uygulamak suretiyle kısmen çözüm getirilmektedir. Viskozite probleminin çözümü için ise literatürde dört yöntem önerilmektedir (Schwab,1987).

SEYRELTEME: Bu yöntemde uygun bitkisel yağlara belirli oranlarda dizel yakıtı katılarak yağın viskozitesi düşürülmektedir. Ziejewski ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada %25/75 oranında ayçiçek yağı+dizel yakıtından oluşturulan karışımın 40°C'deki viskozitesi 4,88 cst olarak bulunmuştur. ASTM standartlarında dizel yakıtı için belirtilen üst sınır değeri 40°C için 4,0 cst'tur. Bu nedenle %25/75 karışımının direkt enjeksiyonlu dizel motorlarında kullanılamayacağı sonucuna varılmıştır. Aynı oranda dizel yakıtı oleik aspir yağı karışımının viskozitesi ise 40°C'de 4,92 cst olarak tespit edilmiş ancak bu karışımın 200 saatlik motor üreticileri birliği (EMA) testinde başarıyla kullanıldığı ifade edilmiştir. Kolza yağı ağırlıkça %10 oranında standart dizel yakıtına katılmış ve bu yağın dizel yakıtı özelliklerinde önemli değişmelere yol açmadığı gözlenmiştir. Bu karışım ile dizel motorlarında yapılan laboratuvar çalışmaları olumlu sonuçlar vermiş, ayrıca egzoz emisyonlarında azalmalar da gözlenmiştir.

MİKROEMÜLSİYON OLUŞTURMA: Bitkisel yağların viskozitesini düşürmek için izlenen bir diğer yol da metil alkol ve etil alkol gibi kısa zincirli alkollerle mikroemülsiyon oluşturmaktır. Mikroemülsiyon, boyutları 1-150 µm. arasında olan optikçe izotropik sıvı mikroyapılarının kolloidal denge dağılımı olup normalde karışmayan iki sıvı ve bir veya birden fazla amfifilin biraraya gelmesiyle oluşur.

BAĞ PARÇALAMA: Piroliz veya kraking kimyasal bağların daha küçük moleküller oluşturmak üzere kırılması prosesidir. Bitkisel yağların piroliz ürünlerini elde etmek amacıyla izlenen yöntemlerde bitkisel yağ ısı etkisiyle kapalı bir kapta bozundurulmakta diğer uygulamalarda ise standart ASTM distilasyonu ile ısı bozundurmaya tabi tutulmaktadır.

ESTER TRANSFERİ: Ester transferi, bir trigliseridin örneğin bir bitkisel yağın küçük molekül ağırlıklı bir alkolle katalizör varlığında gliserin ve yağ asidi esteri oluşturmak üzere reaksiyona girmesidir.

Bitkisel yağlara ait çeşitli özellikler aşağıdaki tablo 3.2., 3.3., 3.4., 3.5., 3.6,' da verilmiştir.

Tablo 3.2. Bitkisel Yağlara Ait Çeşitli Özellikler.

	Tutuşma Gecikmesi (°Krank açısı)	Görünür Se- tan Sayısı	Setan İndeksi ASTM D976	Setan Sayısı ASTM D613
Motorin	23,8	47	48	47
Ayçiçek Yağı	18,9	58	37	33
Pamuk Yağı	21,4	52	38	-
Soya Yağı	18,5	59	38	42
Yerfıstığı Yağı	19,6	56	41	39
Kolza Yağı	21,9	51	-	-
Ayçiçek Yağı Metil Esteri	22,7	49	47	49
Pamuk Yağı Metil Esteri	23,0	49	47	51

Tablo 3.3. Bitkisel Yağlara Ait Çeşitli Özellikler (Benlidayı, 1995).

BİTKİSEL YAĞ TÜRLERİ	Viskozite Değişimi (cst)			Özgül Kütle Değişimi (kg/lı)		
	20 °C	40 °C	100 °C	20 °C	40 °C	100 °C
Ham Pamuk Tohumu Yağı	76,44	34,89	8,03	0,92	0,91	0,89
Rafine Edilmiş Pamuk Tohumu Yağı	70,38	32,56	7,65	0,92	0,91	0,87
Yıkanmış Kokusu Alınmış pamuk Tohumu Yağı	75,23	34,25	7,91	0,92	0,91	0,87
Ham Amerikan Fıstığı Yağı	80,02	36,33	8,20	0,92	0,91	0,87
Rafine Edilmiş Amerikan Fıstığı Yağı	82,27	37,16	8,37	0,92	0,91	0,87
Yıkanmış Kokusu Alınmış Amerikan Fıstığı Yağı	82,79	37,38	8,43	0,92	0,90	0,86
Ham Soya Yağı	65,80	32,23	7,66	0,92	0,90	0,87
Yapışkanlığı Giderilmiş Soya Yağı	66,46	31,28	7,57	0,92	0,90	0,86
Rafine Edilmiş Soya Yağı	64,26	30,55	7,47	0,92	0,91	0,87
Hidrojen katılmış Soya Yağı	Katı Halde	37,54	8,38	0,92	0,90	0,87

Tablo 3.4. Bitkisel Yağlara Ait Çeşitli Özellikler (Benlidayı, 1995).

BİTKİSEL YAĞ TÜRLERİ	Akma Noktası °C	Donma Noktası °C	Alevlenme Noktası °C	Kaynama Noktası	
				Kaynama Başlangıcı °C	Kaynama Bitişi °C
Ham Pamuk Tohumu Yağı	0	-3	300	339,9	683,3
Rafine Edilmiş Pamuk Tohumu Yağı	0	-4	325	358,7	681,4
Yıkanmış Kokusu Alınmış pamuk Tohumu Yağı	-1	-4	323	355,5	681,9
Ham Amerikan Fıstığı Yağı	10	2	296	345,3	680,5
Rafine Edilmiş Amerikan Fıstığı Yağı	10	0	325	359,4	680,0
Yıkanmış Kokusu Alınmış Amerikan Fıstığı Yağı	10	1	330	361,3	679,5
Ham Soya Yağı	-6	-10	312	344,2	679,5
Yapışkanlığı Giderilmiş Soya Yağı	-7	-10	315	360,7	679,1
Rafine Edilmiş Soya Yağı	-1	-9	320	360,7	681,4
Hidrojen katılmış Soya Yağı	32-37	2	325	359,4	681,4

Tablo 3.5. Bitkisel Yağlara Ait Çeşitli Özellikler (Benlidayı, 1995).

BİTKİSEL YAĞ TÜRLERİ	Üst Isıl Değeri Mj/kg	Alt Isıl Değeri Mj/kg	Tanecik Ölçüsü mg/100ml	Su Yüzdesi %	Kül Yüzdesi %
Ham Pamuk Tohumu Yağı	39,400	36,958	385,0	0,112	0,23
Rafine Edilmiş Pamuk Tohumu Yağı	39,849	37,418	15,6	0,064	0,01
Yıkanmış Kokusu Alınmış pamuk Tohumu Yağı	39,993	37,517	17,0	0,012	Belli Değil
Ham Amerikan Fıstığı Yağı	39,614	37,102	20,2	0,122	Belli Değil
Rafine Edilmiş Amerikan Fıstığı Yağı	39,749	37,241	3,0	0,059	Belli Değil
Yıkanmış Kokusu Alınmış Amerikan Fıstığı Yağı	39,729	37,433	27,8	0,020	Belli Değil
Yapışkanlığı Giderilmiş Soya Yağı	39,388	39,952	14,7	0,068	0,04
Rafine Edilmiş Soya Yağı	40,204	37,760	1,00	0,066	Belli Değil
Hidrojen katılmış Soya Yağı	39,820	37,332	2,4	0,03	Belli Değil

Tablo 3.6. Bitkisel Yağlara Ait Çeşitli Özellikler (Batel vd., 190).

	Kolza Yağı	Ayçiçeği Yağı	Keten Yağı	Soya Yağı	Zeytin Yağı	Yerfıstığı Yağı	Pamuk Toh. Yağı	Diesel Yakıtı
Yoğunluk (15°C) (gr/cm ³)	0,91	0,92	0,94	0,94	0,92	0,92	0,92	0,84
Tutuşma Noktası (°C)	317	316	-	330	-	312	320	55
Donma Noktası (°C)	-1	-17	-22	-13	-5	-0,5	2	-6
Kinematik Viskozite (20°C) (10 ⁻⁶ mm ² /s)	97,7	65,8	51	63,5	83,3	84,3	89,2	5
İyot Sayısı	100	132	186	134	84	89	108	-
Sabunlaşma Sayısı	174	190	192	192	190	190	195	-
Isıl Değer (kj/kg)	40.560	39.313	39.510	39.723	40.014	39.993	39.722	45.000

3.3. Pamuk Yağı

Çeşitli pamuk (*Gossypium herbaceum*) türlerinin tohumlarından ya doğrudan doğruya basınçla veya karbon sülfürle ekstraksiyonla pamuk yağı elde edilir. Pamuk tohumlarında % 18-30 yağ vardır. Çekirdekler ya oldukları gibi veya kabuğundan ayrıldıktan sonra, iç kısım pres edilmek suretiyle yağ çıkarılır. İlk önce presle elde edilen yağ ham yağdır, rengi koyu esmer veya kirli sarıdır, içinde belirli oranlarda yapışkan madde bulunur. Bu şekilde ancak sanayide kullanılabilir. Yemeklik için rafinasyon şarttır. Sürekli rafinasyon burada özellikle yararlıdır, kayıp az olur. Bu yağ su buharı ve potas çözeltisiyle muamele edilerek asitliği düzeltilir ve bu sırada kazanın dibine çöken kısımdan sabun yapılır. Üst kısım renk açıcı topraklarla muamele edildikten sonra filtrelerde presle topraktan ayrılır. Kokusunun düzeltilmesi için de bu yağ büyük vakum kazanlarında yüksek sıcaklıktaki buharla muamele edilir. Bu şekilde rafine edilmiş pamuk yağı berrak, sarı renkli ve lezzeti de düzeltilmiştir. Özellikle zeytinyağlarının katılaştırılmasında kullanıldığı gibi hidrojene edilerek katılaştırıldıktan sonra ise margarin imalinde ve balık konservelerinde kullanılır. Rafine pamuk yağının bileşiminde başta linol, oleik ve palmitin asit gliseridleri vardır. Pek az miktarda bulunan diğer asitler miristin, stearin, aratin, palmitolein ve belki de miristolein asitlerdir. Ham yağın bileşiminde gliserid ve serbest asitlerden başka % 1,2 fosfolipitler vardır. Yağı aseton veya su ile muamele etmek suretiyle çöktürülebilen fosfolipit fonksiyonu tek bir bileşenden ibaret değildir. Lesitin ve sefalinden başka bazı karbonhidratlar, reçineler, inozit fosfat, fitosterolin (sterin glikozit) ve başka maddeleri de ihtiva eder. Gossipol pamuk tohumunun zararlı bir pigmenti olup, ekstre yağda renk problemlerine neden olduğu gibi, zehirli oluşundan ununun özellikle protein konsantresi olarak kullanılmasını sınırlar. Pamuk tohumu ununa demir (II) tuzlarının katılması, unun hayvan yemi olarak kullanılmasında yararlı görülmüştür (Keskin, 1981).

Tablo 3.7. Pamuk Yağı ve Motorinin Yüzde Bileşenleri (Charpentier, 1987).

	C	H	O	N	S
Motorin	86,16	13,17	0,25	0,07	0,25
Pamuk Yağı	77,0	11,53	11,29	0,1	0,17

Tablo 3.8. Pamuk Yağı ve Motorinin Viskoziteleri (Charpentier,1987).

Motorin	2,5 cst (20 °C)	1,5 cst (50 °C)
Pamuk Yağı	36 cst (38 °C)	8,4 cst (100 °C)

Tablo 3.9. Pamuk Yağı ve Motorine Ait Isıl Değer ve Yoğunluklar (Charpentier,1987).

	Motorin	Pamuk Yağı
Isıl Değer (kJ/kg)	42907	36700
Yoğunluk (kg/m ³)	0,832 (25 °C)	0,905 (40 °C)
Isıl Değer (Hac.)(kJ/kg)	36700	33220

3.4. Türkiye'nin Pamuk Potansiyeli ve Yakıt Olarak Tercih Edilmesinin Nedeni

Türkiye' de ayçiçek yağından sonra en fazla potansiyele sahip bitkisel yağ pamuk yağıdır. Türkiye'de yetiştirilen bazı yağ bitkilerinin üretim miktarları tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10. 1992 İtibariyle Türkiye' nin Bazı Yağ Bitkilerinin Üretim Miktarları ve Ekili Alanlar (Çetinkaya 1995).

	Ekili Alan (ha)	Ürün Miktarı (kg/ha)	Üretim (Ton)
Ayçiçeği	613.000	1.564	950.000
Kolza	500	2.000	1.000
Pamuk	-----	1.420	905.350
Soya	46.000	2.065	95.000
Susam	83.000	411	34.000

Tablo 3.11. Bazı Bitkisel Yağlar İçin İşletmelerin Sayısı ve Yıllık Üretim Miktarları (Çetinkaya, 1995).

Bitkisel Yağ	Yıllar	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Ayçiçek Yağı	İşletme Sayısı	32	34	35	37	36	46	38
	Ürün (ton)	201.717	249.357	256.547	355.611	391.391	455.596	452.220
Zeytin Yağı	İşletme Sayısı	10	8	10	6	5	8	9
	Ürün (ton)	56.026	57.398	41.764	45.414	18.026	12.294	10.284
Pamuk yağı	İşletme Sayısı	9	10	10	10	9	9	8
	Ürün (ton)	31.389	24.715	27.244	28.657	26.997	22.470	12.640

Yıllara göre pamuk ekili arazi ve üretim miktarlarındaki değişimler aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 3.12. Yıllara Göre Pamuk Ekili Arazi ve Üretim Miktarlarındaki Değişimler (Türkiye Ticaret, Sanayi, Deniz Ticaret Odaları ve Ticaret Borsaları Birliği).

Yıllar	Ekili Arazi (1000 hektar)	Pamuk Ekili Arazi (1000 hektar)	Üretim (1000 ton)
1963	15276	628	258
1964	15367	680	326
1965	15294	685	325
1966	15454	712	382
1967	15515	718	396
1968	15400	713	435
1969	15848	639	400
1970	15591	528	400
1971	15924	688	522
1972	16047	760	544
1973	16062	677	513
1974	16154	838	598
1975	16241	670	480
1976	16343	581	475
1977	16531	777	575
1978	16349	653	475
1979	16607	612	476
1980	16372	672	500
1981	16711	654	488
1982	16967	595	489
1983	17164	605	522
1984	17453	760	580
1985	17908	660	518
1986	18149	585	518
1987	18781	586	537
1988	18257	---	555

Ülkemiz için çok önemli projelerden biri olan GAP' ın tamamlanması halinde GAP bölgesinde sulu tarımın artması ile tarımsal ürünlerin üretim miktarlarında da büyük ölçüde artış meydana gelecektir. Tablo 3.13 'de GAP illerinde GAP projesi sonrası sulanabilir alanlardaki artış net olarak görülmektedir.

Tablo 3.13. GAP İllerinde Sulanabilir Tarım Arazisi, Halen Sulanan, GAP ile Sulamaya Katılacak ve Sulama Dışı Kalacak Arazi Miktar ve Oranları (Kün vd., 1986).

İLLER	Sulanabilir Alan		GAP Öncesi Sulanan		GAP İle Sulanacak		Sulama Dışı	
	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%
Adıyaman	198.873	7,40	16.818	14,80	74.410	4,40	107.645	11,80
Diyarbakır	540.549	20,00	21.600	19,00	365.258	21,80	153.736	16,90
Gaziantep	357.146	13,20	17.736	15,30	171.700	10,30	168.070	18,50
Mardin	435.429	16,10	12.376	10,90	107.750	6,40	315.303	34,70
Siirt	141.239	5,30	6.717	5,90	82.450	4,90	52.036	5,70
Şanlıurfa	1.025.956	38,00	38.735	34,10	874.600	52,20	112.621	12,40
TOPLAM	2.699.237	100,00	113.622	100,00	1.676.204	100,00	909.411	100,00

Çeşitli sektörlerin ihtiyaçları, ekilebilirliği, hasadı, pazarlanabilirliği ve sulama projelerinin gerçekleşmesine bağlı olarak GAP Bölgesinde ekilecek bitki çeşitleri içerisinde pamuk önemli bir yeri tutmaktadır. İkinci ürünün de alınabileceği GAP bölgesinde sosyo-ekonomik açıdan önemli bir yere sahip olacak olan pamuk, dünyanın sayılı tekstil ülkelerinden biri olan Türkiye için vazgeçilmez bir endüstri bitkisidir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde sulama şartlarında sosyal, ekonomik ve ekolojik şartlar gözönünde tutularak gelişmesi beklenen bitkilerin cinslerine göre ekim oranları, ekim alanları, ortalama verimleri ve toplam üretim miktarları Tablo 3.14' de verilmiştir.

Tablo 3.14. GAP Alanında Ekilmesi Beklenen Bitki Cinsi, Ekim Alanlarının Oranları ile Hektar Başına Verim ve Üretimleri (DSİ,1989, Nacar, 1981).

	Ekiliş Oranı (%)	Ekiliş Alanı (Hektar)	Verim (kg/ha)	Toplam Üretim (Ton)
Pamuk	31,18	434.556	34.512	1.499.729
Hububat	29,25	407.831	3.848	1.569.427
Mısır	0,90	12.549	3.509	44.033
Çeltik	1,98	27.533	4.656	128.189
Mercimek-Nohut	1,74	24.213	2.162	52.355
Fasulye	2,22	30.889	2.052	63.399
Tütün	1,13	15.763	1.588	25.045
Yumru Bitkiler	5,86	81.614	46.989	3.834.940
Keten	0,51	7.066	900	6.359
Soya Tohumculuk	0,06	817	2.000	1.634
Susam-Ayçiçeği	2,00	27.817	2.255	62.728
Sebze Bostan	7,42	103.361	28.755	2.972.146
Yem Bitkileri	5,89	82.096	12.000	985.152
Yem Bit. Tohumu	0,46	6.371	700	4.460
Meyve	2,40	33.550	15.483	519.460
Antep Fıstığı	0,68	9.472	1.038	9.832
Bağ+Zeytin	0,38	5.361	2.160	11.580
2.Ürün Susam	4,77	66.497	2.250	148.008
2.Ürün Mısır	2,25	31.398	2.330	73.167
2.Ürün Sebze	0,62	8.647	28.671	47.920
2.Ürün Yer Fıstığı	2,20	30.733	2.564	78.805
2.Ürün Soya	2,79	38.934	1.630	63.465

Tablolardan anlaşılacağı gibi ülkemiz için önemli bir endüstri bitkisi olan pamuk, kullanılabilir hale getirilmek için çekirdeklerinden ayrılır. Çekirdeklerinden çıkarılacak yağın motorinle karıştırılarak dizel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanılması hem üretim artışından dolayı artan yağın değerlendirilmesi açısından hem de petrol ithalatının

sebebi olduğu olumsuzluklar açısından önemli olmaktadır.

3.5. Pamuk Yağı Formülasyonu

Pamuk yağı içerisinde bulunan önemli yağ asitlerinin miktarları ve formülleri aşağıda verilmiştir:

Tablo 3.15. Pamuk Yağı Asitleri (Karadeniz Birlik Doğan Erdil Yağ Fb.)

Asit	%	Ampi. For.	Açık Formülü
Palmitic	22.9	$C_{16}H_{32}O_2$	$C_{15}H_{31}COOH$
Oleic	24.7	$C_{19}H_{34}O_2$	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$
Linoleic	49.7	$C_{18}H_{30}O_2$	$CH_3CH_2CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$
Stearic	2.15	$C_{18}H_{36}O_2$	$C_{17}H_{35}COOH$
Myristic	0.55	$C_{14}H_{28}O_2$	$C_{13}H_{27}COOH$

Bu asitler pamuk bitkisinin yetiştirildiği bölgeye ve cinsine göre farklı değerler alabilmektedir. Gliserin ile reaksiyonu sonuçta doymuş yağ ve suyu meydana getirir. Asitlerin yüzde miktarı dikkate alınarak ampirik formül bulunabilir.

Otomotiv yakıtları alkan sınıfında kabul edilir. Dolayısıyla formülleri C_nH_{2n+2} formundadır. Genel kabul, dizel yakıtı için (n-heptan) $C_{12}H_{26}$ 'dır ve n-heptan ideal motorin olarak adlandırılır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Deney Tesisatının Tanıtımı

Bitkisel yağların dizel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanılabilirliği konusunda yapılan kuramsal ve deneysel çalışmalardan elde edilen verilerin; pamuk yağı için geçerli olup olmadığını tespit etmek, pratik çalışma şartları ile uyum içerisinde olup olmadığını görebilmek, etkin parametreleri tespit edebilmek ve uygun karışım oranlarını belirleyebilmek için deneysel çalışmalara ve deney düzeneğine ihtiyaç duyulmuştur. Deneysel çalışmalar için ihtiyaç duyulan alet, cihaz ve diğer teçhizatlar F.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü imkanları ve Araştırma Fonu kaynakları kullanılarak temin edilmiştir. Ayrıca Gazi Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Motorlar Laboratuvarından faydalanılmış ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi Petrol Mühendisliği Bölümünde bulunan Petrol Araştırmaları Laboratuvarında pamuk yağı ve motorine ait analizler yaptırılmıştır.

Deneysel çalışmalarda çeşitli dizel motorlarına, motor gücü, döndürme momenti ve özgül yakıt sarfiyatının tesbit edilebilmesi için dinamometre cihazına, egzoz emisyonlarının tayini için egzoz analiz cihazına, sıcaklık ölçüm cihazına, ısı değeri tayini için kalorimetre gibi cihazlara ihtiyaç duyulmuştur. Deneysel çalışmalarda kullanılan cihazların kısa özellikleri aşağıda verilmiştir.

4.2. Deney Motorlarının Özellikleri

Pamuk yağının yakıt olarak kullanımını araştırmak için deneylerde tabii emişli motorlar kullanılmıştır. Geçen 20 yıllık sürede imal edilen küçük güç kapasiteli motorların çoğu tabii emişlidir. Tabii emişli motorlar daha uzun yanma periyoduna sahip ve yakıt kalitesine daha duyarlıdır. Püskürtücü ekipmanlarının performansı daha düşüktür. Dolayısıyla meydana gelebilecek problemlerin tesbitine daha müsaittir. Yapılan deneylerde performans ve emisyon ölçümü için (Bedford ve Tempest 15VD) iki, motor elemanlarının durumlarını tespit için bir dizel motor (Pancar marka) olmak üzere

üç dizel motor kullanılmıştır. Kullanılan motorlara ait özellikler aşağıda belirtilmiştir ve resim 4.1, 4.2 ve 4.3'de görülmektedir.

Deneylerde kullanılan Pancar marka dizel motorun özellikleri (Resim 4.1) :

Silindir Sayısı : 1
Sıkıştırma Oranı : 19/1
Silindir Hacmi : 668 cm³
Güç : 9 BG
Soğutma Şekli : Hava

Deneylerde kullanılan Bedford marka dizel motorun özellikleri (Resim 4.2, 4.3) :

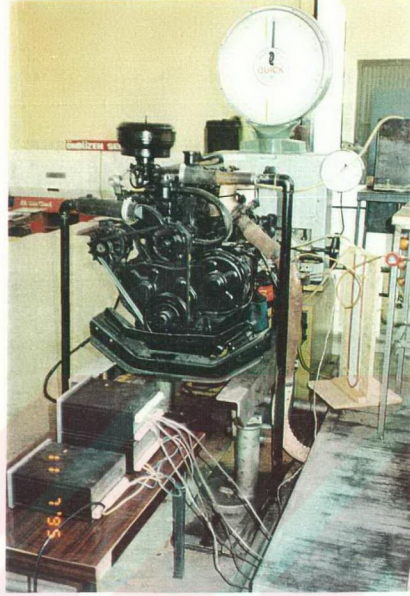
Silindir Sayısı : 4
Sıkıştırma Oranı : 17/1
Silindir Hacmi : 3613 cm³
Güç : 71 BG
Tipi : Sıra
Soğutma Şekli : Su

Deneylerde kullanılan Tempest 15 VD marka dizel motorun özellikleri :

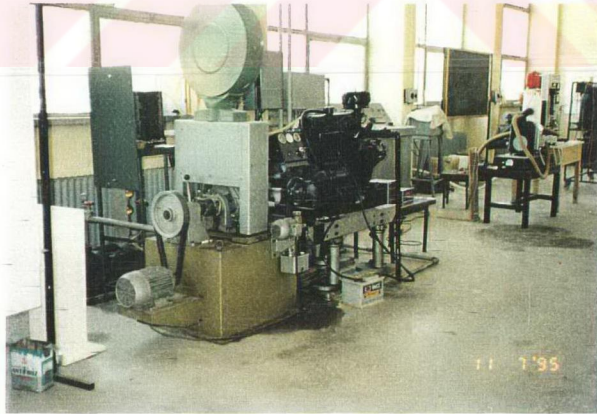
Silindir Sayısı : 4
Sıkıştırma Oranı : 23/1
Silindir Hacmi : 1489 cm³
Güç : 74 BG
Tipi : Sıra
Soğutma Şekli : Su



Resim 4.1. Motor Elemanlarının Durumlarını Tespit İçin Kullanılan Pancar Marka Motor.



Resim 4.2. Deney Motoru ve Dinamometre.



Resim 4.3. Deney Motoru ve Dinamometre.

4.3. Dinamometre (Su freni) özellikleri

Deneylerde İtalyan yapımı Borghi-Saveri marka bir dinamometre kullanılmıştır. Kullanılan dinamometre ve üzerinde deney yapılan Bedford marka motor 4.2 ve 4.3 no' lu resimlerde görülmektedir.

4.4. Döndürme Momentinin Tespiti

Dinamometre moment kolu uzunluğu L (m) , terazide okunan kuvvet P (kg_f) ise motorun döndürme momenti M_d ;

$$M_d = P \cdot L \dots\dots\dots (kgm)$$

dir.

Deney setinde moment kolu uzunluğu $L = 0,716$ m. dir.

$$M_d = 0,716 \cdot P \dots\dots\dots (kgm)$$

olur.

4.5. Efektif Gücün Bulunması

n (d/d) devri ile dönerek N (kw) gücünü aktaran bir mildeki döndürme momentinin değeri ;

$$M_d = (716,20/1,36) \cdot (N / n) \dots\dots\dots (kgm)$$

ifadesiyle verilmektedir. O halde motor efektif gücü N_e ;

$$N_e = M_d \cdot n / 716,20 \cdot 1,36 \dots\dots\dots (kW)$$

yazılabilir. Moment ifadesi yerine konursa ;

$$N_e = P \cdot n / 1000 \cdot 1,36 \dots\dots\dots (kW)$$

olur. Moment kolu uzunluğu 0,95 m ve M_d : (Nm) olmak üzere;

$$N_e = P \cdot n / 9549,3 \dots\dots\dots (kW)$$

veya yaklaşık olarak

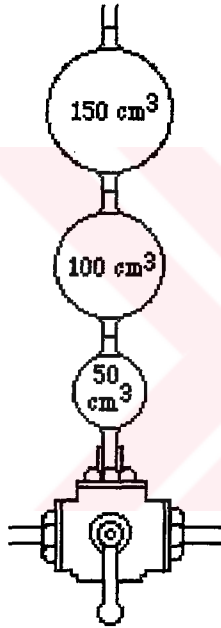
$$N_e = P \cdot n / 10000 \dots\dots\dots (kw)$$

olur.

Tempest VD motorunun test edildiği dinamometrenin moment kolu uzunluğu $L=0,95$ m
Bedford marka motorun test edildiği dinamometre moment kolu uzunluğu $L= 0,716$ m' dir.

4.6. Yakıt Sarfiyatının Tespiti

Bedford motor test edildiği zaman motora giren yakıt miktarı motor-dinamometre sistemi üzerinde bulunan farklı hacimdeki üç adet cam balondan meydana gelen yakıt ölçme kabı yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Yakıt Ölçme Kabı.

Cam balonların hacmi belli olduğu için bir kronometre yardımıyla yakıtın motora gitmesi için geçen zaman ölçülüp debi bulunur :

$$V = V_y (\text{cm}^3) / t (\text{sn}) \dots\dots\dots(\text{cm}^3/\text{sn})$$

Ancak, motora giren yakıtın tamamı yanma odasına püskürtülmeyip bir kısmı geri dönüş borusundan depoya geri dönmektedir. Depoya geri dönen yakıtın hacmi ölçülü kap yardımıyla ölçülüp, bir kronometreyle zaman tutulduğunda depoya geri dönen yakıt debisi de bulunur. Böylece giren yakıt debisi ile çıkan yakıt debisinin farkı yakıt

sarfiyatını verir.

Diğer dinamometre üzerinde ise harcanan yakıt miktarı bir pipet yardımıyla bulunmuştur.

4.7. Özgül Yakıt Sarfiyatının Bulunması (be)

Motorlarda harcanan yakıt miktarı birim güç başına gram olarak saatte harcanan yakıt miktarı ile ifade edilir. Böylece motorların ekonomikliği hakkında bir kıyas yapabilmek mümkün olur. Özgül yakıt sarfiyatı be :

$$be = V_y \cdot \gamma_y \cdot 3600 / t \cdot Ne \dots\dots\dots (\text{ gr/kWh})$$

ifadesi ile hesaplanabilir. Burada ;

V_y : Harcanan yakıt miktarı. (cm^3)

Ne : Motorun efektif gücü. (kW)

t : V_y hacmindeki yakıtın harcanma zamanı. (sn)

γ_y : Yakıtın özgül ağırlığı. (gr/cm^3)

4.8. Egzoz Gazı Analizi Ünitesi

Bu ünite yardımıyla farklı motor devirlerinde ve farklı motorin-pamuk yağı karışım oranlarında egzoz gazı bileşenlerinin değişimi incelenerek, yanma kalitesi ve çevre kirliliği gibi parametrelerin değişim durumları ve motorin ile mukayeseleri tespit edilmiştir. Değişik egzoz gazı analiz cihazlarının bir araya getirilmesiyle ölçümler yapılmıştır. Deneylerin Gazi Üniversitesi ve Fırat Üniversitesi' nde yapılan bölümlerinde ölçülen parametrelerin sayı ve cinslerinde fark olmuştur. Fırat Üniversitesi' nde NO_x ve HC ölçümü yapılamamıştır. Gazi Üniversitesi' nde ise is ölçümü yapılamamış, ancak yapılan bir dizi deney sonunda filtrede toplanan ortalama ağırlık bulunmuştur. NO_x portatif el cihazı ile ölçülmüştür.

4.9. Egzoz Gazı Sıcaklığının Ölçülmesi

Egzoz gazı sıcaklığı tespiti için çok kanallı bir tarayıcı, gösterge ve Fe-Co ısı çiftler kullanılmıştır. Isıl çiftlerin birleştirilmiş ucu sıcaklığı ölçülecek noktaya, diğer uçları tarayıcıya bağlıdır. Sıcaklığı ölçülecek noktadaki ısı çiftin bağlı olduğu kanal seçildiği zaman, dijital göstergeden sıcaklık direkt okunmaktadır.

4.10. Yakıtın Isıl Değerinin Tespiti

Deneylerde kullanılan bitkisel yağların üst ısı değerleri F.Ü. Kimya Müh. Laboratuvarında bulunan bomba tipi bir kalorimetre ile tayin edilmiştir.

4.11. Yakıt Viskozitesinin Tespiti

Pamuk yağı ve dizel yakıtı viskozitesinin sıhhatli tesbiti, ODTÜ Petrol Araştırmaları Laboratuvarında yaptırılmıştır.

Kullanılan yağların ve motorinin donma noktası digital termometre kullanılarak, probun yakıt içerisine daldırılması suretiyle tespit edilmek istenmiş fakat katılaşma esnasında bitkisel yağ; içerisinde katı kısımları ve püskürtmeye elverişli kısımları bir arada ihtiva ettiğinden donma noktası hususunda kesin bir kanaat varılamamıştır. Donma noktasının belirli bir aralıkta alınması belki daha uygun olacaktır. ODTÜ Petrol Araştırmaları Laboratuvarı akma sınırını tayin etmiştir.

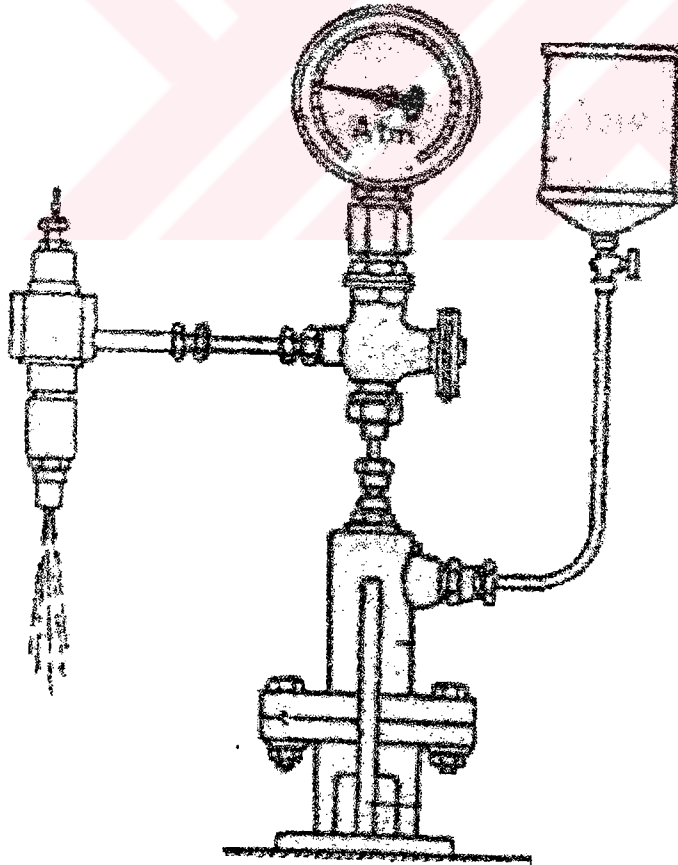
4.12. Bitkisel Yağın Malzemeye Sıvanmasının (Yapışma) Kontrolü

Bitkisel yağların içerisinde ihtiva ettikleri maddelere bağlı olarak tam kuruyan, yarı kuruyan ve kurumayan olarak sınıflandırıldıklarını biliyoruz. Bu özelliklerine bağlı olarak da gerek içinde bulundukları kapta, gerek yakıt borularında ve gerekse yakıt filtresi ve enjektörde tıkanmalara sebebiyet verdikleri birçok araştırmacı tarafından

yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir. Bu nedenle pamuk yağının motor parçaları üzerine yapışıp yapışmadığını kontrol etmek mecburiyeti ortaya çıkmıştır. Supap, enjektör memesi, segman, gömlek ve piston parçaları yağ içerisine konduktan sonra, parça ile yağ arasında oluşabilecek film tabakasını dağıtmak ve yağın malzeme üzerine nüfuziyetini artırmak için çalkalanmıştır. Çalkalama işlemi için hareketli sehpa kullanımına ihtiyaç duyulmuştur.

4.13. Yakıt Damlacıklarının Tespiti

Püskürtme neticesinde meydana gelen damlacıkların yanma odasında dağılımının tayini için enjektör test cihazı kullanılmıştır. Enjektör deliklerinde tıkanıklık veya enjektörde damlatma olup olmadığını kontrol etmek için kullanılan bu cihazın püskürtme pompasına el ile bastırılarak yakıtın enjektörden püskürtülmesi sağlanır ve püskürtme basıncı manometreden okunur.



Şekil 4.2. Enjektör Test Cihazı.

5. YAPILAN DENEYLER VE SONUÇLARI

Deneylerde kullanılan pamuk yağı Diyarbakır' da bulunan ticari işletmelerden (çırçır ve prese fabrikaları) temin edilmiştir. İşletmeden getirilen yağ örnekleri herhangi bir işleme tabi tutulmamıştır. Karışımlar hacimsel olarak hazırlanmıştır.

5.1. Yakıt Analiz Sonuçları

Alternatif yakıt olarak motorinle karıştırılan pamuk yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerini tayin etmek için ODTÜ Petrol Araştırmaları Laboratuvarında laboratuvar görevlileri tarafından yapılan analizlerden ve F.Ü. Kimya Müh. Böl. Laboratuvarında yapılan ısı değer tespitinden elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir (Tablo 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7). Tablo 5.1' deki değerlerin tablo 3.7 ve 3.10' daki değerlerden farklı olmasının, kullanılan motorin ve pamuk yağının üretime bağlı olarak özelliklerinin farklı olmasından kaynaklandığı sanılmaktadır.

Tablo 5.1. Pamuk Yağı, Motorin ve Pamuk Yağı + Motorin Karışımlarının Isıl Değerleri.

Yakıt	Ölçülen Üst Isıl Değer (kJ/kg)
Motorin	43.690
Pamuk Yağı	35.320
%10 Pamuk Yağı + %90 Motorin	42.853
%20 Pamuk Yağı + %80 Motorin	42.015
%30 Pamuk Yağı + %70 Motorin	41.179
%40 Pamuk Yağı + %60 Motorin	40.343
%50 Pamuk Yağı + %50 Motorin	39.505
%60 Pamuk Yağı + %40 Motorin	38.668
%70 Pamuk Yağı + %30 Motorin	37.831
%80 Pamuk Yağı + %20 Motorin	36.994
%90 Pamuk Yağı + %10 Motorin	35.320

Tablo 5.2. %100 Nötr Pamuk Yağı Analiz Sonuçları (ODTÜ Petrol Araştırma Laboratuvarı Analiz Sonuçları)

	Standart	Motorin	Standart	Nötr Pamuk Yağı
Viskozite	TS 1451	3.05 (mm ² /s) (40°C)	TS 2031	187.3 (ssu)
Yoğunluk	TS 1013	831 (kg/m ³) (15°C)	TS 1013	922 (kg/m ³)
Kükürt	IP 336	0.4 (% w)	IP 336	0 (% w)
Akma Nok.	TS 1273	-3 (°C)	TS 1233	0 (°C)
Su ve Tortu	ASTM D2709	0 (%v/v)	ASTM D2709	0.05 (%v/v)

Tablo 5.3. %25 Nötr Pamuk Yağı + %75 Motorin Analiz Sonuçları (ODTÜ Petrol Araştırma Laboratuvarı Analiz Sonuçları)

	Standart	Motorin	Standart	%25Nötr Pam.Yağı
Viskozite	TS 1451	3.05 (mm ² /s) (40°C)	TS 2031	44.2 (ssu)
Yoğunluk	TS 1013	831 (kg/m ³) (15°C)	TS 1013	854 (kg/m ³)
Kükürt	IP 336	0.4 (% w)	IP 336	0.25 (% w)
Akma Nok.	TS 1273	-3 (°C)	TS 1233	-6 (°C)
Su ve Tortu	ASTM D2709	0 (%v/v)	ASTM D2709	0 (%v/v)

Tablo 5.4. %50 Nötr Pamuk Yağı + %50 Motorin Karışımı Analiz Sonuçları (ODTÜ Petrol Araştırma Laboratuvarı Analiz Sonuçları)

	Standart	Motorin	Standart	%50Nötr Pam.Yağı
Viskozite	TS 1451	3.05 (mm ² /s) (40°C)	TS 2031	58.3 (ssu)
Yoğunluk	TS 1013	831 (kg/m ³) (15°C)	TS 1013	875 (kg/m ³)
Kükürt	IP 336	0.4 (% w)	IP 336	0.13 (% w)
Akma Nok.	TS 1273	-3 (°C)	TS 1233	-9 (°C)
Su ve Tortu	ASTM D2709	0 (%v/v)	ASTM D2709	0 (%v/v)

Tablo 5.5. %100 Ham Pamuk Yağı Analiz Sonuçları (ODTÜ Petrol Araştırma Laboratuvarı Analiz Sonuçları)

	Standart	Motorin	Standart	Ham Pamuk Yağı
Viskozite	TS 1451	3.05 (mm ² /s) (40°C)	TS 2031	192.7 (ssu)
Yoğunluk	TS 1013	831 (kg/m ³) (15°C)	TS 1013	926 (kg/m ³)
Kükürt	IP 336	0.4 (% w)	IP 336	0 (% w)
Akma Nok.	TS 1273	-3 (°C)	TS 1233	-3 (°C)
Su ve Tortu	ASTM D2709	0 (%v/v)	ASTM D2709	0 (%v/v)

Tablo 5.6. %25 Ham Pamuk Yağı + %75 Motorin Analiz Sonuçları (ODTÜ Petrol Araştırma Laboratuvarı Analiz Sonuçları)

	Standart	Motorin	Standart	%25 Ham Pam.Yağı
Viskozite	TS 1451	3.05 (mm ² /s) (40°C)	TS 2031	44.4 (ssu)
Yoğunluk	TS 1013	831 (kg/m ³) (15°C)	TS 1013	855 (kg/m ³)
Kükürt	IP 336	0.4 (% w)	IP 336	0.25 (% w)
Akma Nok.	TS 1273	-3 (°C)	TS 1233	-12 (°C)
Su ve Tortu	ASTM D2709	0 (%v/v)	ASTM D2709	0 (%v/v)

Tablo 5.7. %50 Ham Pamuk Yağı + %50 Motorin Karışımı Analiz Sonuçları (ODTÜ Petrol Araştırma Laboratuvarı Analiz Sonuçları)

	Standart	Motorin	Standart	%50Ham Pam.Yağı
Viskozite	TS 1451	3.05 (mm ² /s) (40°C)	TS 2031	58.6 (ssu)
Yoğunluk	TS 1013	831 (kg/m ³) (15°C)	TS 1013	878 (kg/m ³)
Kükürt	IP 336	0.4 (% w)	IP 336	0.13 (% w)
Akma Nok.	TS 1273	-3 (°C)	TS 1233	-9 (°C)
Su ve Tortu	ASTM D2709	0 (%v/v)	ASTM D2709	0 (%v/v)

Yakıt analizinden elde edilen sonuçlar kısaca şu şekilde özetlenebilir :

-Pamuk yağının ısıl değeri motorine göre daha düşüktür.

-Pamuk yağı viskozitesinin motorine oranla çok yüksek olduğu görülmüştür.

-Dizel yakıtına göre pamuk yağı yoğunluğu biraz daha yüksektir.

-Pamuk yağı için damıtma eğrisi elde edilememiştir. %25 ve %50 pamuk yağı karışımları için damıtma eğrisi eklerde verilmiştir. Pamuk yağı katkısı ile damıtma sıcaklığı artmakta, damıtılan hacim azalmaktadır.

-Pamuk yağı daha düşük sıcaklıkta katılaşma eğilimi göstermektedir.

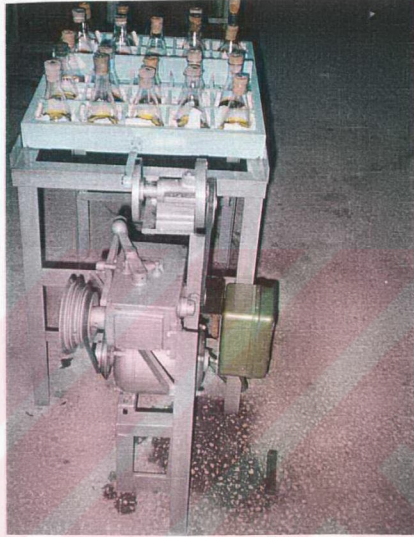
-Pamuk yağında kükürt yoktur.

-ODTÜ Petrol Araştırma laboratuvarında yapılan analiz sonucunda, %25 Pamuk yağı + %75 motorin karışımının viskozitesinin pamuk yağına oranla büyük ölçüde düştüğü görülmektedir (Tablo 5.2., 5.3., 5.5., 5.6.). Zaten çalışmanın başında viskozite probleminin azaltılması için en kolay ve en ucuz metot olduğundan dolayı seyreltme tercih edilmiştir.

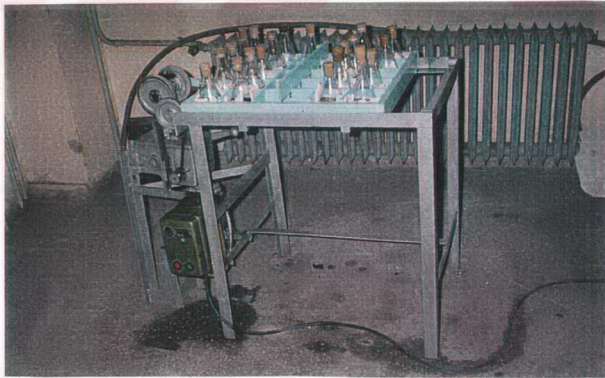
5.2. Sıvanma Deneyi Sonuçları

Pamuk yağının motor parçaları üzerinde sıvanıp sıvanmadığının kontrolü için, önceden kesilip parlatılarak hazırlanan parçalar, erlenler içerisine doldurulan motorin ve pamuk yağı içerisine bırakılarak, erlenler hareketli sehpa üzerine yerleştirilmiştir. Bu amaçla kullanılan sehpa resimde görülmektedir (Resim 5.1, 5.2). Sehpa 3 ay süreyle tüm gün çalıştırılmıştır. Literatürde çok fazla çalışma bulunan ayçiçek yağı ile dolu erlenler içerisine de parçalar konularak sehpa gözlerine yerleştirilmiştir. Literatürde belirtilen durumların ortaya çıkıp çıkmadığının kontrolü ve pamuk yağı ile mukayesenin sağlanabilmesi için böyle bir yola gidilmiştir. Erlenler içerisine konulan parçalar; yakıtla teması bulunan enjektör, supap, gömlek, kompresyon ve yağ segmanı olarak seçilmiştir. Kesilen parçalar parlatıldıktan sonra erlenlere bırakılmıştır. 3 aylık süre sonunda çıkarılan parçalar önce gözle kontrol edilmiş ve sonra da parlatma yüzeyleri mikroskopta incelenmiştir. Motorin ve pamuk yağı içerisinde 3 ay bekletilen parçaların üzerinde herhangi bir sıvanma olmadığı, ayçiçek yağında bekletilen parçalarda ise sıvanmış ayçiçek yağı kalıntıları bulunmuştur. Metal mikroskobunda elde edilen görüntüler, motorin ve pamuk yağı içerisinde bekletilen parçalarda aynı, ayçiçek yağı içerisinde

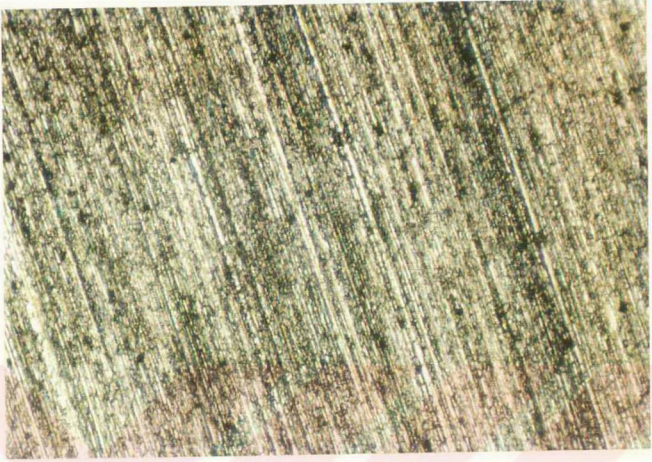
bekletilenlerde ise farklı şekildedir. Ayrıca pamuk yağı ve motorin içerisinde bekletilen parçaların ağırlık kontrolü yapılmış ve ağırlık kaybının olmadığı anlaşılmıştır. Pamuk yağı içerisinde bekletilen supapta görülen siyah boşluğun imalattan geldiği sanılmaktadır (Resim 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16).



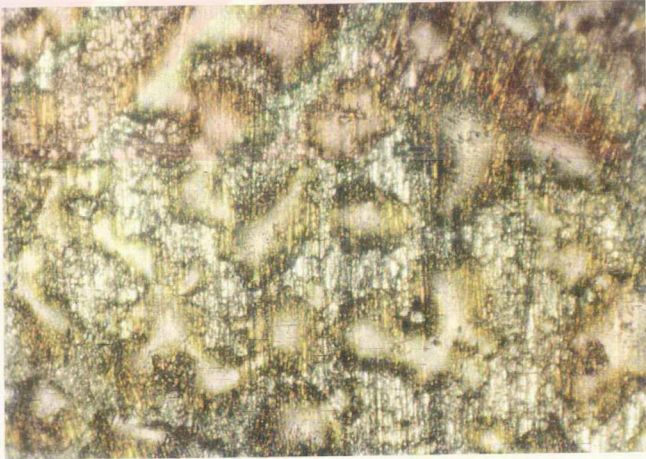
Resim 5.1. Sıvanma Deneyinde Kullanılan Hareketli Sehpa.



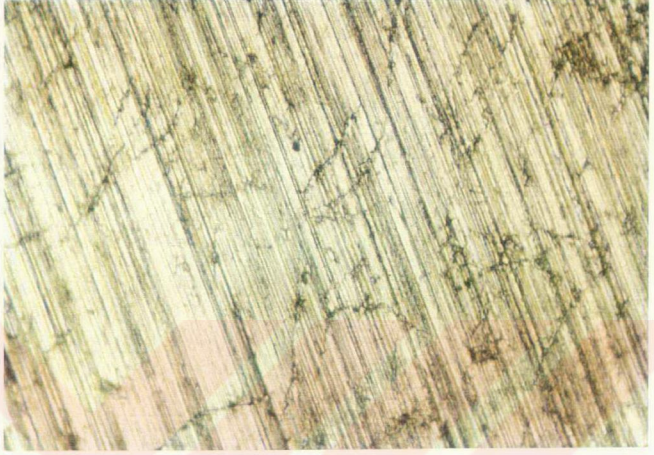
Resim 5.2. Sıvanma Deneyinde Kullanılan Hareketli Sehpa.



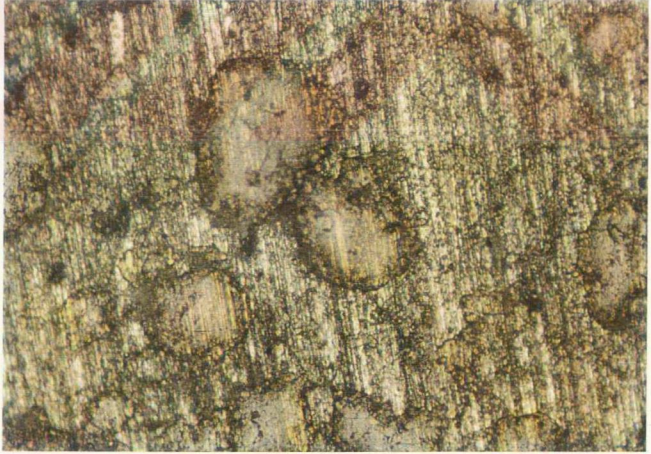
Resim 5.3. Motorin ve Pamuk Yağı İçerisinde Bekletilmiş Piston Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.



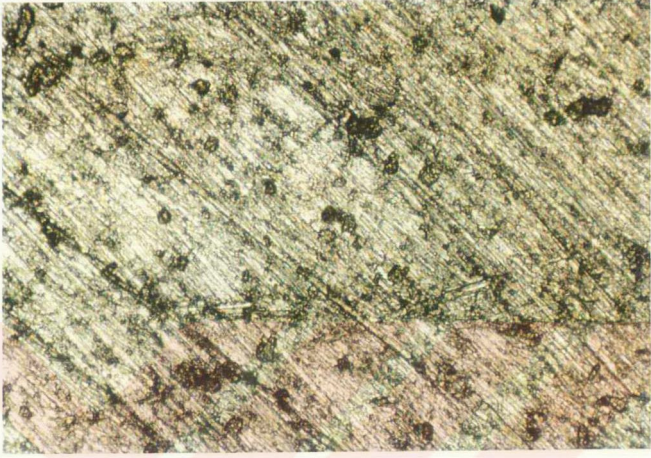
Resim 5.4. Ayçiçek Yağı İçerisinde Bekletilmiş Piston Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.



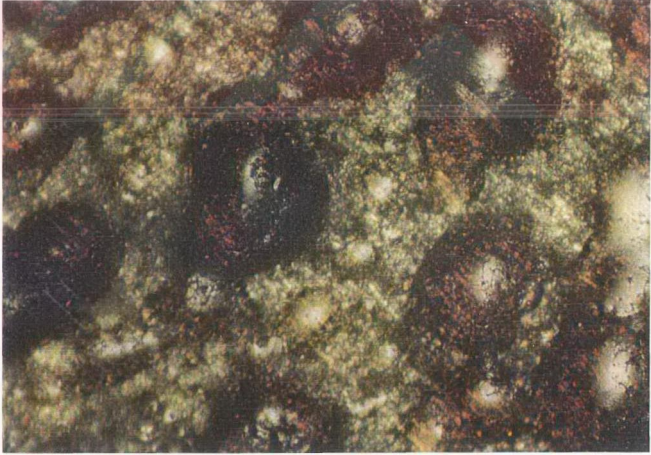
Resim 5.5. Motorin ve Pamuk Yağı İçerisinde Bekletilmiş Gömlek Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.



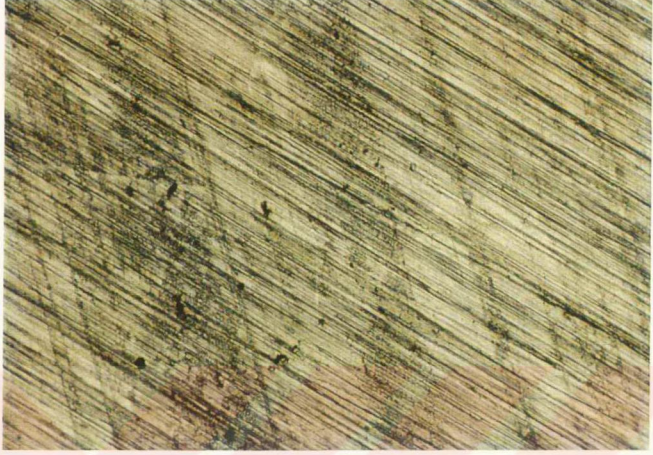
Resim 5.6. Ay  ek Yağı İçerisinde Bekletilmiş Gömlek Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.



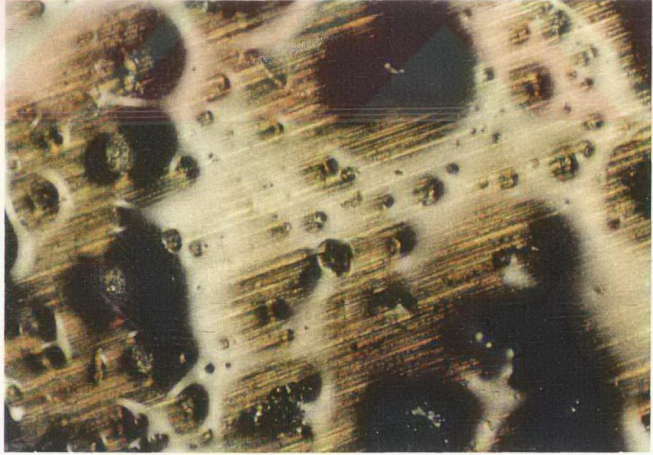
Resim 5.7. Motorin ve Pamuk Yağı İçerisinde Bekletilmiş Yağ Segmanı Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.



Resim 5.8. Ayçiçek Yağı İçerisinde Bekletilmiş Yağ Segmanı Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.



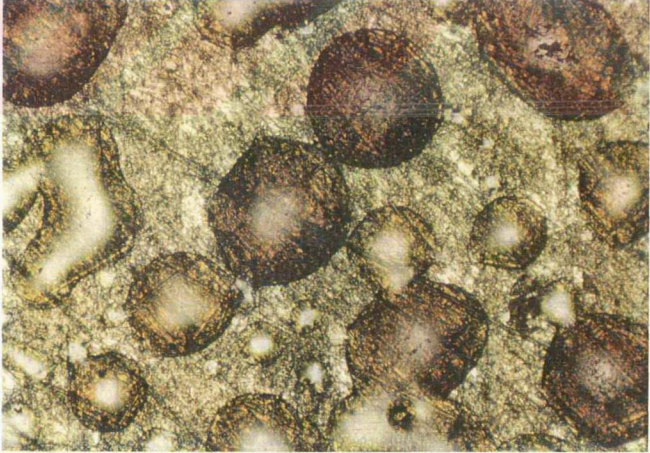
Resim 5.9. Motorin ve Pamuk Yağı İçerisinde Bekletilmiş Enjektör Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.



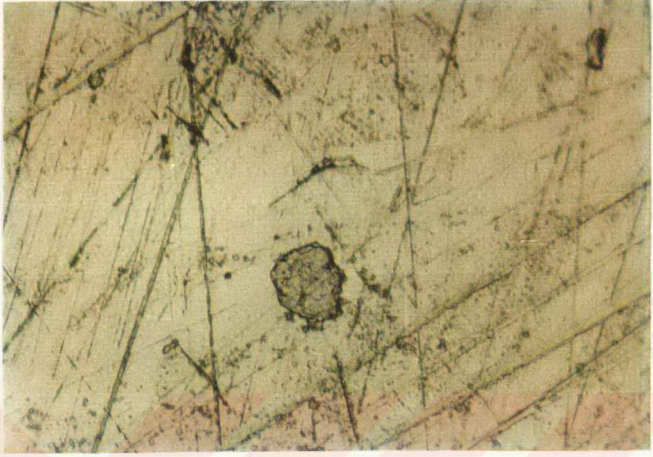
Resim 5.10. Ayçiçek Yağı İçerisinde Bekletilmiş Enjektör Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.



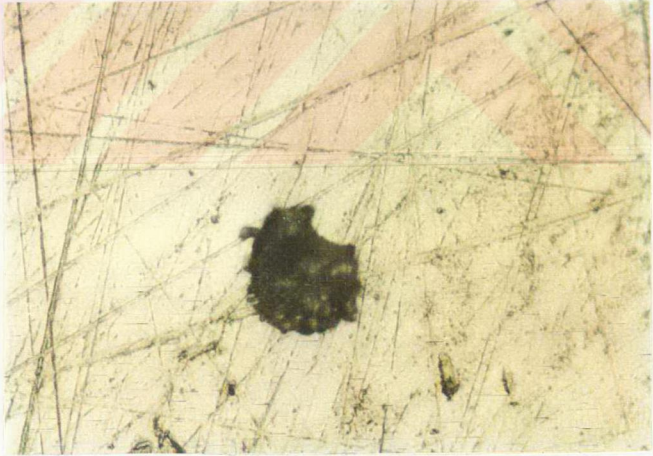
Resim 5.11. Motorin ve Pamuk Yağı İçerisinde Bekletilmiş Kompresyon Segmanı Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.



Resim 5.12. Ayçiçek Yağı İçerisinde Bekletilmiş Kompresyon Segmanı Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.

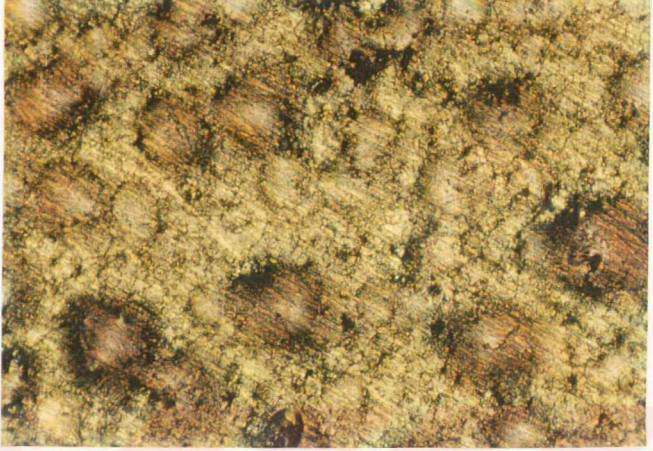


Resim 5.13. Motorin İçerisinde Bekletilmiş Supap Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.



Resim 5.14. Pamuk Yağı İçerisinde Bekletilmiş Supap Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.

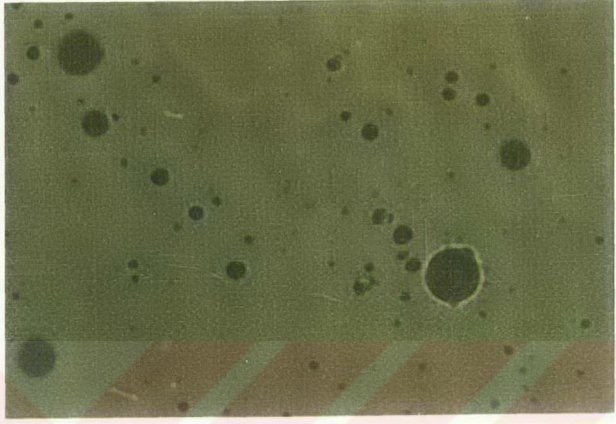
Resim 5.13 ve 5.14' deki yuvarlak bölgenin malzemeden geldiği düşünülmektedir.



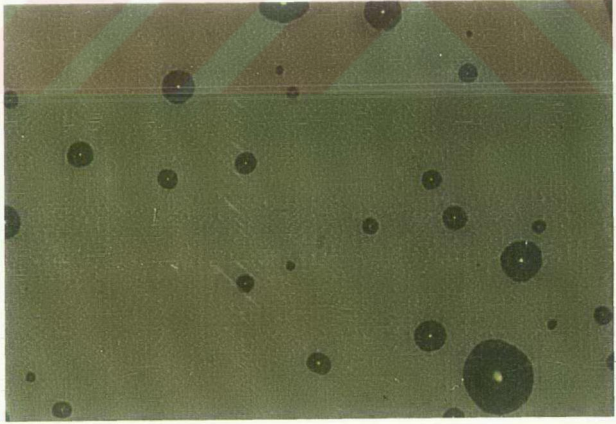
Resim 5.15. Ayçiçek Yağı İçerisinde Bekletilmiş Supap Yüzeyinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü.

5.3. Püskürtme Deneyi Sonuçları

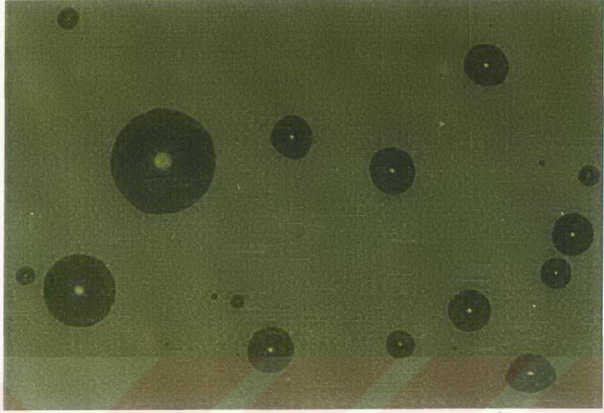
Silindir içerisine püskürtülen yakıt hüzmesinin görünümünü tespit etmek için el ile çalışan bir püskürtme pompası ve enjektör kullanılmıştır. Püskürtülen her bir karışım oranından sonra hazne boşaltılıp temizlenmiştir. Her karışım oranı aynı basınçta püskürtülmüş (200 kg/cm^2) ve enjektörün önüne konulan isli cam üzerine düşen yakıt hüzmesi mikroskopta incelenmiştir. Elde edilen büyütme görüntüleri aşağıdaki resimlerde verilmiştir (Resim 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, 5.23, 5.24, 5.25, 5.26, 5.27, 5.28, 5.29, 5.30, 5.31). Sıkıştırma sonu basıncı 30-35 bar olup, piston üst ölü noktaya yaklaştıkça enjektöre doğru daha iyi bir parçalanma olur. Gerçek çalışma şartlarında püskürtme mesafesi çok kısadır ancak kapalı ve basınçlı bir ortama püskürtme yapılmadığından kısa mesafede cam üzerinde sıvanma olmuş bu nedenle gerçek durumu simüle etmek için isli cam ile enjektör arasındaki mesafe uzun seçilmiştir.



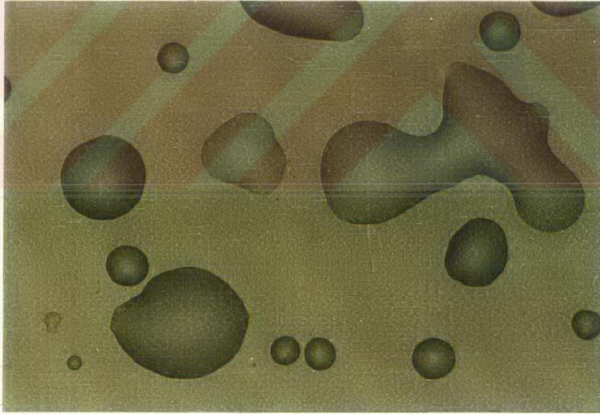
Resim 5.16. İsli Cam Üzerine Püskürtülen Motorin Damlacıklarının Görüntüsü.
(Püskürtme Açıklığı 20 cm.)



Resim 5.17. İsli Cam Üzerine Püskürtülen Motorin Damlacıklarının Görüntüsü.
(Püskürtme Açıklığı 50 cm.)

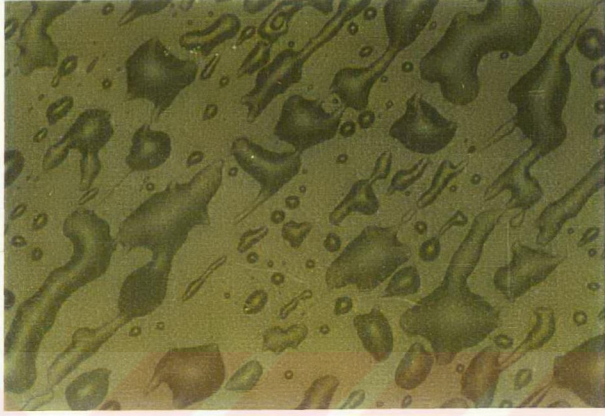


Resim 5.18. İslî Cam Üzerine Püskürtülen Motorin Damlacıklarının Görüntüsü.
(Püskürtme Açıklığı 50 cm.)

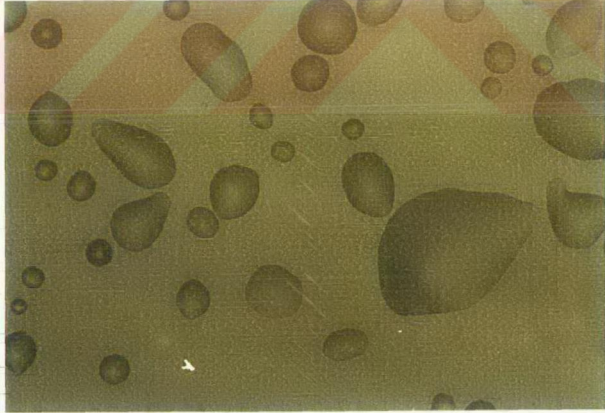


Resim 5.19. İslî Cam Üzerine Püskürtülen Motorin Damlacıklarının Görüntüsü.
(Püskürtme Açıklığı 100 cm.)

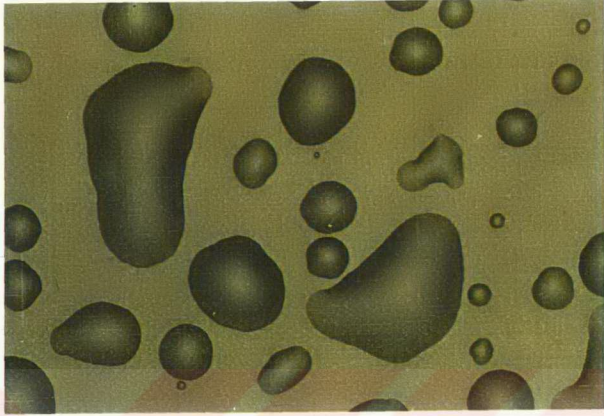
Enjektörden püskürtülen motorinin kısa mesafede parçalandığı ve küçük yakıt damlacıkları elde edildiği 5.16., 5.17., 5.18 ve 5.19 no' lu resimlerden görülmektedir. Mesafe arttıkça damlacık boyutunda büyüme olmuştur.



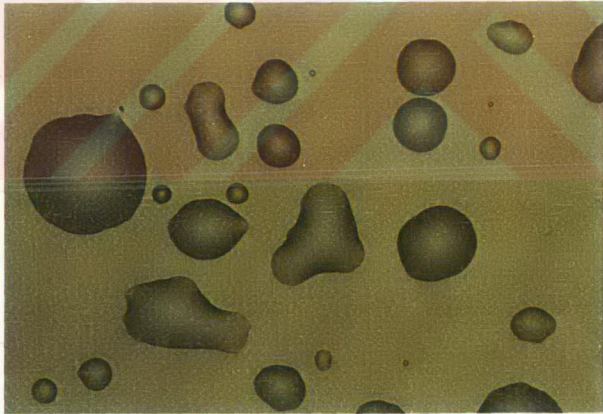
Resim 5.20. İsli Cam Üzerine Püskürtülen %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin Karışımı Damlacıklarının Görüntüsü. (Püskürtme Açıklığı 20 cm.)



Resim 5.21. İsli Cam Üzerine Püskürtülen %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin Karışımı Damlacıklarının Görüntüsü. (Püskürtme Açıklığı 50 cm.)



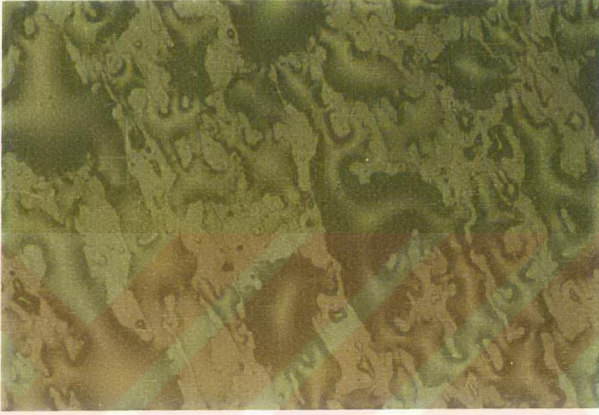
Resim 5.22. İsli Cam Üzerine Püskürtülen %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin Karışımı Damlacıklarının Görüntüsü. (Püskürtme Açıklığı 50 cm.)



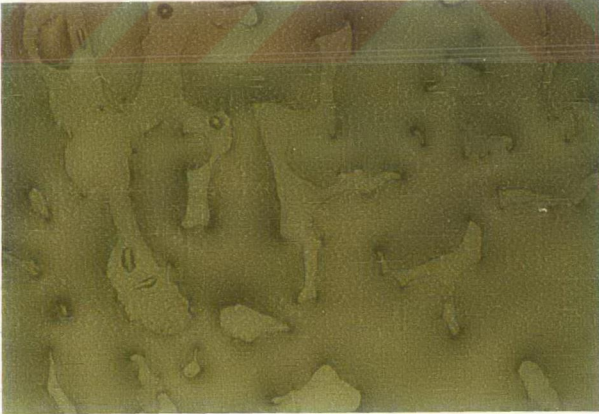
Resim 5.23. İsli Cam Üzerine Püskürtülen %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin Karışımı Damlacıklarının Görüntüsü. (Püskürtme Açıklığı 100 cm.)

%25 Pamuk yağı + %75 motorin karışımı püskürtüldüğü zaman 20 cm. mesafede tam olarak parçalanmamıştır (Resim 5.20). 100 cm açıklıkta elde edilen

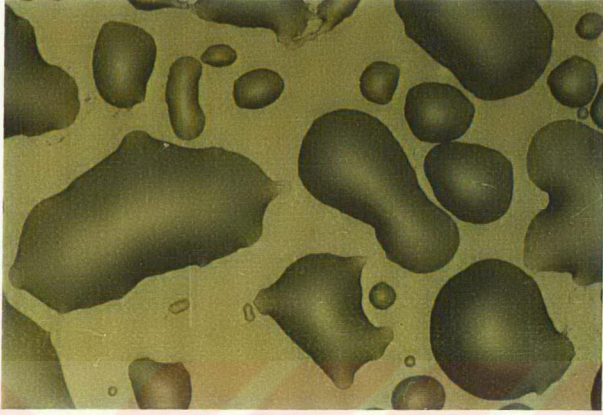
damlacık boyutu(Resim 5.23), 50 cm. açıklıktaki ıslı cam üzerine düşen motorinin damlacık boyutu ile yaklaşık olarak aynıdır. Yani pamuk yağı kullanıldığı zaman püskürtme menzili uzamaktadır.



Resim 5.24. ıslı Cam Üzerine Püskürtülen %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin Karışımı Damlacıklarının Görüntüsü. (Püskürtme Açıklığı 20 cm.)

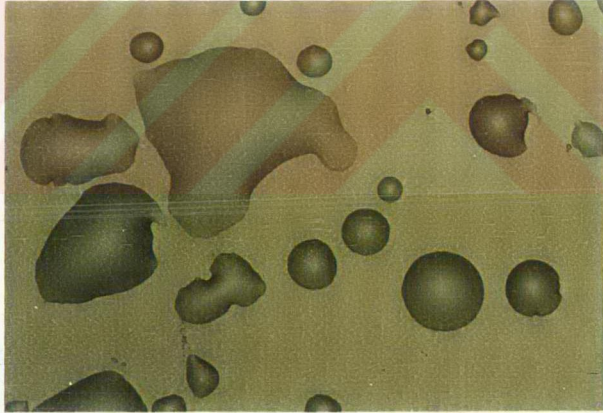


Resim 5.25. ıslı Cam Üzerine Püskürtülen %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin Karışımı Damlacıklarının Görüntüsü. (Püskürtme Açıklığı 50 cm.)



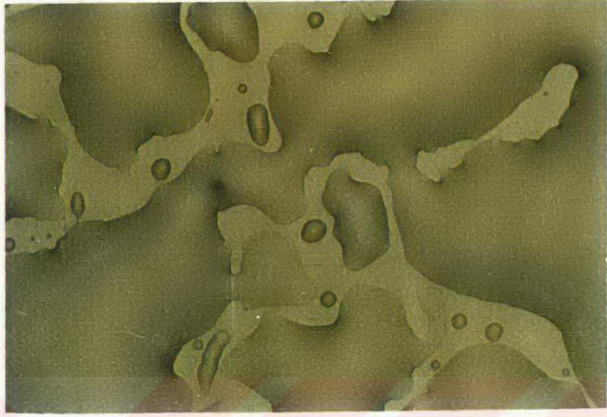
Resim 5.26. İslı Cam Üzerine Püskürtülen %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin Karışımı Damlacıklarının Görüntüsü. (Püskürtme Açıklığı 100 cm.)

cok fazla (mısmar)

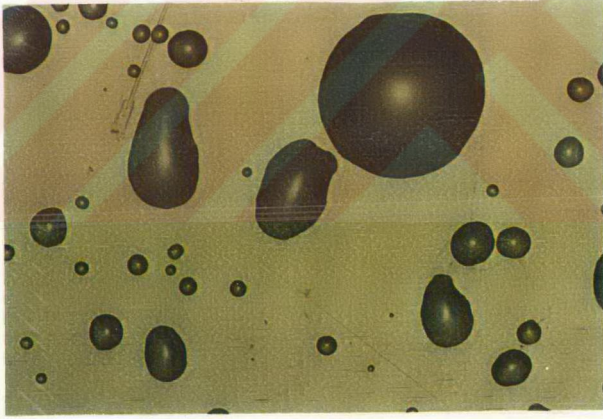


Resim 5.27. İslı Cam Üzerine Püskürtülen %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin Karışımı Damlacıklarının Görüntüsü. (Püskürtme Açıklığı 100 cm.)

%50 pamuk yağı + %50 motorin karışımı oranında 50 cm. mesafede parçalanmanın henüz yeni başladığı görülmektedir (Resim 5.25). Damlacık boyutları daha büyüktür ve dağılımı homojen değildir (Resim 5.26, 5.27).

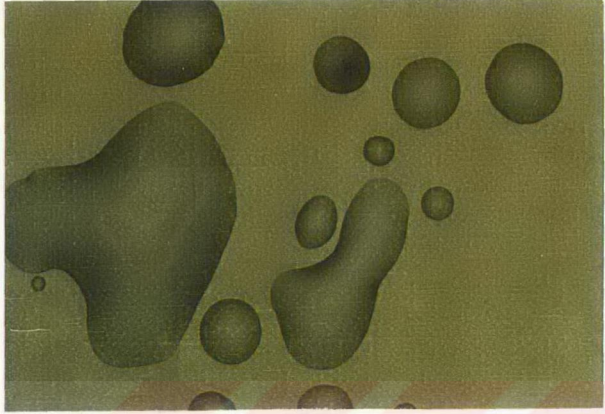


Resim 5.28. İslî Cam Üzerine Püskürtülen %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin Karışımı Damlacıklarının Görüntüsü. (Püskürtme Açıklığı 50 cm.)

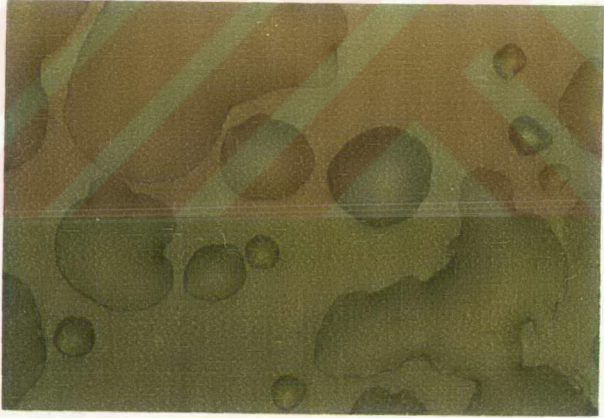


Resim 5.29. İslî Cam Üzerine Püskürtülen %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin Karışımı Damlacıklarının Görüntüsü. (Püskürtme Açıklığı 100 cm.)

%75 pamuk yağı + %25 motorin karışımı oranında 50 cm. mesafede parçalanma başlamakta ve 100 cm. mesafede yer yer büyük damlacıklar olmak kaydı ile iyi bir parçalanma olmaktadır (Resim 5.28, 5.29).



Resim 5.30. İslî Cam Üzerine Püskürtülen Pamuk Yağı Damlacıklarının Görüntüsü. (Püskürtme Açıklığı 100 cm.)

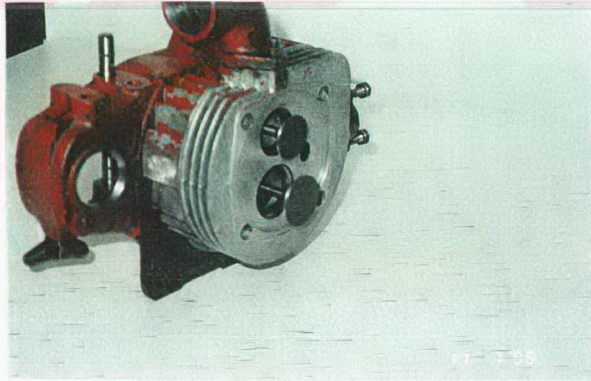


Resim 5.31. İslî Cam Üzerine Püskürtülen Pamuk Yağı Damlacıklarının Görüntüsü. (Püskürtme Açıklığı 100 cm.)

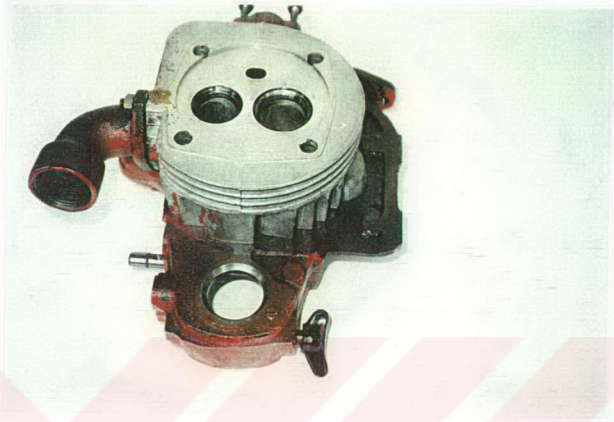
%100 pamuk yağı ile damlacıklar çok büyüktedir (Resim 5.30, 5.31). Kısa mesafede parçalanma olmamakta, bu da püskürtme menziline uzamasına ve silindir içerisinde kalıntılara sebep olmaktadır.

5.4. Pamuk Yağı - Motorin Karışımlarının Motor Elemanları Üzerindeki Etkilerini Tespit Etmek İçin Yapılan Deneylerin Sonuçları

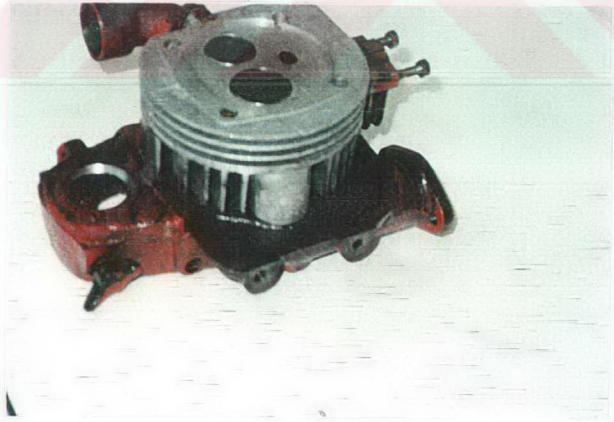
Pamuk yağı - motorin karışımlarının dizel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanılması halinde, motor elemanları üzerinde ne gibi etkilerinin olduğunu tespit etmek; pamuk yağı - motorin karışımlarının kısa ve uzun süreli çalışmalar için kullanılabilir olup olmadığının belirlenmesi ve en uygun karışım oranının tespiti açısından gerekli görülmüştür. Dizel motorun pamuk yağı - motorin karışımları ile uzun süreli olarak çalıştırılabilmesi özellikle yanma odasının, pistonun, supapların, silindir cidarının, enjektörün ve yağlama yağının özelliklerinin değişmemesine bağlıdır. Bu nedenle bölüm 4.2.' de bahsedilen Pancar marka tek silindirli dizel motor; %100 motorin, %25 pamuk yağı + %75 motorin, %50 pamuk yağı + %50 motorin ve %75 pamuk yağı + %25 motorin karışımları ile 100' er saat çalıştırılarak, çalışma sonunda motor elemanlarının durumları incelenmiştir (Literatürde mevcut bazı çalışmalarda, 30-50 saatlik süre içerisinde motorda bazı olumsuzluklar tespit edilmiş bazı çalışmalarda ise daha uzun sürelerde bu problemlerle karşılaşmıştır. Bu bakımdan 100 saatlik çalışma süresi seçilmiştir). Önce deney motorunun incelenecek parçalarının kullanılmamış hali tanıtılmış, daha sonra motorin ile çalışma sonunda elde edilen bulgular verilmiş ve pamuk yağı oranı kademeli olarak %25 artırılarak pamuk yağı - motorin karışımlarında elde edilen bulgular resimlerde verilmiştir.



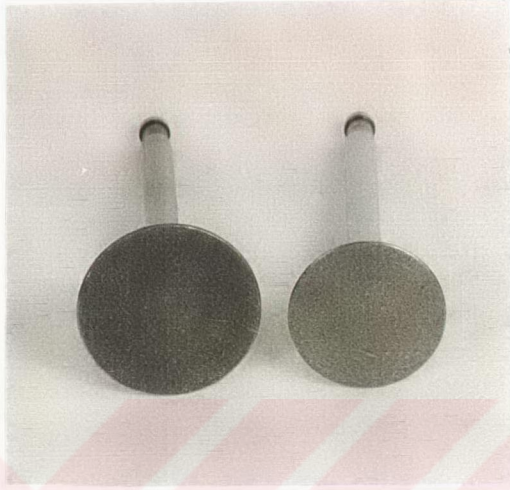
Resim 5.32. Silindir Kafası ve Yanma Odasının Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü.



Resim 5.33. Silindir Kafası ve Yanma Odasının Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü.



Resim 5.34. Silindir Kafası ve Yanma Odasının Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü.



Resim 5.35. Emme ve Egzoz Supabının Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü.



Resim 5.36. Emme ve Egzoz Supabının Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü.

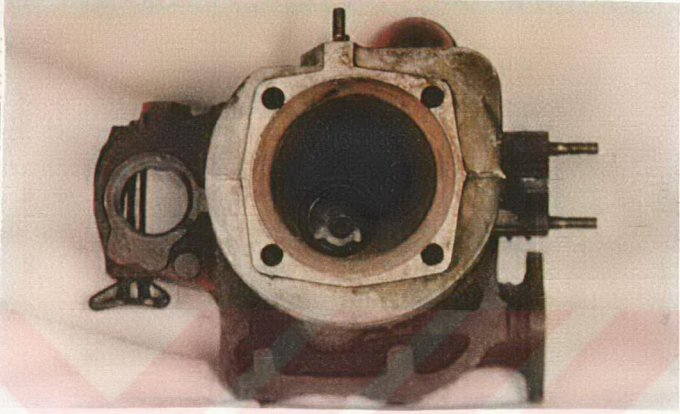


Resim 5.37. Pistonun Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü.



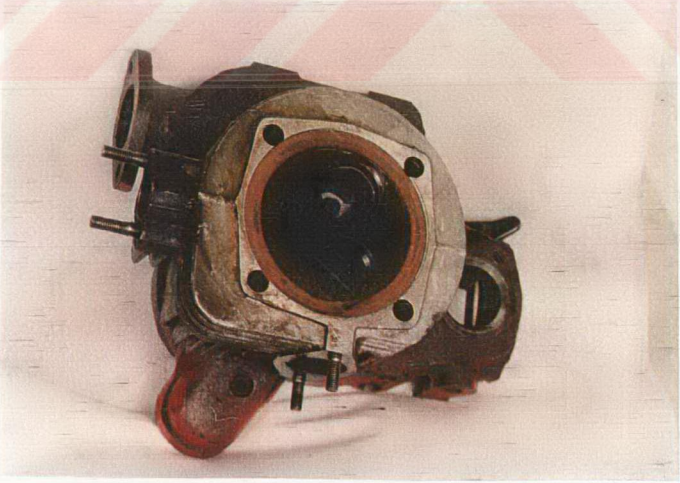
Resim 5.38. Pistonun Deneyler Yapılmadan Önceki Görünüşü.

5.4.1. Motorin İle 100 Saatlik Çalışma Sonunda Motor Elemanlarının Durumları



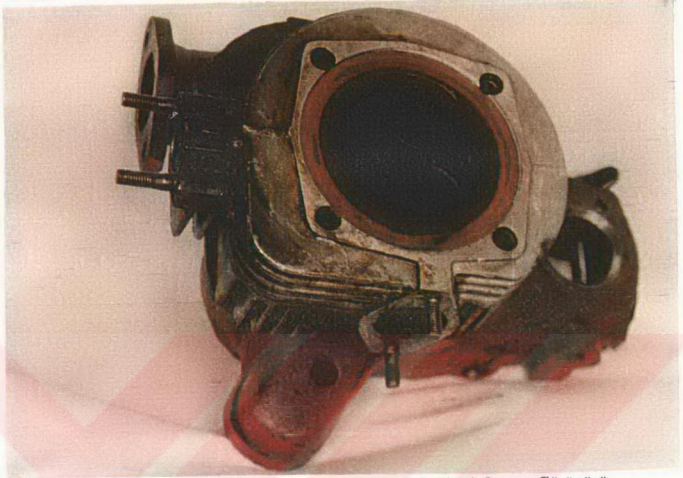
Resim 5.39. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Silindir Kafasının Görünüşü.

Motorin ile 100 saat çalışma sonunda yanma odası içerisinde kalıntı yoktur. El ile dokunulduğunda sadece bir siyahlık bulaşmaktadır (Resim 5.39).



Resim 5.40. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Silindir Kafasının Görünüşü.

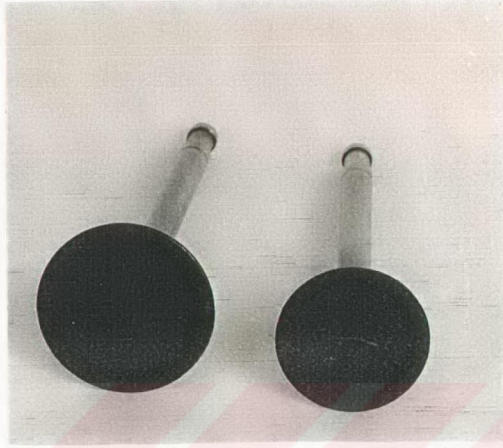
Yanma odası içerisi ve supap yuvaları motorin ile 100 saat çalışma sonunda çok temizdir (Resim 5.40).



Resim 5.41. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Silindir Kafasının Görünüşü.



Resim 5.42. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Egzoz Supabının Görünüşü.



Resim 5.43. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Emme ve Egzoz Supabının Görünüşü.



Resim 5.44. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Emme ve Egzoz Supabının Görünüşü.

Motorin ile 100 saat çalışma sonunda supap tablası üzerinde bir miktar kalıntı gözlenmektedir. Supaplar siyahlaşmakla beraber sap ve oturma yüzeyi üzerinde kalıntı

yoktur (Resim 5.43, 5.44).



Resim 5.45. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Piston Üst Yüzeyinin Görünüşü.



Resim 5.46. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Piston Yan Yüzeyinin Görünüşü.

Motorin ile 100 saatlik çalışma sonunda pistonun üst ve yan yüzeyleri çok temizdir. Siyahlık kolayca temizlenebilir görünümündedir (Resim 5.45, 5.46).



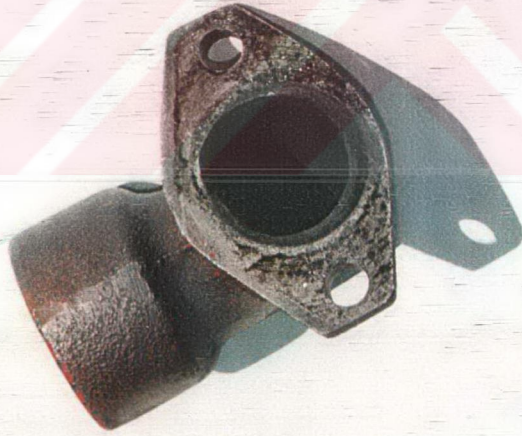
Resim 5.47. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Piston Tablasının Görünüşü.



Resim 5.48. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Piston Yan Yüzeyinin Görünüşü.



Resim 5.49. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Enjektörün Görünüşü.



Resim 5.50. Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Egzoz Manifoldunun Görünüşü.

Motorin ile 100 saatlik çalışma sonunda enjektör çok temiz durumdadır, kalıntı hiç yoktur (Resim 5.49). Egzoz manifoldu siyah ancak kurum tabakası yoktur (Resim 5.50).

5.4.2. %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin İle 100 Saatlik Çalışma Sonunda Motor Elemanlarının Durumları

Resim 5.51. %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Yanma Odası ve Supap Yuvalarının Görünüşü.



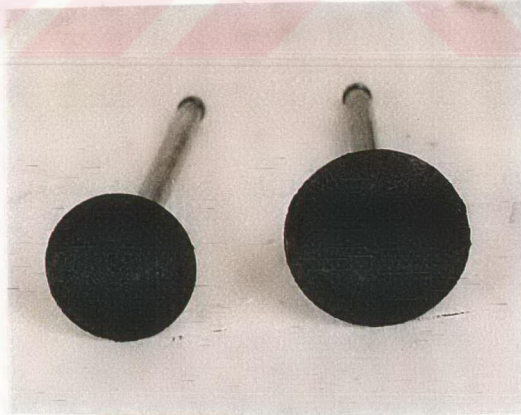
Resim 5.52. %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Yanma Odası ve Supapların Görünüşü.

%25 Pamuk Yağı + % 75 motorin karışımı ile 100 saatlik çalışma sonunda

yanma odasının görünümü motorin ile çalışmayı andırır. Yani yanma odası islenmiş ancak kurum tabakası yoktur (Resim 5.51, 5.52).



Resim 5.53. %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Emme ve Egzoz Supabının Görünüşü.

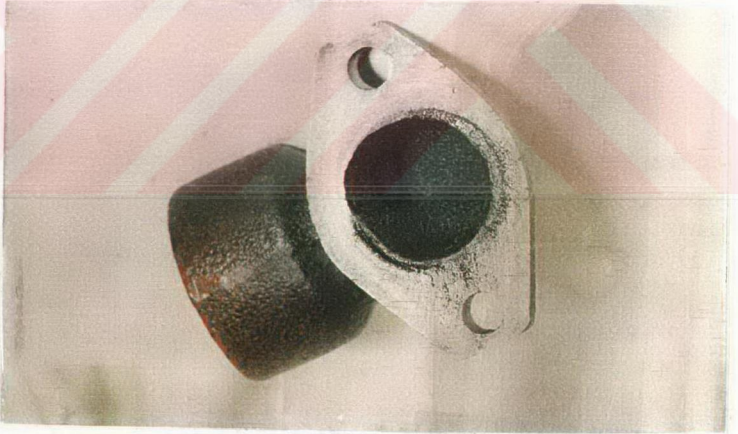


Resim 5.54. %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Emme ve Egzoz Supabı Tablasının Görünüşü.

%25 Pamuk Yağı + % 75 motorin karışımı ile 100 saatlik çalışma sonunda supap sapı üzerinde kalıntı yoktur. Supap tablası üzerindeki kalıntı supap oturma yüzeylerine kadar inmemiştir (Resim 5.53, 5.54).



Resim 5.55. %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Gömleğin Görünüşü.



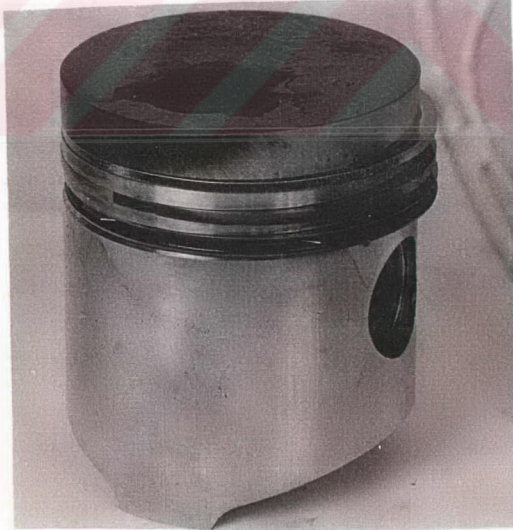
Resim 5.56. %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Egzoz Manifoldunun Görünüşü.

%25 Pamuk Yağı + % 75 motorin karışımı ile 100 saatlik çalışma sonunda gömleğin üst kısmında görülen iz, sadece siyahlık olup kalıntı yoktur (Resim 5.55). Egzoz

manifoldunda kalıntı yoktur, motorin ile çalışmadaki gibi görünmektedir (Resim 5.56).



Resim 5.57. %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Pistonun Görünüşü.

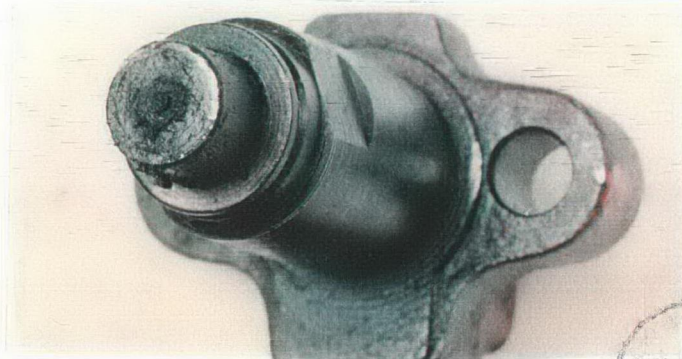


Resim 5.58. %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Pistonun Görünüşü.

%25 Pamuk Yağı + % 75 motorin karışımı ile 100 saatlik çalışma sonunda pistonun üst yüzeyindeki kalıntı çok azdır ve pistonun bir yan yüzeyi hiç karbon tutmamıştır (Resim 5.57, 5.58). Pistonun bir tarafında ise kalınlık olarak az fakat motorin ile çalışmaya göre daha sert bir kalıntı oluşumu vardır. Kolayca silinmemektedir. Ancak segmanlar üzerinde etkili değildir (Resim 5.59).



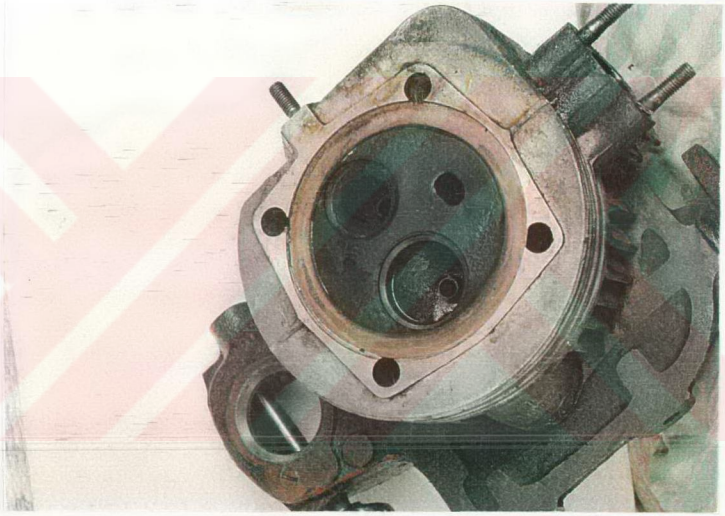
Resim 5.59. %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Pistonun Görünüşü.



Resim 5.60. %25 Pamuk Yağı + %75 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Enjektörün Görünüşü.

5.4.3. %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin İle 100 Saatlik Çalışma Sonunda Motor Elemanlarının Durumları

%50 Pamuk Yağı + % 50 motorin karışımı ile 100 saatlik çalışma sonunda yanma odası içerisinde oluşan karbon supap oturma yüzeylerine kadar inmemiştir. Yalnız egzoz kanalı içerisinde bir miktar oluşmuştur. Motorun çalışmasına engel teşkil edecek düzeyde değildir (Resim 5.61).



Resim 5.61. %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Yanma Odası ve Supap Yuvalarının Görünüşü.

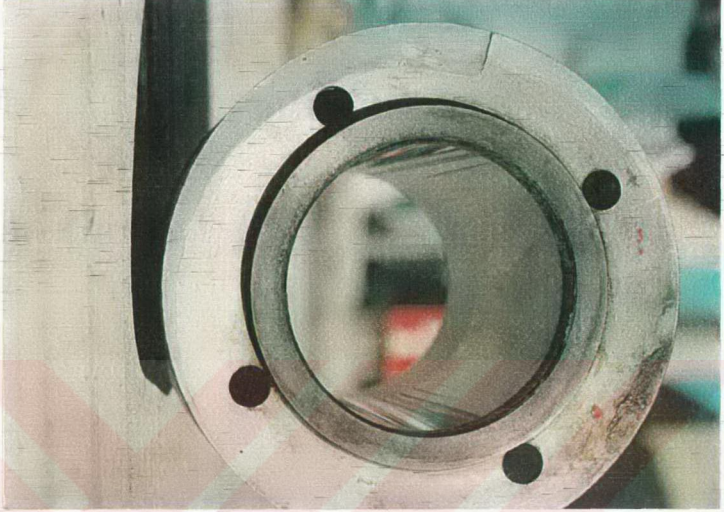
%50 Pamuk Yağı + % 50 motorin karışımı ile 100 saatlik çalışma sonunda pistonun bir tarafı oldukça fazla kalıntı karbona sahiptir (Resim 5.62). Ancak kalıntı kompresyon segmanı yuvasını açacak kadar değildir. Ayrıca pistonun diğer tarafında bu kalıntı gözlenmemektedir (Resim 5.63).



Resim 5.62. %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Pistonun Görünüşü.



Resim 5.63. %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Pistonun Görünüşü.



Resim 5.64. %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Gömleğin Görünüşü.



Resim 5.65. %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Gömleğin Görünüşü.

%50 Pamuk Yağı + % 50 motorin karışımı ile 100 saatlik çalışma sonunda gömleğin üst bölgesinde çok az miktarda kalıntı oluşmuştur. Gömleğin diğer kısımları çok iyi durumdadır (Resim 5.64, 5.65).



Resim 5.66. %50 Pamuk Yağı + %50Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Egzoz Supabının Görünüşü.



Resim 5.67. %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Emme ve Egzoz Supabının Görünüşü.

%50 Pamuk Yağı + % 50 motorin karışımı ile 100 saatlik çalışma sonunda egzoz supabı sapı üzerinde oluşan kalıntı ilginçtir. Supap tablasına yakın kısımlarda az, sap üzerinde fazladır. Egzoz manifoldunda önemli miktarda görülmemiştir. Demek ki kalıntı oluşumu sap üzerinde kalacak miktardadır. Supap tablasına kadar inmemesi supapların oturma yüzeyine uzun süre tam oturacağını yani tam kapanacağını göstermektedir (Resim 5.66, 5.67). Enjektör iyi durumdadır (Resim 5.68).



Resim 5.68. %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Enjektörün Görünüşü.

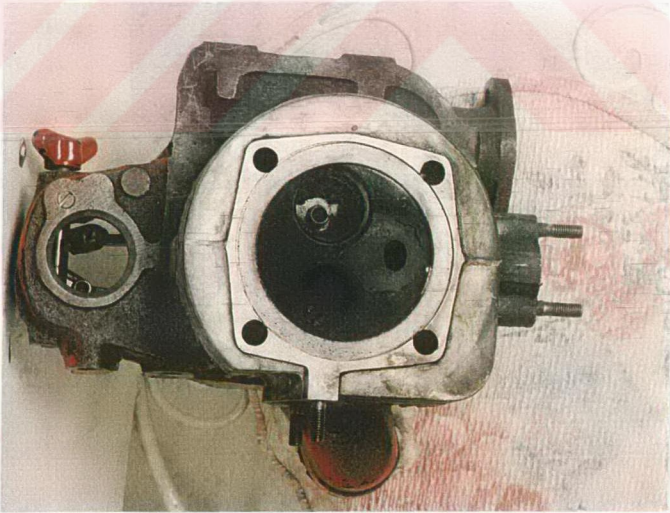
5.4.4. %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin İle 100 Saatlik Çalışma Sonunda Motor Elemanlarının Durumları

%75 Pamuk Yağı + % 25 motorin karışımı ile 100 saatlik çalışma sonunda yanma odası içerisinde oluşan kalıntı supap oturma yüzeylerine inebilecek düzeydedir (Resim 5.69, 5.70). Bu durum kompresyonun düşmesine ve motorun durmasına sebep olabilir. Demek oluyor ki %75 pamuk yağı + %25 motorin karışımı ile çok uzun süreli

alışmalar problem çıkartacak veya %100 pamuk yağı ile çalışma elverişli olmayacaktır.



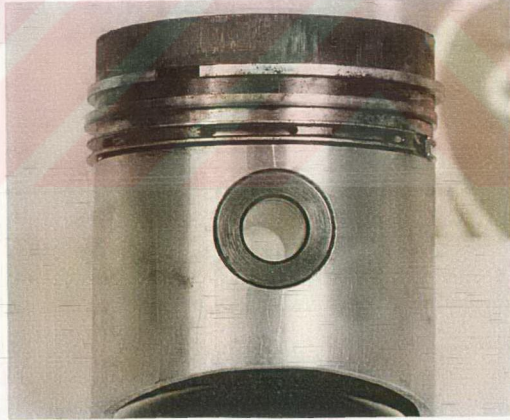
Resim 5.69. %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin ile 100 Saatlik alışma Sonunda Yanma Odasının Görünüşü.



Resim 5.70. %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin ile 100 Saatlik alışma Sonunda Yanma Odası ve Supap Yuvalarının Görünüşü.



Resim 5.71. %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Pistonun Görünüşü.



Resim 5.72. %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Pistonun Görünüşü.

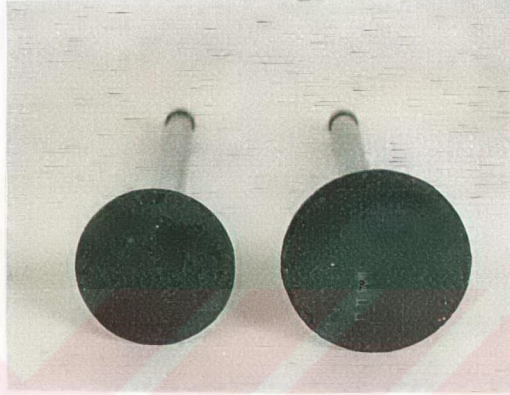
%75 Pamuk Yağı + % 25 motorin karışımı ile 100 saatlik çalışma sonunda piston üst yüzeyi ve yan yüzeyinde aşırı kalıntı gözlenmiştir. Segman yapışması izlenmemiştir. Bu durum ileride meydana gelebilecek segman yapışması, segman kınlanması ve gömlek çizilmelerinin habercisi sayılabilir (Resim 5.71, 5.72).



Resim 5.73. %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Emme ve Egzoz Supabının Görünüşü.



Resim 5.74. %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Emme Supabının Görünüşü.

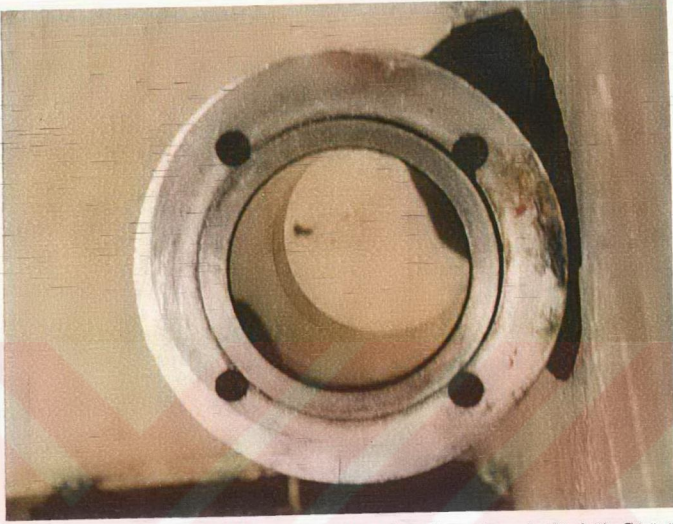


Resim 5.75. %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Emme ve Egzoz Supabının Görünüşü.

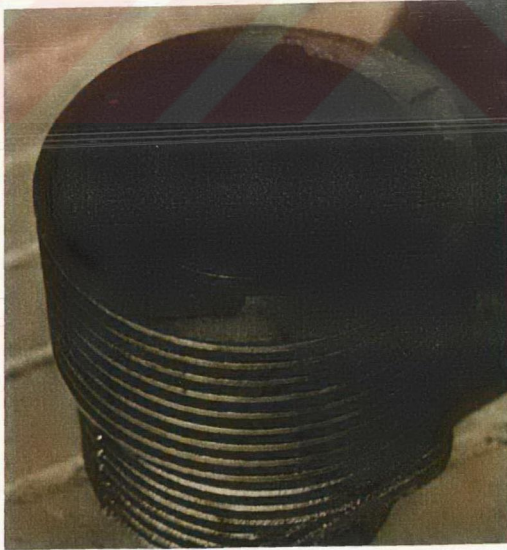


Resim 5.76. %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Egzoz Manifoldunun Görünüşü.

%75 Pamuk Yağı + % 25 motorin karışımı ile 100 saatlik çalışma sonunda egzoz supabının bir tarafında yani egzoz gazları ile temas eden tarafta aşırı miktarda kalıntı oluşmuştur (Resim 5.73, 5.74, 5.75). . Bu durum supabın açık kalmasına sebep olacaktır. Egzoz manifoldu içerisindeki karbon tabakası da diğer karışım oranlarında rastlanmayan miktardadır (Resim 5.76).



Resim 5.77. %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Gömleğin Görünüşü.

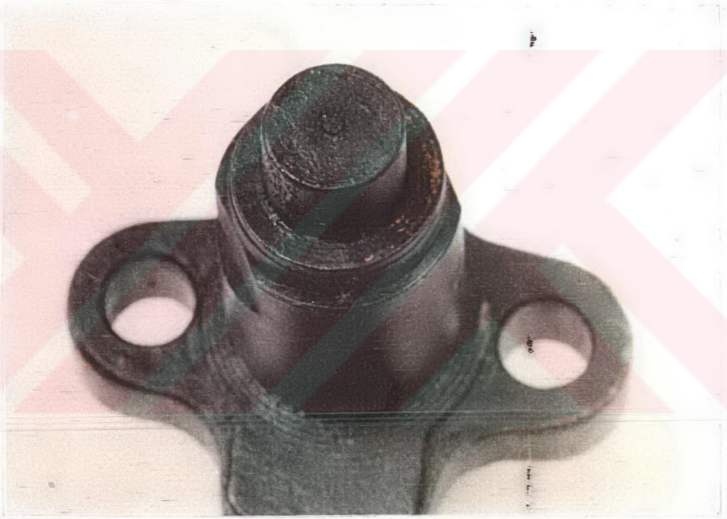


Resim 5.78. %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Gömleğin Görünüşü.



%75 Pamuk Yağı + % 25 motorin karışımı ile 100 saatlik çalışma sonunda gömleğin, piston üst ölü noktaya çıktığı zaman kompresyon segmanının üzerinde kalan kısmında bir miktar kalıntı oluşmuştur. Gömleğin bazı kısımlarında oldukça azdır. Motorun çalışmasını etkilememektedir. Gömleğin alt kısımları ise çok iyi durumdadır (Resim 5.77, 5.78).

Enjektörde bir miktar karbon kalıntısı görünmekle beraber bunun püskürtmede bir olumsuz durum meydana getirmediği gözlenmiştir. Daha uzun süreli çalışmalarda belki problem çıkma ihtimali olabilir (Resim 5.79).



Resim 5.79. %75 Pamuk Yağı + %25 Motorin ile 100 Saatlik Çalışma Sonunda Enjektörün Görünüşü.

5.4.5. 100 Saatlik Deneysel Çalışmaların Analizi

Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre:

Motorin ile çalışmada meydana gelen yanma odası, piston, supap ve enjektör kalıntıları kolay temizlenebildiği halde pamuk yağı karışımları ile çalışmada oluşan kalıntılar güçlükle (kazımak suretiyle) temizlenebilmektedir. Yanma odası, piston, supap

ve enjektörde oluşan kalıntının karbon olduğu hususunda kesin kanaate varılmıştır. Bu kalıntılar kazınarak bir kroge içerisine konulmuştur. Kroge bek alevinde tutulmuş ve içerisinden çıkan duman bitinceye kadar bekletilmiştir. Daha sonra kroge 900 derecedeki fırın içerisine bırakılmış ve 20-30 dakika bekletilmiştir. Fırından çıkarılan kroge ortamdan etkilenmemesi için kapalı olarak soğutulmuştur. Gözle yapılan inceleme ve tartım neticesinde bunların kalıntı karbon olduğu, yağın içerisinden geldiği ve metal kısımlarda meydana gelen herhangi bir oksitlenme olmadığı anlaşılmıştır.

Pamuk yağı oranı arttıkça segman yuvaları ve segman yüzeyleri aşırı tortu içermektedir. 100 saatlik çalışmada segman yapışmasına ve segman kırılmasına rastlanılmamıştır. Egzoz supabı tablasında, piston tablasında ve silindir kafasında aşırı karbon görülmüştür. Kalıntı miktarı artan pamuk yağı yüzdesi ile artmıştır. Çalışma süresince enjektör ucunda toplanan karbon motorun çalışmasını engellememiştir. Emme supabı sapında ve giriş kanallarında karbon kalıntısına rastlanılmamıştır. Gömlekte herhangi bir çizige rastlanılmamıştır. Ancak gömleğin Ü.Ö.N. ile kompresyon segmanının çıktığı son nokta arasında karbon birikintisi motorin ile çalışmaya göre daha fazla olmaktadır. Araştırmalar aşırı kalıntılara bitkisel yağların yüksek viskozitesinin ve fakir atomizasyonun sebep olduğunu göstermiştir.

İlk hareket problemi olmamıştır. Ancak pamuk yağının yüksek oranlarında ve düşük sıcaklıklarda ilk hareket zor olmaktadır. Bu da motorun önce motorin ile çalıştırılması, ateşleme fitili veya ön ısıtıcı kullanmak suretiyle giderilebilir. Pamuk yağının düşük yüzdeleri ve yaz şartları altında sistemde başarılı olarak kullanılabilceği, sistemdeki dizayn değişikliklerinin soğuk şartlar ve yüksek pamuk yağı yüzdeleri için gerekli olduğu söylenilebilir.

Deneyler süresince 20-50 dizel motor yağı kullanılmıştır. Gözle incelemede belirgin bir probleme rastlanılmamıştır. Yağın mikro incelemesi yapılmamıştır.

Bitkisel yağlar için pompa sızıntısı daha azdır. Bu da motorine göre ayarlanmış pompanın püskürtme için gönderdiği pamuk yağı (bitkisel yağ) miktarını artırır.

Özellikle yüksek orandaki pamuk yağı ile çalışmada az da olsa görülen enjektör ucunda karbonlaşma için kısmen etkili sebepler şöyle özetlenebilir: 1- Pamuk yağının polimerizasyon temayülü, 2- Enjektör ucunda esas püskürtme sonunda ve daha sonra kalan küçük bir miktar yakıt, 3- Püskürtme memesinin yeniden açılması (mikro açılma), 4- İkinci püskürtme, 5- Enjektör iğnesi yapışması. Esas püskürtmenin sonunda

memenin ucunda kalan yakıtın bir kısmının yüksek sıcaklıklarda ve yüksek gaz debisinde buharlaşmasından dolayı meme ucundan ayrıldığı gözlenmiştir. Püskürtmeler arasında tutulan yakıt yüksek sıcaklıklarda bir araya gelir. Yakıtın bu birleşmesi 350°C' ta ortaya çıkar. Yakıtın kimyasal kompozisyonuna bağlıdır. Karbon birikmesi enjektör ucunda eşit olarak dağılmamıştır. Enjektör içerisine doğru uzanan karbon oluşumu yoktur. Havanın hareketi meme ucundaki karbon dağılımı üzerinde etkiye sahiptir. Püskürtme deliklerinde ve yakıt borularında meydana gelen daralma püskürtme basıncında artmaya sebep olur. Buda ikinci püskürtme imkanını artırır. Bu özgül yakıt sarfiyatını etkilemez fakat meme ucunda karbon kalıntısı oluşumuna sebep olur. Damlatma neticesinde enjektör iğnesi ve yuvasında karbon birikintisi yuvaya tam oturmamaya sebep olabilir. İkinci püskürtme meydana geldiği zaman çok düşük bir hızla yanma odasına girer ve karbon parçalarının yanma kabiliyeti azalır.

Supap bindirme periyodu süresince silindir içerisindeki egzoz gazı kinetik enerjisine ve egzoz basıncının emme basıncına oranına bağlı olarak emme kanalına doğru akabilir. Bu da karbonlaşmaya sebep olur. Emme manifoldunda karbonlaşmaya rastlanılmamıştır.

5.5. Emisyon ve Performans Testleri ile Sonuçlarının Analizi

Pamuk yağı + motorin karışımları ile çalışan dizel motorların performans ve egzoz emisyonlarını tayin etmek için daha önce özellikleri verilen 2 ve 3 no'lu motorlar dinamometre üzerinde teste tabi tutulmuşlardır. Testlerde pamuk yağı miktarı %10 artırılarak yakıt karışımları hazırlanmıştır. Yüksek yağ yüzdelerinin motor parçaları üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı en yüksek pamuk yağı oranı Gazi Üniversitesi motorlar laboratuvarında yapılan deneylerde %60, Fırat Üniversitesi motorlar laboratuvarında yapılan deneylerde %70 seçilmiştir.

Gazi Üniversitesi motorlar laboratuvarında; boşta (dinamometre ile yüklenmeden), yarım yükte, tam yükte ve tam gazda yapılmıştır. Yarım yükte, dinamometre önce yükleyebileceği yükün yarısına ayarlanmış ve devir sayısı değiştirildikçe dinamometre yükü aynı kalacak şekilde el ile ayarlanmıştır. Tam yükte, dinamometre önce yükleyebileceği en yüksek yüke ayarlanmış ve devir sayısı

değiştirildikçe dinamometre yükü aynı kalacak şekilde el ile ayarlanmıştır. Tam gaz deneylerinde ise motor en yüksek hıza çıkarılıp, dinamometre ile yüklenmiştir. Fırat Üniversitesi Makine Müh. Böl. motorlar laboratuvarında ise sabit yükte deneyler yapılmıştır. Sabit yük deneylerinde, dinamometre yükleyebileceğinin yarısına ayarlandıktan sonra devir sayısı değiştirilerek deneyler yapılmıştır. Burada tam gaza çıkıldığı zaman yükleme ile motor devri düşük değerlere indirilememiş ve yüklü durumda motoru zorlamamak için böyle yapılmıştır.

Emisyon ve performans durumlarını tespit için test sonuçları not edilip doğrudan veya formüller yardımıyla hesaplanarak değerlendirilmiştir. Deneylere geçmeden önce motor rölantide ısıtılmıştır. Her bir karışım oranında deneyler tamamlandıktan sonra depodaki yakıt boşaltılmış ve yakıt borularında yakıtın da tamamen boşalması sağlanmıştır. Yakıt oda sıcaklığında temin edilmiştir. Düşük akma noktası problem gibi görünse de yaz aylarındaki sıcaklık ve Güney bölgelerimizdeki sıcaklık (özellikle tarım mevsiminde ki sıcaklık) kullanım için müsaittir. Pamuk yağının yakıt borularında bir tıkanıklığa sebep olmadığı görülmüştür. Yakıt filtresi tıkanması ihtimaline karşılık filtre giriş çıkışı arasına civalı bir U manometresi bağlanmıştır. Deneyler süresince tespit edilen basınç farkı aynı kalmıştır. Böylece filtreden dolayı yakıt debisinde meydana gelebilecek bir azalmanın önüne geçilmiştir.

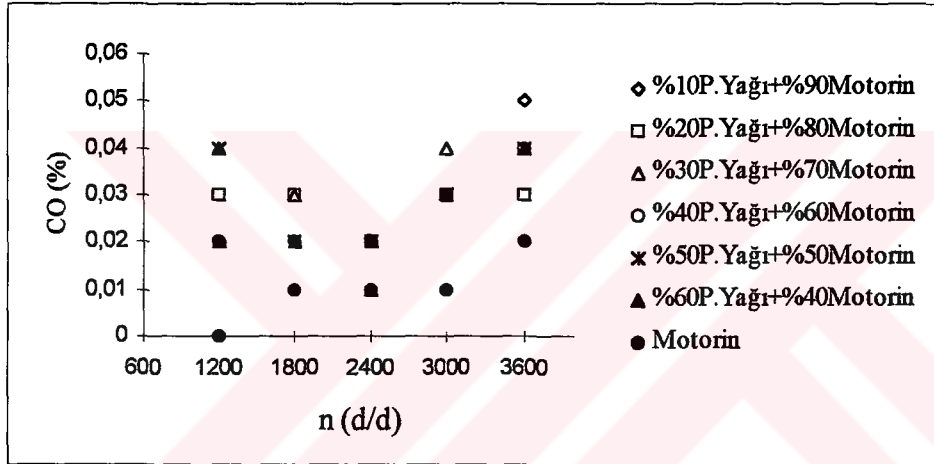
Performans tespitleri süresi içerisinde enjektörler değiştirilmemiştir. Çünkü 100 saatlik çalışma süresinde bir problem çıkmadığı tespit edilmişti ve her bir ölçümden sonra ara verildiği zaman motor motorin ile bir müddet çalıştırılarak bir tıkanıklığın söz konusu olabilmesi engellenmiştir.

Pamuk yağı ile motorin arasındaki yoğunluk farkından dolayı silindire giren yakıt miktarları da farklı olmaktadır. Isıl değerlerin de farklı olması dolayısıyla silindire giren enerji miktarı ve güç değerleri farklı olmaktadır. Motorin ile aynı ısı enerjisi girişini sağlamak için düşük ısı değerli bitkisel yağların daha fazla kütleli debide olması gerekir. Kalibre edilmemiş en fazla yakıt girişine sahip bir pompada silindire giren bitkisel yağ miktarı artar, dolayısıyla da güçte artış olabilir. Ancak özgül yakıt sarfiyatında da artma olur. Termik verim ise azalır. Fazla debide giren bitkisel yağ miktarı ile ısı enerjisi daha düşük olduğu için motorinle eşdeğer enerji girişi sağlanmış olur.

Deneyler standart pompa kalibrasyonunda yapılmış, herhangi bir ayarlamaya gidilmemiştir.

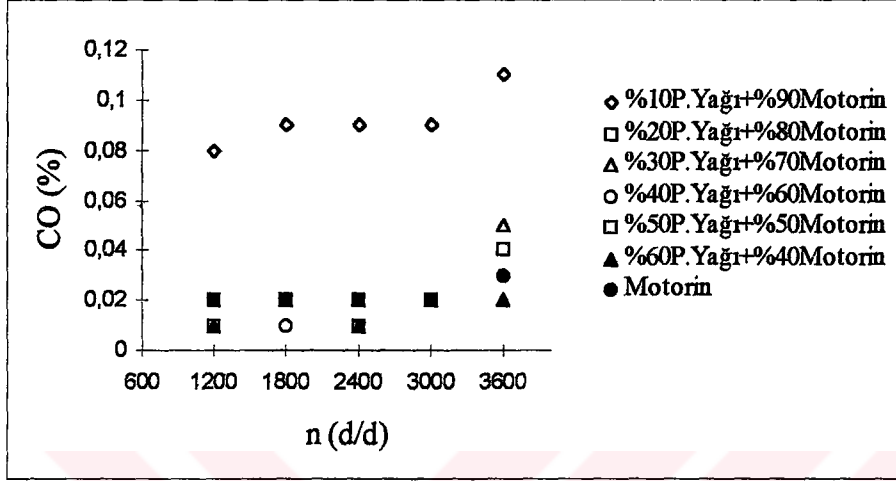
5.5.1. CO Emisyonu Bulguları

CO emisyonları, yanma işlemi sırasında oksidasyonun yetersiz olması, oluşan CO' nun CO₂' ye dönüşürken değişik oksidantlarla reaksiyona girmesinden, bu sırada eksik oksijen, düşük gaz sıcaklığı ve oluşum sürelerinin kısılmasından dolayıyla yanmanın tamamlanamamasından kaynaklanmaktadır. Püskürtme sırasında, fakir karışımlarda bölgesel sıcaklık düşük olduğundan ve CO₂ oluşumu tamamlandığından CO oluşumu sınırdadır. Fakat yüksek basınç ve sıcaklıklar ile yüksek CO emisyonları oluşmaktadır.

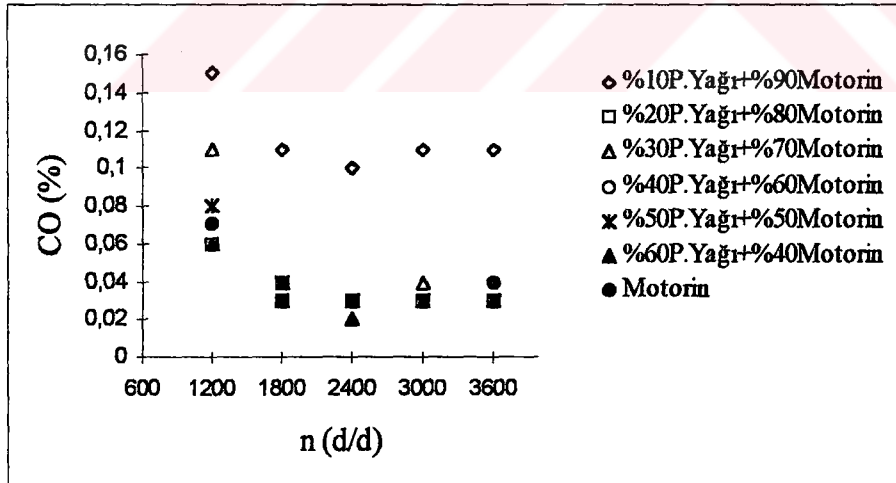


Şekil 5.1. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Boşta Çalışmada CO Değişimi.

Şekil 5.1' de görülebileceği gibi boşta çalışmada elde edilen CO emisyonlarının motorin için daha az olduğu söylenilebilir. Bazı noktalar çakıştığı için ekte daha ayrıntılı olarak verilmiştir. Pamuk yağı karışımları için CO değeri yüksek çıkmış olsa da birçok ülke standardında CO emisyonu üst sınırı % 3,5 olarak sınırlandırılmıştır. Bu durum dikkate alındığında, CO emisyonu açısından bir problem olmamaktadır.

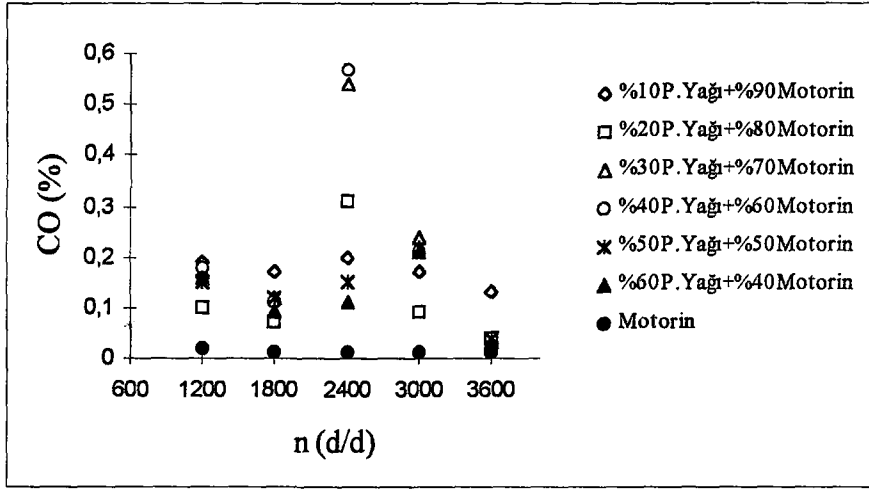


Şekil 5.2. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Yarım Yükte Çalışmada CO Değişimi.



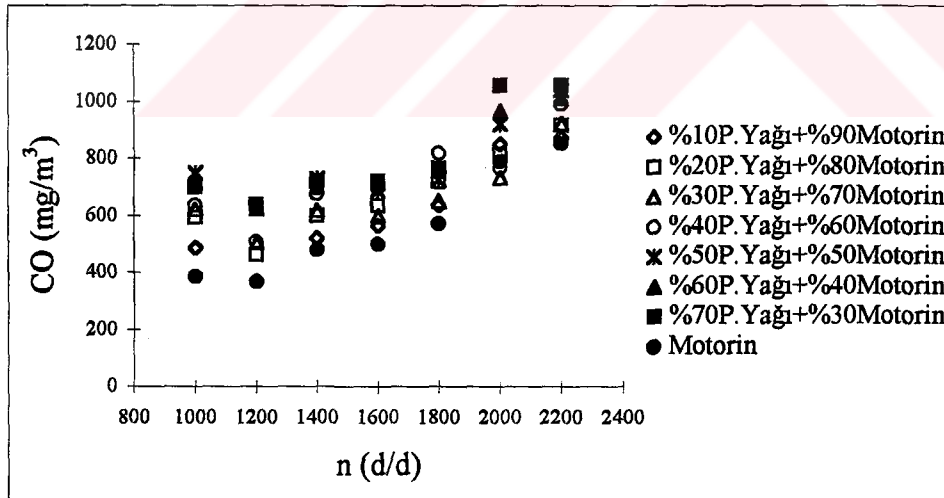
Şekil 5.3. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Yükte Çalışmada CO Değişimi.

%10 P. Yağı + %90 motorin kullanılması durumunda CO emisyonları yarım yükte ve tam yükte yüksek çıkmıştır (Şekil 5.2, 5.3).



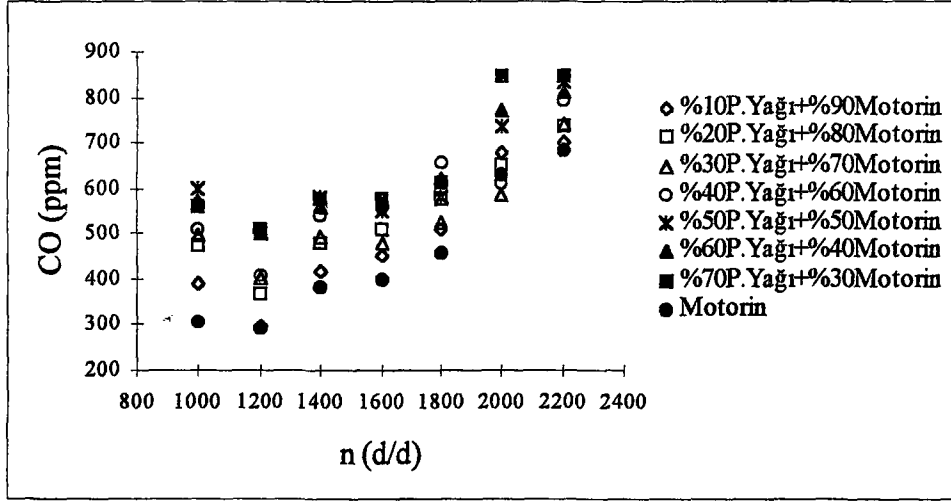
Şekil 5.4. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada CO Değişimi.

Tam gazda motorin ile çalışmada elde edilen CO daha düşüktür (Şekil 5.4).



Şekil 5.5. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada CO Değişimi.

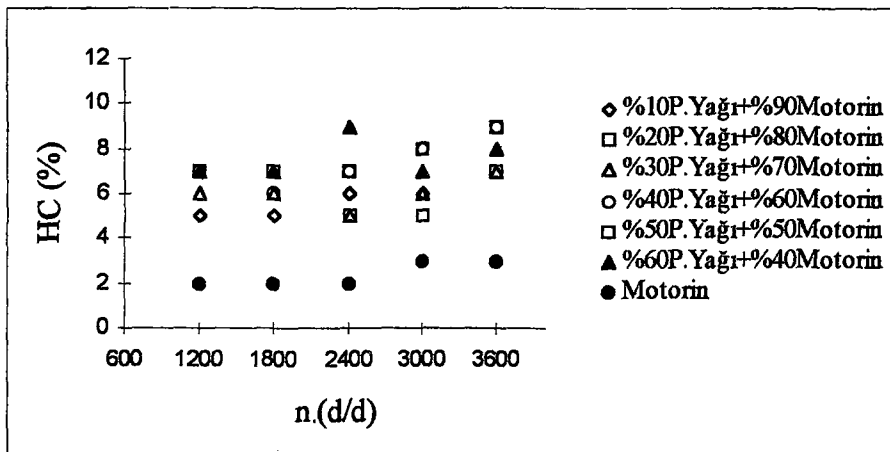
Sabit Yükte motorin ile çalışmada en az CO emisyonları elde edilmiş ve pamuk yağı oranı arttıkça artmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.6. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada CO Değişimi.

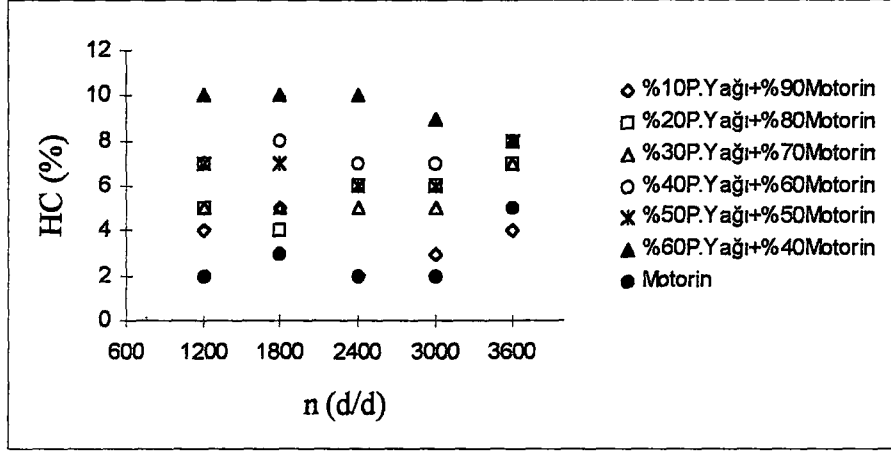
5.5.2. Hidrokarbon (HC) Emisyonu Bulguları

HC oluşumu silindir duvarlarında ve havanın tam yanmayı önlediği alev sönme bölgelerinde olmaktadır. HC emisyonları hidrokarbon esaslı yakıtın eksik yanmasından kaynaklanmaktadır.



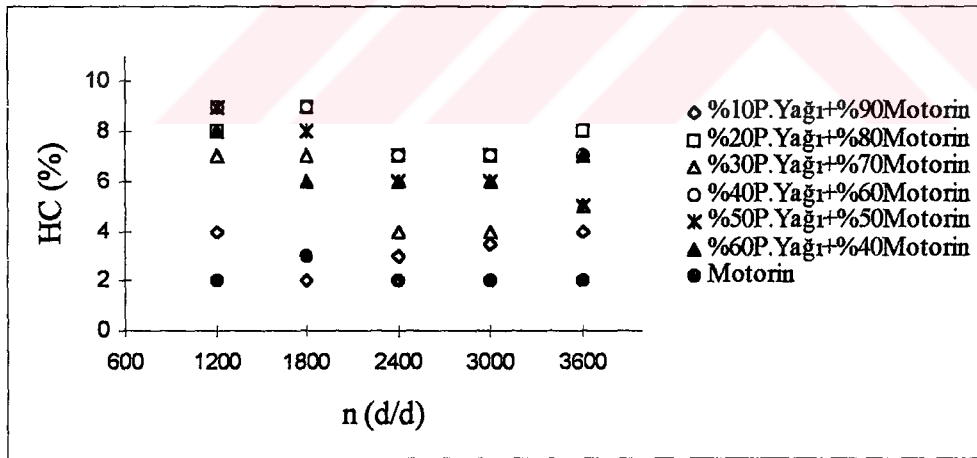
Şekil 5.7. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Boşta Çalışmada HC Değişimi.

Boşta çalışmada motorin ile daha düşük HC emisyonları elde edilmiştir (Şekil 5.7)..



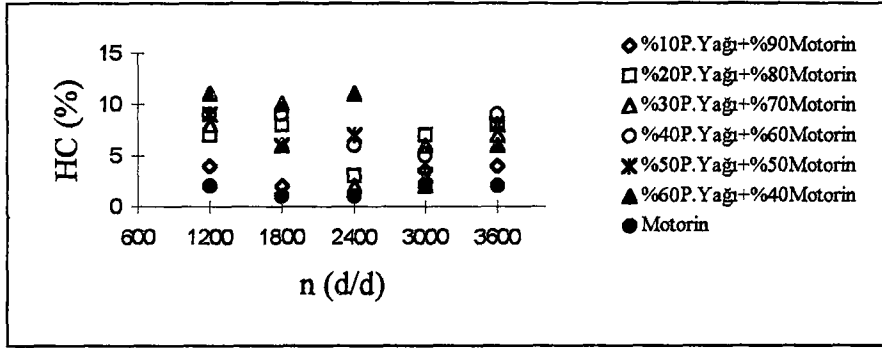
Şekil 5.8. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Yarım Yükte Çalışmada HC Değişimi.

Yarım yükte çalışmada motorin ile elde edilen HC emisyonları daha azdır ve artan yağ yüzdesi ile HC emisyonları artmaktadır (Şekil 5.8).



Şekil 5.9. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Yükte Çalışmada HC Değişimi.

Tam yükte HC emisyonları motorin için daha düşük, diğer yağ oranları için farklıdır (Şekil 5.9).

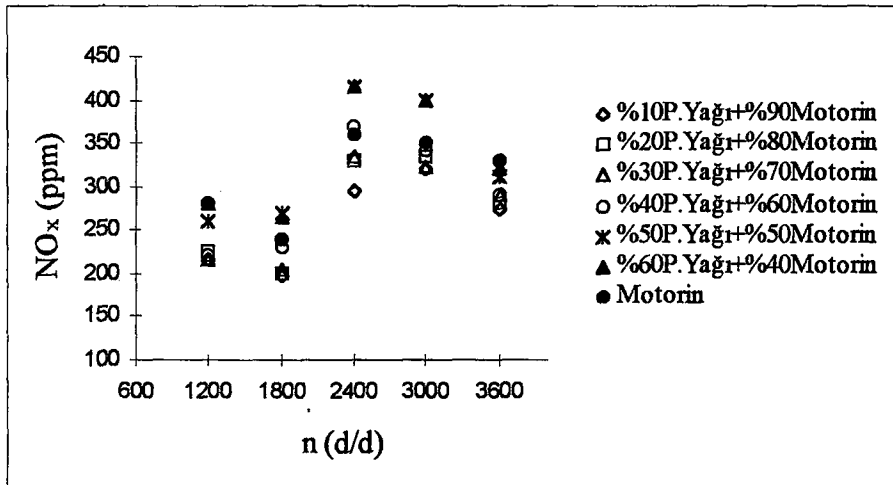


Şekil 5.10. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada HC Değişimi.

Motorin ile çalışmada HC emisyonları düşük, artan yağ yüzdesi ile artmaktadır (Şekil 5.10).

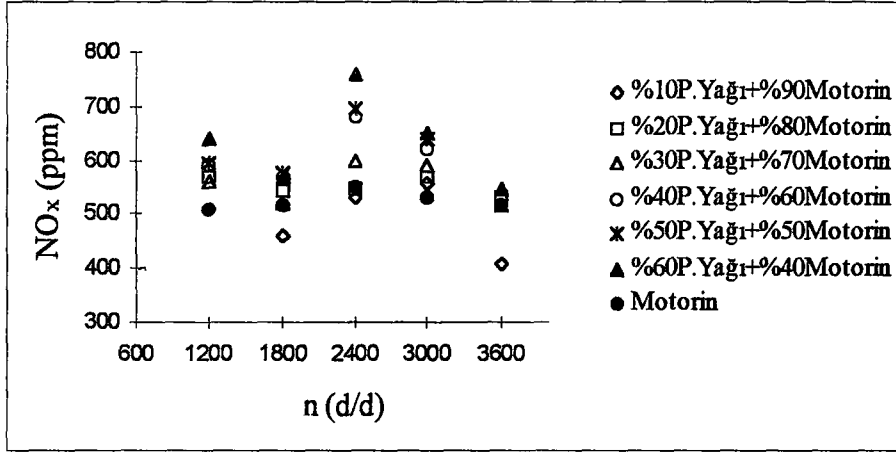
5.5.3. Azot Oksit (NO_x) Emisyonu Bulguları

Azot oksitler yüksek sıcaklıklarda oluşmaktadır. Temel kaynağı havada bulunan azottur. NO ve NO₂ genellikle birlikte gruplandırılırlar ve NO_x olarak adlandırılırlar. Hava/yakıt oranına bağlı olarak zengin karışımda NO_x emisyonu artmakta fakir karışımda düşmektedir. NO konsantrasyonu en yüksek basınç oluşuncaya kadar düşük, yüksek basıncın oluşmasıyla birlikte yükselmektedir.



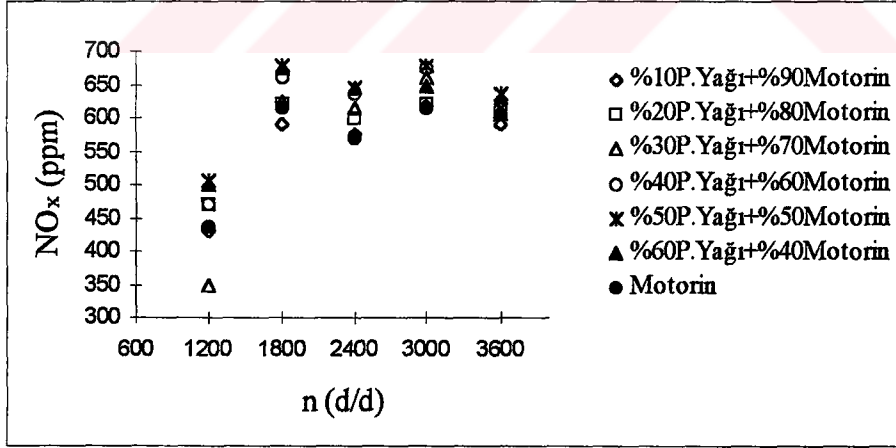
Şekil 5.11. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Boşta Çalışmada NO_x Değişimi.

Boşta çalışmada düşük yağ yüzdelerinde NO_x emisyonu motorinden düşük, yüksek yüzdelerde ise motorinden yüksektir (Şekil 5.11).



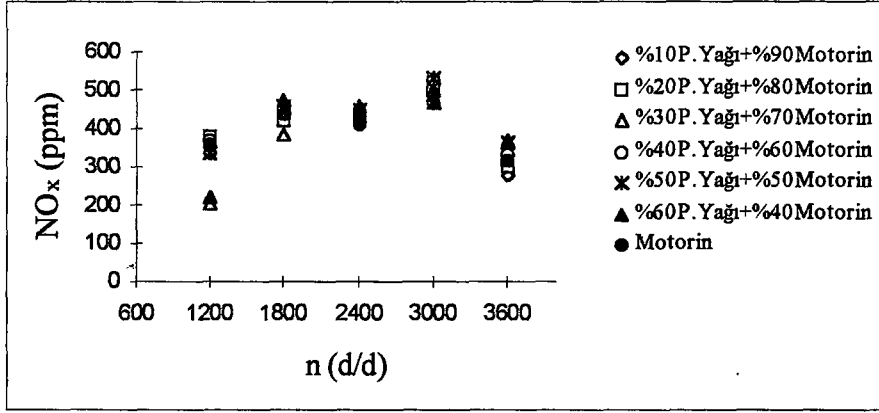
Şekil 5.12. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Yarım Yükte Çalışmada NO_x Değişimi.

Yarım yükte %10 ve %20 pamuk yağı yüzdelerinde NO_x emisyonu motorinden düşük olmaktadır (Şekil 5.12).



Şekil 5.13. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Yükte Çalışmada NO_x Değişimi.

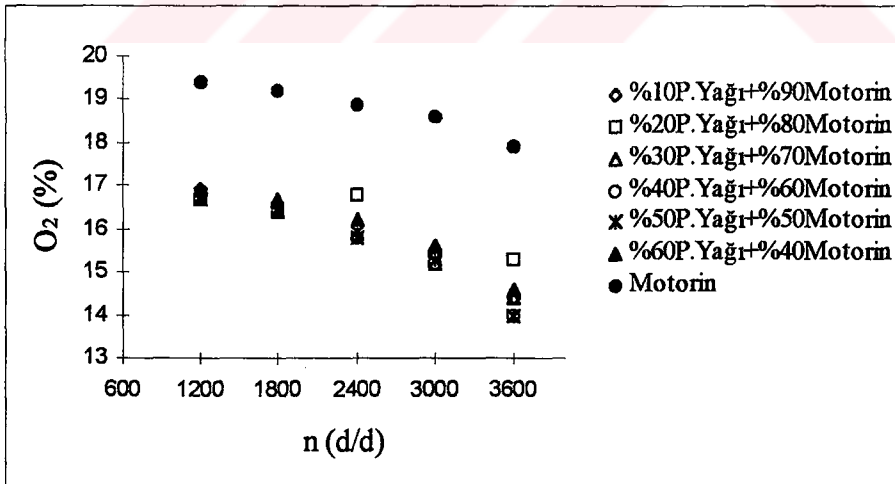
Tam yükte çalışmada %10 pamuk yağı NO_x emisyonu motorinden düşük, diğerleri yüksektir (Şekil 5.13).



Şekil 5.14. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada NOx Değişimi.

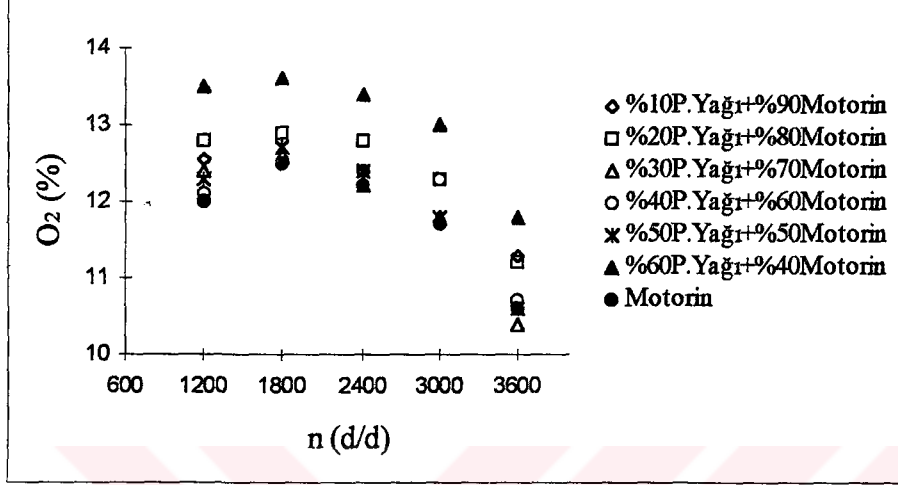
Tam gazda çalışmada NOx emisyonları genel olarak bütün yakıtlar için birbirine yakındır (Şekil 5.14).

5.5.4. O₂ Bulguları



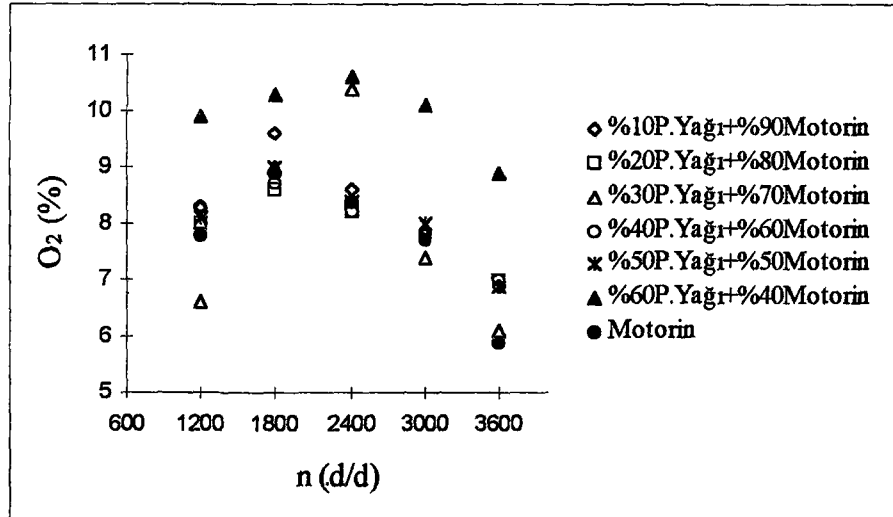
Şekil 5.15. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Boşta Çalışmada O₂ Değişimi.

Boşta çalışmada O₂ konsantrasyonu motorin ile daha yüksek elde edilmiştir (Şekil 5.15)



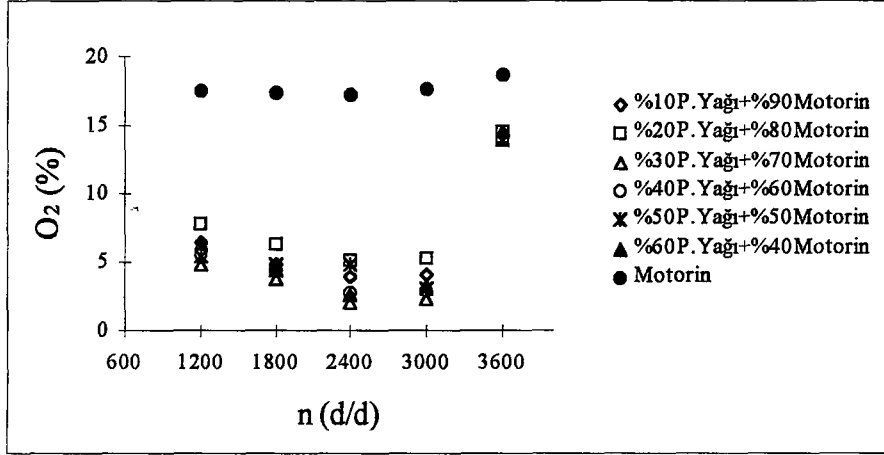
Şekil 5.16. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Yarım Yükte Çalışmada O₂ Değişimi.

Yarım yükte %60 ve %10 yağ yüzdelerinde O₂ miktarı yüksek, diğer yüzdeler ve motorinde ise birbirlerine çok yakındır (Şekil 5.16).



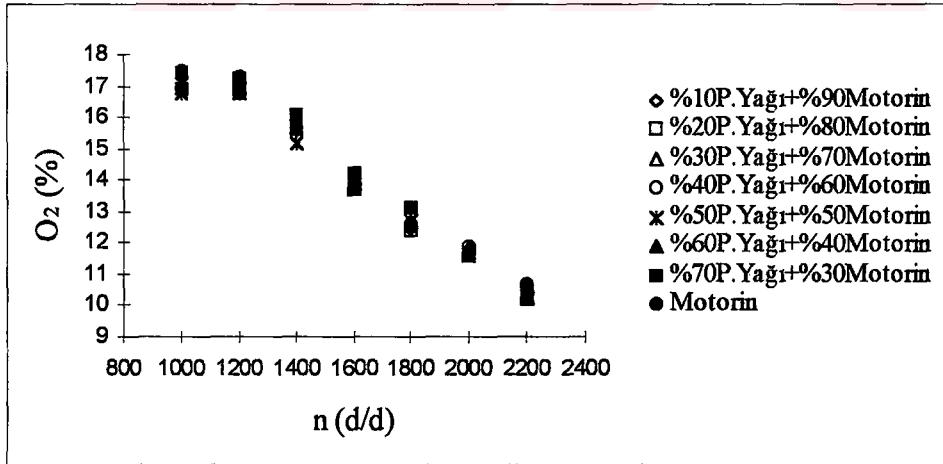
Şekil 5.17. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Yükte Çalışmada O₂ Değişimi.

Tam yükte %60 yağ yüzdesinde O_2 miktarı yüksek diğerlerinde yaklaşık aynıdır (Şekil 5.17).



Şekil 5.18. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada O_2 Değişimi.

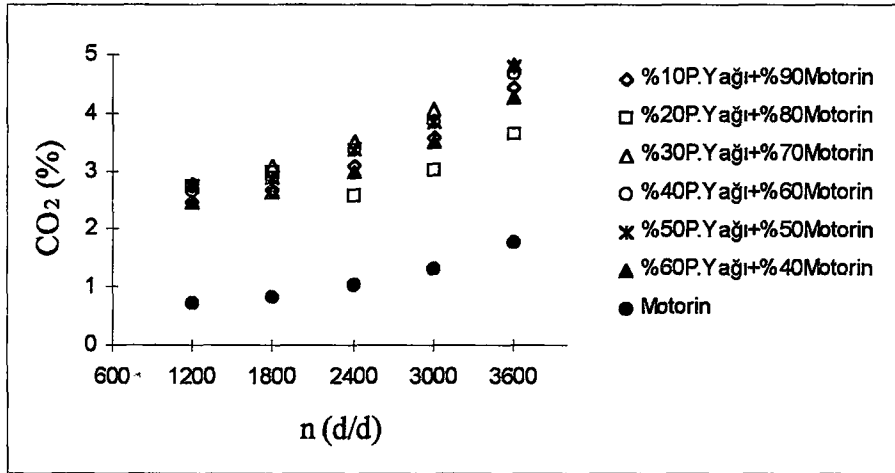
Tam gazda çalışmada motorin ile elde edilen O_2 miktarları tüm yağ yüzdelere göre daha yüksektir (Şekil 5.18).



Şekil 5.19. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada O_2 Değişimi.

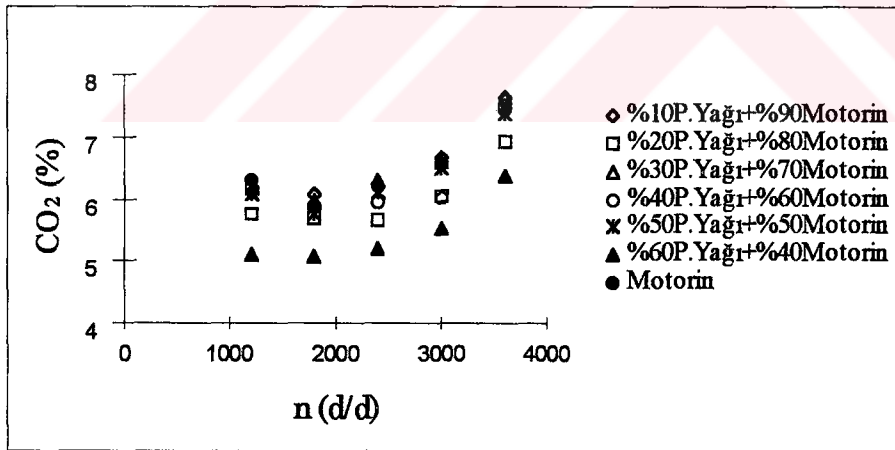
Sabit yükte çalışmada devir sayısının artması ile birlikte O_2 azalmakta ve tüm yakıtlar için miktarlar aynı olmaktadır (Şekil 5.19).

5.5.5. CO₂ Bulguları



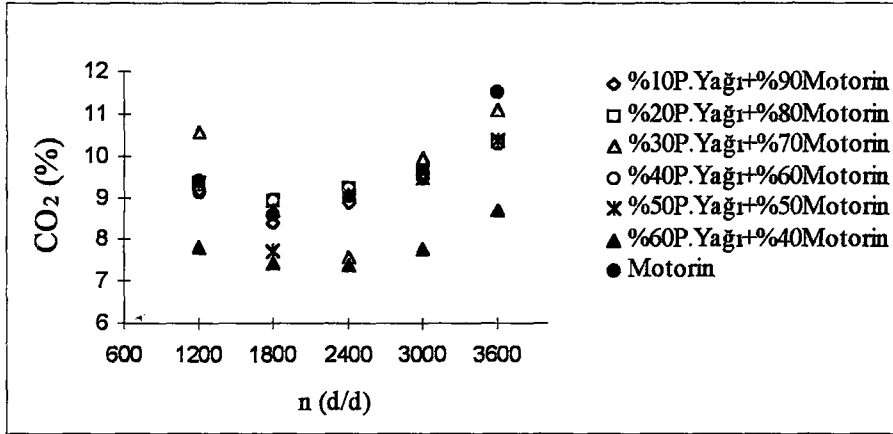
Şekil 5.20. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Boşta Çalışmada CO₂ Değişimi.

Boşta çalışmada motorin için elde edilen CO₂ değerleri en azdır ve devir arttıkça artmaktadır (Şekil 5.20).



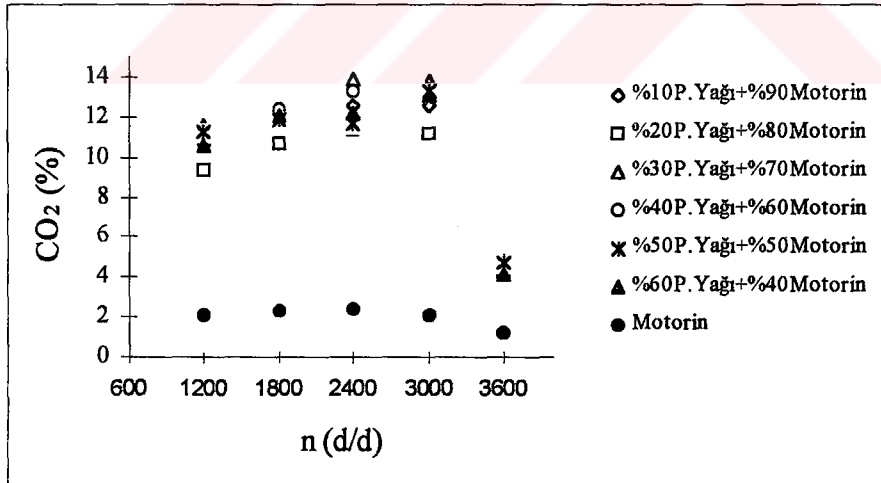
Şekil 5.21. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Yarım Yükte Çalışmada CO₂ Değişimi.

Yarım yükte çalışmada en az CO₂ değerleri %60 yağ yüzdesi için elde edilmiştir ve CO₂ değerleri devir arttıkça artmaktadır (Şekil 5.21).



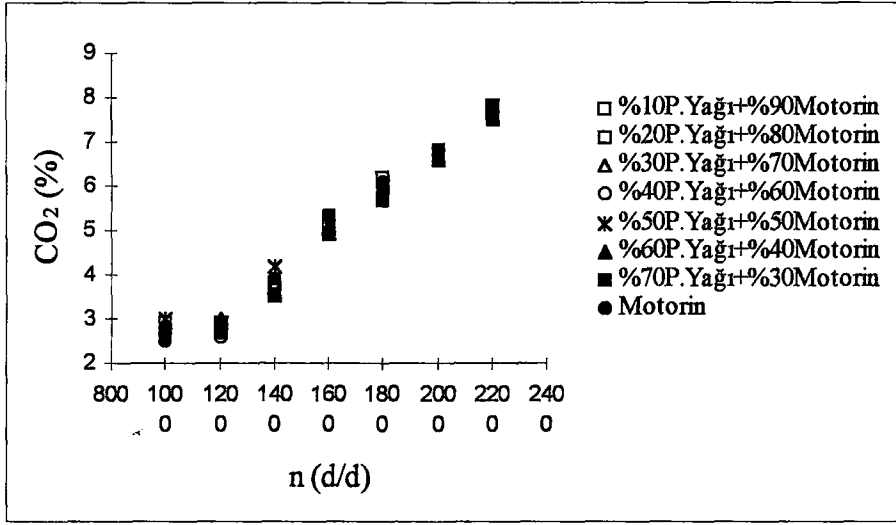
Şekil 5.22. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Yükte Çalışmada CO₂ Değişimi.

Tam yükte çalışmada %50 ve 60 yağ yüzdeleri en düşük CO₂ değerlerini vermiştir (Şekil 5.22).



Şekil 5.23. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada CO₂ Değişimi.

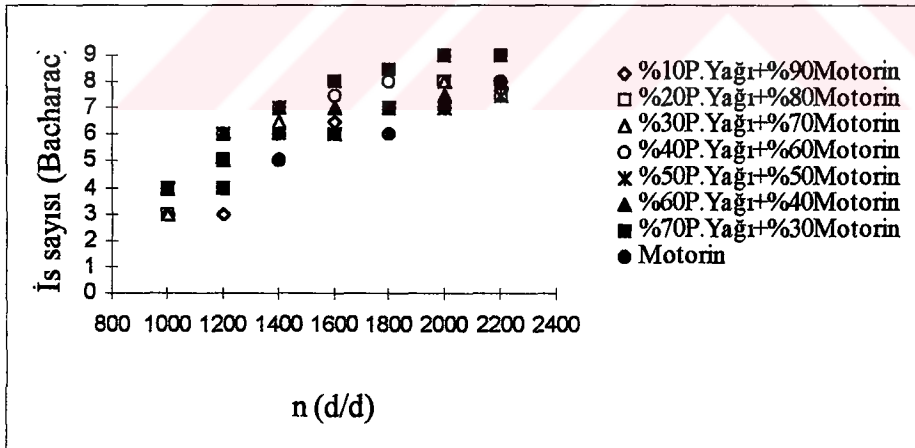
Tam gaz durumunda motorin için en düşük CO₂ değerleri elde edilmiştir (Şekil 5.23).



Şekil 5.24. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada CO₂ Değişimi.

Bu durumda elde edilen değerler birbirine çok yakındır ve devir sayısının artması ile birlikte artmıştır (Şekil 5.24).

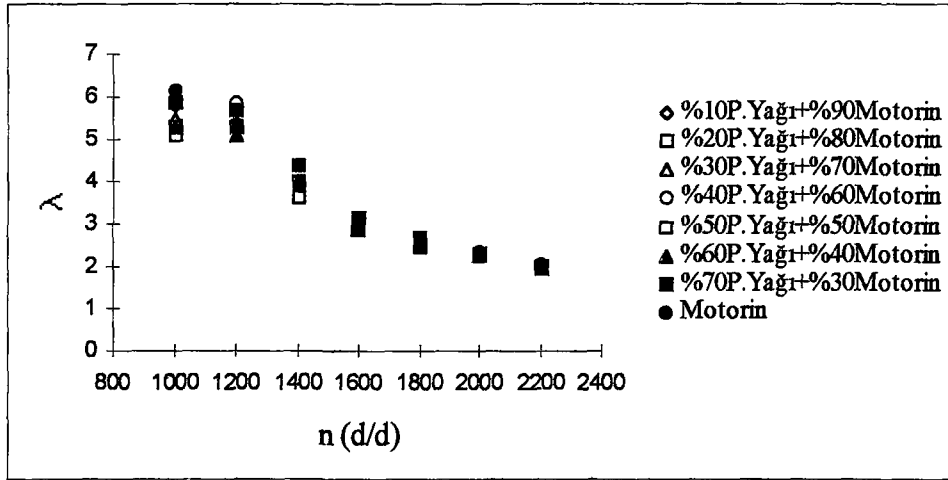
5.5.6. İş Emisyonu Bulguları



Şekil 5.25. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada İş Değişimi.

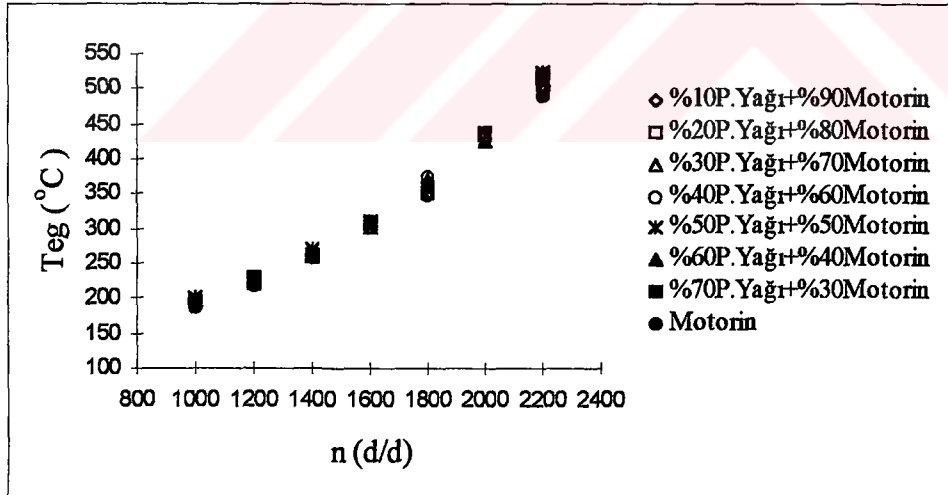
İş miktarı devir sayısı arttıkça artış göstermekte ancak yağ yüzdesi ile değişimi belirgin değildir. 1000 d/d 'de değerler çok yakın, diğer devirlerde %10 yağ yüzdesi ve motorin için biraz daha düşüktür (Şekil 5.25).

5.5.7. Hava Fazlalık Katsayısı ve Egzoz Gazı Sıcaklığı Bulguları



Şekil 5.26. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada λ Değişimi.

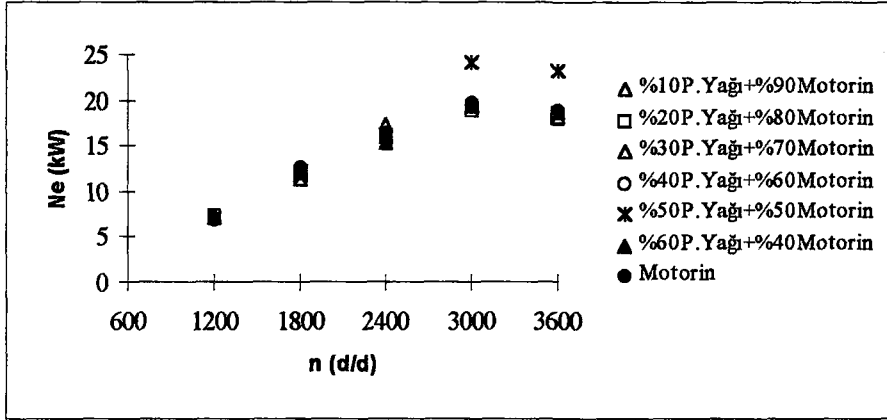
Devir sayısı arttıkça λ (hava fazlalık katsayısı) azalmakta ve bütün karışım oranları için değerler aynı olmaktadır (Şekil 5.26).



Şekil 5.27. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada Egzoz Gazı Sıcaklığı Değişimi.

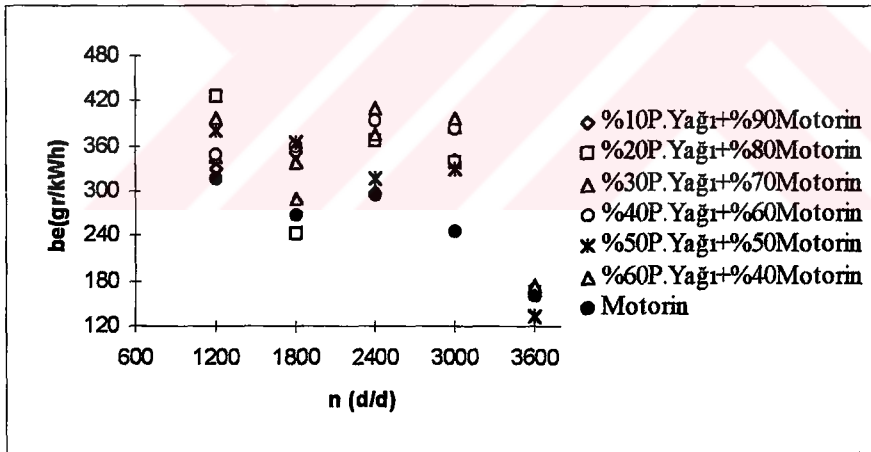
Egzoz gazı sıcaklıkları birbirine çok yakın çıkmakla beraber, yağ yüzdesinin artması ile motorine göre her bir yağ yüzdesi için 3-4 derecelik egzoz gazı sıcaklığı artışı olmaktadır (Şekil 5.27).

5.5.8. Performans Bulguları



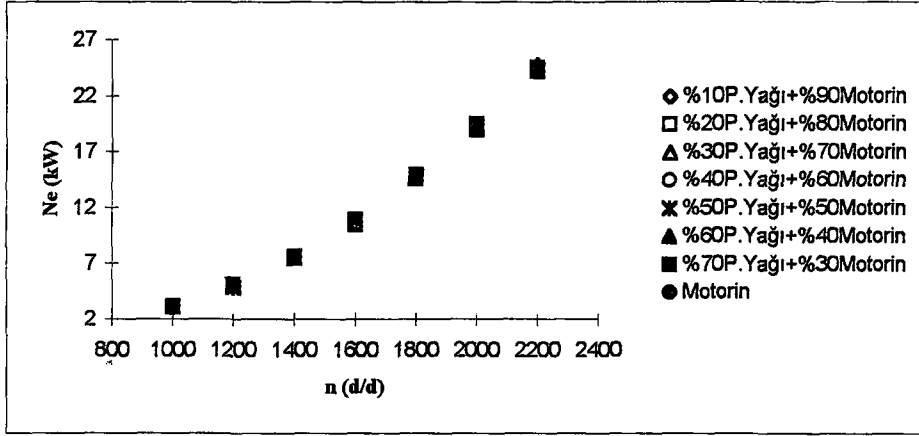
Şekil 5.28. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada Ne Değişimi.

Tam gazda güç değerleri yaklaşık aynı değerlerdedir (Şekil 5.28).



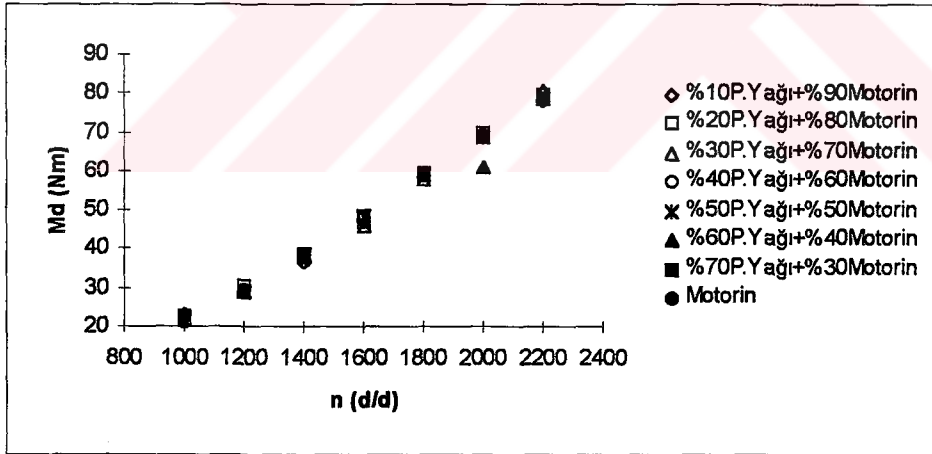
Şekil 5.29. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada be Değişimi.

Özgül yakıt sarfiyatı motorin ile çalışmada daha düşüktür (Şekil 5.29).



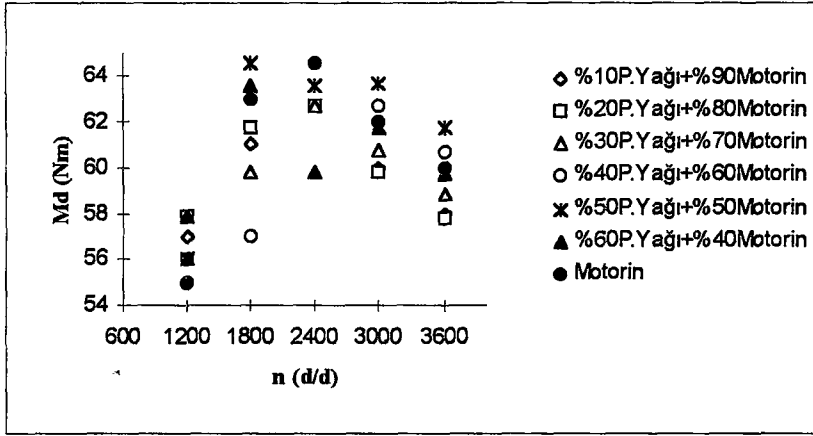
Şekil 5.30. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada Ne Değişimi.

Sabit yükte çalışmada güç değerleri bütün pamuk yağı motorin karışımları için yaklaşık aynı değerdedir (Şekil 5.30).



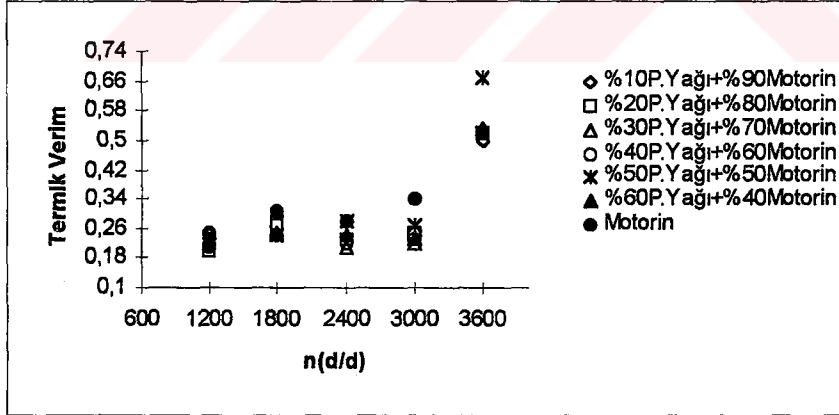
Şekil 5.31. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Sabit Yükte Çalışmada Md Değişimi.

Sabit yükte çalışmada döndürme momenti değerleri bütün pamuk yağı motorin karışımları için yaklaşık aynı değerdedir (Şekil 5.31).



Şekil 5.32. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada Md Değişimi.

Sabit yükte çalışmada döndürme momenti, 1200 d/d' da motorin için en düşük, 2400 d/d' da ise motorin için en fazla elde edilmiştir (Şekil 5.32). Diğer devirlerde bazı karışım oranları için motorine göre az, bazı karışım oranları için ise motorine göre fazladır. Ancak bu değişim pamuk yağı yüzdesi ile orantılı olmamaktadır.



Şekil 5.33. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı + Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Tam Gazda Çalışmada Termik Verimin Değişimi.

5.5.9. Mod 13 Deney Sonuçları

Tablo 5.8. %100 Motorin Mod 13 Deneyi

Mod	n (d/d)	Yük	NOx (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Ne (kW)
1	Rölanti	---	280	0,02	2,64	16,8	---
2	1800	1/10=6,8	265	0,02	3,13	16,1	1,224
3	1800	1/4 =17	415	0,02	4,22	14,7	3,06
4	1800	2/4 =34	600	0,02	6,25	12,1	6,12
5	1800	3/4 =51	640	0,02	8,53	9,1	9,18
6	1800	4/4 =68	535	0,03	10,87	6,4	12,24
7	Rölanti	---	300	0,04	2,42	17	---
8	2400	1/10=6,8	370	0,02	3,18	16	1,632
9	2400	1/4 =17	515	0,02	4,19	14,7	4,08
10	2400	2/4 =34	630	0,02	5,91	12,3	8,16
11	2400	3/4 =51	635	0,02	7,69	9,82	12,24
12	2400	4/4 =68	525	0,07	10,95	5,9	16,32
13	Rölanti	---	300	0,02	2,29	17,1	---

Tablo 5.9. %10 Pamuk Yağı + %90 Motorin Karışımı Mod 13 Deneyi

Mod	n (d/d)	Yük	NOx (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Ne (kW)
1	Rölanti	---	206	0,20	4,78	16,9	---
2	1800	1/10=7,2	230	0,21	5,62	16,2	1,2
3	1800	1/4 =18	375	0,20	6,88	14,7	3,24
4	1800	2/4 =36	550	0,21	9,12	12	6,48
5	1800	3/4 =54	590	0,23	11,90	8,7	9,72
6	1800	4/4 =72	460	0,27	14,48	5,4	12,96
7	Rölanti	---	300	0,19	4,85	16,6	---
8	2400	1/10=7,2	345	0,22	5,58	16	1,728
9	2400	1/4 =18	495	0,21	6,83	14,5	4,32
10	2400	2/4 =36	590	0,21	8,91	12,1	8,64
11	2400	3/4 =54	590	0,21	11,63	8,9	12,96
12	2400	4/4 =72	490	0,32	14,79	5,4	17,28
13	Rölanti	---	280	0,21	4,56	17,1	---

Tablo 5.10. %30 Pamuk Yağı + %70 Motorin Karışımı Mod 13 Deneyi

Mod	n (d/d)	Yük	NOx (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Ne (kW)
1	Rölanti	---	213	0,08	2,86	16,8	---
2	1800	1/10=6,6	290	0,02	3,01	16,1	1,18
3	1800	1/4 =16,5	360	0,06	4,46	14,7	2,97
4	1800	2/4 =33	560	0,06	6,31	12,2	5,94
5	1800	3/4 =49,5	620	0,07	8,95	8,8	8,91
6	1800	4/4 =66	465	0,12	12,35	4,5	11,88
7	Rölanti	---	270	0,06	2,76	16,8	---
8	2400	1/10=6,6	380	0,06	3,58	15,8	1,584
9	2400	1/4 =16,5	550	0,06	4,72	14,3	3,96
10	2400	2/4 =33	650	0,06	6,50	11,9	7,92
11	2400	3/4 =49,5	630	0,08	8,76	8,9	11,88
12	2400	4/4 =66	480	0,18	12,88	3,7	15,84
13	Rölanti	---	290	0,02	2,59	16,8	---

Tablo 5.11. %50 Pamuk Yağı + %50 Motorin Karışımı Mod 13 Deneyi

Mod	n (d/d)	Yük	NOx (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (%)	Ne (kW)
1	Rölanti	---	250	0,03	2,73	16,5	7	---
2	1800	1/10=6,8	245	0,03	3,14	16,0	8	1,224
3	1800	1/4 =17	415	0,02	4,28	14,6	9	3,06
4	1800	2/4 =34	600	0,02	6,28	12	9	6,12
5	1800	3/4 =51	590	0,04	9,43	8	10	9,18
6	1800	4/4 =68	500	0,06	11,8	4,9	11	12,24
7	Rölanti	---	310	0,04	2,56	16,8	7	---
8	2400	1/10=6,8	415	0,02	3,47	15,9	8	1,632
9	2400	1/4 =17	600	0,01	4,63	14,3	8	4,08
10	2400	2/4 =34	685	0,02	6,64	11,7	9	8,16
11	2400	3/4 =51	615	0,03	9,40	8,1	9	12,24
12	2400	4/4 =68	475	0,14	12,26	12,6	6	16,32
13	Rölanti	---	320	0,02	2,52	16,8	8	---

Mod 13 deneyinde ortalama emisyonlar bulunmaktadır. WF yük faktörü olup değeri tablo 5.13'de verilmiştir.

$$NO_{xm} = \sum (C_{NOx} \cdot WF) / \sum (Ne \cdot WF)$$

$$CO_m = \sum (C_{CO} \cdot WF) / \sum (Ne \cdot WF)$$

$$HC_m = \sum (C_{HC} \cdot WF) / \sum (Ne \cdot WF)$$

$$E_{pm} = \sum (C_{par} \cdot WF) / \sum (Ne \cdot WF)$$

$$O_{2m} = \sum (C_{O_2} \cdot WF) / \sum (Ne \cdot WF)$$

$$CO_{2m} = \sum (C_{CO_2} \cdot WF) / \sum (Ne \cdot WF)$$

Tablo 5.12. Mod 13 Deney Sonuçları

Yakıt	CO (% / kW)	CO ₂ (% / kW)	O ₂ (% / kW)	NO _x (ppm/kW)	Partikül (gr/kW)	HC (%/kW)
Motorin	0.0044	1.06	2.21	79.166	0.0071	---
%10 P.Yağı+%90 Mot.	0.05	0.89	2.08	67	0.0054	---
%30 P.Yağı+%70 Mot.	0.01	1.2	2.16	75.69	0.0032	---
%50 P.Yağı+%50 Mot.	0.006	1.15	2.13	77.67	0.0043	1.58

Tablo 5.13. Mod 13 Yük Faktörleri

Mod No	WF
1	0.083
2	0.08
3	0.08
4	0.08
5	0.08
6	0.25
7	0.083
8	0.10
9	0.02
10	0.02
11	0.02
12	0.02
13	0.083

Mod 13 deneylerinde egzoz gazı ağırlığı önceden tespit edilen filtreden geçirilmiş, bir vakum pompası emiş yaparken debi ölçerle de egzoz gazı miktarı ölçülmüştür. Ölçüm sonucunda filtre tartılarak üzerinde toplanan partikül (kurum) ağırlığı bulunmuştur. Buna göre :

Motorinde 0,0398 gr. partikül 0,457 m³/h egzoz gazından emilmiş,
 %10 P.Yağı karışımında 0,0322 gr. partikül 0,792 m³/h egzoz gazından emilmiş,
 %30P.Yağı karışımında 0,0179 gr. partikül 0,484m³/h egzoz gazından emilmiş,
 %50 P.Yağı karışımında 0,0322 gr. partikül 0,466 m³/h egzoz gazından emilmiştir.

Motorin için elde edilen partikül madde diğerlerinden fazla olmuştur. %10 ve %30 yağ yüzdeleri için değerler yaklaşıktır.

5.5.10. Emisyon ve Performans Ölçümü Sonuçları

Bu çalışmada CO emisyonları çok az miktarlarda elde edilmiştir. Buna rağmen motorin kullanımında motorin + pamuk yağı karışımları kullanımına nazaran CO emisyonları daha düşüktür. CO emisyonlarının değişimi de farklı karakterler sergilemektedir. Şekil 5.1, 5.2, 5.3' de 2400 d/d civarında en az CO değeri elde edilmekte, bu devirin altında ve üstünde çalışıldığında CO miktarları artış göstermektedir. Artan pamuk yağı yüzdesi ile düzenli bir değişim elde edilememektedir. Yani pamuk yağı yüzdesinin artması bazen CO emisyonunun azalmasına sebep olmuştur. Yada bir devirde düşük çıkan CO miktarı devir arttığında aynı pamuk yağı yüzdesi için yüksek çıkmaktadır. Boşta çalışma durumunda her bir pamuk yağı oranı için motorine göre karşılaştırma yapılmış ve motorin kullanımında CO' nun daha az olduğu anlaşılmıştır. Yarım yükte ve tam yükte %10 pamuk yağı + %90 motorin karışımı kullanımında CO yüksek, diğer oranlarda ise motorinle aynı olmaktadır. Bir diğer nokta ise 1200 ve 3000 d/d' da %10' un üzerindeki pamuk yağı oranlarında CO emisyonu motorinden daha yüksek olmaktadır. Tam gazda çalışmada ise motorin en düşük CO emisyonlarını vermiş, ancak 2400 d/d' da emisyonlar diğer devirlere göre daha yüksek çıkmıştır. Şekil 5.5' de motorinin CO emisyonları en düşük değerleri verdiği ve devir sayısı ile arttığı görülmektedir. Düşük pamuk yağı oranları düşük emisyonlar vermiştir. Artan devir sayısı ile sıcaklıklarda yüksek olduğundan ve yanma için zaman azaldığından CO emisyonlarının artması normaldir. Ancak yük ile birlikte CO' nun azaldığı literatürde mevcutken bu azalma gözlenmemiş ve tam yükte daha yüksek CO elde edilmiştir. Ancak

CO miktarlarına bakılacak olursa emisyonun düşük olduğu görülmektedir. CO emisyonları motorinle çalışmada pamuk yağı + motorin karışımları ile çalışmaya nazaran bazen yarı yarıya az değerler vermiştir.

Literatürdeki çalışmalara baktığımız zaman; CO emisyonları yönünden pamuk yağının motorinden daha düşük emisyon verdiği bildirilmiştir (Charpentier, 1987). Düşük güçlerde bu emisyon miktarı yüksek, güç arttıkça düşmeye başlamakta ve daha sonra tekrar artmaktadır. Buna benzer durum şekil 5.1, 5.2, ve 5.3' te izlenmektedir. Ayrıca düşük pamuk yağı karışımı yüzdelerinde CO' nun bazen motorinden yüksek çıktığı gözlenmiştir. Halbuki Charpentier pamuk yağında daha düşük emisyon elde etmiştir. Mod 13 deneyi sonuçları incelenirse kW başına CO, %50 pamuk yağı + %50 motorin karışımında %100 motorin kullanımına yakın bir değerdedir (Tablo 5.12). Barsic (1981), ayçiçek yağı için artan yağ yüzdesi ile CO' nun arttığını 1000 d/d' daki CO' nun 2200 d/d' dakinden yüksek olduğunu bildirmiştir. Rakopoulos (1992), zeytin yağı yüzdesinin artması ile CO' nun arttığını bildirmiştir.

Bazı çalışmalarda, bitkisel yağ kullanımı ile motorinin iki katı kadar, bazı çalışmalarda ise motorinden daha düşük CO emisyonlarına rastlandığı bildirilmektedir (Barsic, 1981). Bunun yakıtın fiziksel özelliklerinden, güç düşmesinden ve HC emisyonlarının artmasından, bitkisel yağ içerisinde moleküler oksijenin bulunmasından ve aromatik yakıt fonksiyonlarının olmayıp molekülleri zincir yapılı parafinlerin bulunmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Şekil 5.7, 5.8, 5.9 ve 5.10' da HC emisyonlarının motorin ile çalışmada en az olduğu ve pamuk yağı yüzdesinin artması ile arttığı görülmektedir. Devir sayısı ile HC miktarları arasında küçük farklılıklar oluşmaktadır. Yük ile azaldığı bilinen HC emisyonlarında özellikle yüksek devirlerde bu durum gözlenmiştir (Şekil 5.8, 5.9).

HC emisyonu bakımından motorinin pamuk yağından daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir (Charpentier, 1987). Zeytin yağı ile çalışıldığında, artan zeytin yağı yüzdesinin HC emisyonlarını artırdığı ve indirekt püskürtmeli motorlarda direkt püskürtmeli motorlara göre daha düşük HC emisyonları elde edildiği tespit edilmiştir (Rakopoulos, 1982). Ayçiçek yağı yüzdesinin artmasının da motorin ile çalışmaya göre daha yüksek HC emisyonları verdiği belirtilmiştir (Barsic, 1981).

Yüksek HC emisyonlarının, yüksek viskoziteye sahip bitkisel yağların silindir içerisine püskürtüldüğü zaman küçük tanelere ayrılmamasından kaynaklandığı diğer

araştırmacılar tarafından belirtilmektedir. HC emisyonları üzerinde yakıtın kimyasal özelliklerinden çok fiziksel özelliklerinden biri olan viskozitesi ve yoğunluğu etkili olmaktadır. Yakıtın viskozitesinin yakıt demetini (hüzmesini) etkilemesi, HC emisyonlarını da artırmaktadır.

NO_x emisyonunun motorin ile çalışmada pamuk yağı ile çalışmaya göre düşük olduğu bildirilmiştir (Charpentier, 1987). Ayçiçek yağı ve yer fıstığı yağı ile yapılan çalışmalarda artan bitkisel yağ yüzdesi ile NO_x emisyonlarının pek fazla değişmediği belirtilmiştir (Barsic, 1981). Çetinkaya (1995), ise ayçiçek yağı ile NO_x emisyonlarının fazla miktarda azaldığını belirtmiştir. Bu duruma sebep olarakta en yüksek yanma sıcaklığının ayçiçek yağında düşük olmasını göstermiştir. Ancak bitkisel yağlar kullanıldığında; herhangi bir konstrüksiyon ve ayar değişikliği yapılmadığında genişleme peryodunda halâ bir miktar yakıt yandığı için egzoz sıcaklıklarının artabileceği de literatürde mevcuttur. Böylece düşük yanma sıcaklığı olsa bile egzoz sıcaklığı motorin ile çalışmaya göre yüksek olmaktadır. NO_x emisyonlarının kolza yağı ve hurma yağında motorinden daha düşük olduğu belirtilmiştir (Alibaş vd., 1993).

Şekil 5.11, 5.12, 5.13 ve 5.14 incelendiği zaman literatüre uygun sonuçlar görülecektir. Pamuk yağı için yüksek çıktığı bildirilen NO_x emisyonları (Charpentier, 1987) %20 pamuk yağı + %80 motorin karışımlarından daha yüksek pamuk yağı yüzdelерinde elde edilmiştir.

Charpentier (1987), düşük güçlerde motorin ile çalışmada elde edilen O₂ 'yi yüksek, yüksek güçlerde ise pamuk yağı ile elde edilen O₂ 'yi fazla bulmuştur. Çetinkaya (1995) ise ayçiçek yağı kullanıldığı zaman O₂ 'nin motorinden daha düşük olduğunu tespit etmiştir. Şekil 5.15, 5.16, 5.17, 5.18 ve 5.19 O₂ bulgularını göstermektedir. Şekil 5.15 ve 5.18' de motorin kullanımındaki O₂ değerlerinin yüksek çıkması Çetinkaya' nın sonucu ile uyumaktadır. Şekil 5.16, 5.17 ve 5.18 ise Charpentier ile uyumaktadır. Yani bazı pamuk yağı oranlarında O₂ motorinden yüksek, bazı oranlarda ise motorine göre düşüktür. Bu durum; harcanan yakıt miktarının farklı olmasından ve yağın içerisinde bulunan oksijenden kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.20, 5.21, 5.22, 5.23 ve 5.24 CO₂ ölçüm sonuçlarını vermektedir. Sonuçlar oksijen ölçümleri ile uyumlu görülmektedir. Yani O₂ 'nin az olduğu yerde CO₂ fazla, O₂ 'nin çok olduğu durumda ise CO₂ az olmaktadır. Bu da oksijen ile karbonun çok iyi bir şekilde reaksiyona girmemesinden belki de karışım şartlarından (hava

sirkülasyonu, sıcaklık, damlacık boyutu vs.) kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.25' de isin devir sayısı ile arttığı görülmektedir. %10 pamuk yağı + %90 motorin karışımı ve %100 motorin için en küçük değerler elde edilmiştir. Artan pamuk yağı yüzdesi ile orantılı olarak isin arttığı söylenebilir. Ancak bazı devirlerde ve bazı pamuk yağı + motorin karışımı oranlarında bu durum farklı olmaktadır. Zaten literatürde de bazen %50 bitkisel yağ + %50 motorin karışımında %100 bitkisel yağa göre daha fazla is tespit edilebileceği belirtilmiştir (Barsic, 1981). CO, CO₂ ve is arasında birbirine tesir söz konusu olmaktadır. Ayrıca yakıttaki iyonik bağlar, buharlaşma, sıcaklık, yerel yakıt/hava oranındaki değişimler de etkili olabilmektedir.

Şekil 5.26' da λ hava fazlalık katsayısının devir sayısı ile azaldığı görülmektedir. Ayrıca bütün oranlardaki pamuk yağı + motorin karışımları için artan pamuk yağı yüzdesinin etkisi tam olarak görülmemektedir. Motorin için 1000 d/d' da daha yüksektir denilebilir. Kolza yağı için λ 'nın motorinden yüksek olduğunun Murayama tarafından tespit edildiği bildirilmiştir (Alibaş vd., 1993).

Egzoz sıcaklığı devir sayısı ile birlikte artmakta ve artan pamuk yağı yüzdesi ile motorine göre egzoz sıcaklığı biraz yüksek olmaktadır (Şekil 5.27). Özellikle yüksek devirde ve %70 pamuk yağı + %30 motorin karışımında fark azda olsa görülmektedir. Her bir yağ yüzdesi için elde edilen 3-4 °C' lik sıcaklık artışı, artan oranlarda 20-25 °C' ye yakın bir fark meydana getirmektedir. Bu da literatürde belirtilen genişleme peryodunda yanmanın devam etmesinden dolayı olduğu tezine uymaktadır.

Güç ve moment değerlerinin bitkisel yağ kullanımında motorine yakın değerler verdiği, hatta bazen %6'lık güç artışlarına rastlandığı literatürde mevcuttur (Barsic,1981), (Charpentier,1987), (Kaufman,1982). Özgül yakıt sarfiyatı ise motorinde düşük olmaktadır. Çünkü, bitkisel yağ kullanımında daha fazla yakıt silindire girer. Güçler aynı olsa bile yakıt miktarındaki artma özgül yakıt sarfiyatını artırır. Bitkisel yağların ısı değeri daha düşüktür. Ancak yakıt fazlalığından motorine yakın bir güç elde edilebilir. Şekil 5.28, 5.29, 5.30, 5.31, 5.32' de verilen güç, moment ve özgül yakıt sarfiyatı literatürle uyumludur. Termik verimin bitkisel yağlar için daha düşük çıktığı bildirilmektedir. Şekil 5.33' de motorin için termik verim değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Bir diğer inceleme şekli olan Mod 13 deney sonuçlarının incelenmesinden, birim güç başına O₂'nin motorinde fazla, NO_x'in motorinde fazla ve partikülün motorin

ile çalışmada fazla olduğu görülmektedir (Tablo 5.12). CO emisyonu motorinde en az, CO₂ ise %10 pamuk yağı + %90 motorin karışımından sonra motorinde en az olmaktadır.



6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Pamuk yağı motorin karışımlarının dizel yakıtı olarak kullanılması neticesinde elde edilen bulguların değerlendirilmesi neticesinde genel olarak motor parçalarının durumları ile emisyon ve performans değerlerinin literatüre uygun olduğu görülmüştür. Bulgular kısaca şu şekilde özetlenebilir:

Pamuk yağının viskozitesi çok yüksektir. Motorinle karıştırılarak düşürülebilir.

Pamuk yağının yoğunluğu motorine göre biraz yüksektir. Isıl değeri motorinden düşüktür.

Uzun süreli çalışmalarda yanma odasının içerisinde, supapda, pistonda ve segman yuvalarında kalıntı oluşmaktadır. Kalıntı oluşumu pamuk yağı yüzdesinin artması ile artmaktadır.

Artan pamuk yağı yüzdesi kalıntı miktarını artırmakta dolayısıyla motorun çalışma zamanını azaltmaktadır.

Güç yönünden olumsuz bir durum görünmemektedir.

Özgül yakıt sarfiyatı motorinde düşük olmaktadır. Bu da motorinle çalışmayı ucuz hale getirmektedir.

Emisyonlar açısından farklılıklar az da olsa vardır. Ancak %100 motorin kullanımına göre CO ve HC' de bazı olumsuzluklar varsa da NOx de pamuk yağı lehine olumlu sonuç elde edilmiştir.

Birim güç başına partikül madde miktarı motorinde fazla olmaktadır. İs miktarının devir sayısı ile değişimi esas alındığında ise artan pamuk yağı yüzdesi is miktarını fazla etkilememektedir.

Görülüyor ki dizel motorlarda herhangi bir değişikliğe gidilmeden pamuk yağı+motorin karışımlarının kullanılabilirliği daha çok düşük pamuk yağı oranlarında olabilecektir. Şu anda en büyük problem yanma odasındaki kalıntı oluşumudur. Bu nedenle özellikle bu oluşumu önleyecek bir katkı maddesine ihtiyaç vardır. Ayrıca ön ısıtma, hava hareketi ve yakıtın içindeki yapışkan kısmın alınması bu problemi ortadan kaldıracaktır.

Ağır yağ kullanan büyük dizelerde problem daha az veya hiç olmayacaktır. Deneyler direkt püskürtmeli motorda yapılmış olup, indirekt püskürtmeli motorlarda elde

edilecek sonuçlar araştırılmalıdır.

Şu anda sadece bir kriz halinde kullanılabilecek olan pamuk yağı sorunların azaltılması ve fiyatının düşmesiyle (veya üretimin daha çok olması ile) yaygın olarak dizelerde kullanılabilecektir.

Motorun konstrüktif yapısında değişiklikler yapılarak pamuk yağı + motorin karışımlarının daha iyi bir şekilde kullanılabilirliği temin edilebilir.

Pamuk üretimi ile CO₂ emisyonlarının dolayısı ile sera etkisinin azalabileceği düşünülebilir. Genel olarak yeşil örtü bu problemin çözüm yoludur.

Enerji bilançosu açısından pamuk bitkisi dolayısıyla pamuk yağı ikinci sırada yer almaktadır. Tekstilde söz sahibi bir ülke olan Türkiye için bu bir avantajdır.

Uzun süreli çalışmalar için pamuk yağı oranı %40' geçmemelidir.

Pamuk yağının yüksek viskozitesini düşürmek ve alt ısıl değerini yükseltmek için belirli oranda alkolle karıştırmak gerekir.

Pamuk yağının yüksek viskozitesi nedeniyle püskürtmede oluşan iri taneli damlacıkların çapını azaltmak ve yanma verimini arttırmak için motorun sıkıştırma oranı ve püskürtme basıncı yükseltilmeli ayrıca yakıt ön ısıtmaya tabi tutulmalıdır.

Silindir cidarlarında pamuk yağı kullanımı dolayısıyla yavaş yanma sonucu tam olarak oksitlenemeyen karbon partiküllerini azaltmak için püskürtme avansı arttırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Akor, A.J., Chancellor, W.J., Raubach, N., (1983). The Potential of Palm Oil as a Motor Fuel. **American Society of Agricultural Engineers (ASAE)**. s. 23-28.

Alibaş, K., Eyüboğlu, V., Kayık, S., (1993). Bitkisel Yağların Motor Yakıtı Olarak Kullanılabilme Olanakları. **Mühendis ve Makina**. Sayı: 398, s. 19-27.

ASTM Manuel For Rating Motor, Diesel, and Aviation Fuels. (1971). **ASTM (American Society for Testing and Materials)**.

Backer, L.F., Jacobsen, L., Olson, C., (1982). The North Dakota Flower Power Project, The Rise of Sunpower. **North Dakota Farm Research Bimonthly Bulletin**. Vol. 39, No: 6, May-June, s. 6-8.

Barsic, N.J., Humke, A.L., (1981). Performance and Emissions Characteristics of a Naturally Aspirated Diesel Engine with Vegetable Oil Fuels, **SAE 810262, Transaction of SAE**. s. 1173-1187.

Barsic, N.J., Humke, A.L., (1981). Performance and Emissions Characteristics of a Naturally Aspirated Diesel Engine with Vegetable Oil Fuels (Part 2), **SAE 810955, Transaction of SAE**. s. 2925-2935.

Batel, W., Graef, M., Meyer, J., (1980). Pflanzenölen für die Kraftstoff-und Energieversorgung. **Grundlagen der Landtechnik**. Nr. 2 . s. 40-50.

Benlidayı, M., (1995). Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Soya Fasulyesi Yağı, Motorin+Soya Fasulyesi Yağı, Motorin+Soya Fasulyesi Yağı+%10 Normal Benzin Emülsiyonlarının Kullanılması ve Motor Performansına Etkisi. **Doktora Tezi**. YTÜ. İstanbul.

Bingöl, S., (1951). **Motor Yakıtları**. İTÜ Matbaası.

Buckingham, F., (1982). Vegetable Oil Fuels- Not Quite Yet. **ASAE**. Vol. 63, No: 10, October, s. 27-29.

Campbell, J. R., Gibb, W., (1952). **Methods of Analysis of Fuels and Oils**. Chemical Publishing co. Inc., New York.

Charpentier, C., Fouet, J.P., Murat, M., (1987). Moteur Dizel Alimente En Huiles Vegetales D'origine Tropicalecomparaison Des Performances Et Des Emissions a L'echappement Dans Une Application Groupe Electrogene, **Entropie**. Cilt:23, Sayı: 134, s. 27-33.

Chartier, P., European Community's Biomass Programme, Biomass for Energy. **Conference (C20) at The Royal Society, July 1979, Sponsored by the Commission of the European Communities Ultra Low Emission (U.L.E.) Section of The International Solar Energy Society** . s. 90-99.

Coombs, J., Porker, K. J., Biomass - Future Developments, Biomass for Energy. **Conference (C20) at The Royal Society, July 1979, Sponsored by the Commission of the European Communities Ultra Low Emission (U.L.E.) Section of the International Solar Energy Society** . s. 69-89.

Çetinkaya, S.,(1955). The Potential of Using Sunflower Oil as a Fuel For Diesel Engines. **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi**. Cilt 17, No: 4, s. 21-32.

Delmer, L., Hall, D.O., World Biomass: An Overview, Biomass For Energy. **Conference (C20) at The Royal Society, July 1979, Sponsored by the Commission of The European Communities Ultra Low Emission (U.L.E.) Section of the International Solar Energy Society**. s. 1-14.

Erkan, O., Yurdakul, O., (1989). GAP Alanında Tarımsal Girdi Politikası. **GAP'ta Tarım-Tarıma Dayalı Endüstriler ve Finansmanı Sempozyumu**. 4 -5 Ekim 1989. Şanlıurfa. s. 173-206.

Georing, C.E., Schwab, A.W., Daugherty, M.J., Pryde, E.H., Heskin, A.J., (1982). Fuel Properties of Eleven Vegetable Oils. **ASAE**. s. 1472- 1483.

Georing, C.E., Daugherty, M.J., (1981). Energy input and Outputs of Eleven Vegetable Oil Fuels. **For Presentation at the 1981 Winter Meeting ASAE, ASAE**. December 15-18, Palmer House Chicago, Illinois, s. 1-21.

Gruse, A., W.,(1967). **Motor Fuels**. Reinhold publishing corporation, New York.

Harker, J.H., Backhurst, J.R., (1981). **Fuel and Energy**. Academic Press.

Helgeson, L. D., Schaffner, W. L., (1982). Economics of Sunflower Oil as an Extender or Substitute for Diesel Fuel, The Rise of Sunpower, **North Dakota Farm Research Bimonthly Bulletin**. Vol. 39, No: 6, May-June, s. 21-24.

Karaosmanoğlu, F., Işığür, A., Aksoy, H.A., (1992). Kullanılmış Kanola Yağının Dizel Yakıtı Olarak Kullanılması. **TIBTD**. Cilt 15. Sayı 3-4. s. 30-36.

Kaufman, K.R., Ziejewski, M., Marohl, M., Kucera, H.L., (1982). The Rise of Sunpower. **North Dakota Farm Research Bimonthly Bulletin**. Vol. 39, No: 6, May-June, s. 36-43.

King, G.H., U.K. Department of Energy Solar Biological Programme - Biofuel, Biomass for Energy. **Conference (C20) at The Royal Society, July 1979, Sponsored by the Commission of the European Communities Ultra Low Emission (U.L.E.) Section of the International Solar Energy Society** . s. 15-25.

Kün, E., Geçit, H.H., Özgen, M., Çiftçi, C.Y., Emekliler, H.Y., (1986). Baklagil Tarımının Geliştirilmesi. **GAP Kalkınma Sempozyumu**. 18-21 Kasım 1986. Ankara. s. 109-139.

Kucera, H., Schunk, S., Pratt, G., The Effect of Sunflower Oil on a Diesel Fuel System, The Rise of Sunpower. **North Dakota Farm Research Bimonthly Bulletin**. Vol. 39, No: 6, May-June, 1982, s. 9-11.

Lowry, J.P.A., (1990). Alternative Fuels for Automotive and Stationary Engines in Developing Countries. **Fuel for Automotive and Industrial Diesel Engines**. Institution of Mechanical Engineers. Mechanical Engineering Publications Limited. s. 31-35.

Lutz, A., (1992). Vegetable Oil as Fuel. An Environmentally and Socially Compatible Concept for Mali. **GATE/GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit)**. No: 4/92, s. 38-47.

Nacar, N., (1991). GAP ve Çevresel Etki Araştırması. **Yüksek Lisans Tezi**. F.Ü. Fen Bil. Ens. Elazığ.

Olson, C., (1982). Varnish Forming Properties of Sunflower Oil and How They Relate to Its Use as fuel in Diesel Tractors, The Rise of Sunpower. **North Dakota Farm Research Bimonthly Bulletin**. Vol. 39, No: 6, May-June, s. 18-20.

OSD.,(1997). **Türk Otomotiv Sanayii Genel ve İstatistik Bilgiler Bülteni**. Kısım 2. Sayı 30.

Parker, H.W., (1981). Engine Fuel From Biomass. **Transactions of the ASME**. Vol: 103, December, s. 344-351.

Quick, G.R., Wilson, B.T., Woodmore, P.J., (1982). Injector-Fouling Propensity of Certain Vegetable Oils and Derivatives as Fuels for Diesel Engines. Vegetable Oil Fuels. Proceedings of The International Conference on Plant and Vegetable Oils as Fuels. **American Society of Agricultural Engineers**. Fargo North Dakota, August 2-4, 1982, Michigan, s. 239-246.

Rakopoulos C.D. (1992). Olive Oil as a Fuel Supplement DI and IDI Diesel Engines. **Energy**. Vol: 17, No: 8, s. 787-790.

Ramdeen, P., Backer, L.F., Kaufman , K.R., Kucera, H.L., Moilanen, C.W., (1982). Some Physiochemical Tests of Sunflower Oil and No: 2 Diesel Oil as Fuels, The Rise of Sunpower. **North Dakota Farm Research Bimonthly Bulletin**. Vol. 39, No: 6, May-June, s. 12-14.

Schwab, A.W., Bagby, M.O., Freedman, B., (1987). Preparation and Properties of Diesel Fuels from Vegetable Oils, **Fuel**. Vol. 66, Sayı: 10, October, s.1372-1378.

Suda, J. K., (1984). Vegetable Oil or Diesel Fuel - A Flexible Option, **SAE 840004, Transaction of SAE**. s. 1.23-1.32.

Tahir, A.R., Khan, M.Z., Capp, H.M., (1989). Vegetable Oil Derivatives Fuel for Diesel Engines. **Agricultural Mechanization in Asia (AMA)**. Vol 20. No1. s.69-72.

Troth, K.A., (1966). Relationship Between Specific Gravity and Other Fuel Properties and Diesel Engine Performance, **ASTM STP 413**. (Diesel Fuel Oil, A Symposium Presented at The Sixty-Ninth Annual Meeting ASTM, Atlantic City, June 26- July 1, ASTM Technical Publication no: 413).

Türkiye Ticaret, Sanayi, Deniz Ticaret Odaları ve Ticaret Borsaları Birliği, (1990). **Plânlı Dönemde Rakamlarla Türkiye ekonomisi**. Ankara. s. 38.

Ullman, L. T., Hare, T. C., Baines, M. T., (1983). Heavy-Duty Diesel Emissions as a Function of Alternate Fuels, **SAE 830377, Transaction of SAE**. s. 2.57-2.71.

Vegetable Oil Derivatives: Fuel For Diesel Engines, **AMA (Agricultural Mechanization in Asia)**. Vol. 20, No: 1, 1989, s. 69-72.

Vellguth, G., (1983). Performance of Vegetable Oils and Their Monoesters as Fuels for Diesel Engines, **SAE 831358, Transaction of SAE.** s. 3.1098-3.1107.

Wagner, T.O., (1981). Future Fuels for Future Engines. **SAE 811387, Transaction of SAE.** s. 4167-4171.

Wagner, L.E., Clark, J.S., Schrock, D.M., (1984). Effect of Soybean Oil Esters on the Performance, Lubricating Oil and Water of Diesel Engines. **SAE 841385, Transaction of SAE.** s. 6.57-6.72.

Walter, J., Aakre, P., Derry, J., (1982). The North Dakota Flower Power Project, The Rise of Sunpower. **North Dakota Farm Research Bimonthly Bulletin.** Vol. 39, No: 6, May-June, s. 3-5.

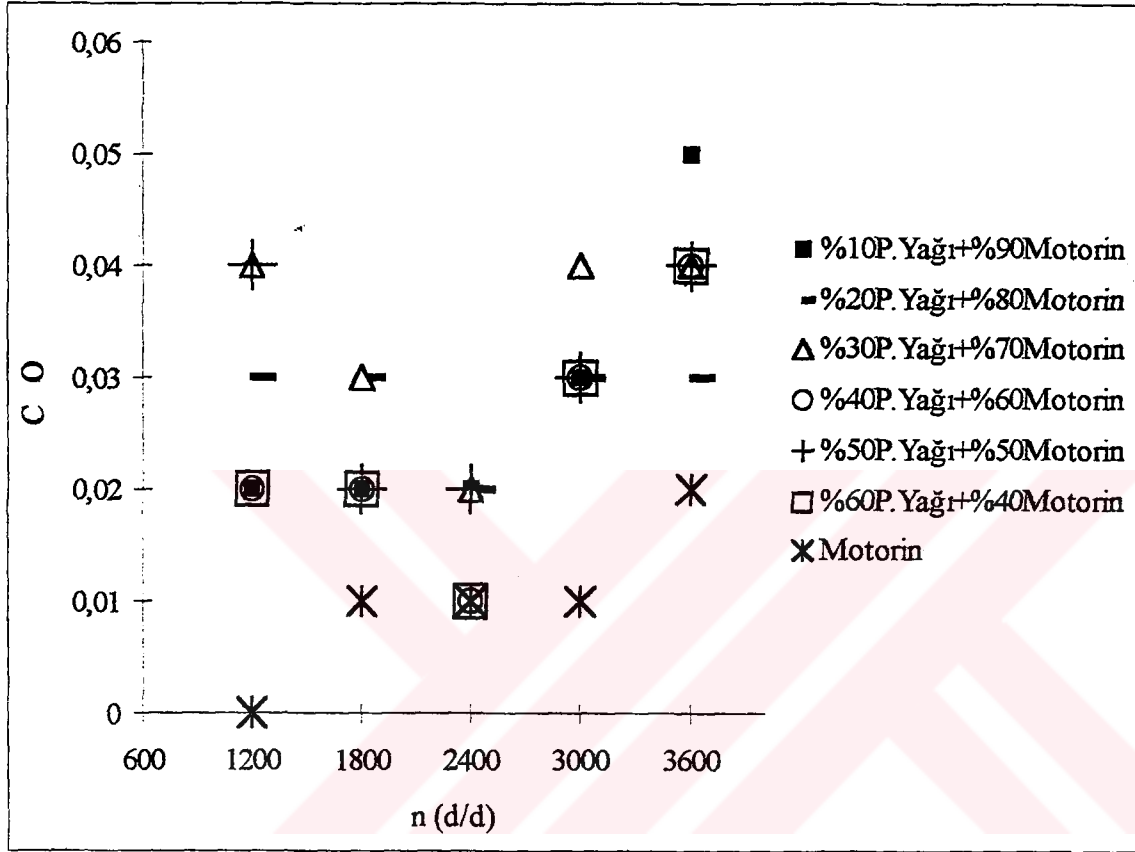
Weisz, P. B., Marshall, J. F., (1980). Fuels from Biomass. A Critical Analysis of Technology And Economics. **Mobil Research And Development Corporation Central Research Division Princeton.** New Jersey, Moral Dekker Inc., Newyork and Basel.

Ziejewski, M., Kaufman, K.R., (1982) Long Term Performance of a Sunflower Oil/Diesel Fuel Blend, The Rise of Sunpower. **North Dakota Farm Research Bimonthly Bulletin.** Vol. 39, No: 6, May-June, s. 27-35.

Ziejewsky, M., Goettler, H., Prutt, G.L., (1986). Influence of Vegetable Oil Based Alternate Fuels on Residue Deposits And Components Wear in a Diesel Engine, **SAE 860302, Transaction of SAE.** s. 2.297-2.307.

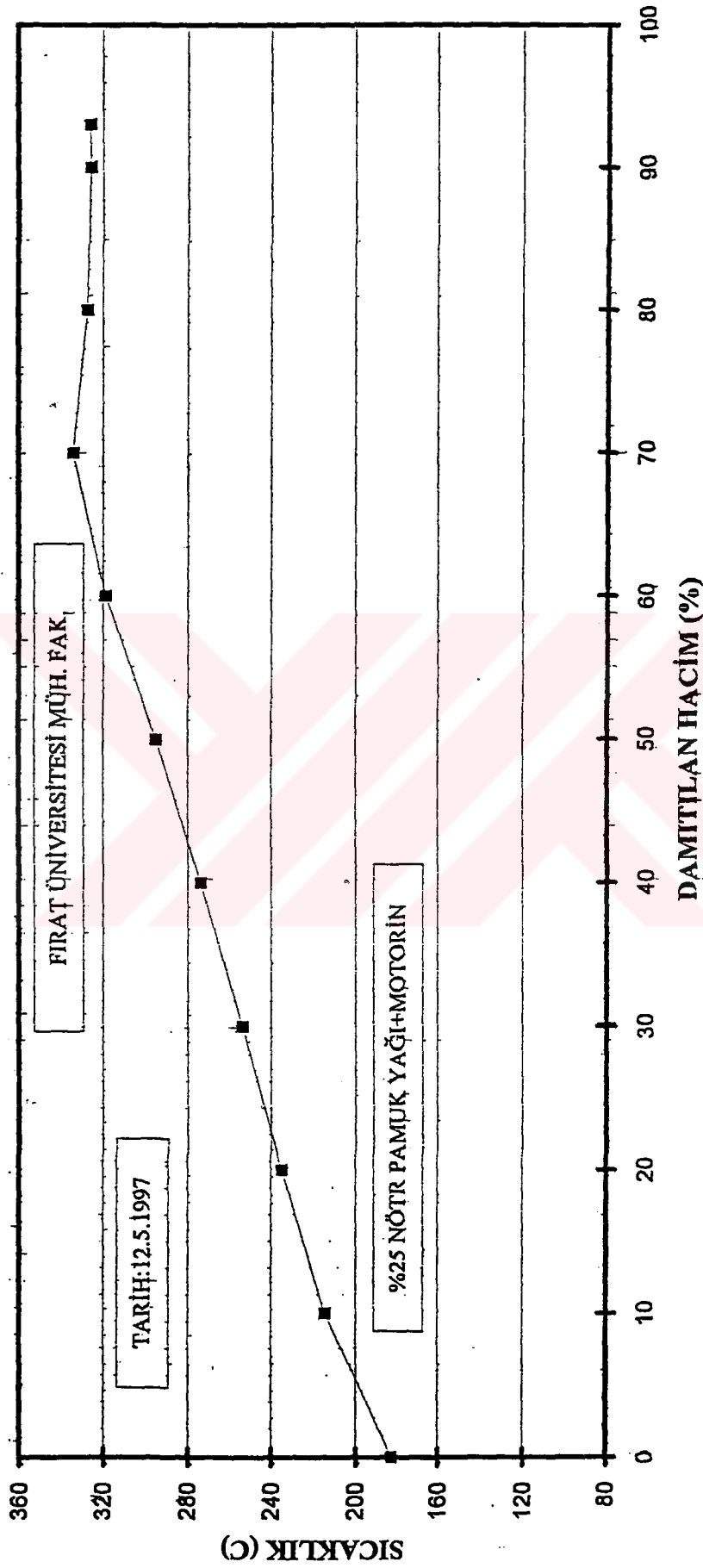
EKLER

EK1. Motorin ile Çeşitli Oranlardaki Pamuk Yağı +Motorin Karışımları Kullanılması Halinde Boşta Çalışmada CO Değişimi



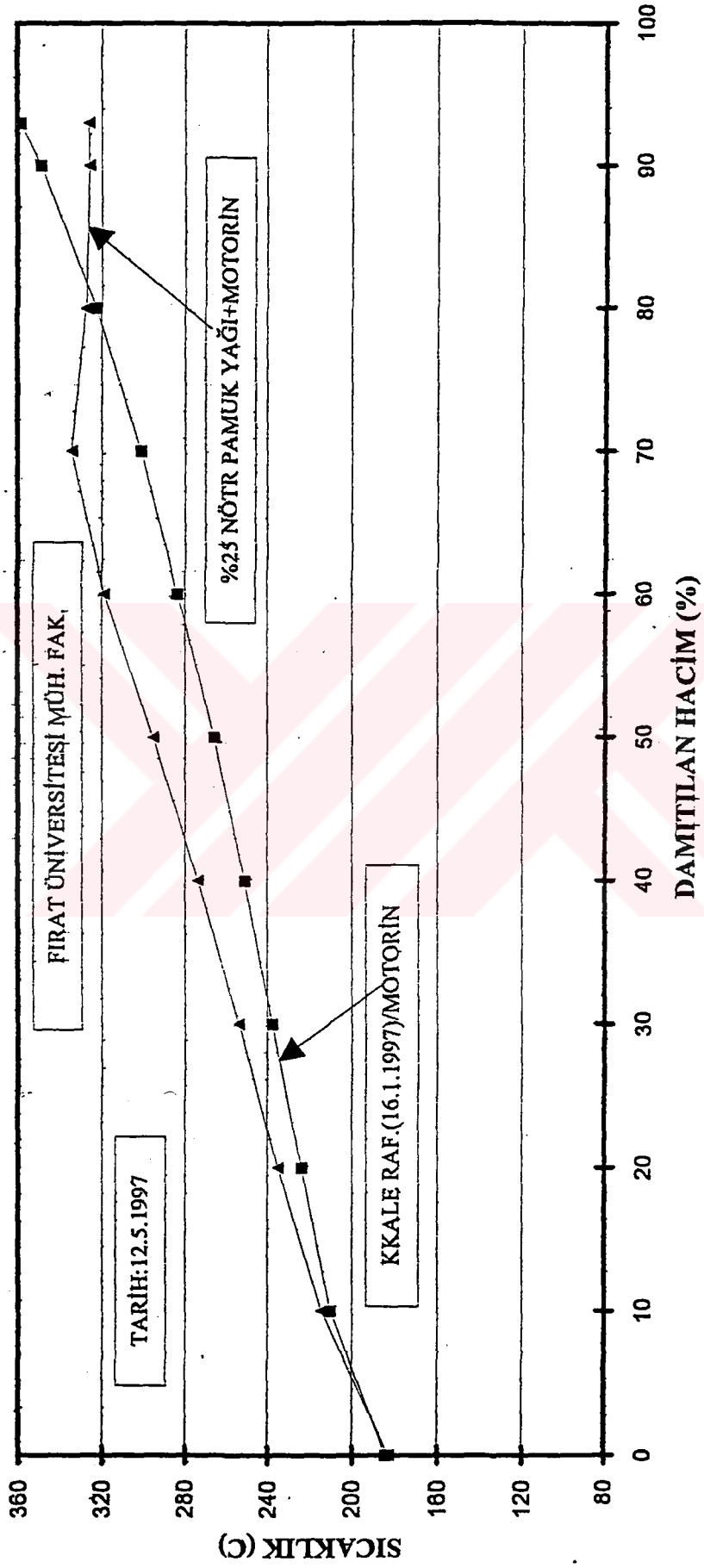
EK 2. %25 Nötr Pamuk Yağı+%75 Motorin Damıtma Eğrisi

DAMITMA EĞRİSİ (TS 1232)



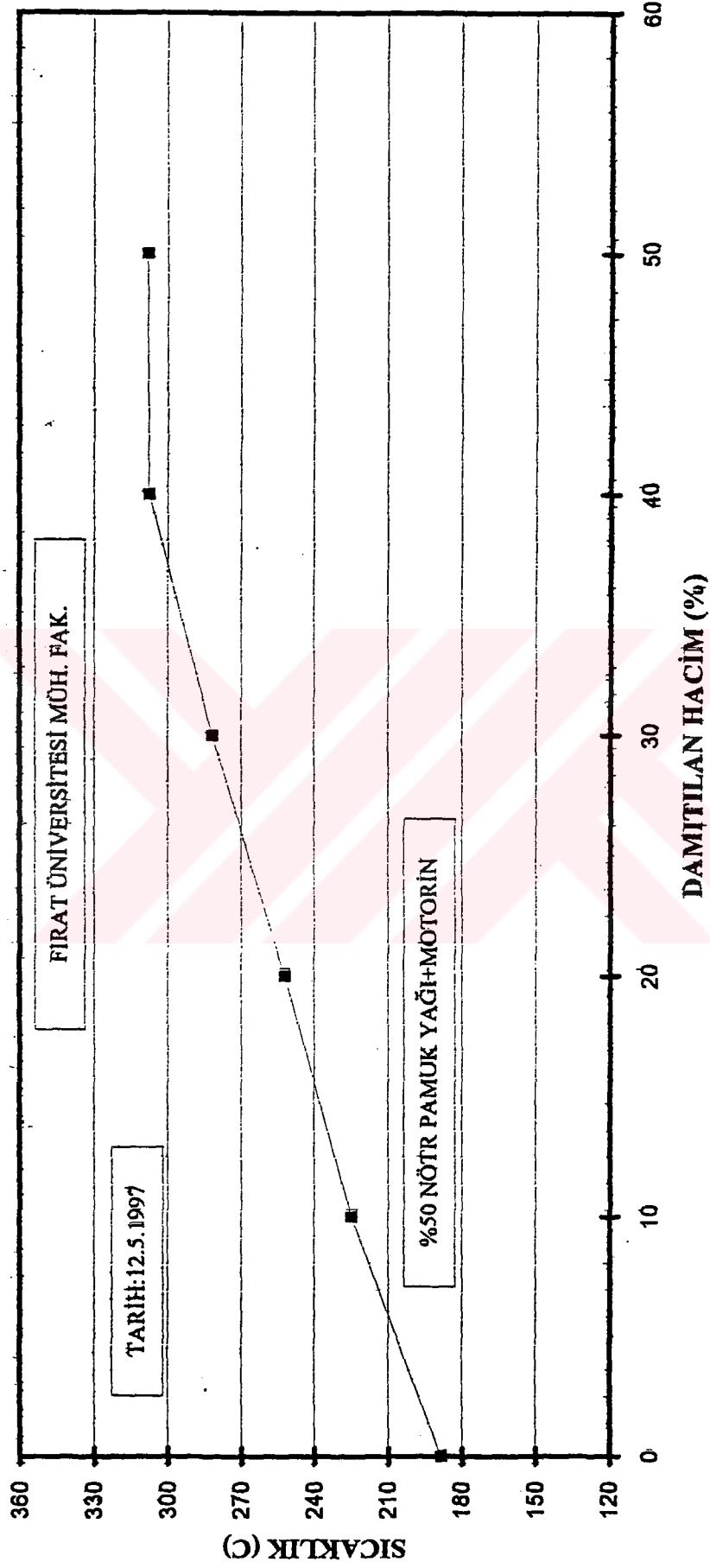
EK 3. %25 Ham Pamuk Yağı+%75 Motorin Damıtma Eğrisi

DAMITMA EĞRİSİ (TS 1232)



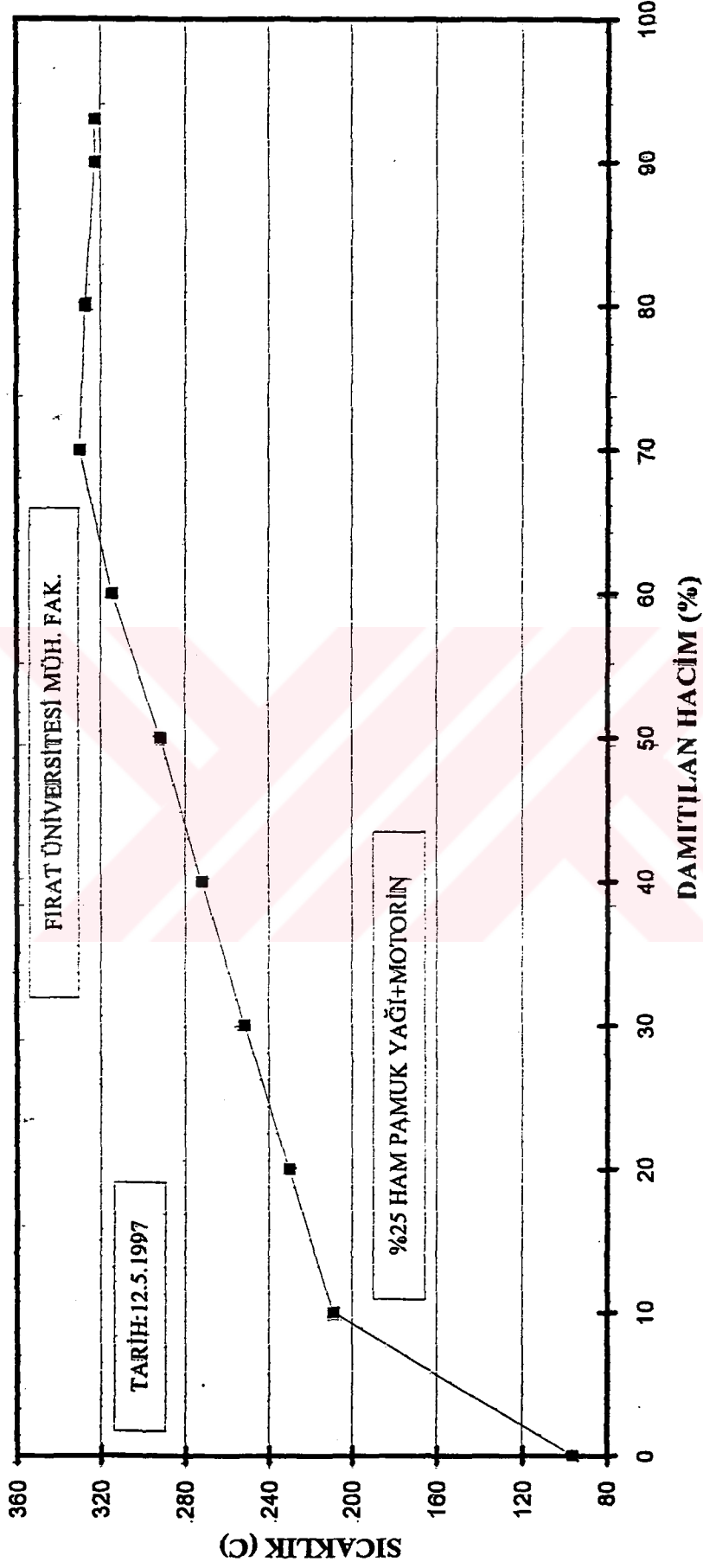
EK 4. %50 Nötr Pamuk Yağı+%50 Motorin Damıtma Eğrisi

DAMITMA EĞRİSİ (TS 1232)



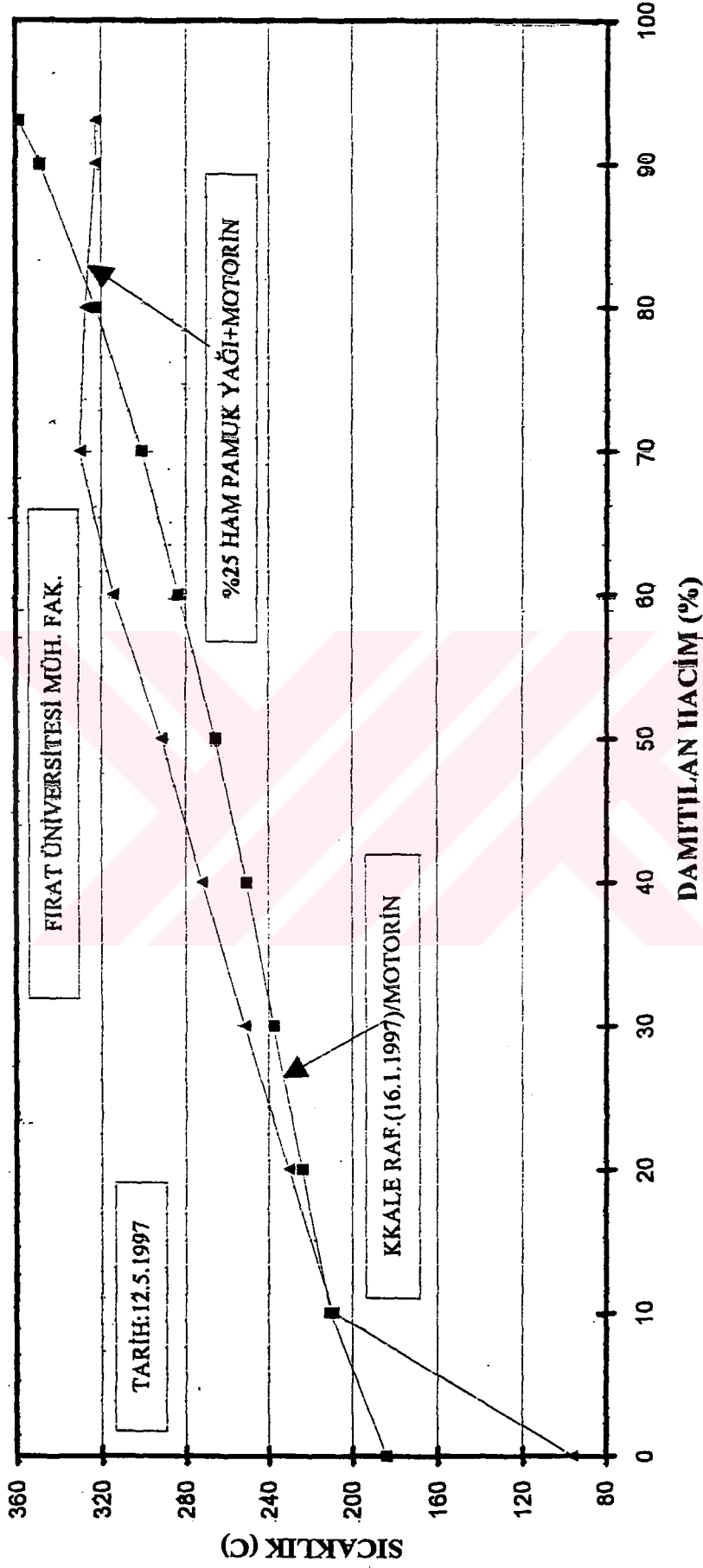
EK 5. %25 Ham Pamuk Yağı+%75 Motorin Damıtma Eğrisi

DAMITMA EĞRİSİ (TS 1232)



EK 6. %25 Ham Pamuk Yağı+%75 Motorin Damıtma Eğrisi

DAMITMA EĞRİSİ (TS 1232)



EK 7. %50 Ham Pamuk Yağı+%50 Motorin Damıtma Eğrisi

DAMITMA EĞRİSİ (TS 1232)

