

**DİZEL MOTORLARINDA YAĞ TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN
PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

Ergün ERTUĞRUL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2008
ANKARA**

**DİZEL MOTORLARINDA YAĞ TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN
PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

Ergün ERTUĞRUL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2008
ANKARA**

Ergün ERTUĞRUL tarafından hazırlanan DİZEL MOTORLARINDA YAĞ TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Can ÇINAR

Tez Danışmanı, Makina Eğitim Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makina Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Halit KARABULUT

Makina Eğitim Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. H. Serdar YÜCESU

Makina Eğitim Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Atilla KOCA

Makina Eğitim Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Can ÇINAR

Makina Eğitim Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Yakup SEKMEN

Makina Eğitim Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi

Tarih: 13/02/2008

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada standart olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ergün ERTUĞRUL

DİZEL MOTORLARINDA YAĞ TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ergün ERTUĞRUL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Şubat 2008

ÖZET

Bu çalışmada, doğal emişli ve turboşarjlı iki dizel motorunda bazı tasarım ve çalışma parametrelerinin yağ tüketimi ve motor performansına etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

Deneylerde enjektör değişikliği, silindir kapağı değişikliği ve supap kılavuzlarına keçe eklenmesi, silindir çapı toleransının ve yüzey pürüzlülük değerlerinin düzenlemesi, honlama iyileştirmeleri, II. kompresyon sekmanı (yağ sıyrıcı sekman) değişikliği ve karter havalandırma ünitesi iyileştirmelerinin etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Dinamometre ile yapılan testlerde yağ tüketiminin yakıt tüketimine göre oransal değişimi araştırılmıştır. İyileştirmeler sonunda yağ tüketimi değerleri doğal emişli motorda 0,070'den 0,017'ye, turboşarjlı motorda 0,053'den 0,019'a düşürülmüştür.

Bilim Kodu : 708.3.026

Anahtar Kelimeler : Dizel motor, yağ tüketimi

Sayfa Adedi : 63

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Can ÇINAR

**THE INVESTIGATION OF PARAMETERS AFFECTING OIL
CONSUMPTION IN DIESEL ENGINES
(M. Sc. Thesis)**

Ergün ERTUĞRUL

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
February 2008**

ABSTRACT

In this study, the effects of some desing and operating parameters on oil consumption and engine performance in naturally aspirated and turbocharged diesel engine were investigated experimentally.

In the experimental study, injectors, cylinder head, sealer insert to valve guides, cylinder diameter tolerance and surface roughness, honing, oil ring and blow-by improving were investigated separately. Rational oil consumption was investigated by testing in the dynamometer. After these improvements oil consumption was decreased from 0,070 to 0,017 in naturally aspirated and from 0,053 to 0,019 in turbocharged engine.

Science Code : 708.3.026
Key Words : Dizel engine, oil consumption
Page Number : 63
Adviser : Assist. Prof. Dr. Can ÇINAR

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanım Yrd. Doç. Dr. Can ÇINAR'a, imalat işlemleri konusunda yardımlarını esirgemeyen Özbil Motor Yenileme Atölyesi çalışanlarına, deneyler sırasında her türlü desteği sağlayan kıymetli müdürüm İsmail EYNIHAN'a, destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli eşim Tuğba ERTUĞRUL'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. YAĞ TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER	3
2. 1. Motor Yağları	4
2. 1. 1. Viskozite sınıflaması	6
2. 1. 2. Servis sınıflaması	6
2. 2. Dizel Yakıtı ve Yakıt Sistemi	8
2. 2. 1. Dizel yakıtı	9
2. 2. 2. Yakıt sistemi	13
2. 3. Yanma ve Emisyonlar	15
2. 3. 1. Yanma	16
2. 3. 2. Egzoz emisyonları	18
2. 4. Silindirler	20
2. 4. 1. Silindir arızaları	20

Sayfa

2. 4. 2. Silindirlerin honlanması.....	21
2. 4. 3. Bozuk honlamanın sebepleri ve sonuçları	26
3. LİTERATÜR ÖZETLERİ	27
4. MATERYAL VE METOT	29
4. 1. Deney Düzeneği	29
4. 2. Deney Motorları	29
4. 3. Deneylerde Kullanılan Ölçü Aletleri	30
4. 3. 1. Dinamometre.....	30
4. 3. 3. Kronometre	32
4. 3. 4. Enjektör basıncı test cihazı.....	32
4. 3. 5. Sıcaklık ölçme aleti	33
4. 4. Deneylerde Yapılan Ölçüm ve Hesaplamalar	33
4. 4. 1. Tüketilen yağ miktarının hesaplaması	33
5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	44
5. 1. Enjektör Değişikliğinin Etkisi.....	44
5. 2. Silindir Kapağı Değişikliğinin Etkisi	45
5. 3. Silindir Çapı Toleransının, Honlama Açılarının ve Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Değiştirilmesinin Etkisi	45
5. 4. Yağ Sıyırıcı Sekmanı Değişikliğinin Etkisi	47
5. 5. Karter Havalandırma Ünitesindeki Değişikliğin Etkisi	47
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR	54
EKLER.....	58
EK-1. Üç silindirli NA motorun (orjinal parçaları ile) performans değerleri.....	59

Sayfa

EK-2. Üç silindirli NA motorun (orjinal parçaları ile) yağ tüketim değerleri	60
EK-3. Dört silindirli TC motorun (orjinal parçaları ile) performans değerleri.....	61
EK-4. Dört silindirli TC motorun (orjinal parçaları ile) yağ tüketim değerleri	62
ÖZGEÇMİŞ	63

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. 20W50 yağın tipik özellikleri.....	7
Çizelge 2.2. 15W40 yağın tipik özellikleri.....	8
Çizelge 2.3. Motorin 7000'in özellikleri.....	10
Çizelge 2.4. Setan ve alfametilnaftan'ın özellikleri.....	11
Çizelge 2.5. Motor devrinin tutuşma gecikmesine etkisi.....	18
Çizelge 2.6. Bozuk honlamanın sebepleri ve motora etkileri.....	26
Çizelge 3.1. Honlama sonrası yüzeylerin pürüzlülük değerleri.....	27
Çizelge 4.1. Deney motorlarının teknik özellikleri.....	30
Çizelge 4.2. Mahr marka yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazının teknik özellikleri.....	32
Çizelge 4.3. Yüzey pürüzlülük değerleri.....	38

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Yakıt sisteminin şematik görünüşü.....	13
Şekil 2.2. Dizel motorlarında yanma diyagramı.....	17
Şekil 2.3. Plato honlama.....	23
Şekil 2.4. Honlama izlerinin şematik görünümü.....	23
Şekil 3.1. Yağ tüketimdeğerleri.....	28
Şekil 3.2. Farklı ağız aralıklarına sahip sekmanların yağ tüketimine etkisi.....	28
Şekil 4.1. Supap kılavuzuna eklenen keçe.....	37
Şekil 4.2. Deney motorunun orijinal yağ sıyrıcı sekmanı.....	41
Şekil 4.3. 2° açılı sıyırma yüzeyine sahip yağ sıyrıcı sekman.....	42
Şekil 5.1. Honlama açısı ve silindir toleransları.....	46
Şekil 5.2. Üç silindirli NA motorda yapılan değişikliklerin yağ tüketimine etkisi.....	48
Şekil 5.3. Dört silindirli TC motorda yapılan değişikliklerin yağ tüketimine etkisi.....	49
Şekil 5.4. Üç silindirli NA motorda yapılan yağ tüketimini azaltmaya yönelik değişikliklerin motor gücüne etkisi.....	50
Şekil 5.5. Dört silindirli TC motorda yapılan yağ tüketimini azaltmaya yönelik değişikliklerin motor gücüne etkisi.....	50
Şekil 5.6. Üç silindirli NA motorda yapılan yağ tüketimini azaltmaya yönelik değişikliklerin özgül yakıt tüketimine etkisi.....	51
Şekil 5.7. Dört silindirli TC motorda yapılan yağ tüketimini azaltmaya yönelik değişikliklerin özgül yakıt tüketimine etkisi.....	51

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. CFR motoru.....	12
Resim 2.2. Enjektörün yapısı.....	15
Resim 2.3. Silindir yüzeyinde oluşan çizikler.....	21
Resim 2.4. Yüzey pürüzlülüğünün kontrolü ve honlanmış yüzeyin görünümü.....	25
Resim 4.1. Deney düzeneğinin görünümü.....	29
Resim 4.2. Deney motorları.....	30
Resim 4.3. Dinamometre kontrol ünitesi.....	31
Resim 4.4. Mahr marka yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı.....	31
Resim 4.5. Enjektör basıncı test cihazı.....	32
Resim 4.6. Fluke marka sıcaklık ölçme aleti.....	33
Resim 4.7. Deney motorunun orijinal silindir kapağı.....	36
Resim 4.8. Yeni tip silindir kapağı.....	37
Resim 4.9. Honlama açılarının şeffaf ölçme aparatı ile kontrolü.....	38
Resim 4.10. Orjinal silindirlerin yüzey pürüzlülük değerleri.....	39
Resim 4.11. Honlama işleminden sonra yeni silindirlerin pürüzlülük değerleri.....	40
Resim 4.12. Silindir yüzeylerinin pürüzlülük değerlerinin ölçüm yöntemi.....	41
Resim 4.13. Karter havalandırma ünitesi.....	43
Resim 4.14. Karter havalandırma ünitesinde yapılan değişiklikler.....	43
Resim 5.1. Silindir çapının ve sekman ağız aralığının kontrolü.....	46

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
C_R	Yağ tüketim oranı (%)
cst	Viskozite birimi, Centistoke (santistok), mm ² /s
L	İki derin mikro yağ kanalı arasındaki mesafe (μm)
M₁	Yağ kabının ağırlığı+dara (g)
M₂	Yağ kabının ağırlığı+yüzeye yapışan yağ (g)
M₃	Boşaltılan yağ miktarı+dara (g)
M_F	Test boyunca tüketilen yakıt miktarı (g)
MT	Toplam yağ tüketimi (g)
M_T	Test boyunca tüketilen yağ miktarıdır (g)
P₁	Yağdaki nem oranı (%)
P₂	Yağdaki nem oranı (%)
R_a	Honlama çizgilerinin ortalama yüksekliği (μm)
R_{max}	Honlama çizgilerinin maksimum yüksekliği (μm)
R_t	Honlama çizgilerinin maksimum yüksekliği (μm)
R_z	Honlama çizgilerinin minimum yüksekliği (μm)
Std	Standart
W	Mikro yağ kanallarının genişliği (μm)
X	Plato genişliği (μm)
X₁	Tüketilen yağ miktarı (g)
X₂	Tüketilen yağ miktarı (g)

Simgeler**Y****Açıklama**Mikro yağ kanallarının derinliği (μm)**Z**Silindir alanındaki pürüzlülüklerin en yüksek değeri (μm)**Kısaltmalar****Açıklama****ACEA**

Association of European Automotive Manufacturers

AÖN

Alt Ölü Nokta

API

American Petroleum Industry

ASTM

American Society for Testing and Materials

AVL

Anstalt für Verbrennungskraftmaschinen List

CCMC

Commitee of Common Market Automobile Constructors

CFR

Cooperative Fuel Research

DI

Dizel indeksi

DIN

Deutsches Institut für Normung

ISO

International Standards Organization

JIS

Japanese Industrial Standards

LOC

Lubrication Oil Consumption

NA

Doğal emişli

OEM

Original Equipment Manufactures

ÖYTÖzgöl Yakıt Tüketimi (g/kW.h)**SAE**

Society of Automotive Engineers

SUS

Saybolt Universal Second

TC

Aşırı doldurmalı (Turboşarjlı)

ÜÖN

Üst Ölü Nokta

1. GİRİŞ

Motorlu taşıtlar üzerinde teknolojik anlamda çok kısa bir zaman diliminde büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Günümüzde daha güçlü, daha hızlı ve daha ekonomik araçlar üretilebilmektedir. Yaşam standartlarının yükselmesi ve teknolojinin ucuzlaması ile dünyadaki motorlu araç sayısı da hızla artmaktadır. Bu artışın beraberinde getirdiği birçok sorundan biri de motorlardan çıkan zararlı gazların havayı kirletmesidir. Çevresel faktörlerin giderek önem kazandığı dünyamızda motorlu taşıtlardan kaynaklanan bu zararlı gazları en aza indirebilmek için emisyon standartları giderek ağırlaşmaktadır [1-3].

Havanın kirlenmesine sebep olan motorlu taşıtlardan kaynaklanan atıklar, başta motor tasarımına bağlı olan egzoz emisyonları olmak üzere karter havalandırmadan dışarı atılan gaz haldeki motor yağıdır. Motorun imalatına ve tasarımına bağlı olarak motor yağlama yağının yakıt ile karışarak yanması da egzoz emisyonlarını bozan etkenlerdendir. Yağ yakma olarak tabir edilen bu durumun ardından yanma sonrasında oluşan hidrokarbonlar (HC) yağın temizleme özelliğinden dolayı kartere inmekte ve yağlama yağının özelliği bozarak siyah bir renk almasına da sebep olmaktadır. Motor yağının bu şekilde eksilmesi ve renginin bozulması yalnızca çevreye verdiği zararla değil, ticari anlamda düşünülürse, müşteri boyutunda da marka için bir güvensizlik oluşturmaktadır [3-5].

Dizel motor üreticisi olan A firmasına satışı yapılan bazı motorlardan gelen “aşırı yağ tüketimi” şikayetleri üzerine bu tezde sunulduğu gibi bir dizi inceleme başlatılmış, imalat işlemleri ve motorlarda kullanılan bu yönde etkisi olabilecek parçalar incelenmiştir.

Araştırmada doğal çalışma ortamında aşırı yağ tükettiği gözlenen biri doğal emişli, diğeri aşırı doldurmalı olan iki motor, öncelikle dinometreye bağlanarak 20 saat boyunca 2500 d/d 'da çalıştırılmıştır. Testin sonrasında yağ tüketim değerleri kaydedilerek motorlar detaylı inceleme için sökülmüştür.

İnceleme sonucunda yağ tüketimine etkisi olduğu düşülen her bir parça uygun parçalar ile değiştirilmiş, imalat işlemlerinde görülen aksaklıklar giderilmiş ve yapılan herbir değişikliğin motorlardaki etkisini görebilmek için 10'ar saatlik dinamometre testleri yapılmıştır.

2. YAĞ TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER

Motorlarda kullanılan yağlama yağlarının başlıca görevleri birbiri üzerinde hareket eden motor parçalarının, doğrudan doğruya temas etmesini önleyerek, parçaların aşınmasını ve güç kaybını azaltmak ve ısınan motor parçalarının soğutulmasına yardım etmektir. Kısaca yağlamadaki temel amaç; temasta olan birbirlerine göre izafi harekette bulunan iki yüzey arasındaki sürtünme ve aşınmayı makul olan minimum seviyeye indirmektir. Bunun yanında yağlama yağının diğer görevleri, parçalar arasında oluşan pislikleri temizlemek, silindir cidarı ile piston-segman arasındaki boşlukları doldurarak sızdırmazlık sağlamak, yataklarda ve diğer hareketli motor parçalarındaki vuruntuyu yok ederek gürültü ve sesleri azaltmak ve motor parçalarının ömrünü arttırmaktır [6].

Yağların temel özellikleri koruyucu ve kaydırıcı olmalarıdır. Fakat belirli süre kullanılan yağların bu özellikleri bozularak motor parçaları üzerinde aşınmalar meydana gelmekte, motorun bakım ve revizyona girme periyodu kısalmaktadır. Parça deformasyonuna bağlı olarak motor karakteristikleri de değişmektedir. Yağ ömrü tüm araçlar için genel bir süre ile belirtilmekte ve o süre sonunda değiştirilmesi tavsiye edilmektedir. Halbuki yağ ömrüne etki eden parametreler taşıta göre değişim göstermektedir. Bunlar aracın markası, modeli, çalışma koşulları, iklim şartları v.b. olarak sayılabilir. Dolayısıyla farklı çalışma koşullarına sahip olan araçların yağ değişim periyotları da değişmektedir. Son yıllarda motorlarda kullanılan yağlar geliştirilerek değiştirilme süreleri uzatılmakta, yağ viskoziteleri ve sürtünme kuvveti azaltılarak egzoz emisyonları ve yakıt ekonomisinde de iyileşme sağlanmaktadır [6-9].

Yağ tüketimi segmanların pompalama kabiliyetinin ve dolayısıyla motor devrinin fonksiyonudur. Segman aralıklarının azlığı ve yağ segman yuvası tahliye deliklerinin büyüklüğü pompalama işlemini minimuma indirir. Yağın viskozitesi normal şartlardaki çalışmalar için uygun olduğu halde yağ aşırı bir şekilde kızdırılmış olabilir. O zaman viskozitesi azalacak ve yağ tüketimi artacaktır. Onun için yağın

sıcaklığı yakından takip edilmeli ve bu artışa sebep olan herhangi bir durum araştırılmalıdır [9, 10].

Yağ tüketimini artıran sebepler;

- İstenilen özellikte yağ kullanılmaması
- Aşırı sıcaklık
- Supap kılavuzlarından yanma odasına sızıntılar
- Motor havalandırmadan buharlaşma
- Yağ kaçakları

olarak sıralanabilir [9].

2. 1. Motor Yağları

Hidrodinamik yağlama şartları altında düşük viskoziteli yağlar daha az direnç göstererek iç sürtünmelerin azalmasına sebep olmakta ve bu sayede yakıt ekonomisi sağlamaktadır. Ancak düşük viskoziteli yağların kullanılmasını yağ tüketimini artırırken yağ filmi kalınlığının azalmasına hatta yağ filminin yırtılmasına neden olabilmektedir [6, 11].

Düşük viskoziteli sentetik ve yarı sentetik yağların daha az uçucu olmaları nedeniyle kullanımları sırasında yağ tüketimleri azalmaktadır. Bu tür yağlarda sürtünmeyi azaltıcı katıklar kullanılarak bilhassa sınır kullanım şartlarında kaydırıcılık artırılarak metal yüzeyler korunmaktadır [10, 12].

Motorların gelişmesine paralel olarak daha iyi yağlamanın gereği ortaya çıkmış ve bu konudaki çalışmaları hızlandırmıştır. Yağın içerisinden istenmeyen kısımlar 1930'lu yıllarda rafinasyon yoluyla artırılıp, tek dereceli yağlar imal edilmiştir. 1935'de yataklardaki korozyon problemini çözmek için yağlara korozyon önleyici katıklar eklenmiş, 1938'de deterjan katıklı yağlar, 1952'de polimerlerin kullanılmasıyla çok

dereceli yağlar ve dispersan katıklar eklenmiştir. 1973'de petrol krizi sırasında fiyatların artmasıyla sentetik motor yağları ticari hale getirilmiştir. Ülkemizde rafinasyon metodu ile madeni yağ üretimi 1953'lü yıllardan sonra olmuştur. Motorların gelişmesine paralel olarak, motorlarda kullanılan yağlar ve yağlama sistemleri de geliştirilmiştir [11].

Yağlar kullanıldıkları yerlere göre genel olarak taşıt yağları ve endüstri yağları olarak iki ana grupta toplanabilir. Otomobil, kamyon, traktör ve benzeri taşıtların motor yağlarının doğru seçimindeki ve kullanımındaki önem, motor ve araç üreticilerinin devamlı ortaya koydukları yenilikler ve bu yeniliklere uygun düşecek yağlar üzerindeki titiz ısrarlar, taşıt yağları seçiminde kolaylık ve doğruluk sağlayacak bazı pratik sınıflamaların ortaya konulması zorunlu kılınmıştır. Taşıt yağlarını ise iki grupta inceleyebiliriz [13, 14];

- Viskozite Sınıflaması
- Servis Sınıflaması

Madeni yağların sınıflandırılması SAE (Society of Automotive Engineers) numaralama sistemine göre yapılır. Burada numaralar belirli sıcaklıkta, SUS (Saybolt Universal Second) cinsinden viskozite değerini ifade eder. Kış yağ numaraları 0 °F'da 5W, 10W, 20W, yaz yağ numaraları da 210 °F'da 20, 30, 40, 50 gibi numaralar verilerek tespit edilir. Yağlar TSE tarafından, TS-E-SA (CA) vb. sembol grubunda gösterilmektedir. TS sembolü Türk Standartları, E sembolü TS 4590 standardında içten yanmalı motorları, S sembolü benzinli motor yağlarını, C sembolü dizel motor yağlarını, A,B,C,D,E,F harfleri yağın performans seviyesini belirtmektedir. Motor yağlarının üretiminde uluslararası standartları ve şartnameleri belirleyen kurumlar, OEM (Original Equipment Manufactures), API (American Petroleum Industry), SAE ve CCMC (Commitee of Commen Market Automobile Constructors)'dır. Gelişen teknolojiye paralel olarak motor yağlarında günümüz ihtiyaçlarına göre kalitenin değiştirilmesi ve yükseltilmesi amacı ile mevcut CCMC üyeleri ACEA (Association of European Automotive Manufacturers) çatısı altında toplamıştır.

Motor yağları hizmet şartlarına göre hafif hizmet (Regular Type), orta hizmet (Premium Type) ve ağır hizmet (Heavy Duty) olarak üç bölüme ayrılmıştır [13, 14].

2. 1. 1. Viskozite sınıflaması

SAE tarafından oluşturulmuş olan viskozite sınıflaması, yağların belli viskozite aralıklarını belli numaralar ile ifade etmek esasına dayanmaktadır. Bu sınıflamada motor yağları ile dişli kutusu yağları ayrı gruplandırılmış olup, motor yağlarına 0W-60W ve dişli kutusu yağlarına 70W-250 numaraları verilmiştir [13].

2. 1. 2. Servis sınıflaması

Piyasalarda motor tiplerinin ve motor yağı cinslerinin çok çeşitli olması motor yağlarının seçiminde kolaylık ve doğruluk sağlayacak özel bir servis sınıflamasına ihtiyaç göstermektedir. Bu konuda eski API sınıflaması 1972 yılına kadar kullanılmış ancak bundan sonra API / ASTM / SAE müşterek bir sınıflandırma oluşturmuştur. Bu sınıflandırmaya göre motorlar buji ile ateşlemeli ve dizel olarak ayrılmaktadır [14].

Buji ile ateşlemeli motor yağları

Eski API sınıflamasında ML, MM, MS olarak üç sınıfa ayırmak yerine yeni sınıflaması buji ile ateşlemeli motor yağların için "S" serisi olarak ve yeni gelişmelere daima açık bir sınıflama koymuştur. Bu serinin ilk sınıfı SA olup , diğer sınıflar için S harfi sabit tutularak ve ikinci harfler alfabetik sıra ile değiştirilerek yeni sınıflar oluşturulur [8, 15].

Dizel motoru yağları

Dizel motor yağlarının yeni API / ASTM / SAE servis sınıflamasına göre ayrımında

da sistem benzin motoru yağlarında olduğu gibidir. Ancak burada "C" harfi dizel motor yağı sınıflamasının sembolü kabul edilmiştir [15].

Piyasada genellikle doğal emişli dizel motorlarda 20W-50, turboşarjlı dizel motorlarda ise 15W-40 yağ kullanılmaktadır.

20W/50 dizel motor yağı

API CF-4/SG ve ACEA E2 performans öğelerini karşılayan 20W50, katık ve baz yağlar kullanılarak üretilen bir motor yağıdır. Her türlü iklim ve yol koşulunda çalışan ağır hizmet araçlarıyla iş ve tarım makinalarının hem benzinli hem de dizel motorlarında kullanılmak üzere geliştirilen yağ, içerdiği katıklar sayesinde depozit ve vernik oluşumunu engelleyerek motoru temiz tutar, korozyon ve oksidasyonu önler. Ayrıca bu yağ aşağıdaki özellikleri ile de kullanım için uygundur [15-17];

- Uzun yağ değişimi periyodu sağlar, aracın servis ömrünü uzatır,
- Motordaki gürültülü çalışmayı ve vuruntuları engeller,
- Soğuk hava şartlarında ilk çalışmayı kolaylaştırır, aşınmaları engeller.

Doğal emişli dizel motorlarda kullanılan bu yağın tipik özellikleri ise Çizelge 2.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.1. 20W50 yağın tipik özellikleri [15]

SAE No	20W/50
Yoğunluk, 15 °C, kg/l	0,896
Viskozite, 40 °C, cSt	189
Viskozite, 100 °C, cSt	19.5
Viskozite İndeksi	122
Alevlenme Noktası, °C	224
Akma Noktası, °C	-24

15W40 dizel motor yağı

API CF-4 performans ögelerini karşılayan 15W40, traktör motor yağı standartlarına uygun olarak hazırlanmış dört mevsim dizel motor yağıdır. Traktör karter yağlama sistemlerinin gereksinimlerini yeteri kadar karşılayabilmekte, oluşturduğu dayanıklı yağ filmi ile her türlü iklim ve çalışma şartlarında verimli bir yağlama sağlayabilmektedir. Ayrıca bu yağ aşağıdaki özellikleri ile de kullanım için uygundur [15-17];

- Yüksek viskozite indeksi sayesinde değişik iklim koşullarında akıcılığını muhafaza ederek motorda azami koruma sağlar,
- Ağır çalışma koşullarında dahi katık içeriği sayesinde oksidasyonu, aşınma ve korozyonu önler,
- Deterjan ve dispersan bileşimleri ile tortu oluşumunu önleyerek daha uzun filtre ömrü sağlar.

Turboşarjlı dizel motorlarda kullanılan bu yağın tipik özellikleri ise Çizelge 2.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. 15W40 yağın tipik özellikleri [15]

SAE No	15W/40
Yoğunluk, 15 °C, kg/l	0,886
Viskozite 40 °C cst	123
Viskozite 100 °C cst	15,1
Viskozite İndeksi	130
Alevlenme Noktası, °C	220
Akma Noktası, °C	-24

2. 2. Dizel Yakıtı ve Yakıt Sistemi

Yanma ısısını mekanik güce çevirmek için en verimli mekanizma olan ve daha ucuz yakıtların kullanılabilme arzusundan doğan dizel motoru, benzin ve gaz

motorlarından takriben 30 yıl kadar sonra, 1892 de Rudolf Diesel tarafından keşfedilmiştir [18, 19].

İçten yanmalı pistonlu motorlarda ısı enerjisinin mekanik enerjiye dönüşümü silindir içerisinde yakıt ile hava arasındaki kimyasal reaksiyon ile oluşur. Motor belirli bir devirde dönerken hava/yakıt karışımının reaksiyona girmek için çok fazla zamanı olmadığı açıktır; dolayısıyla kullanılan yakıtın herşeyden önce yanma olayını kısa bir zaman içerisinde gerçekleştirebilecek özellikte olması istenir. Yakıt sistemi de bunu temin edebilecek özellikte olmalıdır [19, 20].

2. 2. 1. Dizel yakıtı

Ham petrolün damıtılması sırasında 200-380°C kaynama aralığında alınan üçüncü ana ürün dizel motoru yakıtı olan motorindir [21].

Daha yüksek sıkıştırma oranlarında çalışması sebebiyle termik verim bakımından dizel motorlar buji ile ateşlemeli motorlara göre daha verimlidir. İlk imal edilen dizeller düşük devirli ve büyük silindirli olduklarından piyasaya arz edilen fueloil'lerin silindire püskürtülerek yanması suretiyle kullanılmaları mümkün oluyordu. Fakat zamanla dizel imalatçıları motor boyutunu küçültüp devir sayısını arttırarak daha fazla güç üretimi yoluna gidince bu ihtiyaca cevap verecek yakıtların yapılması zaruret haline gelmiştir. Çeşitli makine imalatçıları değişik tip motorlar imal ettiklerinden bunların herbiri için ayrı bir dizel yakıtı imalinin imkansızlığı karşısında ASTM (American Society for Testing and Materials) bunları bir sınıflandırmaya tabi tutmak mecburiyetinde kalmış, ASTM'den sonra TSE de bu standartları ülkemizde uygulamaya geçirmiştir [18, 20].

Dizel motorlarda çoğunlukla kullanılan motorinin özellikleri Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Motorin 7000'in özellikleri [22]

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER	SINIR	DENEY YÖNTEMİ
Yoğunluk (15 °C' ta)	kg/m ³	820-860		TS1013 EN ISO 3675 TS EN ISO 12185
Isıl değer	kcal/kg	9850		
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	% ağırlık	11	En çok	TS EN 12916
Parlama Noktası	°C	55	En az	TS 1273 EN 22719
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (SFTN) - Kış	°C	-15	En çok	TS EN 116
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (SFTN) - Yaz	°C	5	En çok	TS EN 116
Damıtma, 250°C' ta elde edilen	% hacim	65	En çok	TS 1232 EN ISO 3405
Damıtma, 350°C' ta elde edilen	% hacim	85	En az	TS 1232 EN ISO 3405
Damıtma, 370°C' ta elde edilen	% hacim	95	En az	TS 1232 EN ISO 3405
Kükürt	mg/kg	1001-7000		TS 6838 EN ISO 8754
Karbon Kalıntısı (%10 damıtma kalıntısından)	% ağırlık	0,30	En çok	TS 6148 EN ISO 10370
Viskozite (40 °C 'ta)	cst	2,0- 4,5		TS 1451 EN ISO 3104
Bakır şerit korozyonu (3 saat 50 °C' ta)	Derece	No.1	En çok	TS 2741 EN ISO 2160
Kül	% ağırlık	0,01	En çok	TS 1327 EN ISO 6245
Setan indisi	hesapla	46	En az	TS 2883 EN ISO 4264
Setan sayısı		49	En az	TS 10317 EN ISO 5165
Su	mg/kg	200	En çok	TS 6147 EN ISO 12937
Toplam kirlilik	mg/kg	24	En çok	TS EN 12662
Oksidasyon kararlılığı	g/m ³	25	En çok	TS EN ISO 12205

Yakıt püskürtme karakteristikleri ve viskozite

Uygun viskoziteli bir yakıtın seçimi sadece pompalama ve püskürtme sistemleri ile ilgili olarak değil, aynı zamanda yanma olayında da önemlidir. Viskozite yakıt zerrecilerinin büyüklüğünü kontrol ettiğinden mükemmel bir yanma için uygun hava/yakıt karışımı elde etmede en önemli faktör olan atomizasyon ve dağılma derecelerini de tayin eder. Yakıtın yanma odasında nüfuz ettiği mesafe yakıt zerrecilerinin büyüklüğüne bağlıdır. Çok viskoz olan yakıtlar nisbeten soğuk olan silindir duvarlarına çarpmadan zerreciler halinde ayrılmazlar. Onun için yanma dumanlı olur. Diğer taraftan çok hafif yakıtlar mükemmel bir hava/yakıt karışımı

meydana getirecek şekilde yeterli olarak nüfuz etmezler [10, 23].

Ayrı veya ön yanma odalı motorlarda yakıt püskürtme huzmesi nisbeten kısa olduğundan daha ziyade hafif yakıtlar arzu edilir. Hava ile püskürtmeli sistemlerde daha viskoz yakıtlar kullanılabilir. Çünkü burada hava yakıtın atomize olmasına yardım eder. Birden fazla delikli nozul ihtiva eden enjektörlerde tek delikli nozul ihtiva edenlere nisbetle daha ağır yakıtlar kullanılabilir. Daha küçük delikler, yakıtın daha iyi bir şekilde parçalanmasını temin ederler. Ekstra basınç yakıt huzmesinin nüfuz etme kabiliyetini artırdığı için yüksek bir püskürtme basıncı ile çalışan makinelerde daha hafif yakıtlar kullanılabilir [10, 24].

Setan sayısı

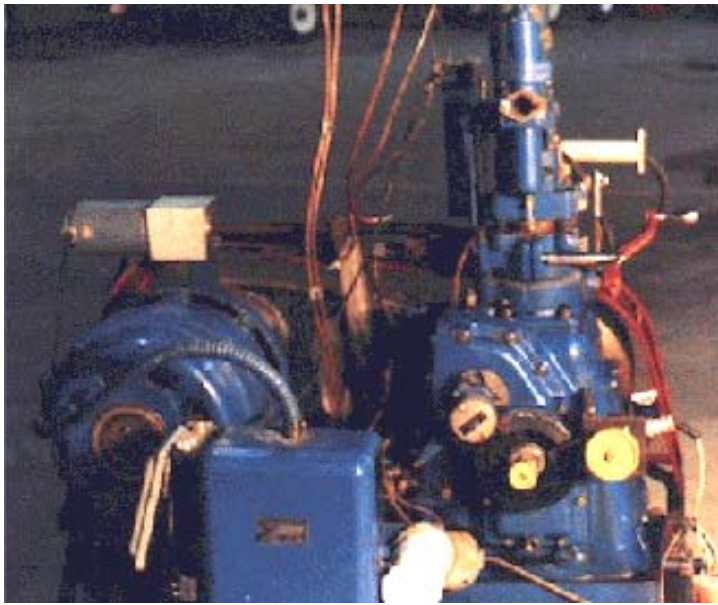
Bir dizel motor yakıtı için en önemli kriter tutuşma kalitesi yani enjeksiyon başladıktan sonra en az gecikme ile kendi kendine tutuşmaya hazır olma özelliğidir. Setan sayısı olarak adlandırılan bu özelliğin yüksek olması yakıtın tutuşma gecikmesinin daha küçük olması anlamına gelmektedir.

Bir yakıtın tutuşma gecikmesi yanma kabiliyeti 100 olan setan ($C_{16}H_{34}$) ile sıfır olan alfametilnaftan ($C_{10}H_7CH_3$) arasındadır. Çizelge 2.4’de setan ve alfametilnaftan’ın özellikleri belirtilmektedir [21].

Çizelge 2.4. Setan ve alfametilnaftan’ın özellikleri [21]

ÖZELLİK	SETAN	ALFAMETİLNAFTEN
Kimyasal formülü	$C_{16}H_{34}$	$C_{10}H_7CH_3$
Yoğunluk, 20 °C ‘de (kg/m ³)	775	1000
Donma noktası, 1,018 bar basınçta (°C)	288	247
Viskozite (cst)	4,54	3,12
Anilin noktası (°C)	92,2	-48
Alt ısı değeri (kJ/kg)	43722	38074

Setan sayısı CFR (Cooperative Fuel Research Committee) motoru denilen özel bir motor yardımı ile belirlenir (Resim 2.1). Setan sayısı belirlenecek yakıt ile referans yakıt (setan ile alfametilnaftan'ın karışımı) motora konur. Önce setan sayısı belirlenecek yakıt ile çalıştırılan motorun yanma kalitesinin aynısı referans yakıt ile sağlanmaya çalışılır. Bu, setan ile alfametilnaftan'ın karışım oranı ile sağlanır. Aynı özellikteki yanma yakalandığında referans yakıt içerisindeki setanın hacimsel yüzdesi diğer yakıtın setan sayısını verir [21].



Resim 2.1. CFR motoru

Dizel indeksi (DI)

Setan sayısının ölçülmesi kolay olmadığı için bunun yerine aynı kavramı anlatan ve dizel indeksi adı verilen, ölçülmesi kolay bir sayı kullanılır. Tutuşma kalitesinin bilinen göstergesi olan setan sayısı ile yakıtın fiziksel özellikleri ile bağlantı kurmak için harcanan çabalar neticesinde yakıt içerisindeki parafin bileşiklerin bağıl oranı ile tutuşma kalitesi belirlenmiştir. Bu oran “anilin noktası” olarak adlandırılan basit bir test ile ölçülür. Anilin noktası, yakıtın eşit hacimdeki anilin ($C_6H_5NH_2$) içerisinde tamamen karıştığı en düşük sıcaklıktır. Anilin, aromatik hidrokarbonları her zaman,

parafinleri ise yalnız sıcakta çözebilen bir eritkendir. Bu tanımlara göre Eş. 2.1. ile dizel indeksi hesaplanır [21].

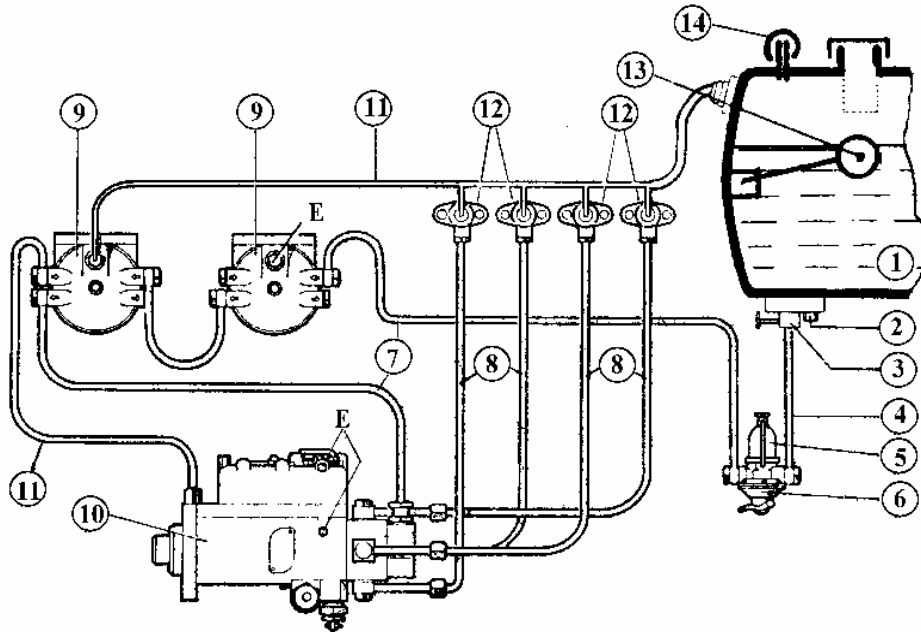
$$DI = (G.A) / 100 \quad (2.1)$$

G: API yoğunluğu

A: Anilin noktası (°F)

2. 2. 2. Yakıt sistemi

Dizel motorlarında yakıt sisteminin görevi, yakıtın tam zamanında, küçük zerreler halinde, istenilen miktarda püskürmesini sağlamaktır [20, 25].



Şekil 2.1. Yakıt sisteminin şematik görünüşü [25]

- 1.Depo 2.Tortu boşaltma yeri 3.Yakıt musluğu 4.Emme borusu 5.Ön temizleyici 6.Besleme pompası 7.Besleme borusu 8.Basma borusu 9.Filtre 10.Yakıt pompası 11.Geri dönüş borusu 12.Enjektör E.Havalandırma civatası

Şekil 2.1. de numaralandırmış parçalardan oluşan yakıt sistemi, yakıtın depodan alınıp yanmasına kadar olan aşamaların oluşmasını temin eder.

Besleme pompası depodan emdiği yakıtı 0,5-1,5 bar basınç ile filtreye gönderir, filtrede süzülüp içerisindeki yabancı maddelerden arınan yakıtın miktarı, çalışma şartlarına göre enjeksiyon pompası tarafından ayarlanıp basıncı yükseltilerek yüksek basınç boruları üzerinden enjektörlere gönderilir [21, 25].

Enjeksiyon pompası

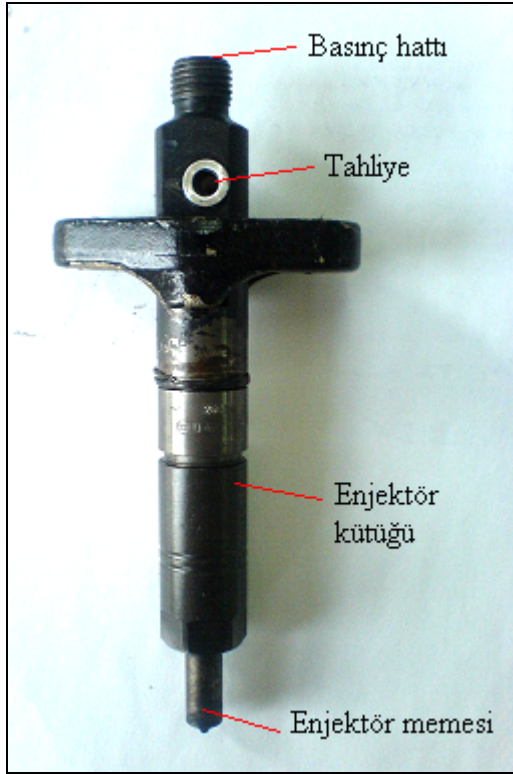
Yakıtın püskürtülmesi, enjeksiyon pompasının sadece saniyenin binde birkaçı kadarlık bir süre çalışması sonucu olur. Bununla beraber bu kısa zaman aralığında pompanın yakıt basıncını yükseltmesi, yakıtı ölçmesi, çeşitli krank mili açılarında püskürtmesi ve gelecek kursora hazırlanması gerekir. İşte tüm bu görevleri yerine getirmek üzere genellikle hareketini ilki krank mili üzerine bağlı olan bir dizi dişliden alan enjeksiyon pompası kısaca, gerekli miktardaki yakıtı basıncını arttırarak tam zamanında enjektörlere gönderen, basınç supapı ve regülatörü de barındıran yakıt sistemi elemanıdır [19, 21, 24].

Enjektörler

Silindir kapağına yerleştirilerek enjeksiyon pompasından gelen yüksek basınçtaki yakıtı zerreler halinde yanma odasına püskürten, hassas işlenmiş yüksek alaşımlı çelikten imal edilen enjektör kütüğü ve memeden oluşan yakıt sistemi elemanı (Resim 2. 2) enjektördür. [21, 25].

Enjektör memesinin iğnesi, yakıtın basıncı ile hareket eder. Pompa tarafından basılan yakıt iğne yuvasının hemen üzerindeki basınç haznesine dolar. Buradaki yakıt basıncı iğnenin konikleştirilmiş yüzeyinde meydana getirdiği kuvvetin dikey bileşkesi iğneyi yuvasına bastıran yay kuvvetinden büyük ise iğne yukarı doğru hareket eder ve yakıt, meme deliklerinden geçerek bir demet şeklinde yanma odasına

püskürür. Yanma odasına püsküren yakıtın basıncı da enjektör kütüğünde bulunan yay ile ayarlanır [21-26].



Resim 2.2. Enjektörün yapısı

2. 3. Yanma ve Emisyonlar

Petrolden elde edilen sıvı yakıtların sınırlı rezervlerine rağmen, dünyada otomotiv sektörü hızla gelişmektedir. Bu gelişmeye paralel olarak yakıtların tükenmesi ve çevre kirliliği gibi bir çok sorun ortaya çıkmaktadır. Yakıt tüketiminin ve çevre kirliliğinin azaltılması silindirde gerçekleşen yanmanın verimli bir şekilde oluşumuna bağlıdır [5, 27].

2. 3. 1. Yanma

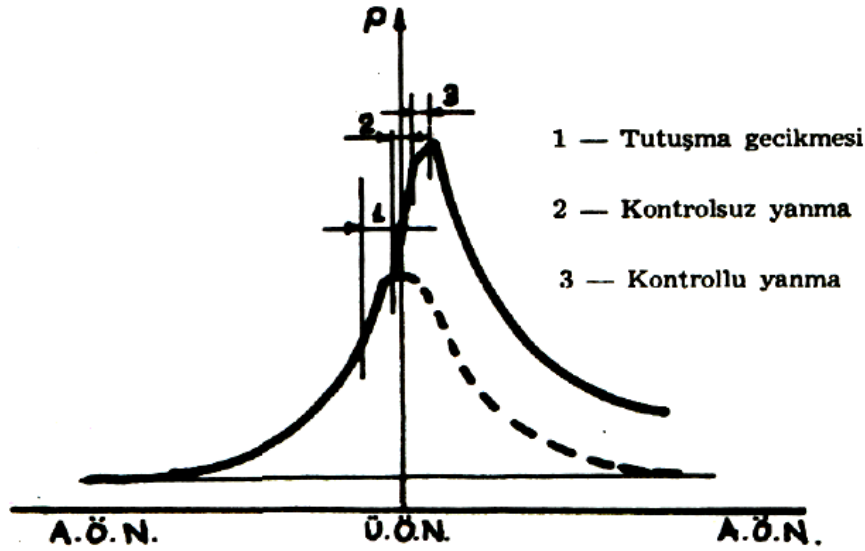
Dizel motorlarında yanma olayı, yanma odasına yakıtın püskürtüldüğü andan yanma ürünlerinin dışarıya atılmaya başladığı egzoz başlangıcına kadar geçen sürede cereyan eden karmaşık fiziksel ve kimyasal olaylar bütünüdür. Dizel motorlarının ekonomikliği, yakıtın kimyasal enerjisinin ısı enerjisine dönüşme hızına bağlıdır. Bu hız, yakıtın yanma odasına zamana bağlı olarak gönderilmesine, yanma odasında uygun bir şekilde ve zamanda hava ile karışmasına, tutuşmasına ve yanmasına bağlıdır [21].

Dizel motorlarında yanma için kullanılacak hava, emme zamanında silindire alınarak sıkıştırılır. Sıkıştırma sonuna doğru sıcaklığı 500 - 700 °C'ye yükselen hava içerisine yakıt, ÜÖN'dan 15° - 30° KMA önce enjektör vasıtasıyla püskürtülür. Mekanik püskürtmeli motorlar adı verilen bu motorlarda yanma olayı şu dört safhada meydana gelir:

- 1 — Tutuşma gecikmesi
- 2 — Kontrolsüz (hızlı) yanma
- 3 — Kontrollü yanma
- 4 — Gecikmiş yanma

Sıkıştırma sonuna doğru silindire püskürtülen yakıt zerreleri hemen tutuşmaz. Yakıt zerrelereinin tutuşabilmesi için önce oksijenle karışması ve tutuşma sıcaklığına yükselmesi gerekir. Bu nedenle belirli bir zamana gerek vardır. İşte bu zamana tutuşma gecikmesi denir. Bu açıklamaya göre tutuşma gecikmesini, enjektörün yakıtı silindire püskürtmeye başladığı andan, ilk alev çekirdeğinin meydana geldiği ana kadar geçen zaman olarak ifade edebiliriz. Şekil 2.2 'deki indikatör diyagramında 1 numaralı bölge olarak gösterilen tutuşma gecikmesi süresi, 2000 dev/dak da çalışan bir motorda 0,0009 saniyedir. Her ne kadar tutuşma gecikmesini ortadan kaldıramıyorsak da, motorun sesli ve vuruntulu çalışmasına etki edeceğinden bu sürenin imkan ölçüsünde kısa olması gerekir.

Aşağıda sayılan faktörler bu sürenin kısalmasına veya uzamasına etki eder [23].



Şekil 2.2. Dizel motorlarında yanma diyagramı

Sıkıştırma sonu sıcaklığı

Sıkıştırma sonundaki sıcaklığın değeri, emme havası ve soğutma suyunun sıcaklığı ile değişir. Yani havanın ve soğutma suyunun sıcaklığı artarsa tutuşma gecikmesi azalır.

Sıkıştırma sonu basıncı

Yapılan deneylerden anlaşıldığına göre, sıkıştırma oranı artırılırsa ve silindire basınçlı hava gönderilirse, sıkıştırma sonu basıncı ve buna paralel olarak sıcaklığı artmaktadır. Bu da püskürtülen yakıtın kısa zamanda tutuşmasına yol açar ve tutuşma gecikmesi azalır.

Yakıtın kimyasal yapısı

Dizel yakıtının kimyasal yapısının tutuşma gecikmesine etki eden en önemli

faktörü; yakıtın setan sayısı veya dizel indeksidir. Yakıtın setan sayısı veya dizel indeksi yükseldikçe tutuşma gecikmesi azalır.

Yakıtın atomize edilmesi

Yanma odasına püskürtülen yakıt zerreleri ne kadar küçük olursa, bunların hava ile karışması, ısınması ve tutuşması o derece kolay olur. Bu zerrelere ise yakıtın viskozitesi, püskürtme basıncı ve enjektör deliklerinin çapı etki eder.

Sıkıştırılan havada meydana getirilen türbülans

Türbülans adını verdiğimiz sıkıştırılmış hava içindeki hava akımları, yakıt zerrelere yanma odasına dağıttığı gibi, bu zerrelere ısınma hızını da artırır. Doğal olarak bu da tutuşma gecikmesini kısaltır. Bu hava hareketi silindire giren havayı yönlendirmek, pistonu veya yanma odasına özel şekiller vermek suretiyle temin edilir. Türbülans aynı zamanda motor devrine bağlı olarak artar. Çizelge 2.5’de motor devrinin tutuşma gecikmesine etkisi görülmektedir [20-23].

Çizelge 2.5. Motor devrinin tutuşma gecikmesine etkisi

Motor devri (d/d)	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
Tutuşma gecikmesi (s)	0,0017	0,0032	0,0024	0,0015	0,0015	0,0011	0,0009

2. 3. 2. Egzoz emisyonları

Günümüzde endüstriyellemenin artması sonucunda endüstriyel kaynaklı kirleticiler çevre kirliliğini de beraberinde getirmiştir. Bu kirleticiler çok çeşitli olup bir çok kaynaktan meydana gelerek çevreyi kirletmekte ve dolayısıyla insan ve diğer canlıların sağlığını olumsuz etkilemektedir [1].

Bu sorunlardan biride insanları en çok etkileyen hava kirliliğidir. Hava kirliliği insan sağlığını direkt etkileyen, maruz kalınması en yaygın çevre kirlenmesidir. Endüstriyel kaynaklı bir çok toksik kirletici içermektedir. Özellikle yanma işlemleri sırasında açığa çıkan emisyonlar oldukça önemli toksik etki göstermektedir. Yanmanın tam gerçekleşmemesi sonucu açığa çıkan zararlı gazlar çevreyi kirlletmekte dolayısıyla insan sağlığını etkilemektedir. Hava kirliliğinin oluşmasına neden olan başlıca kaynaklardan biri de günümüzde yaygın olarak kullanılan motorlu taşıtlardır. Motorlu taşıtlarda egzoz emisyonları içerisinde bulunan kirleticiler, motorlu taşıt kullanımının artması ile her geçen gün çevreyi daha da kirlletmekte insan sağlığını bozmaktadır [1, 5, 27, 28].

Benzin ve dizel motorlarından çıkan egzoz gazlarında bulunan zararlı maddelerin trafiğin yoğun olarak yaşandığı merkezlerde çevreye ve insan sağlığına verdiği ve vereceği zararlar oldukça fazladır. Genellikle kent merkezlerindeki karbonmonoksit (CO) emisyonlarının %70-90'ından, azotoksit (NO_x) emisyonlarının %40-70'inden, hidrokarbon (HC) emisyonlarının yaklaşık %50'sinden ve şehir bazında kurşun emisyonlarının %100'ünden motorlu taşıtlar sorumludur [28].

Fosil kökenli yakıt yakan tesis ve düzenekler içinde, kullanılan yakıtın içerdiği kimyasal enerjiyi en düşük verimle mekanik enerjiye dönüştürebilen aygıt içten yanmalı motorlardır. Bunun sonucunda motorlu taşıtlarda bol miktarda yanmamış petrol buharı, egzoz gazları ile birlikte atmosfere atılmaktadır. İçten yanmalı motorlarda kirleticilerin kaynakları, egzoz borusu, karter havalandırma, yakıt havalandırma deliği ve karbüratördür. Egzoz borusundan meydana gelen kirleticiler, toplam kirleticilerin %65-85'ini oluşturur. Egzoz kaynaklı kirleticiler, yanmamış hidrokarbonlar (HC), karbonmonoksit (CO), azotoksitler (NO_x), benzinin oktan sayısını yükseltmek için ve vuruntuya karşı kullanılan kurşun tetra peroksitler ve diğer oksitlerdir. Bu kirleticiler hava yakıt karışım oranı, ateşleme zamanlaması, yanma odasının geometrisi, sıkıştırma oranı, motorun hızı ve yakıtın cinsi gibi parametrelere bağlıdır [1, 5, 23].

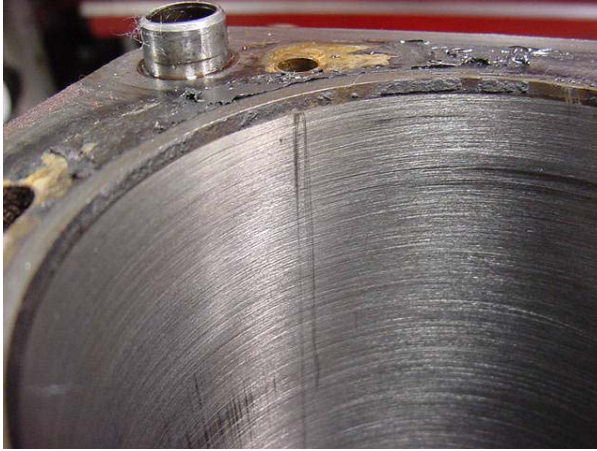
Kirleticilerin özellikleri ve zararlarının büyüklüğü aracın kullanım moduna göre de değişiklik gösterebilir; örneğin relanti halinde bir aracın egzoz gazlarında CO ve HC çok yüksek iken NO_x miktarı düşüktür veya araç hızlandığı zaman CO ve HC miktarı düşük iken NO_x oranı yüksek olabilir. Yakıtın cinsi de emisyonlar üzerinde etkindir. Yapılan çalışmalarda dizel kullanımının benzinli motorlara göre daha az kirletici oluşturduğu kanıtlanmıştır. [1, 5].

2. 4. Silindirler

Motor gücünü ve dayanımını arttırmak için uzun yıllardan beri tasarım, malzeme, yakıt ve yağlayıcılarda iyileştirmeler yapılmıştır. Güç silindirlerinin tüm işlevi hava/yakıt karışımının yanma odasında yanmasından kaynaklanan gaz basıncını krank miline iletmektir. Güç silindiri bileşenleri silindirler, segmanlar, pistonlar, piston pimi ve biyel koludur [18, 19, 29].

2. 4. 1. Silindir arızaları

Başlıca silindir arızaları, aşınma, parlaklık, çizilmeler (Resim 2.3) ve krepajdır. Aşınma, sürtünme ile birlikte yanma, yağlama ve soğutmanın oluşturduğu fiziksel ve kimyasal etkenlerin silindir yüzeylerini etkilemeleri sonucu oluşur. Silindirlerde aşınma silindirik bir şekilde oluşmaz. Normal olarak büyük ve küçük dayanma yüzeylerine doğru aşınmaların dışında, silindir kapak civatalarının farklı torkta sıkılması sonucunda da silindir bloğunda gerilmeler oluşur. Bu gerilmeler silindirliği bozar. Sekmanlar bu bozuk silindirliğe ayak uyduramaz ve silindiri aşındırırlar. Silindir bloğu sökülüp soğuduğunda, silindir eski halini almak isterken sekmanların aşındırdığı kısımlar aşıntı fazlalığı olarak ortaya çıkar. Silindirlerde aşıntının en fazla olduğu kısımlar üst sekman setinin birkaç milimetre altındadır. Bu kısım çalışma şartlarında en fazla ısınan ve en az yağlanabilen kısımdır. Silindir duvarlarının en az aşınan kısımları ise alt seviyelerdir. Bu kısımlarda yağlama ve soğutma daha iyidir [29, 30].



Resim 2.3. Silindir yüzeyinde oluşan çizikler

Günümüz buji ile ateşlemeli motorlarında dökme demir silindirlerin yüzey kalitesi 3-6 μm arasındadır. Yüzey kalitesi 3 μm 'den aşağı olan silindir duvarları sekmanların silindirlere alışmasını zorlaştırır, hatta imkânsız hale getirir. 6 μm 'den daha fazla olması durumunda ise sekman ve silindirler çabuk aşınırlar [26, 29, 30].

2. 4. 2. Silindirlerin honlanması

Bir çeşit yüzey işleme şekli olan honlama, tornalanmış (rektifiye edilmiş) olan silindir yüzeylerinin kalitesini arttırmak için yapılır. Motor verimini etkileyen en önemli faktörlerden biri olan honlama, yüzeye geometrik doğruluk vermekte, düzgün bir yüzey sağlamakta, mikro kanallar yardımı ile yağlamanın iyilik derecesini arttırmaktadır. Motorun ilk çalıştırılması esnasında plato kanalları arasındaki yağ zerreleri sekmanların yağlanmasını sağlar. Motorun çalışması sırasında pürüzlü tepecikler sekmanlar tarafından aşındırılır ve belli bir piston yatağı oluşur. Özellikle dizel motorları için plato honlama rodaj devresini kısaltır [30-32].

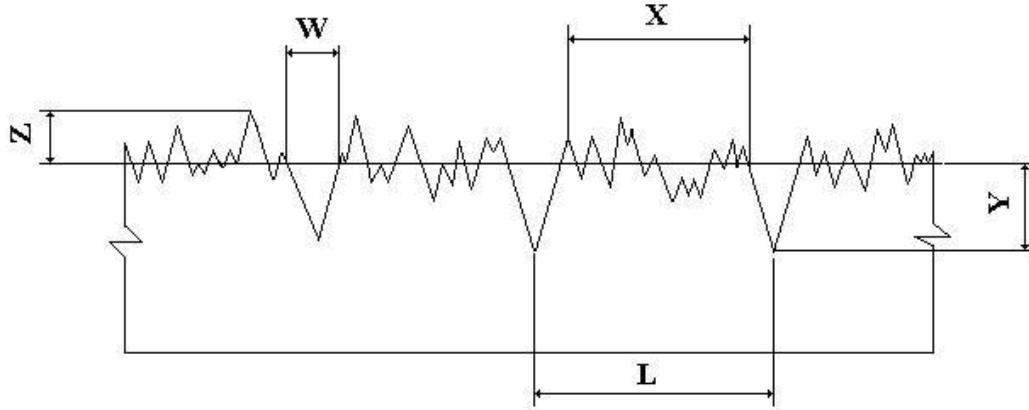
Plato honlamada yüzey kalitesini (pürüzlülük değerini) ölçen standart bir metot yoktur. Her motor yapım firması veya makine yapım üniteleri kendi metotlarını kendileri belirlemektedir.

1930 yıllarında ilk defa kullanılmaya başlayan sivri uçlu (stylus) yüzey profil ölçerler bugün hala bir çok firma tarafından kullanılmaktadır. Profil ölçerler yardımı ile yüzeyin mikro geometrisi hakkında birçok bilgiyi birkaç örnek ölçüm yaparak elde etmek mümkündür. İşlenmiş bir yüzeyin pürüzlülük derecesini belirtmek için en yaygın olarak kullanılan parametre ortalama pürüzlülük, Ra (DIN 4768, ISO 4287/1, TS 971)'dir. Bütün profil ölçerler bu parametreyi verirler. Ra, yüzey profilinin orta eksenine göre yüzey pürüz yüksekliklerinin aritmetik ortalamasıdır [33-34].

Ortalama yüzey yüksekliği işlenmiş bir yüzeyin mikro geometrisini tanımlamak için yeterli bir parametre değildir. Sadece yüzeyin düz ya da pürüzlü olduğu hakkında bilgi verir. Ancak birbirinden tamamen farklı mikro geometrik yapıya sahip yüzeyler aynı ortalama pürüz yükseklik parametresi Ra'ya sahip olabilir. Modern profil ölçerler yüzey mikrojeometrisini tanımlamakta kullanılabilen 15 kadar parametreyi verebilmektedirler. Bunlar arasında yüzey pürüz yükseklik dağılım eğrisindeki çarpıklığı belirten çarpıklık parametresi ve pürüz kesit alanlarının toplam alana oranını veren yatak alanı oranı plato honlanmış yüzeylerin mikro geometrisini belirlemek için kullanılan iki önemli parametredir. İşlenmiş bir yüzeyin çarpıklık parametresi eğer negatif ise, yüzey daha çok vadilerden oluşan, eğer pozitif ise daha çok tepelerden oluşan bir profile sahiptir. Plato honlanmış bir yüzeyin çarpıklık parametresi $-1,6$ ile $-3,0$ arasında olması gerekir. Bazı motor üreticisi firmalar çarpıklık parametresini plato honlanmış yüzeylerin kalite kontrol parametresi olarak kullanmaktadırlar [29-34].

Plato honlama

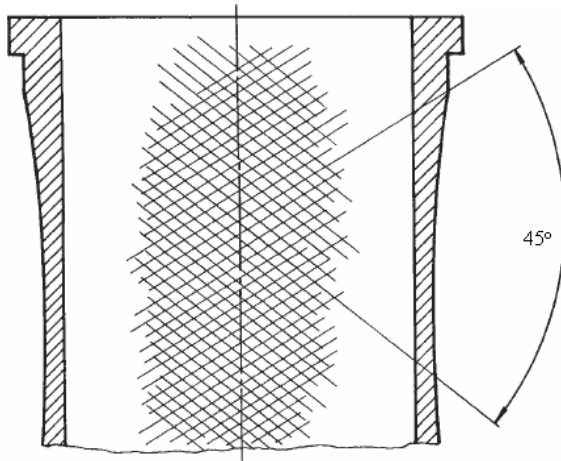
Plato honlanmış bir yüzey elde edebilmek için önce normal taneli honlama taşı ile honlama yapılır. Daha sonra honlama için bırakılmış olan 0,04-0,06 mm'lik talaşın 0,012 mm'si ince taneli taşla alınır. Normal taneli taşın numarası 120, son honlama için kullanılacak taş numarası ise 320 olmalıdır. İnce honlamada, honlama işlemi 3-4 defa gidip gelmekle tamamlanır. Bir plato honlama örneği Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



- X: Ploto genişliği
 Y: Yağ kanallarının derinliği
 W: Yağ kanallarının genişliği
 Z: Silindir alanındaki pürüzlerin maksimum yüksekliği
 L: İki derin yağ kanalı arası mesafe

Şekil 2.3. Plato honlama

Silindirlerde oluşacak taş izleri Şekil 2.4’de görüldüğü gibi 45° açılı oluşturacak şekilde olmalıdır. Bunun sağlanabilmesi için tezgâh devir sayısı ile kurs hızının koordine edilmesi gerekir. [32-34].



Şekil 2.4. Honlama izlerinin şematik görünümü

Honlama, parlaklığı giderici, düzeltici ve genel honlama olarak üç farklı şekilde yapılır.

Parlaklığı giderici honlama

Bir üst çapa rektifiye edilecek kadar aşınmamış silindirlerde, piston değiştirmeden bir üst çaplı sekman takmak için yüzey parlaklığını almak gerekir. Yeni takılan sekmanın silindire kısa zamanda alışmasını sağlamak için, honlamak suretiyle silindir yüzeylerinin parlaklığı giderilir. Parlaklığı giderici honlamada, honlama başlığına silindir içerisinde 8-10 kurs yaptırılır ve silindir yüzeyleri talaşlardan temizlenir.

Düzeltilici honlama

Bu tip honlama, konik olarak aşınmış silindirlerde alt kısımlardan talaş kaldırarak konikliğin düzeltilmesi için yapılır [6].

Genel honlama

Rektifiye edilerek talaş kaldırılmış silindirlerin honlanması işlemidir. Rektifiyeden sonra, honlama için bırakılmış olan 0,04 - 0,06 mm'lik talaş honlama ile kaldırılarak silindir yüzeylerinin kalitesini artırılır.

Hangi çeşit honlama yapılırsa yapılsın işlemden sonra kontrol edilerek doğruluğundan emin olunmalıdır.

Gözle kontrol

En çok kullanılan metottur. Ancak çok iyi tecrübe gerektirir ve yeterli bir kontrol metodu değildir.

Folye baskı metodu

Bu metotta kontrol edilecek silindir yüzeyinin üstten 1/3'ü asetonla silinip yağlardan arındırılır. Aynı yüzey tekrar asetonla ıslatılır ve fax film (0,2 mm kalınlığında

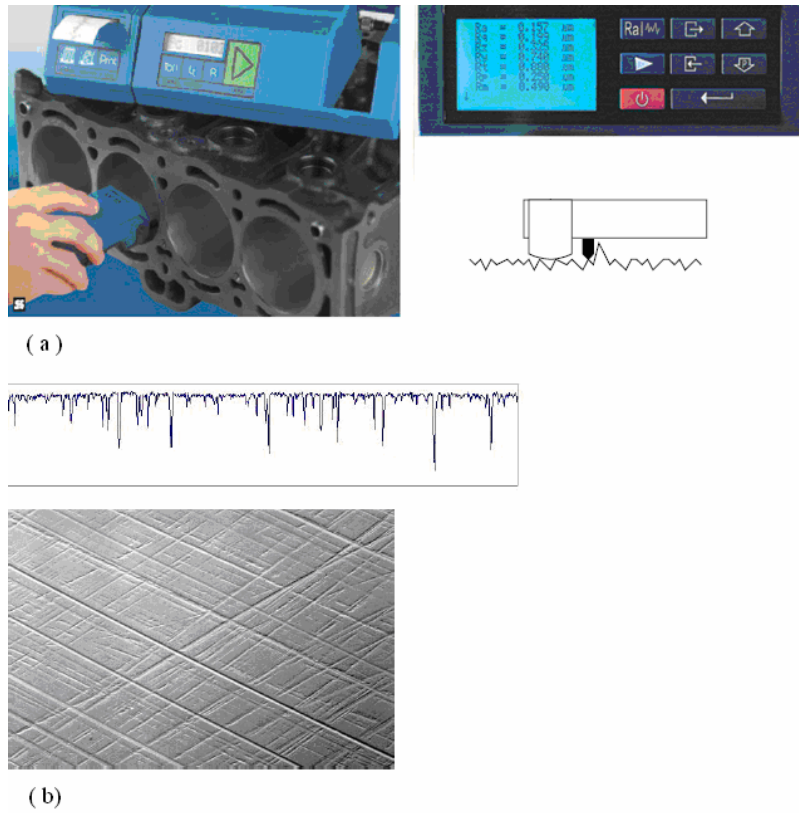
selülozasetat olan folye) yüzeye yapıştırılır. 10-15 saniye aseton uçuncaya kadar basılı tutulur. Baskı bir mikroskop veya mikrofilm cihazı altında incelenir.

Raster elektron mikroskobu

Bu metotta silindir yüzeyinden alınacak plastik macun baskısı ve fax filmi raster elektron mikroskobu ile büyütülerek incelenir. Bu metodun en büyük dezavantajı hazırlanması zor ve pahalı olmasıdır.

Yüzey pürüzlülüğü ölçümü

Yüzey kalitesi Resim 2.4’de görülen test cihazlarıyla kontrol edilir ve pürüzlülük R_a , R_t veya R_z olarak μm cinsinden ifade edilir [29-34].



Resim 2.4. Yüzey pürüzlülüğünün kontrolü ve honlanmış yüzeyin görünümü

a: Yüzey pürüzlülüğünün kontrolü ve kontrol cihazı

b: Plato honlanmış yüzey

2. 4. 3. Bozuk honlamanın sebepleri ve sonuçları

Bozuk honlamanın sebepleri ve sonuçları Çizelge 2.6’da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Bozuk honlamanın sebepleri ve motora etkileri [35]

Sebebe	Sonuç	Görünüŧü
Uygun olmayan takım, parçanın yeteri kadar sıkılmamış olması, çeŧitli taşlarla ve çevresel hızlarda birçok defa honlanmış olması	Yetersiz yağ dağılımı, sekmanların titreŧim yapması, kötü yağlama ve yüksek oranda sekman aşınması	Düzgün olmayan honlama açısı ve hasır ŧeklinde honlama izleri
Çok az honlama payı ve yetersiz kesme basıncı	Yetersiz alıştırma, sekmanların titreŧmesi veya takılı kalması, yetersiz yağ dağılımı. Yüksek oranda sekman ve yuvasının aşınması	İz oluşumu çok zayıf, rektifiyeden kalma torna kalemi izleri görölüyor
Çabuk aşınan ve dökülen taş tanelerini fırlatan küresel yumuşak taneli taşlar, keŧtiğinden fazla basınçlı sert bileŧimli çok sert körlenmiş taneli taş, kirli veya uygun olmayan honlama yağı ve yetersiz durulama	Silindir ve sekman çalışma yüzeylerinde yüksek oranda aşınma, yağ tutma özelliğinin yok olması, yüksek oranda yağ sarfiyatı, yetersiz yağlama, yanık izleri ve aşınma eğilimi	Honlama izleri çok geniş ve dalgalı, honlama hatları birbirine karışmış, kesit köŧeleri basık ve sıvanmış
Kötü durumdaki takımların kullanılması, blok veya silindirin tezgaha sıkılmamış olması, bir çok defa yapılan honlamada ayrı ayrı kurs ayarlanması	Yetersiz alıştırma ve yağ tutma özelliğİ, sekmanların devamlı dönmesi, yüksek oranda sekman ve yuvası aşınması ve yağ sarfiyatı	Honlama tek yönlü, çapraz işlem yapılmamış, iz aralıkları uygun değıl
Eksenel hızın çevresel hıza oranı yanlış, kurs çok seri ve ana mil devri düşük.	Yetersiz alışma ve kompresyon kaçakları, yağ tutma özelliğinin olmaması ve yüksek oranda yağ kaybı	60° ‘nin üzerinde eğimli honlama izleri
Kurs çok yavaş, ana mil devri çok fazla.	Sekmanlarda titreŧme, sekman ve sekman yuvalarında aşırı aşınma, yetersiz yağ dağılımı ve yetersiz yağlama	30° ‘nin altında eğimli honlama izleri
Yüksek kesme basıncı, kör taş taneleri, fazla honlama kuvveti, kesmekten daha fazla taş baskısı, kirli ve uzun süre kullanılmış honlama yağı, çok az durulama	Yüksek oranda aşınma, ufalanmış metal malzemenin tutma özelliğinin kalmaması, yağ filmi oluŧturamaması, aşırı aşınma sebebiyle fazla yağ sarfiyatı	Ezilmiş, sıvanmış, bozuk iz oluşumu

3. LİTERATÜR ÖZETLERİ

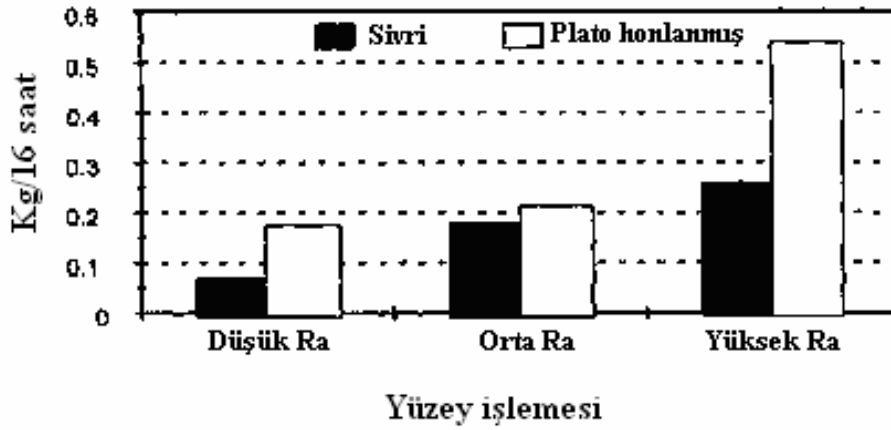
Dhariwal tarafından yapılan çalışmada, turboşarj bir dizel motorunda karter havalandırma sisteminin egzoz emisyonları ve motorun yağ tüketimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla motor üzerine karter havalandırma ve yağ buharı ayrıştırıcı sistemleri yerleştirilmiştir. 2000 d/d motor devri ve 1/2 motor yükünde 20 dakika süre ile yapılan deneylerde yağ buharı tutucuda 16,5 ml yağ buharı toplanmış ve motora geri verilmiştir. Ayrıca bu sistem ile karter havalandırma ile atılan HC emisyonlarında %10 azalma sağlanmıştır [36].

Hill ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada dört silindirli buji ile ateşlemeli bir motorda 6 farklı honlama yüzeyi oluşturularak yağ tüketimine etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Honlama ile elde edilen yüzeylerde pürüzlülük değerleri düşük, orta ve yüksek olacak şekilde ayarlanmış ve her pürüzlülük değeri için hem normal honlama hem de plato honlama uygulanmıştır. Honlama ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Honlama sonrası yüzeylerin pürüzlülük değerleri [37]

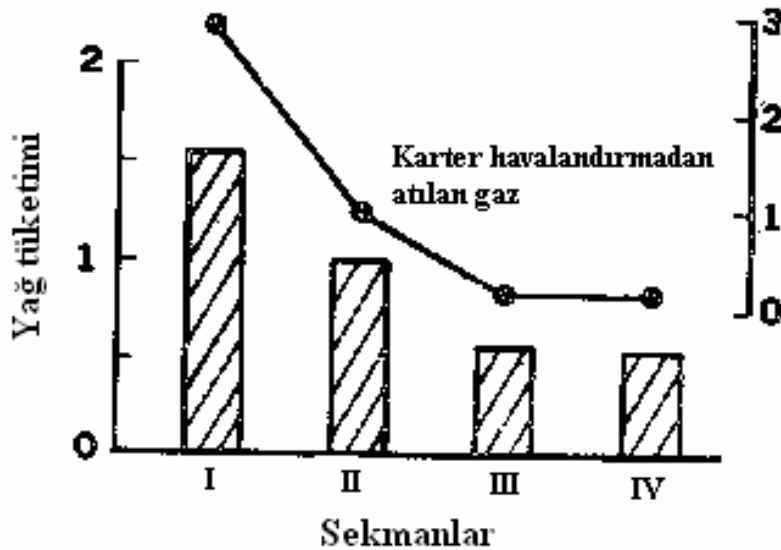
Yüzey pürüzlülüğü	Yüzey karakteri	Ortalama değerler (μm)	
		Ra	Rz
Düşük	Sivri	0,24	0,39
Düşük	Plato	0,30	1,05
Orta	Sivri	0,58	1,20
Orta	Plato	0,39	1,01
Yüksek	Sivri	0,82	1,61
Yüksek	Plato	0,90	2,82

Motorun 16 saatlik çalışma periyodunda elde edilen yağ tüketim eğrileri Şekil 3.1’de verilmiştir. Yağ tüketimin yüzey pürüzlülüğü ile orantılı olarak değiştiği görülmüştür.



Şekil 3.1. Yağ tüketim değerleri [37]

Yoshido ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada tek silindirli 293 cm³ silindir hacmine sahip ve 6 silindirli 2825 cm³ silindir hacmine sahip indirekt enjeksiyonlu iki dizel motorunda üst iki kompresyon sekmanı ağız boşluğunun karter havalandırmadan atılan gaz ve motorun yağ tüketimine etkileri araştırılmıştır. Deneylerde farklı ağız aralıklarına sahip 4 çeşit sekman kullanılarak etkileri araştırılmıştır [38].



Şekil 3.2. Farklı ağız aralıklarına sahip sekmanların yağ tüketimine etkisi [38]

4. MATERYAL VE METOT

4. 1. Deney Düzeneği

Motorlar üzerinde tasarım ve imalat değişiklikleri yapılarak yağ tüketimi ve performans değişimlerinin incelendiği deney düzeneğin genel görünümü Resim 4.1’de verilmiştir.



Resim 4.1. Deney düzeneğinin görünümü

4. 2. Deney Motorları

Deneylerde Resim 4.2’de görülen üç silindirli, dört zamanlı, doğal emişli (NA) ve dört silindirli, dört zamanlı, aşırı doldurmalı (TC) dizel motorlar kullanılmıştır. Deney motorlarının teknik özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.



(a)



(b)

Resim 4.2. Deney motorları

a: Üç silindirli doğal emişli motor

b: Dört silindirli aşırı doldurmalı motor

Çizelge 4.1. Deney motorlarının teknik özellikleri

Motor tipi	Direkt enjeksiyonlu, doğal emişli dizel motor	Direkt enjeksiyonlu, aşırı doldurmalı dizel motor
Silindir sayısı	3	4
Yakıt pompası	Bosch VE	Bosch VE
Silindir çapı x Kurs (mm)	104 x 115	104 x 115
Toplam silindir hacmi (cm ³)	2710	3908
Sıkıştırma oranı	17:1	18:1
Maksimum motor gücü (kW / d/d)	40,5 / 2500 (DIN)	69,9 / 2500 (DIN)
Maksimum motor moment (Nm / d/d)	190 / 1500	320 / 1500

4. 3. Deneylerde Kullanılan Ölçü Aletleri

4. 3. 1. Dinamometre

Deneylerde Ricardo FE260S marka elektrikli dinamometreye sahip deney seti kullanılmıştır (Resim 4.3).



Resim 4.3. Ricardo FE260S marka dinamometre ve kontrol ünitesi

4. 3. 2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Cihazı

Honlama çizgilerinin derinliğinin ölçümünde Resim 4.4’de görülen Mahr marka yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı kullanılmıştır. Bu cihazın teknik özellikleri Çizelge 4.2’de görülmektedir.



Resim 4. 4. Mahr marka yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı [39]

Çizelge 4.2. Mahr marka yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazının teknik özellikleri [39]

Maksimum ölçüm değeri (μm)	150
Standartları	DIN / ISO / JIS
Tarama uzunluğu (mm)	1,75 / 5,6 / 17,5
Parametreler (DIN / ISO / SEP)	Ra, Rz, Rmax
Parametreler (RPc / JIS)	Ra, Rz

4. 3. 3. Kronometre

Deneyde test süresinin ve yağ akışının ölçülmesinde ölçme hassasiyeti 1 salise olan Robic Sports SC - 700 marka kronometre kullanılmıştır.

4. 3. 4. Enjektör basıncı test cihazı

Enjektörlerin püskürtme testi 0 - 400 bar arasında ölçüm yapabilen ve hassasiyeti 10 bar olan enjektör basıncı test cihazı ile yapılmıştır (Resim 4.5).



Resim 4.5. Enjektör basıncı test cihazı

4. 3. 5. Sıcaklık ölçme aleti

Soğutma suyu giriş-çıkış ve motor yağ sıcaklıklarının ölçülmesinde $^{\circ}\text{C}$ ve $^{\circ}\text{F}$ cinsinden sıcaklığı gösterebilen ve çeşitli aparatlarla çok yönlü ölçüm yapabilen Resim 4.6’da görülen Fluke marka sıcaklık ölçme aletleri kullanılmıştır.



Resim 4.6. Fluke marka sıcaklık ölçme aleti

4. 4. Deneylerde Yapılan Ölçüm ve Hesaplamalar

Yağ tüketiminin hesaplanmasında LOC (Lubrication Oil Consumption) testi uygulanmıştır. Bu test, motorun yağ tüketiminin yakıt tüketimine olan oranını veren bir hesaplama ile yapılmaktadır. AVL (Anstalt für Verbrennungskraftmaschinen List) firmasının standartlarına göre sınır değeri %0,2 olmalıdır. Test, motorun maksimum güçte 20 saat çalışma sonrasındaki yağ kayıplarını inceleyerek yapılmaktadır [40].

4. 4. 1. Tüketilen yağ miktarının hesaplaması

Dinamometreye bağlanan motorda AVL firmasının önerilen metoda göre yapılan yağ tüketim testinde aşağıdaki adımlar takip edilmiştir [40]:

İlk yağ dolum ölçümü

- Boş bir kap temizlenerek ağırlığı tartılmış değer kaydedilmiştir.
- Karterindeki yağı daha önce boşaltılmış olan motora yağ çubuğundaki maksimum noktasına kadar yeni yağ koyulmuştur.
- Motor çalışma sıcaklığına gelene kadar dinamometre ile yüklenmiştir.
- Çalışma sıcaklığına gelen motordan yük kaldırılarak 15 s relantide çalışması sağlanmış ve stop edilmiştir.
- Dönüşünün durmasının ardından 1. piston ÜÖN'ya getirilmiş ve karter tapası açılarak motor yağı daha önceden temizlenmiş kaba 30 dk ± 20 s süresince boşaltılmıştır.
- Kapla birlikte boşaltılan yağ tartılmıştır (M_1).
- Bu sırada temizlik için kullanılan bezlere dahi bulaşan yağ kütlesi tartılarak kaydedilmiştir (X_1). Gerekirse yağ içerisindeki nem oranını da (P_1) belirlemek için bir miktar numune alınabilir (bu durumda onun kütlesi de X_1 'e ilave edilmelidir).
- Yağ test yapılacak motora iyice süzülene kadar doldurulmuştur.
- Kabın yüzeylerine yapışan yağ kütlesini belirlemek için kap yeniden tartılmış (M_2) ve motora koyulan net yağ kütlesi (M_s) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Eş. 4.1).

$$M_s = (M_1 - M_2 - X_1) \cdot (P_1/100) \quad (4.1)$$

Güç/Yük test prosedürü

- Motor 10 dk dinamometre ile %30 güçte %30 yüklenerek ısıtılmıştır.
- Motor, maksimum devri olan 2750 ± 25 d/d'ya getirilmiş ve dinamometre ile 2500 d/d olana kadar yüklenmiştir.
- Çalışmanın ilk saatinde ve 10. saatinde dinamometre göstergesindeki tüm değerler okunarak kaydedilmiştir (Ek 1, 2).
- Bu hızda motor toplam 20 saat (10 saatte yapılabilir) boyunca sürekli çalıştırılmıştır.

- e. 20 saatin sonunda dinamometre %30 güce ve %30 yüke düşürülmüş ve bu durum motor soğutma suyu sıcaklığı normal değerine gelinceye kadar devam ettirilmiştir.

Son yağ dolum ölçümü

- Motor devri relantiye (650 d/d) düşürülerek 15 s içerisinde stop edilmiştir.
- Motorun dönüşü durduktan sonra 1. piston ÜÖN'ya getirilerek karter tapası açılmış, yağın daha önceden de kullandığımız ve tekrar temizlediğimiz kaba boşalması sağlanmıştır.
- 30 dk $\pm$ 20 s süzülmesinin ardından tapa kapatılmıştır.
- Kapla birlikte boşaltılan yağ (M_3), harici olarak kullanılan tüm yağ zerrecikleri (X_2) tartılmış (gerekirse nem miktarı için P_2 kullanılabilir) ve motordaki toplam yağ tüketimi (MT) kütleli olarak hesaplanmıştır (Eş. 4.2).

$$MT = MS - ((M_3 - X_2) \cdot (P_2/100)) \quad (4.2)$$

Test sonunda kütleli olarak yağ sarfiyatının belirlenmesinin ardından AVL standartlarına göre test boyunca tüketilen yağ miktarını yine bu sürede tüketilen yakıt miktarı ile oranlamak gerekmektedir. O halde yağ tüketim oranı (C_R);

$$C_R = M_T / M_F \quad (4.3)$$

Burada;

M_F : Test boyunca tüketilen yakıt miktarı (g)

M_T : Test boyunca tüketilen yağ miktarıdır (g).

Motorların orjinal parçaları ile yapılan ilk testlerinden sonra elde edilen değerler Ek 1, 2, 3 ve 4'de verilmiştir.

Motor üzerinde yağ tüketimine etkisi incelenecek olan her değişikliğin ardından yukarıda bahsedilen test (10 saat olarak) tekrarlanmıştır.

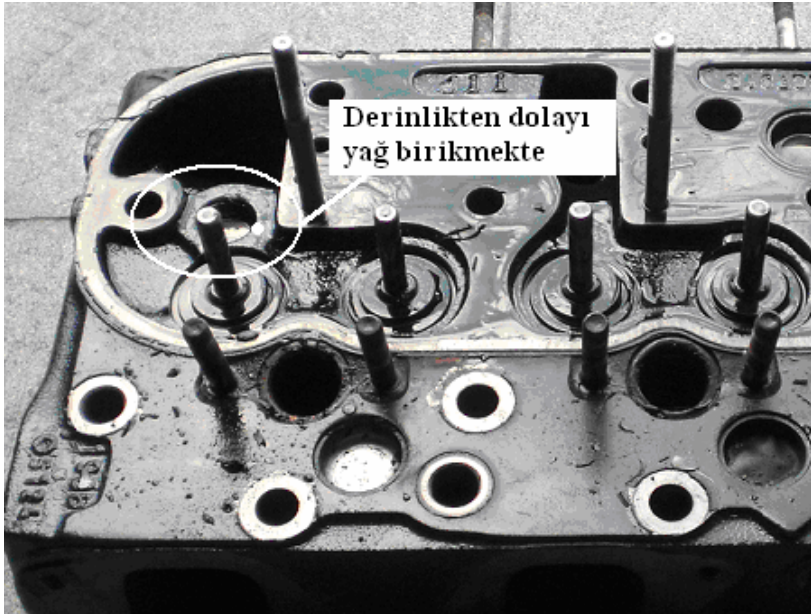
4. 5. Üç silindirli NA motor üzerinde yapılan değişiklikler

4. 5. 1. Enjektörlerin değiştirilmesi

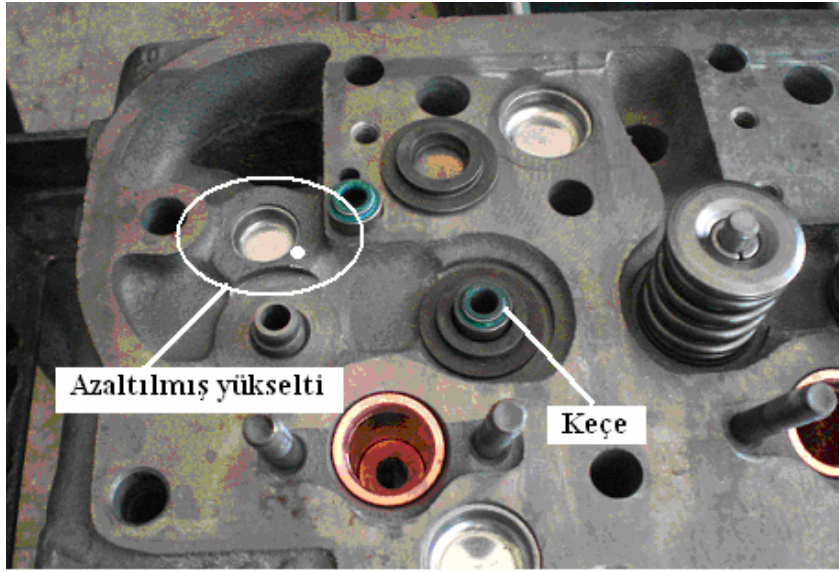
Başta motor performansı olmak üzere yağ tüketimine de etkisi olan enjektörlerin orjinalleri teste tabi tutulmuş ve doğru şekilde çalışmadıkları görülmüştür. Motorlara yeni enjektörler takılarak 10 saatlik LOC testi uygulanmıştır.

4. 5. 2. Silindir kapağının değiştirilmesi

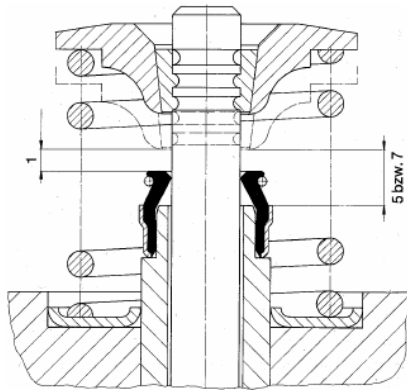
Silindir kapaklarında I. silindir supaplarının dip tarafında dökümden kaynaklanan bir yükselti mevcut idi (Resim 4.7). Bu durum orada yağın birikmesine ve supap kılavuzu seviyesini aşarak supap dibinden silindir içerisine inmesine sebep olmaktaydı. Bu yükselti azaltılarak yağın daha iyi akış yapması sağlanmıştır (Resim 4.8). Ayrıca supap kılavuzlarına keçe de eklenerek tüm kılavuzlardan yağın silindir içerisine inmesi engellenmiştir (Şekil 4.1).



Resim 4.7. Deney motorunun orijinal silindir kapağı



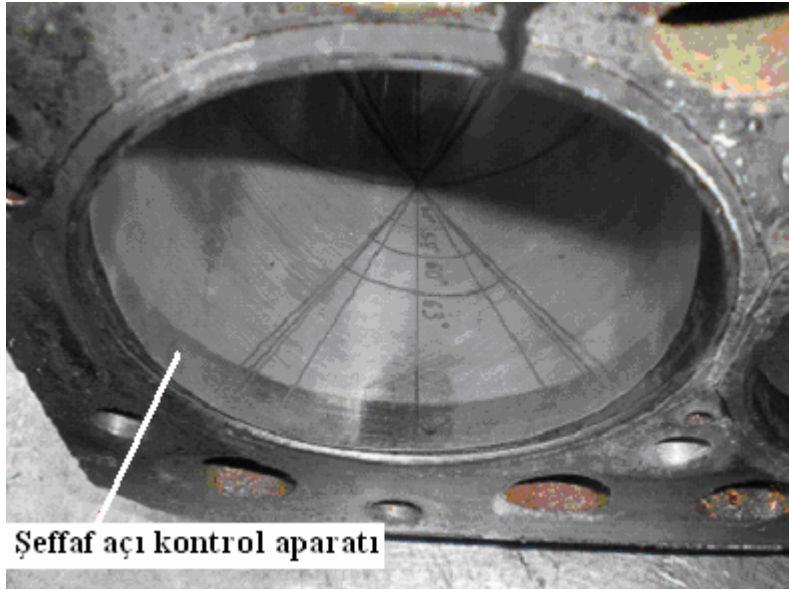
Resim 4.8. Yeni tip silindir kapağı



Şekil 4.1. Supap kılavuzuna eklenen keçe

4. 5. 3. Silindir çapı toleransının, honlama açılarının ve yüzey pürüzlülük değerlerinin değiştirilmesi

Silindirler yenileri ile değiştirilerek çapları için $104 +0,024$ olan tolerans $104 +0,015$ yapılmış; 30° olan honlama açıları 45° olarak yeniden işlenmiştir (Resim 4.9).



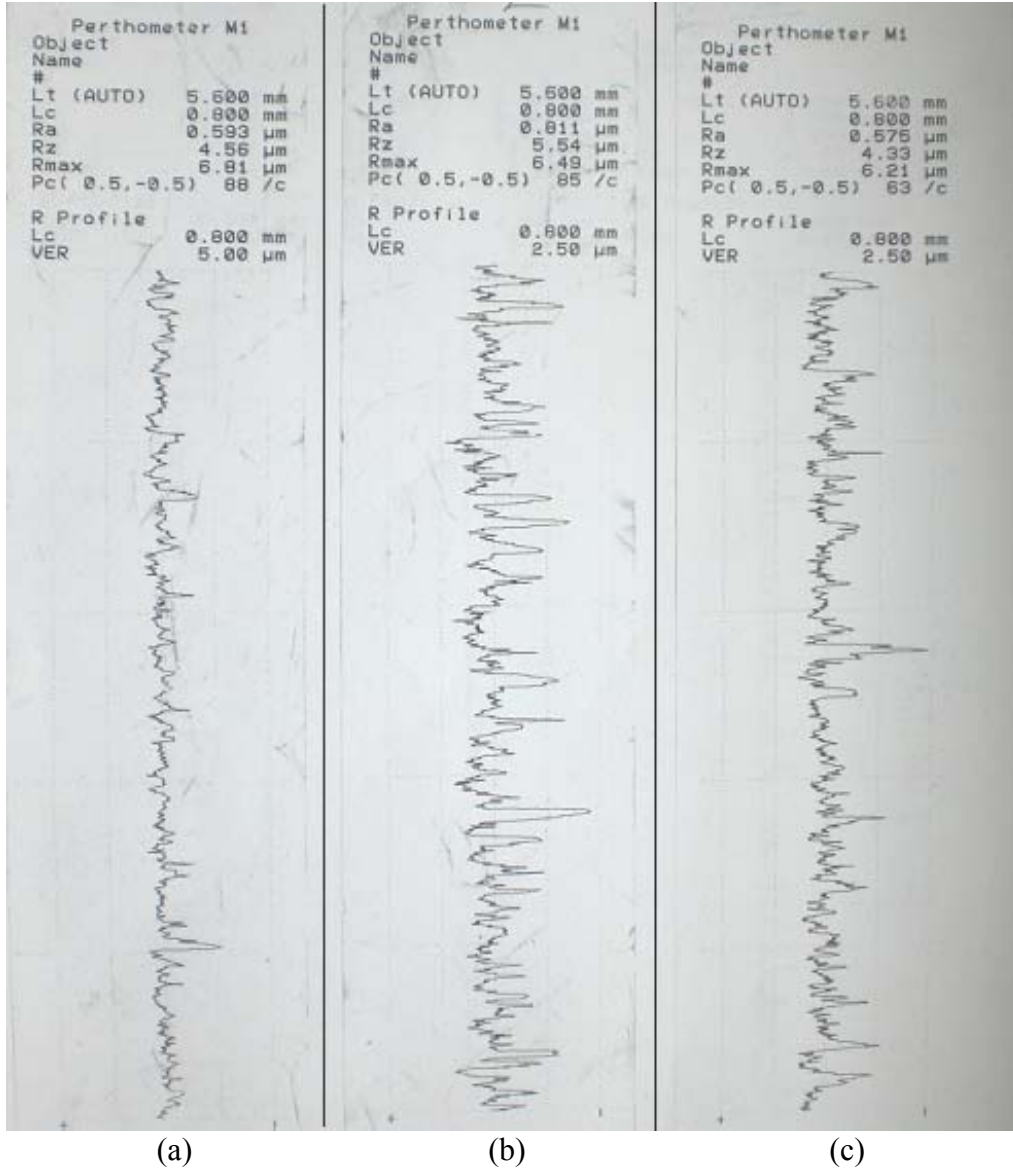
Resim 4.9. Honlama açılarının şeffaf ölçme aparatı ile kontrolü

Dizel motorlar için yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yüzey pürüzlülük değerleri [30, 34]

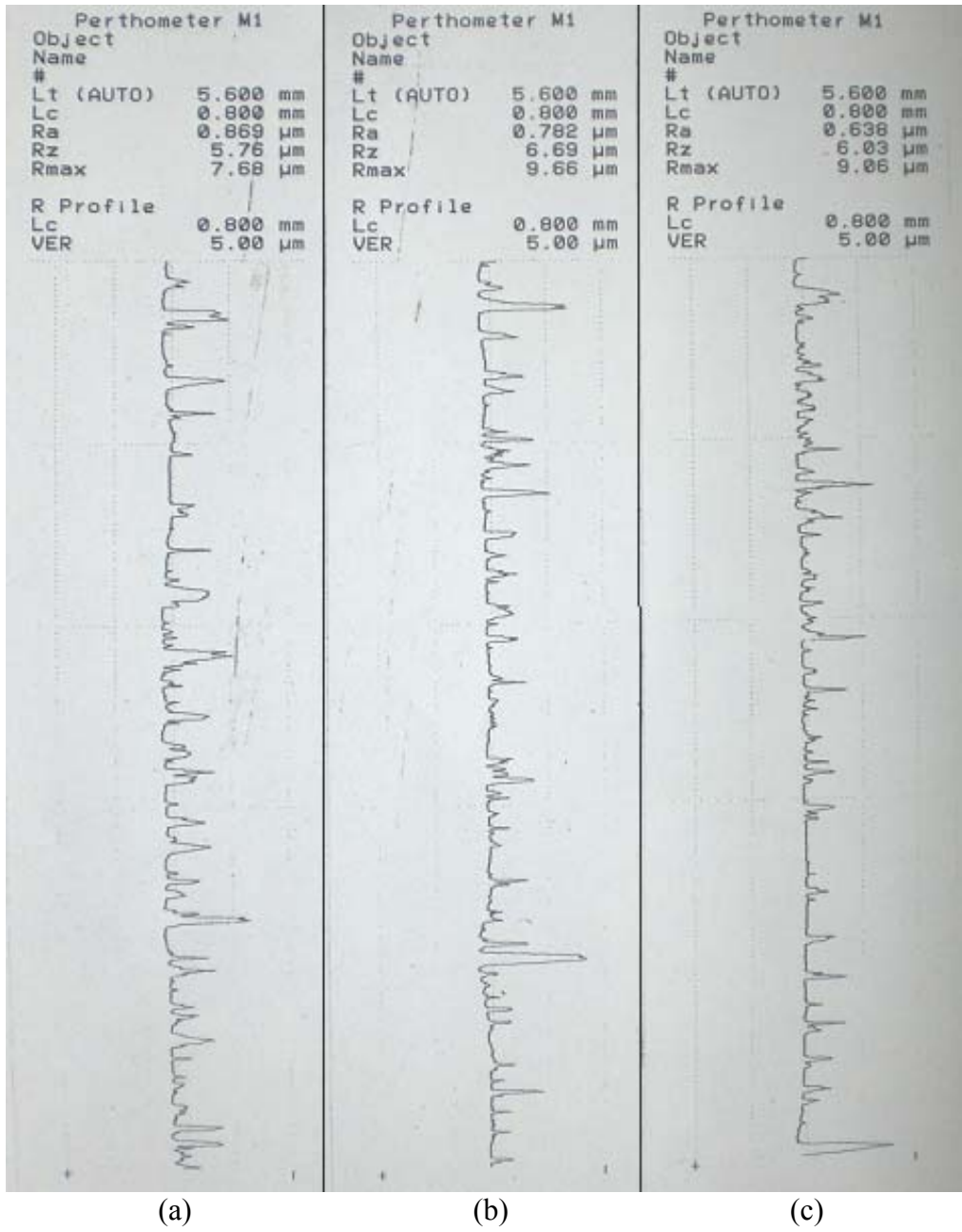
	Alt değer (μm)	Üst değer (μm)
Ra	0,3	0,85
Rz	3	8
Rt (Rmax)	6	15

Deney motorunun orijinal silindirlerinde yapılan pürüzlülük ölçümlerinde değerlerin (Resim 4.10) Çizelge 4.3’de verilen aralıklarda olsa dahi düzensiz olduğu gözlenerek yeni honlama sırasında daha ince taneli taş kullanılmış ve plato honlama yapılmıştır. Taşın yüzeye olan baskısı da düzenlenerek yüzey pürüzlülük değerlerinin yeni takılan silindirlerde daha uygun olması sağlanmıştır (Resim 4.11). Resim 4.12’de honlama sonrasında silindirlerin pürüzlülük ölçümünün yapılması işlemi görülmektedir.



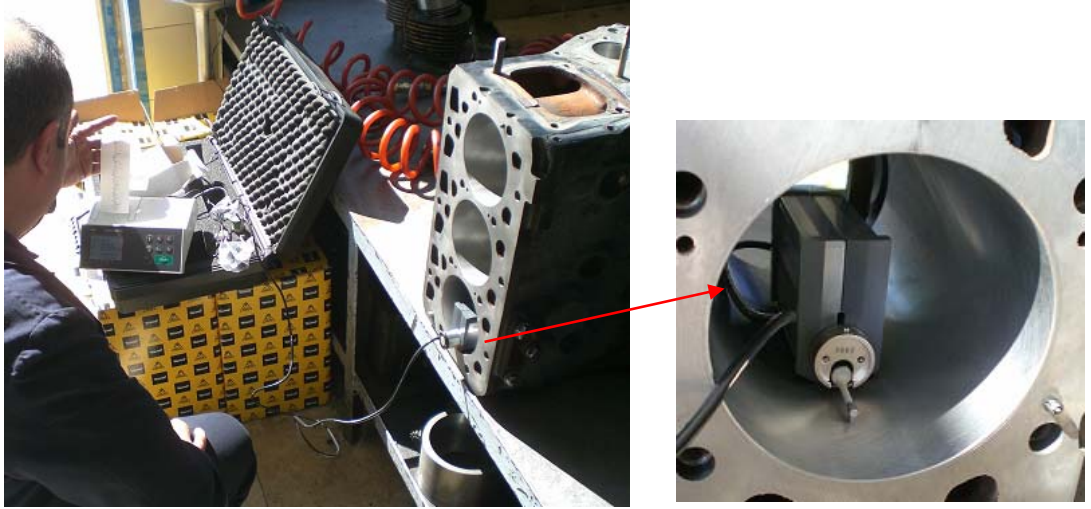
Resim 4.10. Orjinal silindirlerin yüzey pürüzlülük değerleri

- a: I. silindirin ortalama pürüzlülük değeri
- b: II. silindirin ortalama pürüzlülük değeri
- c: III. silindirin ortalama pürüzlülük değeri



Resim 4.11. Honlama işleminden sonra yeni silindirlerin pürüzlülük değerleri

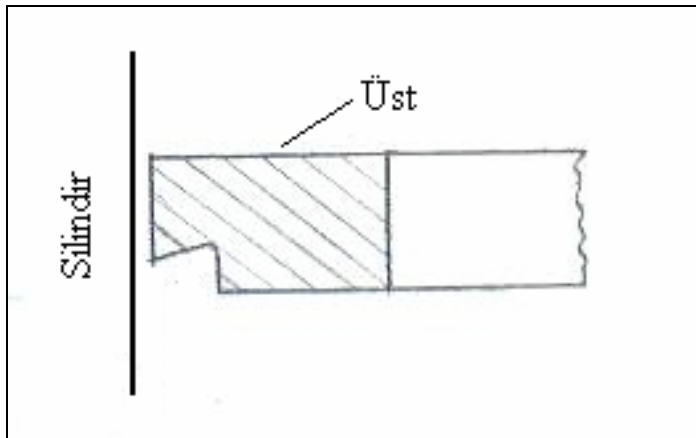
- a: I. silindirin ortalama pürüzlülük değeri
- b: II. silindirin ortalama pürüzlülük değeri
- c: III. silindirin ortalama pürüzlülük değeri



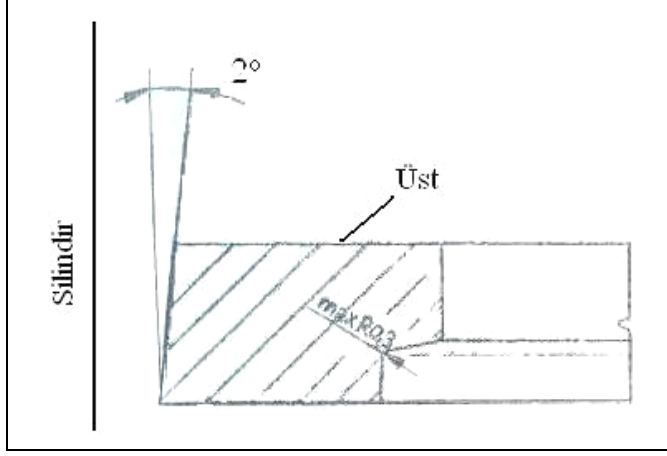
Resim 4.12. Silindir yüzeylerinin pürüzlülük değerlerinin ölçümü

4. 5. 4. Yağ sıyrıcı sekmanın değiştirilmesi

Şekil 4.2’de görülen sıyırma yüzeyi düz yapıda olan II. kompresyon sekmanı (yağ sıyrıcı sekman) yerine Şekil 4.3’de görülen TC motorlarda kullanılan ve 2° açılı sıyırma yüzeyine sahip sekman takılarak 10 saatlik LOC testi yapılmıştır.



Şekil 4.2. Deney motorunun orijinal yağ sıyrıcı sekmanı



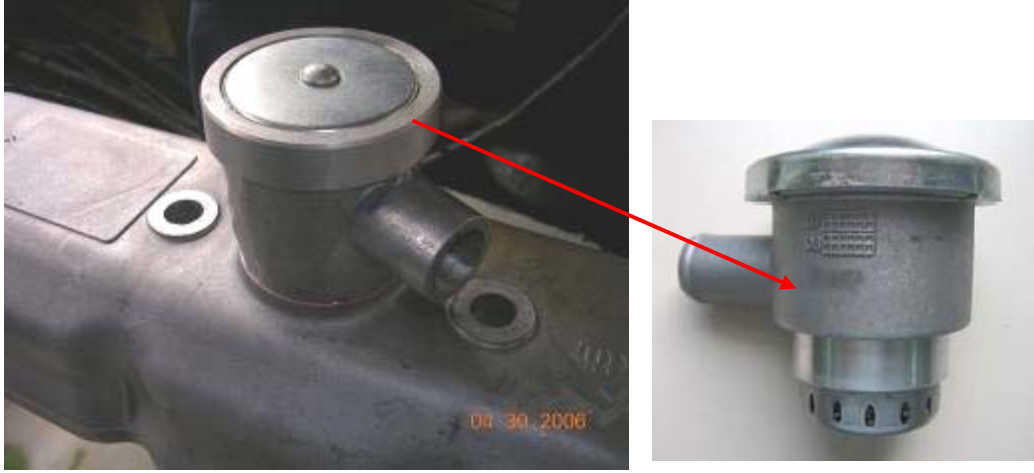
Şekil 4.3. 2° açılı sıyırma yüzeyine sahip yağ sıyrıcı sekman

4. 6. Dört silindirli TC motor üzerinde yapılan değişiklikler

Dört silindirli TC motorda üç silindirli NA motorda yapılanlara ilave olarak karter havalandırma ünitesi üzerinde değişiklik yapılmış, yağ sıyrıcı sekman değişikliği ise zaten 2° sıyırma yüzeyine sahip sekman kullanılmasından dolayı uygulanmamıştır.

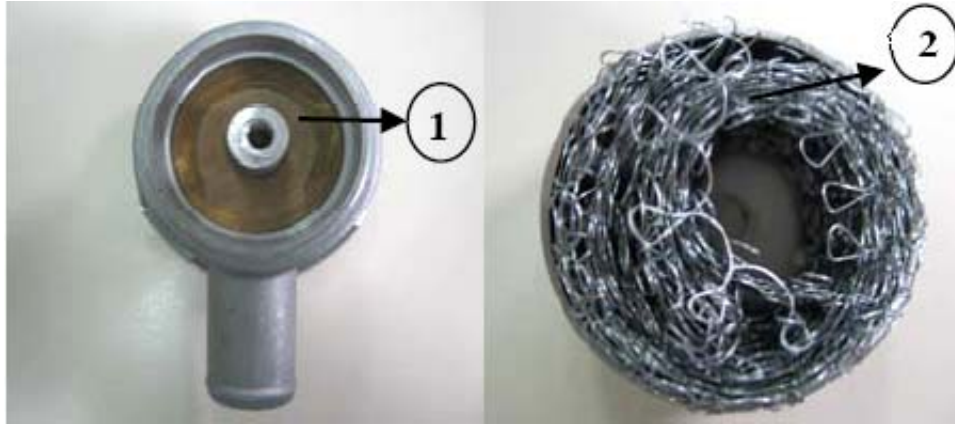
Turboşarjlı motorlarda emme manifoldu içerisinde yüzeylere yapışmış motor yağı görülmesinin ardından yapılan araştırmalarda yağın motor havalandırmadan emilen yağ olduğu tespit edilmiştir.

Karter havalandırma külbütör kapağı üzerinde motor içerisinde oluşan yağ buharını yoğunlaştırarak tekrar motora dönmesini sağlayan sistemdir (Resim 4.13). Supap kapağı üzerinde yer alan karter havalandırmanın ucu hava filtresi ile turboşarj arasındaki emiş borusuna bağlıdır [36].



Resim 4.13. Karter havalandırma ünitesi

Deney motorunda orijinalinden farklı olarak karter havalandırma ünitesi içerisine yoğunlaşmayı arttırmak için Resim 4.14’de görülen pirinç elek konulmuş, tel filtrenin miktarı da artırılmıştır.



Resim 4.14. Karter havalandırma ünitesinde yapılan değişiklikler
1.Pirinç elek 2.Tel filtre

5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Deneyleler 2750 $\pm$ 25 d/d motor devrinde çalışan üç silindirli NA motor ile dört silindirli TC motorun dinamometrede 2500 d/d'ya kadar yüklenerek test edilmesi ve yağ tüketimi ile motor performans değerlerinin ölçülmesi şeklinde yapılmıştır.

Deneylelerde motorun orjinal parçalarıyla yapılan ilk test 20 saat; herbir parça değıştirildikten sonra yapılan testler ise 10 saat olarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar test boyunca tüketilen yakıt kütlelerinin test boyunca tüketilen yağ kütlelerine oranı cinsinden değeriendirilmiştir.

Her testin 1. ve 10. saatlerinde dinamometre üzerinden alınan motor gücü ve özgül yakıt tüketimi değerieleri karşılaştırılarak yapılan değışikliklerin performansa etkisi olup olmadığı araştırılmıştır.

5. 1. Enjektör Değışikliğinin Etkisi

Yakıtı uygun şekilde püskürtmediğı ya da damlattığı görülen orijinal enjektörlerin yanmayı olumsuz yönde etkilediğı ve motor yağ sıcaklığının yükselmesine sebep olduğu görülmüştür (Ek 1, 3). Bu durum, yağdaki buharlaşmayı dolayısıyla da yağ tüketimini arttırmıştır. Ayrıca uygun olmayan püskürtme sonucu tam olarak yanmadan sıvı halde silindir içerisinde kalan yakıt sekmanlar ile sıyrılıp karterdeki motor yağının içerisine karışarak yağın yoğunluğunu ve yağlama özelliğini de azaltmaktadır [23, 36].

Enjektörlerin değıştirilmesinin ardından uygulanan 10 saatlik LOC testinde yağ tüketiminin NA motorda 0,070'den 0,058'e, TC motorda 0,053'den 0,046'ya düştüğü görülmüştür.

5. 2. Silindir Kapağı Değişikliğinin Etkisi

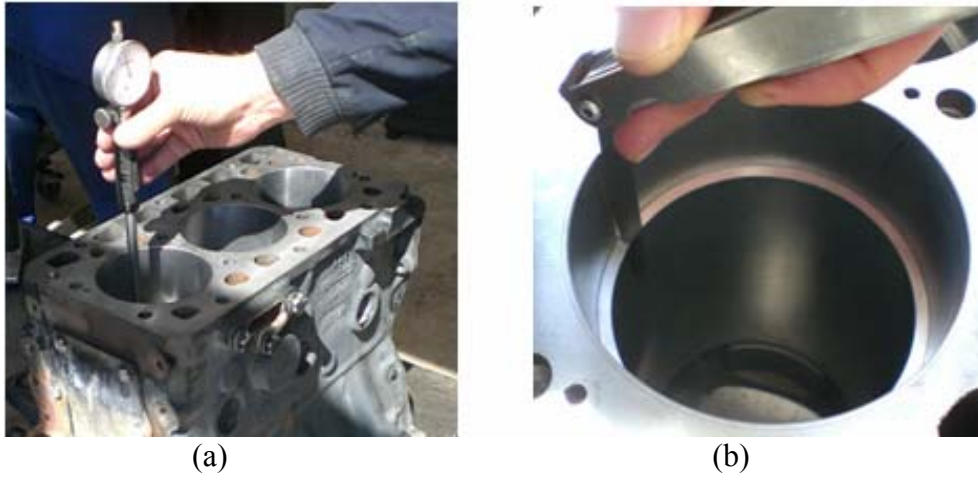
Testler sırasında orjinal silindir kapağının I. silindir supapları dibindeki yağ birikmesine sebep olan yükselti (bkz. Resim 4.7) imalat değişikliği ile altındaki kanalda yeteri kadar et kalınlığı bırakılarak azaltılmış böylelikle külbütörleri yağlayarak geri dönen yağın daha iyi akış yapması sağlanmıştır. İlave olarak tüm supaplara keçe eklenerek yağlama yağının supap diplerinden yanma odasına inmemesi kesin olarak sağlanmıştır (bkz. Resim 4.8, Şekil 4.1).

Bu değişiklikten sonra yapılan 10 saatlik LOC testi sonrasında yağ tüketiminin NA motorda 0,058'den 0,051'e, TC motorda ise 0,046'dan 0,041'e düştüğü görülmüştür.

5. 3. Silindir Çapı Toleransının, Honlama Açılarının ve Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Değiştirilmesinin Etkisi

Silindir çapı toleransı $104 +0,024$ mm olan deney motorlarında tolerans değerleri $104 +0,015$ mm olarak düzenlenmiştir. Bu, piston ile silindir arasındaki boşluğu bir miktar azaltmış, sekmanların silindir yüzeyine daha kuvvetli basmasına ve yağı daha iyi sıyırmasına yardımcı olmuştur [38].

Yeni işlenen silindirlerin tolerans değerinin uygunluğunu tespit etmek için silindirler komparatör ile ölçülmüş (Resim 5.1); içerisine sekman yerleştirilerek sekmanın ağız açıklığı sentil ile kontrol edilmiş ve toleranslar dahilinde uygun olduğu görülmüştür [30].

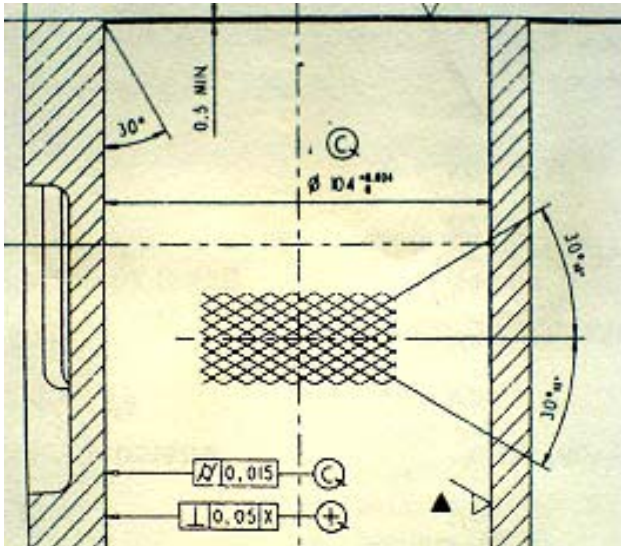


Resim 5.1. Silindir çapının ve sekman ağız aralığının kontrolü

a: Silindir çaplarının ölçülmesi

b: Sekman ağız aralığının kontrolü

Yağın silindir yüzeylerinde kalmasını engellemek için honlama açısı da 30° 'den 45° 'ye çıkartılmıştır (Şekil 5.1). Açının artırılması ile honlama çizgilerinin dik eksene daha paralel olmasının sağlanması çizgiler içerisindeki yağın bu diklikten dolayı aşağı kaymasını kolaylaştırmakta dolayısıyla da pistonun aşağı hareketi sırasında yağ yanma odasında kalmadığından tüketimi direkt olarak azalmaktadır [37].



Şekil 5.1. Honlama açısı ve silindir toleransları

Pistonun aşağı hareketi sırasında yağın silindir yüzeyinde kalarak yanmasına sebep olan diğer bir parametre de honlama çizgilerinin derinliği veya düzensizliğidir. Deney motorlarının ilk ölçümlerinde pürüzlülük değerlerinin Çizelge 4.3’de belirtilen sınırlar içerisinde olsada pürüzlülük grafiklerinde (bkz. Resim 4.10) görülen düzensizliklerden dolayı takılan yeni silindirler daha ince taneli honlama taşı ile honlanmış, taşın işleme sırasındaki yüzey basıncı da düzenlenerek yüzey pürüzlülüğü istenilen duruma getirilmiştir [31-34].

İşlemler yapıldıktan sonra yapılan 10 saatlik LOC testinde yağ tüketiminin NA motorda 0,051’den 0,023’e, TC motorda ise 0,041’den 0,022’ye düştüğü görülmüştür.

5. 4. Yağ Sıyırıcı Sekmanı Değişikliğinin Etkisi

Silindir yüzeylerinden yağlama yağının daha iyi sıyırılması için üç silindirli NA deney motorunda düz sıyırma yüzeyine sahip sekman yerine aynı özellikteki TC motorlarında kullanılan 2° sıyırma açısına sahip sekman kullanılmıştır. Daha keskin bir yüzeye sahip olan bu sekman diğerine göre daha etkin bir sıyırma sağlamış böylelikle yağ tüketiminin 0,023’den 0,017’ye düştüğü gözlenmiştir.

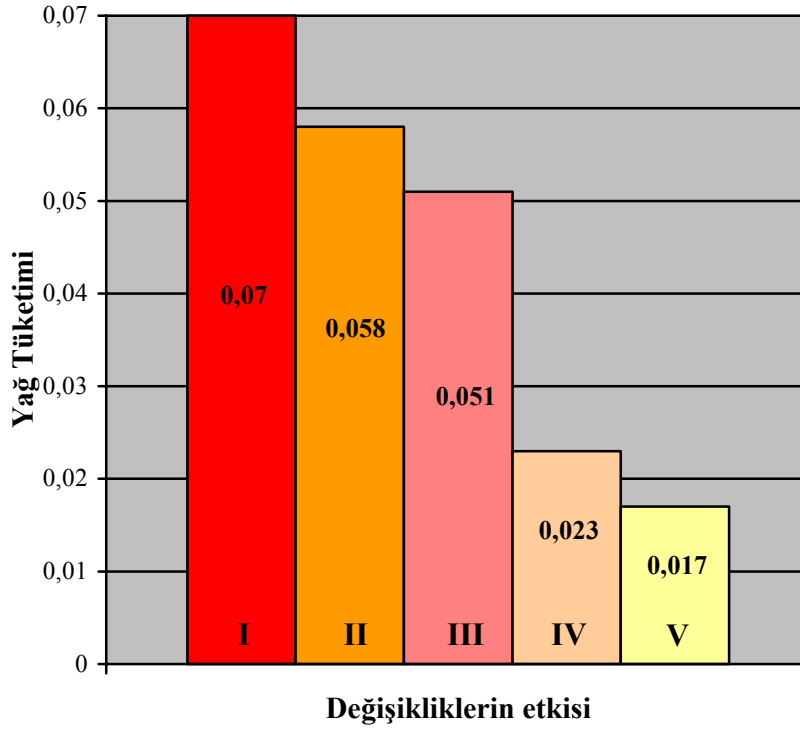
5. 5. Karter Havalandırma Ünitesindeki Değişikliğin Etkisi

Turboşarjlı motorda buharlaşan yağı tekrar yoğunlaştırarak dönüşümünü sağlayan karter havalandırma ünitesi içerisine konan pirinç elek ve orjinaline göre miktarı çoğaltılan tel filtre yoğunlaştırma özelliğini arttırarak yağ tüketimini azaltmıştır.

Sadece TC motorda yapılan bu değişiklik yağ tüketiminin 0,022’den 0,019’a düştüğünü göstermiştir.

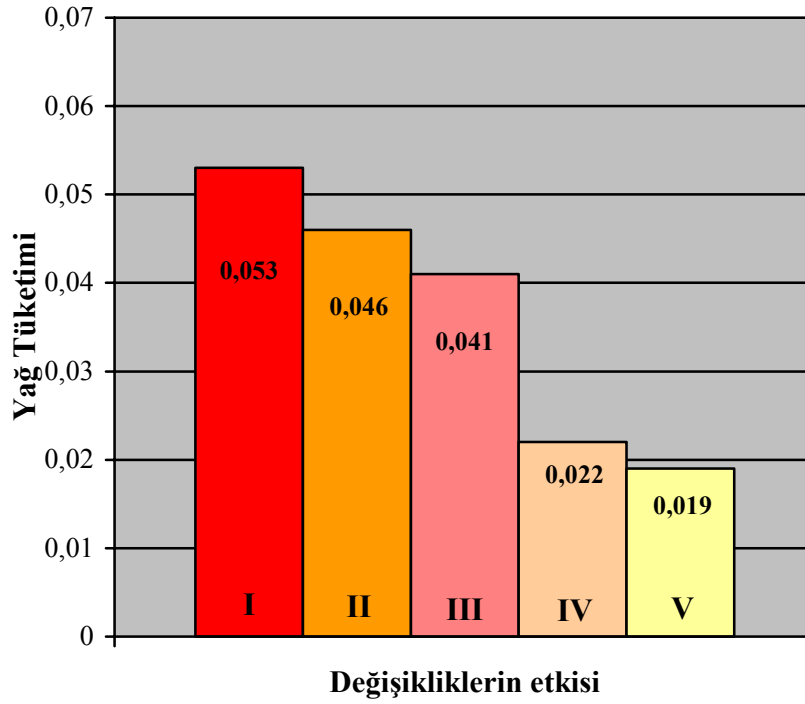
Testler sonucunda yukarıda anlatılan değişikliklerin yağ tüketimi üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı tümü uygun görülmüş ve seri üretimde de uygulamaya

başlanmıştır. Değişikliklerin yağ tüketimine olan etkileri Şekil 5.2 ve 5.3’de görülmektedir.



- I: Motorun orjinal parçaları ile
 II: Yeni enjektörler ile
 III: Yeni silindir kapağı ve supap keçeleri eklenerek
 IV: Düzenlenmiş silindir çapı toleransı, honlama açısı ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ile
 V: Yeni yağ sıyrıcı sekman

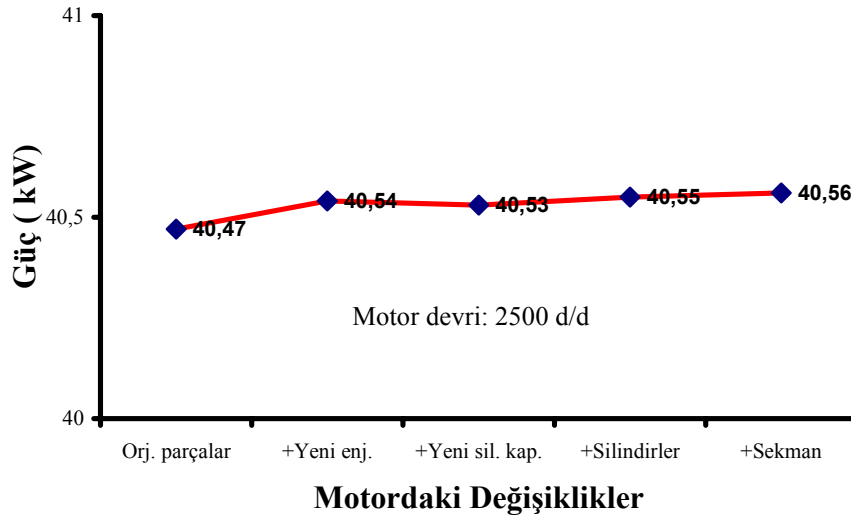
Şekil 5.2. Üç silindirli NA motorda yapılan değişikliklerin yağ tüketimine etkisi



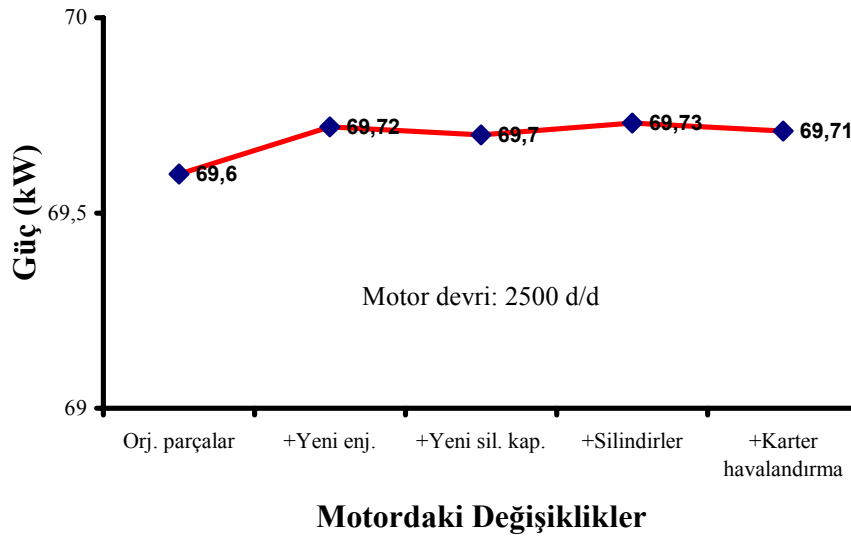
- I: Motorun orjinal parçaları ile
 II: Yeni enjektörler ile
 III: Yeni silindir kapağı ve supap keçeleri eklenerek
 IV: Düzenlenmiş silindir çapı toleransı, honlama açısı ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ile
 V: Karter havalandırmadaki değişikliğin ardından

Şekil 5.3. Dört silindirli TC motorda yapılan değişikliklerin yağ tüketimine etkisi

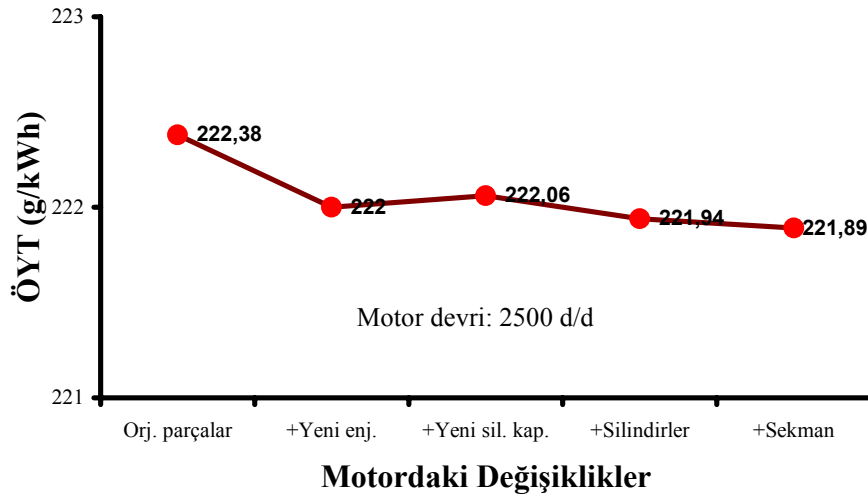
Her değişikliğin ardından yapılan dinamometre testlerinde motor performans değerleri de kaydedilmiştir. Yapılan testlerde yağ tüketimini azaltmaya yönelik yapılan çalışma ve değişikliklerin motor performansını hemen hemen hiç etkilemediği görülmüştür. Dinamometredeki 10 saatlik çalışma sonu değerleri esas alınarak hazırlanan Şekil 5.4 ve 5.5’de motorlar üzerinde yapılan değişikliklerin motor gücüne etkisi, Şekil 5.6 ve 5.7’de özgül yakıt tüketimine (ÖYT) etkisi görülmektedir.



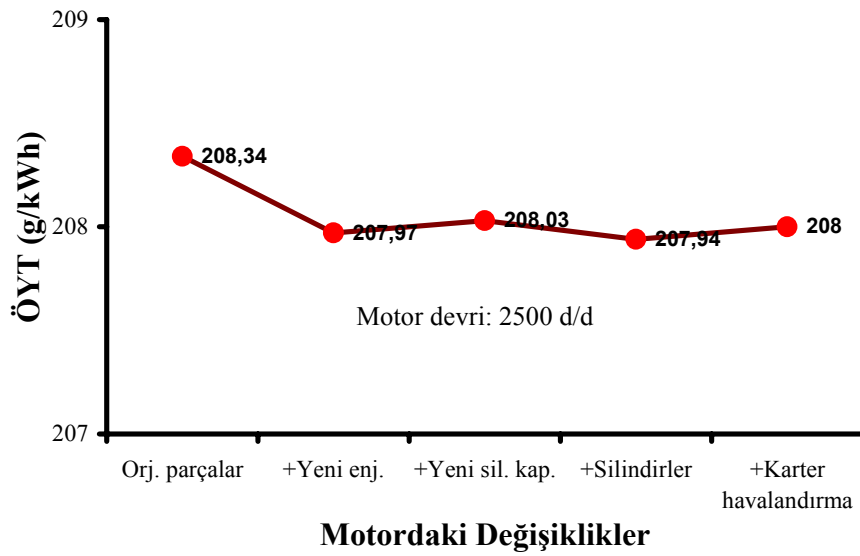
Şekil 5.4. Üç silindirli NA motorda yapılan yağ tüketimini azaltmaya yönelik değişikliklerin motor gücüne etkisi



Şekil 5.5. Dört silindirli TC motorda yapılan yağ tüketimini azaltmaya yönelik değişikliklerin motor gücüne etkisi



Şekil 5.6. Üç silindirli NA motorda yapılan yağ tüketimini azaltmaya yönelik değişikliklerin özgül yakıt tüketimine etkisi



Şekil 5.7. Dört silindirli TC motorda yapılan yağ tüketimini azaltmaya yönelik değişikliklerin özgül yakıt tüketimine etkisi

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada üç silindirli doğal emişli ve dört silindirli aşırı doldurmalı iki ayrı dizel motorunda bazı tasarım ve çalışma parametrelerinin yağ tüketimine etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Normalden fazla yağ tüketen bu motorlarda, yağ tüketimine etki eden parçalar incelenmiş gerekli görülenler üzerinde değişiklikler yapılarak bu değişikliklerin yağ tüketimine ve motor performansına etkileri araştırılmıştır.

Motorlar öncelikle orjinal parçaları ile 20 saatlik, daha sonra üzerinde yapılan her değişikliğin ardından 10 saatlik sürelerle dinamometreye bağlanmış ve yağ tüketim değerleri ile performans değerleri ölçülmüştür.

Her iki motorda da yağ tüketiminin AVL standartlarında belirtilen sınır değer olan %0,2'den fazla olması üzerine öncelikle enjektörler kontrol edilmiş ve enjektörlerin doğru olarak çalışmadığı, damlattığı görülmüştür. Damlatan enjektörler hem yakıtın tam olarak yanmasını engellemekte hem de düzgün yanmanın olmamasından dolayı yanma sonu sıcaklığını aşırı arttırarak motor yağının buharlaşmasını kolaylaştırmaktadır. Enjektörler değiştirildikten sonra yapılan 10 saatlik dinamometre testinde yağ tüketiminin NA motorda 0,012, TC motorda 0,007 azaldığı görülmüştür.

Yapılan incelemelerde silindir kapağında I. silindir supapları civarında dökümden kaynaklanan hatadan dolayı orada yağ birikerek supap diplerinden yanma odasına indiği gözlenmiştir. Dökümde yapılan iyileştirme (yağ birikmesine sebep olan yükseltide yapılan azaltma) ve supap saplarına keçe eklenmesi sonrasında yapılan 10 saatlik dinamometre testinde yağ tüketiminin NA motorda 0,007, TC motorda 0,005 azaldığı görülmüştür.

İmalat basamaklarında silindirlerin toleransı $104 +0,024$ iken $104 +0,015$ değerinde tutulması gerekliliği uygun görülerek honlama tezgahı yeniden ayarlanmıştır. Ayrıca honlama taşının silindir yüzeylerine fazla baskı yaptığı dolayısıyla derin çizgiler

oluşturduğu da tespitler arasındadır. Bu da düzenlenerek daha ince taneli taş ile yapılan yeni 45° honlamanın yağ tüketimini NA motorda 0,028, TC motorda 0,019 oranında azalttığı gözlenmiştir.

Yine NA motorda, kullanılan düz sıyırma yüzeyine sahip sıyırıcı sekman yerine TC motorlarda kullanılan 2° açılı keskin kenara sahip sıyırıcı sekman takılarak yapılan testte de yağ tüketimi 0,006 oranında azalmıştır.

TC motor üzerinde yapılan incelemede emme manifoldu içerisinde yüzeylere yapışmış halde bulunan yağın motor havalandırmadan geldiğinin tespit edilmesi üzerine karter havalandırma ünitesi içerisine yoğunlaşmayı arttırmak için pirinç elek konulmuş ve tel filtre miktarı artırılarak motor yeniden test edilmiştir. Yağ tüketimi 0,003 oranında azalma göstermiştir.

Motorlarda yapılan tüm bu değişiklikler yağ tüketiminin azalmasına katkı sağlamış ve tüketim değeri %0,2'nin altına çekilmiştir. Yağ tüketimi azalırken motor performans değerlerinde herhangi bir azalma olmamıştır.

İmalat değişiklikleri bir yana düşündürücü olan enjektörlerin çalışma koşullarında kısa süre içerisinde bozularak motoru etkilemesidir. Günümüzde kalitesiz yakıtların artması dolayısıyla özellikle dizel araçlarda yakıt sistemleri hasar görmektedir. İleride yakıtların sistemde oluşturabileceği arızalar ve sonuçları üzerine yapılacak deneyler bu çalışmayı destekleyecektir.

KAYNAKLAR

- 1 İnternet: "Dokuz Eylül Üniversitesi internet sitesi, "Emisyonlar ve Emisyonun Ekolojik Etkileri", <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc128.htm> (2008)
- 2 Acaroğlu, M., "Tarım Makinalarında Biyolojik Ayrışabilir Yağların Hidrolik Yağı Olarak Kullanılması", *Ekoloji Çevre Dergisi*, İzmir, 20: 9-13 (1996)
- 3 Acaroğlu, M., Oğuz, H., Öğüt, H., "An Investigation On The Use Of Rape Seed Oil In Agricultural Tractors As In Engine Oil" *Energy Sources*, USA, 23: 823-830 (2001)
- 4 Kubo, K., Kagaya, M., Sunami, M., Wakabayashi, T., Watanabe, S., "The Environmental Aspects of Lubricants" *Proc Instn Mech Engrs*, Japan, 213 (J): 12-41 (2001)
- 5 Haşimoğlu, C. İçingür, Y. Öğüt, H. "Dizel Motorlarında Egzoz Gazları Resirkülasyonunun (EGR) Motor Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Analizi" *Turkish J. Eng. Env. Sci*, 26: 127-135 (2002)
- 6 Hamrock, B.J., "Fundamentals of Fluid Film Lubrication", *McGraw Hill Book Company*, New York, 32-48 (1994)
- 7 Hamaguchi, H., Maeda, Y., Maeda, T., "Fuel Efficient Motor Oil for Japanese Passenger Cars" *International Congress and Exposition*, USA, 81-316 (1981)
- 8 Özçelik, A.E., "Günümüzde otomotiv motorlarında kullanılan Yağlar ve özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, *S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 42-54 (2003)
- 9 Kılıç, E., "Bazı Motor Yağlarının Tarım Traktörlerinde Optimum Kullanım Süreleri Üzerine Bir Araştırma", Doktora Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, 12-63 (1998)
- 10 Hussain, A., Biswas, S., Athme, K., "A New Viscosity Temperature Relationship for Liquid Lubricant" *Wear*, 156: 1-18 (1992)
- 11 Kalaycı, A., "Dizel Motor Yağlama Teknolojisinde Son Beş Yıldaki Gelişmeler Üzerinde Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 5-47 (1999)

- 12 Kohler, M., Heeb, N.V., "Characterization of ageing products of ester-based synthetic lubricants by liquid chromatography with electrospray ionization mass spectrometry and by electrospray ionization (tandem) mass spectrometry", *Journal of Chromatography*, France, 161-165 (2001)
- 13 TS 4427, "Endüstriyel Sıvı Yağlayıcıların Viskozite Sınıflaması", *Türk Standartları Enstitüsü Kurumu*, Ankara, (1985)
- 14 TS 5370, "Motor Karterlerinde Kullanılan Madeni Yağların Hizmet Sınıflandırması", *Türk Standartları Enstitüsü Kurumu*, Ankara, (1995)
- 15 İnternet: Opet internet sitesi, "Yağların özellikleri", <http://webtr.opet-oil.com/urunlerimiz.jsp?kategori=40> (2008)
- 16 İnternet: British petrol, "Madeni yağlar", <http://www.bp.com> (2008)
- 17 İnternet: Petrol Ofisi A.Ş., "Madeni Yağlar ve Petrol Ofisi Ürünleri", <http://www.poas.com.tr/> (2008)
- 18 Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A., "İçten Yanmalı Motorlar", *TEV Yayınları*, Ankara, 4-18 (1998)
- 19 Küçükşahin, F., "Dizel Motorları", *Beta Yayınevi*, İstanbul, 33-84 (1990)
- 20 İnternet: Otomotiv bilim ve teknoloji topluluğu, "Yakıtlar ve Yağlar", http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/yakitlar_yaglar/motorin_.htm (2008)
- 21 Safgönül, B., "Pistonlu motorlar (içten yanmalı)", *İ.T.Ü. makina fakültesi motorlar ve motorlu taşıtlar birimi*, İstanbul, 1: 46-89 (1989)
- 22 İnternet: Opet internet sitesi, "Akaryakıtların özellikleri", <http://www.opet.com.tr/tr/akaryakitkalitesi.asp>, (2008)
- 23 Borman, G.L., Ragland, K.W., "Combustion Engineering", *McGraw Hill International Editions, Mechanical Engineering Series*, Singapore, 22-49 (1998)
- 24 Heywood, J.B., "International Combustion Engine Fundamentals", *McGraw Hill Book Company*, New York, 31-70 (1998)
- 25 İnternet: T.C. Ankara Ziraî Üretim İşletmesi Personel ve Makina Eğitim Merkezi, "Yakıt sistemi", http://www.permem.gov.tr/yyn_dosyalar/B-106.pdf, (2008)

- 26 Heisler, H., "Vehicle and Engine Technology", *Second Edition, Society of Automotive Engineers Inc.*, USA, 21-34 (1999)
- 27 Tekin, M., Çavuşoğlu, Y., "İçten Yanmalı Motorlarda Kirletici Oluşumu ve Kontrolü", *Ç.Ü. I. Uluslararası Katılımlı Otomotiv Teknolojisi Kongresi*, Adana, 37-44 (1997)
- 28 Bartz, W.J., "Lubricants and the environment" *Tribology International*, 31: 35-47, (1998)
- 29 Schulz, J.E., Evridge, B.L., "Dizel Mechanics", *McGraw Hill Book Company, Automotive Technology Series*, New York, 30-39 (1989)
- 30 Glenn, H. T., "Otomobil Motorlarının Yenileştirilmesi ve Bakımı" / Anameriç, N., Özçelik, F. ve Yolaçan, F., *Erkek Teknik Yüksek Öğretmen Okulu*, 25: 41-66 Ankara, (1975)
- 31 Taylor, C.M., "Automobile engine tribology design considerations for efficiency and durability" *Wear*, 18 (1999)
- 32 Cerit, A.M., "Makina Mühendisliği El Kitabı", *TMMOB Makina Mühendisleri Odası*, Ankara, 11-19 (1994)
- 33 William, A., Richard, C., Keith, F., "Tribology: The Science of Combatting Wear Part V", *Lubrication Engineering*, Ohio, 76-91 (1993)
- 34 Priest, M., Taylor, C.M., "Automobile engine tribology approaching the surface", *Wear*, 193-203 (2000)
- 35 Işıksoluğu, M. A., "Motor Yenileştirme", *Milli Eğitim Bakanlığı*, İstanbul, 36 (1984)
- 36 Dhariwal, H.C., "Control of Blowby Emissions and Lubricating Oil Consumption in I.C. Engines", *Energy Conversion and Management*, 38: 1267-1274 (1997)
- 37 Hill, S.H., Kantola, T.C., Brown, J.R., Hamelink, J.C., "An Experimental Study of the Effect of Cylinder Bore Finish on Engine Oil Consumption", *SAE Technical Paper*, 247-255, (1997)
- 38 Yoshida, H., Yamada, M., Kobayashi, H., "Dizel Engine Oil Consumption Depending on Piston Ring Motion and Desing", *SAE Technical Paper*, 1-10 (1993)
- 39 İnternet: Mahr exacily, "Product specification", <http://www.mahr.com/> (2007)

- 40 Internet: Anstalt für Verbrennungskraftmaschinen List, "Lubrication Oil Consumption test procedure", <http://www.avl.com> (2007)

EKLER

EK-1. Üç silindirli NA motorun (orjinal parçaları ile) performans değerleri

1 SAAT SONRA	Değerler
Motor devri (d/d)	2503
Güç (kW) (düzeltilmiş olarak)	40,51
Yakıt Sarfıyatı (kg/h)	8,84
Özgül yakıt tüketimi (g/kW.h)	222,17
Yağ Basıncı (bar)	3,05
Duman (FSN)	2,09
Yağ Sıcaklığı (°C)	102,8
Düzeltilme faktörü (k)	1,128
10 SAAT SONRA	Değerler
Motor devri (d/d)	2510
Güç (kW) (düzeltilmiş olarak)	40,47
Yakıt Sarfıyatı (kg/h)	9,0
Özgül yakıt tüketimi (g/kW.h)	222,38
Yağ Basıncı (bar)	3,47
Duman (FSN)	2,26
Yağ Sıcaklığı (°C)	105,1
Düzeltilme faktörü (k)	1,111

EK-2. Üç silindirli NA motorun (orjinal parçaları ile) yağ tüketim değerleri

MOTOR TEST			13/04/2007		
Boş temiz Kabın Ağırlığı (g)					557
İlk yağ dolum ölçümü					
Yağ+kabın ağırlığı (g)					6000
Kaba Doldurulan Net Yağ (g)			M_1		5443
* (g)			X_1		0
* (g)			P_1		100
Boşalttıktan sonraki kab+kalan yağın ağırlığı (g)					589
Kab içerisinde kalan yağın miktarı (g)			M_2		32
Motora Doldurulan Net Yağ ağırlığı (g)			M_s		5411
Son Yağ Ölçümü					
Yağ+kabın ağırlığı (g)					5844
Kaba Doldurulan Net Yağ (g)			M_3		5287
* (g)			X_2		0
* (g)			P_2		100
Toplam yağ sarfıyatı (g)			M_T		124
* (g)			M_B		
Test süresi (Saat)			h		20
Düzeltilmemiş motor gücü (kW)			kW		36,42
Düzeltilmemiş özgül yakıt tüketimi (g/kW.h)			(g/kW.h)		247,09
	Toplam yağ sarfıyatı (g/h)	Toplam özgül yağ sarfıyatı (g/kW.h)	Net motor yağ sarfıyatı (g/h)	Net Motor özgül yağ sarfıyatı (g/h)	Yağ tüketimi (g/h)
Hız/Yük Durumu	M_T/h	$M_T/(h.kW)$	$(M_T-M_B)/h$	$(M_T-M_B)/(h.kW)$	M_B/h
Tam yük max. güç devri	6,2	0,1727			
Yağ sarfıyatının yakıt tüketimine oranı					0,070

EK-3. Dört silindirli TC motorun (orjinal parçaları ile) performans değerleri

1 SAAT SONRA	Değerler
Motor devri (d/d)	2500
Güç (kW) (düzeltilmiş olarak)	69,72
Yakıt Sarfıyatı (kg/h)	14,3
Özgül yakıt tüketimi (g/kW.h)	207,97
Yağ Basıncı (bar)	4,1
Duman (FSN)	1,5
Yağ Sıcaklığı (°C)	100,5
Düzeltilme faktörü (k)	1,127
10 SAAT SONRA	Değerler
Motor devri (d/dak)	2500
Güç (kW) (düzeltilmiş olarak)	69,6
Yakıt Sarfıyatı (kg/h)	14,5
Özgül yakıt tüketimi (g/kW.h)	208,34
Yağ Basıncı (bar)	3,9
Duman (FSN)	1,8
Yağ Sıcaklığı (°C)	101
Düzeltilme faktörü (k)	1,136

EK-4. Dört silindirli TC motorun (orjinal parçaları ile) yağ tüketim değerleri

MOTOR TEST			20.03.2007		
Boş temiz Kabın Ağırlığı (g)					643
İlk yağ dolum ölçümü					
Yağ+kabın ağırlığı (g)					7025
Kaba Doldurulan Net Yağ (g)			M_1		6382
* (g)			X_1		0
* (g)			P_1		100
Boşalttıktan sonraki kab+kalan yağın ağırlığı (g)					720
Kab içerisinde kalan yağın miktarı (g)			M_2		77
Motora Doldurulan Net Yağ ağırlığı (g)			M_s		6305
Son Yağ Ölçümü					
Yağ+kabın ağırlığı (g)					6795
Kaba Doldurulan Net Yağ (g)			M_3		6152
* (g)			X_2		0
* (g)			P_2		100
Toplam yağ sarfiyatı (g)			M_T		153
* (g)			M_B		
Test süresi (Saat)			h		20
Düzeltilmemiş motor gücü (kW)			kW		61,25
Düzeltilmemiş özgül yakıt tüketimi (g/kW.h)			(g/kW.h)		236,73
	Toplam yağ sarfiyatı (g/h)	Toplam özgül yağ sarfiyatı (g/kW.h)	Net motor yağ sarfiyatı (g/h)	Net Motor özgül yağ sarfiyatı (g/h)	Yağ tüketimi (g/h)
Hız/Yük Durumu	M_T/h	$M_T/(h.kW)$	$(M_T-M_B)/h$	$(M_T-M_B)/(h.kW)$	M_B/h
Tam yük max. güç devri	7,65	0,1239			
Yağ sarfiyatının yakıt tüketimine göre yüzdesi (%)					0,053

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Soyadı, adı : ERTUĞRUL, ERGÜN
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.05.1982 Sivrihisar
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 211 02 05
 Faks : 0 (312) 211 08 39
 E-mail : e.ertugrul@gazi.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi / Makina Eğitimi Bölümü	2004
Lise	Sivrihisar Teknik Lisesi / Makina Bölümü	2000

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005	Termikel A. Ş.	Ar-Ge Müdür Yrd.
2006	New Holland Trakmak A. Ş.	Servis Sorumlusu

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Otomotiv teknolojileri, Bilgisayar teknolojileri, Evcil hayvanlar