

**FUZEL YAĞI ÖZELLİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ VE BUĞİ ATEŞLEMELİ BİR
MOTORDA FARKLI SIKIŞTIRMA
ORANLARINDA KULLANIMININ PERFORMANS
VE EMİSYONLARA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**2018
DOKTORA TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

Süleyman ŞİMŞEK

**FUZEL YAĞI ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ VE BUJİ
ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA FARKLI SIKIŞTIRMA ORANLARINDA
KULLANIMININ PERFORMANS VE EMİSYONLARA ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Süleyman ŞİMŞEK

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalında

Doktora Tezi

Olarak Hazırlanmıştır.

KARABÜK

AĞustos 2018

Süleyman ŞİMŞEK tarafından hazırlanan “FUZEL YAĞI ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ VE BUJİ ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA FARKLI SIKIŞTIRMA ORANLARINDA KULLANIMININ PERFORMANS VE EMİSYONLARA ETKİSİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Doktora Tezi olarak uygun olduğunu onaylarız.

Prof. Dr. Bülent ÖZDALYAN

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Hasan SAYGIN

İAÜ, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 16/08/2018

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

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

Üye : Prof. Dr. Bülent ÖZDALYAN (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ACAR (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KESKİN (AİBU)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ŞEN (AİBU)

...../...../2018

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

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



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

Süleyman ŞİMŞEK

ÖZET

Doktora Tezi

FUZEL YAĞI ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ VE BUJİ ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA FARKLI SIKIŞTIRMA ORANLARINDA KULLANIMININ PERFORMANS VE EMİSYONLARA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Süleyman ŞİMŞEK

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof.Dr. Bülent ÖZDALYAN

Prof.Dr. Hasan SAYGIN

Ağustos 2018, 106 sayfa

Petrol, temel enerji kaynaklarından birisi olarak insanoğlunun yaşamında çok önemli bir yere sahiptir. Ekonomide hemen her sektör, doğrudan ya da dolaylı olarak petrole bağımlıdır. Bu nedenle petrol piyasasında ve dolayısıyla fiyatında ortaya çıkan değişiklikler, oluşturdukları zincirleme reaksiyonlar aracılığı ile hem ülke, hem de dünya ekonomisi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Günümüzdeki enerji kaynaklarının sınırlı potansiyele sahip oluşu dünya enerji gereksinimini karşılama konusunda araştırmacıları alternatif yakıt araştırmalarına yönlendirmiştir. İçten yanmalı motorlarda yakıt tüketimi, hava kirliliği ve çevre koşulları açısından benzine alternatif oluşturabilecek yeni ve yenilebilir enerji kaynaklarının önemi oldukça artmaktadır. Alkollerin motor yakıtı olarak kullanılması birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur.

Bu çalışmanın amacı, buji ile ateşlemeli bir motorda petrol kökenli yakıt olan kurşunsuz benzine alternatif bir enerji kaynağı olarak şeker fabrikalarının etanol üretim proseslerinden yan ürün olarak elde edilen ve değerlendirilemeyen fuzel yağının iyileştirilmesi sonucunda yakıt olarak kullanılmasıdır. Fuzel yağının TÜBİTAK MAM araştırma laboratuvarlarında fiziksel ve kimyasal özellikleri yapılan deneylerde incelenmiş, içinde değerli alkoller bulundurduğu görülmüştür. Fuzel yağının alternatif yakıt olarak kullanılabilmesi için benzine yakınlığı incelenmiş ve iyileştirme deneyleri yapılmıştır.

Bu çalışmada, buji ateşlemeli bir motorda yüksek sıkıştırma oranlarında EPDK ve TS EN 228 standartlarına göre iyileştirilmiş fuzel yağının kullanılmasının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde dört zamanlı, tek silindri, hava soğutmalı, 8/1 sıkıştırma oranına sahip, buji ateşlemeli bir motor kullanılmıştır. Deneyler dört farklı sıkıştırma oranında (8,0/1, 8,5/1, 9,12/1, 10,07/1) gerçekleştirilmiştir. Deneylerde yakıt olarak fuzel yağı benzin karışımları (F0, F10, F20, F30, F40, F50), kurşunsuz benzin ve fuzel yağı kullanılmıştır. Deneyler sabit bir hızda ve farklı yüklerde yapılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler ile motor performansı ve egzoz emisyon değerleri grafiksel olarak çıkartılmıştır. Sonuçlar motorun orijinal çalışma parametrelerinde benzinden elde edilen veriler ile kıyaslanmıştır. Deney sonuçlarına göre yüksek sıkıştırma oranlarında iyileştirilmiş fuzel yağı kullanımının efektif verim, motor momenti değerlerini artırdığı ve özgül yakıt tüketimini azalttığı görülmüştür. Egzoz emisyonlarında hidrokarbon (HC) ve karbonmonoksit'in (CO) azaldığı, azot oksit (NO_x) ve karbondioksit'in (CO₂) arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Fuzel, Benzin, Sıkıştırma oranı, Yakıt iyileştirmesi, Egzoz emisyonu, Motor performansı

Bilim Kodu : 914.1.233

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

IMPROVEMENT OF FUSEL OIL FEATURES AND EFFECT OF ITS USE IN DIFFERENT COMPRESSION RATIOS FOR A SPARK IGNITION ENGINE ON PERFORMANCE AND EMISSIONS

Süleyman ŞİMŞEK

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Bülent OZDALYAN

Prof. Dr. Hasan SAYGIN

August 2018, 106 pages

As one of the main energy sources, oil has a very important place for human life. Almost every sector of the economy is directly or indirectly dependent on oil. Therefore, the changes in the oil market and in the price of oil cause various effects on the country and the world economy through the chain reactions that they have created. The limited potentiality of today's energy sources has caused researchers to focus on alternative fuel studies to meet the world's energy needs. New and renewable energy sources, which can be an alternative to gasoline in terms of fuel consumption, air pollution and environmental conditions, have become considerably important in internal combustion engines. The use of alcohols as engine fuels has been put forward by various researchers.

The aim of this study is to utilize waste Fusel oil obtained as by-products from ethanol production processes as an alternative source of energy for unleaded petroleum which is an oil-based fuel for spark plug ignition. Fusel oil was examined in experiments conducted in TÜBİTAK MAM research laboratories in terms of physical and chemical properties and observed that it contained valuable alcohols. In order to use fusel oil as an alternative fuel, the petrol proximity was examined and improvement experiments were carried out.

In this study, the engine performance and the effect on the exhaust emissions of the use of in accordance with EPDK ve TS EN 228 standard' s improved fusel oil at high compression ratios in a spark ignition engine have been experimentally investigated. In the experiments, a four-stroke, single-cylinder, air-cooled, 8/1 compression ratio, spark ignition engine was used. In the experiments, four different compression ratios (8,0 / 1, 8,5 / 1, 9,12 / 1, 10,07 / 1) are used and for each compression ratio (F0, F10, F20, F30, F40, F50) volumetrically mixed unleaded gasoline and fusel oil are also used. Experiments were carried out at constant speed and at different loads. With the data obtained from the experiments, performance and exhaust emissions of the engine have been attained. The results are compared with the data obtained from the benzene in the original operating parameters of the engine. Experimental results show that the use of fusel oil at high compression ratios increases the effective efficiency, motor moment, reduces specific fuel consumption. It is also observed that hydrocarbon (HC) and carbon monoxide (CO) decreases, and nitrogen oxides (NO_x) and carbon dioxide (CO₂) increases in exhaust emissions.

Key Word : Fusel, Gasoline, Compression ratio, Fuel recovery, Exhaust emission,
Engine performance

Science Code : 914.1.233

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca kıymetli zamanını bana ayırmaktan çekinmeyen, tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgilerinden ve tecrübelerinden faydalandığım değerli Hocam ve Danışmanım Prof. Dr. Bülent ÖZDALYAN'a, İstanbul Aydın Üniversitesi'ndeki çalışmalarında bilgi ve birikimiyle, maddi-manevi desteğini esirgemeyen, her türlü zorluğu aşmamda bana yardım eden ikinci danışmanım Prof. Dr. Hasan SAYGIN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Deneysel çalışmalarımı bilimsel temeller ışığında şekillendiren ve yönlendiren her türlü yardımlarını gördüğüm Prof. Dr. M. Bahattin ÇELİK'e ve Yrd. Doç. Dr. M. Kemal BALKİ'ye, ayrıca motor silindir kapağı konstrüksiyon işlemlerinde yardımını gördüğüm MERCEDES-BENZ TÜRK A.Ő. 'ye tezin yazılmasında yardımcı olan Ünsal AYBEK ve Ercan TİTİRİNLİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimi boyunca manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme, sevgili eşim Hatice, oğlum Mustafa Eren'e ve kızım Zehra Defne'ye yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	6
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	6
BÖLÜM 3	13
BENZİNLİ MOTORLARDA ALTERNATİF YAKITLAR	13
3.1. ETANOL	13
3.2. BÜTANOL	15
3.3. METANOL	16
3.4. HİDROJEN	17
3.5. DOĞAL GAZ.....	19
BÖLÜM 4	21
FUZEL YAĞI	21
4.1. FUZEL YAĞININ OLUŞUMU.....	21
4.2. FUZEL YAĞININ ELDE EDİLMESİ.....	22
4.2.1. Mayalanmayla Elde Edilen Etanolün Kazanılması ve Fuzel Yağının Ayrılması.....	22
4.3. FUZEL YAĞININ KULLANILDIĞI YERLER	27

BÖLÜM 5	28
SIKIŞTIRMA ORANININ MOTOR PERFORMANSINA ETKİSİ	28
5.1. GEOMETRİK SIKIŞTIRMA ORANI	28
5.2. SIKIŞTIRMA ORANININ GÜCE VE YAKIT EKONOMİSİNE ETKİSİ ..	29
5.3. SIKIŞTIRMA ORANININ TERMİK VERİME ETKİSİ	31
5.4. SIKIŞTIRMA ORANININ EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ.....	33
BÖLÜM 6	36
MATERYAL VE METOT	36
6.1. FUZEL YAĞININ ÖZELLİKLERİ.....	36
6.2. FUZEL YAĞININ İYİLEŞTİRİLMESİ	37
6.2.1. Fuzel Yağı Destilasyon.....	38
6.2.2. Fuzel Yağı Gum Miktarı.....	41
6.2.3. Fuzel Yağı Su ve Neminden Ayırılması.....	44
6.2.4. Fuzel Gaz Kromatografisi.....	46
6.3. DENEY DÜZENEGİ	49
6.4. DENEY MOTORU	50
6.5. DENEY MOTORUNUN SIKIŞTIRMA ORANININ ARTIRILMASI	51
6.6. DENEY YAKITLARI.....	53
6.7. EGZOZ EMİSYON CİHAZI	53
6.8. YAKIT TÜKETİM ÖLÇME DÜZENEGİ	56
6.9. KRONOMETRE	56
6.10. DESİBEL ÖLÇER	57
6.11. DENEY VERİLERİNİN ANALİZİNDE KULLANILAN HESAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	58
6.11.1. Efektif Verim	58
6.11.2. Özgül Yakıt Tüketimi	58
6.11.3. Motor Momenti.....	58
BÖLÜM 7	59
DENEY SONUÇLARI VE BULGULAR	59
7.1. EFEKTİF VERİM	59

	<u>Sayfa</u>
7.2. MOTOR MOMENTİ	63
7.3. ÖZGÜL YAKIT TÜKETİMİ.....	67
7.4. EGZOZ EMİSYONLARI	71
7.4.1. CO Emisyonlarının Değerlendirilmesi	71
7.4.2. HC Emisyonlarının Değerlendirilmesi	72
7.4.3. CO ₂ Emisyonlarının Değerlendirilmesi	74
7.4.4. NO _x Emisyonlarının Değerlendirilmesi	75
7.5. EGZOZ GAZ SICAKLIĞI DEĞERLENDİRİLMESİ.....	76
7.6. MOTOR YAĞ SICAKLIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	77
7.7. MOTOR SESİ DEĞERLENDİRMESİ.....	78
BÖLÜM 8	80
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	80
8.1. SONUÇLAR	80
8.2. ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	83
EK AÇIKLAMALAR A.	89
ESKİŞEHİR İSPİRTO FABRİKASININ İSTATİSTİKLERİ.....	89
EK AÇIKLAMALAR B	102
GC/MS CİHAZIYLA ANALİZ EDİLMESİ SONUCU ELDE EDİLEN KROMATOGRAM	102
ÖZGEÇMİŞ	106

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Yakıtlara göre birincil enerji tüketimi ve birincil enerji payları.	3
Şekil 4.1. Etanol su sisteminin 1 Atm.'deki kaynama diyagramı	23
Şekil 4.2. Fuzel yağının elde edilişi.....	26
Şekil 5.1. Sıkıştırma oranının motor gücüne etkisi (V8 motoru, n=2000 d/dk, tam yük) [46].....	29
Şekil 5.2. Sıkıştırma oranı değişiminin performansa etkisi (n=2500 d/dk, Tam yük, Vm=2.2lt) [47]	30
Şekil 5.3. Sıkıştırma oranı artışının performansa etkisi [48].....	31
Şekil 5.4. Çeşitli eşdeğerlik oranlarında (yakıt fazlalık katsayısında) termik verimin sıkıştırma oranına bağlı değişimi [47].....	32
Şekil 5.5. Tam yükte sıkıştırma oranının termik verime etkisi (n=2000 d/dk) [46].	33
Şekil 5.6. Hava fazlalık katsayısı	34
Şekil 6.1. Saf fuzel yağı.....	37
Şekil 6.2. Destilasyon analiz sonuçları.....	40
Şekil 6.3. Fuzel yağı ile benzin karışımında oluşan gum.	41
Şekil 6.4. Z4-01 nem tutucu, fuzel ve nem tutucu, F5+B95 hacimsel olarak fuzel benzin karışımı, F10+B90 hacimsel olarak fuzel benzin karışımı.	44
Şekil 6.5. Saf fuzeldeki su ve gum miktarının düşürülmesi.	45
Şekil 6.6. GC/MS Gaz kromatografisi/kütle spektroskopisi cihazı.....	46
Şekil 6.7. GC/MS kromatogramı.....	47
Şekil 6.8. GC kromatogramı.....	48
Şekil 6.9. Deney materyalleri şematik resmi.....	49
Şekil 6.10. Deney motoru ve yük ünitesi.	50
Şekil 6.11. Deney motoru Honda GX390.	50
Şekil 6.12. Silindir kapağından talaş kaldırılması.....	52
Şekil 6.13. Kurs ve yanma odası hacmi ölçümü.	52
Şekil 6.14. Egzoz gaz analizi ölçüm cihazı.....	54
Şekil 6.15. Egzoz emisyon cihazının kalibrasyon tüpleri.	55
Şekil 6.16. Özgül yakıt tüketimi ölçme düzeneği.	56
Şekil 6.17. Kronometre	56
Şekil 6.18. Desibel ölçer.	57

Sayfa

Şekil 7.1. 8 sıkıştırma oranında motor yük miktarına bağlı efektif verim grafiği....	60
Şekil 7.2. 8,5 sıkıştırma oranında motor yük miktarına bağlı efektif verim grafiği.	61
Şekil 7.3. 9,12 sıkıştırma oranında motor yük miktarına bağlı efektif verim grafiği	61
Şekil 7.4. 10,07 sıkıştırma oranında motor yük miktarına bağlı efektif verim grafiği.	62
Şekil 7.5. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında efektif veriminin karşılaştırılması.	63
Şekil 7.6. 8 sıkıştırma oranındaki motor momenti	64
Şekil 7.7. 8,5 sıkıştırma oranındaki motor momenti	65
Şekil 7.8. 9,12 sıkıştırma oranındaki motor momenti	65
Şekil 7.9. 10,07 sıkıştırma oranındaki motor momenti	66
Şekil 7.10. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarındaki motor moment değerlerinin karşılaştırılması.	67
Şekil 7.11. 8 sıkıştırma oranındaki özgül yakıt tüketimi.....	68
Şekil 7.12. 8,5 sıkıştırma oranındaki özgül yakıt tüketimi.....	69
Şekil 7.13. 9,12 sıkıştırma oranındaki özgül yakıt tüketimi.....	69
Şekil 7.14. 10,07 sıkıştırma oranındaki özgül yakıt tüketimi.....	70
Şekil 7.15. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında özgül yakıt tüketimi değerleri.	71
Şekil 7.16. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında CO emisyon değerleri	72
Şekil 7.17. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında HC emisyon değerleri	74
Şekil 7.18. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında CO ₂ emisyon değerleri.....	75
Şekil 7.19. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında NO _x emisyon değerleri.....	76
Şekil 7.20. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında egzoz gazı sıcaklık değerleri.....	77
Şekil 7.21. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında motor yağ sıcaklık değerleri.....	78
Şekil 7.22. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında motor sesi değerleri.....	79
Şekil Ek A.1. Petrol ürünü analizleri (Sayfa 1).....	93
Şekil Ek A.2. Petrol ürünü destilasyon analiz değerleri (Sayfa 2).....	94
Şekil Ek A.3. Mevcut sakızlanma miktarı (Sayfa 1).....	95
Şekil Ek A.4. Mevcut sakızlanma miktarı (Sayfa 2).....	96
Şekil Ek A.5. Su tayini (Sayfa 1).....	97
Şekil Ek A.6. Su tayini (Sayfa 2).....	98
Şekil Ek A.7. TÜBİTAK MAM analiz faturası (Sayfa 1).....	99
Şekil Ek A.8. TÜBİTAK MAM analiz (Sayfa 2).....	100

Sayfa

Şekil Ek A.9. Fuzel yağı alt ısııl değer analizi (Sayfa 1).....	101
Şekil Ek A. 10. Fuzel yağı alt ısııl değer analizi (Sayfa 2).....	102
Şekil Ek A. 11. Fuzel yağı talebi.....	103



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Dünya toplam ham petrol rezervleri (2016 yılı) [1].....	2
Çizelge 1.2. Dünya birincil enerji tüketiminde yakıt paylar 2000-2035.....	3
Çizelge 3.1. Benzin ve etanolün özellikleri [3, 23, 24].....	13
Çizelge 3.2. Benzin ve bütanolün özellikleri [16, 27].....	15
Çizelge 3.3. Benzin ve metanolün özellikleri [16].....	17
Çizelge 3.4. Benzin ve hidrojen özellikleri [31]	18
Çizelge 3.5. Doğal gazın özellikleri [32, 33]	20
Çizelge 4.1. 1 Atm.'lik basınç altında etanol-su sisteminin kaynama sıcaklıkları ve buhar-sıvı dengeleri	23
Çizelge 6.1. Fuzel yağı bileşiminin özellikleri.....	36
Çizelge 6.2. Kurşunsuz benzinin özellikleri.....	38
Çizelge 6.3. Destilasyon analiz sonuçları.....	39
Çizelge 6.4. %90 kurşunsuz benzin %10 fuzel yağı analiz sonuçları.....	42
Çizelge 6.5. %95 kurşunsuz benzin %5 fuzel yağı analiz sonuçları.....	43
Çizelge 6.6. İyileştirilmiş fuzel yağı gum miktarı.....	45
Çizelge 6.7. GC kromatogramında gözlenen % alan değerleri.....	46
Çizelge 6.8. Deney motoru ve jeneratörün teknik özellikleri.....	51
Çizelge 6.9. Honda GX 390 değişen sıkıştırma oranları.....	53
Çizelge 6.10. Deney yakıtlarının özellikleri.....	53
Çizelge 6.11. Egzoz gaz analizörünün teknik özellikleri.....	54
Çizelge 6.12. Egzoz emisyon kalibrasyon tüplerinin özellikleri.....	55
Çizelge 6.13. Desibel ölçer özellikleri.....	57
Çizelge Ek.B.8.1. Eskişehir ispirto fabrikasının istatistikleri.....	90
Çizelge Ek.B.8.2. GC/MS cihazıyla analiz edilmesi sonucu elde edilen kromatogram.....	103

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

HC : hidrokarbon CO

:

karbonmonoksit CO₂ :

karbondioksit NO_x :

azot oksit

H₂ : hidrojen

O₂ : oksijen

Atm : Atmosfer basıncı

V_h : silindir kurs hacmi

V_c : yanma odası hacmi

V_a : toplam hacim

cc : motor hacmi

ε : sıkıştırma oranı

n : motor devir

η : efektif verim

M_e : motor momenti

P_e : motor gücü

H_u : alt ısı değerini

H_o : üst ısı değerini

H/Y : hava/yakıt oranı

B : yakıt tüketimi

b_e : özgül yakıt tüketimi

P : basınç

T : sıcaklık

k : adyabatik üst

λ : hava fazlalık katsayısı

KISALTMALAR

TS	: Türk Standardı
EN	: European Norm (Avrupa Normu)
ISO	: International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilâtı)
HFK	: Hava Fazlalık Katsayısı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TAPDK	: Tütün Ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
IEA	: International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
A.Ö.N	: Alt Ölü Noktası
Ü.Ö.N	: Üst Ölü Noktası
D/DK	: Revolutions per minute (dakikadaki devir sayısı)
GC/MS	: Gaz Kromatografisi/Kütle spektroskopisi
GC	: Gaz Kromatografisi
MOS	: Motor oktan sayısı
AOS	: Araştırma oktan sayısı
S.O.	: Sıkıştırma oranı
F0	: Fuzel yağı %0 + Benzin %100
F10	: Fuzel yağı %10 + Benzin %90
F20	: Fuzel yağı %20 + Benzin %80
F30	: Fuzel yağı %30 + Benzin %70
F40	: Fuzel yağı %40 + Benzin %60
F50	: Fuzel yağı %50 + Benzin %50

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enerji; maddelerin yapısında var olan çeşitli şekillerde (yanma, düşme, sürtünme, hareket etme vb.) açığa çıkan güce enerji denir. Kişi başına enerji tüketimi kalkınmanın ölçütlerinden biri olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında, enerji üretimi ve tüketimi toplumların gelişmişlik düzeyinin ve yaşam kalitesinin en önemli göstergesi olarak kabul edilebilmekte ve enerji arzı bir ülkenin milli güvenliği ve geleceği açısından önemli faktör olarak görülebilmektedir. Ülkeler için enerjinin çevreye duyarlı, yenilenebilir, güvenli, yeterli miktarda ve ekonomik olması istenilmektedir.

Ülkelerin sürdürülebilir ekonomik kalkınmaları için kesintisiz bir enerji kaynağı gereklidir. Dünya ekonomisinde birçok ülkenin kesintisiz enerji türlerinden birisi olan petrole sahip olma ve/veya kontrol etmek istemeleri, petrolün siyasi açıdan vazgeçilemez bir kaynak olduğunu göstermektedir. Tarihte petrol rezervleri üzerinde hâkimiyet kurmak için askeri güç kullanılmış, birçok çatışma ve savaşın çıktığı görülmüş, günümüzde de görülmeye devam etmektedir.

Dünyadaki enerji planlamasını yapan kuruluşlardan birisi olan IEA (Uluslararası Enerji Ajansı), 1995 yılından bu yana gelecekteki yakıt kullanımındaki gelişmeler için, önceden detaylı enerji analizleri yapmaktadır. Bu analizlerin amacı, küresel enerji üretimi ve kullanımındaki önemli belirleyici yönelimleri belirlemektir.

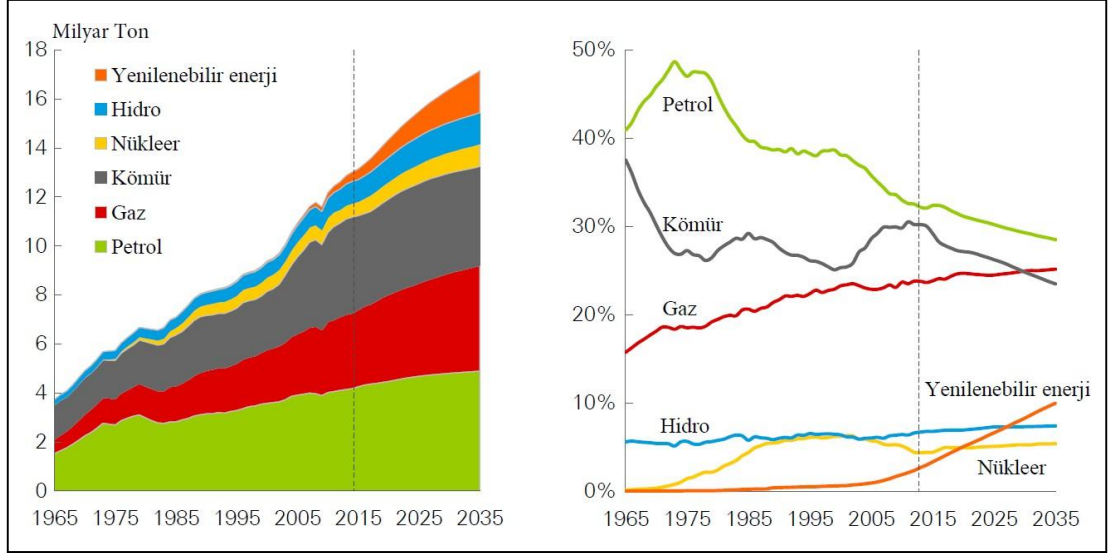
Yapılan analizler kaynakların geliştirme maliyetlerini, kullanım pazarına taşınmasını, enerji fiyatları ile hükümet politikalarını ve iklim değişimlerinin önlenmesini kapsamaktadır. Çizelge 1.1’de dünya toplam petrol rezervleri ve payları görülmektedir.

Çizelge 1.1. Dünya toplam ham petrol rezervleri (2016 yılı) [1].

Bölgenin Adı	İspatlanmış Rezerv (milyar ton)	Pay (%)
Kuzey Amerika	34.5	13.3
Güney-Orta Amerika	50.8	19.2
Avrupa-Avrasya	21.8	9.5
Ortadoğu	110.1	47.7
Afrika	16.9	7.5
Asya-Pasifik	6.4	2.8
Toplam Dünya	240.7	100

Dünyada kullanılan enerji birincil ve ikincil kaynaklardan karşılanmaktadır. Birincisi fosil yakıt, kömür, doğal gaz, hidrojen ve nükleer enerji ikincisi ise güneş, biyokütle rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

Şekil 1.1’de izlenebileceği gibi, 2005 yılında küresel enerji tüketimini sağlayan fosil yakıtların payı artarak devam etmektedir. Bunun yanı sıra yenilenebilir enerji kaynaklarında gözle görülür bir artış vardır. Gelecek 20 yıl içerisinde, dünya ülkelerinin petrol, kömür ve doğalgazdan oluşan fosil yakıt tüketmeye devam edeceklerini gösterirken yenilenebilir enerji sektöründe büyüme hız kazanacaktır.



Şekil 1.1. Yakıtlara göre birincil enerji tüketimi ve birincil enerji payları.

Çizelge 1.2’de sanayinin gelişmesiyle birlikte artan refah düzeyi dünyadaki nüfus ve taşıt sayısının artması petrol kaynaklarının kullanımının artmasına sebep olmuş; petrol rezervlerinin sınırlı olması, ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesine sebep olmuştur. Yenilenebilir enerji en hızlı büyüyen enerji kaynağıdır. Enerji görünümü istatistiklerine ve olasılığına göre 2015’de %3’lük bir artış gerçekleşirken 2035’de %10’lük bir artış beklenmektedir [2].

Çizelge 1.2. Dünya birincil enerji tüketiminde yakıt payları 2000-2035.

Yıllar	2000	2010	2020	2035
Petrol (%)	40	39	38	31
Kömür (%)	25	28	29	26
Doğalgaz (%)	24	24	25	28
Fosil Yakıtlar (%)	89	91	92	85
Nükleer (%)	7	6	4	5
Hidro (%)	4	3	3	6
Yenilenebilir (%)	1	2	5	10

Motorlu taşıtlarda kullanılan petrol kökenli yakıtların yakın gelecekte ihtiyacı karşılayamayacak duruma gelecek olması nedeniyle, günümüzde alternatif enerji kaynaklarının araştırılması ve mevcut sistemlerin geliştirilmesi üzerine birçok çalışma

yapılmaktadır. Fosil kökenli enerji rezervlerinin yakın gelecekte tükenme ihtimali, fiyatlardaki istikrarsızlıklar, kullanım sonucu çevreye verilen zararlar ve temininde yaşanan belirsizlikler birçok devletin yeni enerji politikaları oluşturmalarına neden olmuştur. Ayrıca, ülkelerin enerji gibi stratejik öneme sahip bir alanda bağımlı olmama ve süreklilik arzeden ekonomik yükten kurtulma arzusu da bu anlamda oldukça etkilidir. Yeni enerji politikaları oluşturulurken enerji üretiminde yerel, yenilenebilir ve daha çevreci kaynakların kullanımı, verimliliğin artırılması ve kaynak çeşitliliğinin sağlanması genellikle dikkate alınan en temel unsurları oluşturmaktadır.

İçten yanmalı motorlarda kullanılacak yakıtlardan, ucuz ve bol miktarda üretilmesi, ısı değerlerinin yüksek olması, kolayca depolanabilmesi ve taşınabilmesi, yüksek sıkıştırma oranlarında çalışmaya olanak vermesi ve düşük düzeylerde egzoz emisyonu oluşturması istenir. Alkoller otomobillerin icat edildiği yıllardan beri motorlarda kullanılmaktadır. Alkollerden sadece metanol ve etanol petrol esaslı olmayan hammaddelerden güncel teknolojiyle pratik olarak üretilmektedir. Etanol yüksek oktan sayısına sahiptir ve tarımsal ürünlerden üretilmektedir. Etanol, bu özellikleri nedeniyle buji ile ateşlemeli motorlar için uygun bir yakıttır ve motorlarda tek başına ya da benzinle belirli oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadır [3].

Ayrıca alkollerin daha düşük moleküler yapıya sahip olmaları, yapılarında oksijen bulundurmaları ve diğer yakıtlarda bulunan kükürt, kanserojen maddeler ve ağır metalleri içermemelerinden dolayı egzoz emisyonlarında olumlu etkilere sebep olmaktadır.

Motordan maksimum gücü, en ekonomik ve çevreyi kirletmeden alabilmek için yapılan çalışmalar günümüzde hız kazanmış, özellikle bazı motor parametreleri üzerindeki araştırmalar yoğunlaşmıştır. Motorun bütün çalışma şartlarında volümetrik ve termik veriminin artırılması, güç kayıplarının en aza indirilmesi, araştırmaların ana hedefini oluşturmaktadır.

Buji ile ateşlemeli motorlarda performansı ve verimi etkileyen en önemli parametrelerden biri de sıkıştırma oranıdır. Artan sıkıştırma oranıyla sıkıştırma sonu

basınç ve sıcaklıkları yükselmekte, dolayısıyla yanma hızı da artmaktadır. Yanma hızının artmasıyla birlikte performans yükselmektedir. Sıkıştırma oranının yanma üzerindeki tesiri göz önüne alınırsa, bu parametrenin de değişken hale getirilmesi ile değişik çalışma şartlarında bazı kazançlar elde edilebilir [4].

Bu tez çalışmasındaki amaç; fermantasyonla üretilen etanolün damıtma ile ayrılması sonucunda yan ürün olarak elde edilen atık fuzel yağının içten yanmalı motorlarda potansiyel yakıt olarak kullanılabilirliğinin incelenmesidir. Atık fuzel yağının kimyasal ve fiziksel özelliklerini analiz ederek değerli alkoller içerdiği gözlenmiştir. Alkoller yüksek oktan sayıları nedeniyle alternatif yakıtlar içinde önemli bir yere sahiptir. Fuzel; oktan sayısının yüksek olması ve biyokütle kaynaklarından üretilmesi nedeniyle alternatif yakıtlar arasında yerini almaktadır. Motorlarda yakıt olarak kullanılabilmesi için TS EN 228 standardına uygun olarak atık fuzel yağı içindeki gum ve su miktarı minimize edilmiş ve sıkıştırma oranı kademeli bir şekilde artırılarak motor performansı ve egzoz emisyonları değerlendirilmiştir. Ayrıca, atık fuzel yağının analizi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma olduğundan dolayı bu çalışmanın literatürdeki boşluğu doldurabileceğine inanılmaktadır.

Bu çalışmanın dördüncü bölümünde fuzel yağının elde edilmesine ve fuzel yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin analizine, beşinci bölümde sıkıştırma oranının artırılmasına ve bu artışın egzoz emisyonlarına etkilerine, altıncı bölümde fuzel yağının iyileştirilmesine destilasyonuna, gum ve su miktarının azaltılmasına, kromatografi analizine, yedinci bölümde deneysel çalışmalara, sekizinci bölümde sonuçlar ve önerilere yer verilmiştir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Calam, çalışmalarında fuzel yağı ile kurşunsuz benzin karışımlarının (F5, F10, F20, F30 ve F50) buji ile ateşlemeli bir motorda motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak incelemiştir. Kurşunsuz benzin-fuzel yağı karışımlarının etkilerini ve farklı motor çalışma parametrelerindeki değişimleri değerlendirebilmek için değişik gaz kelebek açıklıkları, motor hızları ve ateşleme avanslarında deneyler yapmıştır. Değişik motor hızlarında ve maksimum motor momentini veren ateşleme zamanında yapılan deneylerde, fuzel yağı ilavesi ile motor momentinde artış olmuş ve en yüksek artış F10 yakıtı ile elde edilmiştir. Aynı deney şartlarında tüm yakıtlarda termik verim değerleri birbirine yakın elde edilmiştir. Bütün motor hızlarında ve farklı ateşleme avanslarında gerçekleştirilen deneylerde özgül yakıt tüketimi, karışımdaki fuzel yağı miktarına bağlı olarak artış göstermiştir. En yüksek artış F50 yakıtında elde edilmiştir. Maksimum motor momentini veren ateşleme zamanında, farklı yük ve motor hızlarında gerçekleştirilen deneylerde termik verim, karışımdaki fuzel yağı miktarına bağlı olarak artış göstermiş ve en yüksek artış F50 yakıtıyla elde edilmiştir. Farklı motor devri ve ateşleme avanslarında HC ve CO emisyonları kurşunsuz benzine göre diğer tüm yakıtlarda artış göstermiştir. NO_x emisyonları motor devrine ve karışımlardaki fuzel yağı miktarına bağlı olarak azalma göstermiştir. Maksimum motor momentini veren motor devrinde ve farklı ateşleme avanslarında gerçekleştirilen deneylerde kurşunsuz benzine göre tüm yakıtlarda NO_x emisyonları azalmıştır [5].

Solmaz, çalışmasında 2500 d/dk'da ve dört farklı motor yüklerinde fuzel yağının (F0, F50, F100) yakıtlarının performans, emisyon ve yanma özelliklerini incelemiştir. Fuzel yakıtının içerisindeki su miktarının motor performansını düşürdüğü, fuzel yağı kullanımı CO %21, HC %25 oranında artırdığını, NO_x miktarında %31 oranında azaldığı tespit edilmiştir [6].

Demirkul, bu çalışmada etil alkol üretiminde yan ürün olarak ortaya çıkan ve Türkiye’de atıl olan fuzel yağı, yenilenebilir alternatif yakıt olarak kullanılabilen etanol ve kurşunsuz benzin karışımlarının (B100E0F0, B50E0F50, B50E10F40, B50E20F30, B50E30F20, B50E40F10, B50E50F0) buji ile ateşlemeli bir motorda performansına ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak incelemiştir. Deneyler dört zamanlı, tek silindirli, enjeksiyonlu ve buji ile ateşlemeli Hydra marka motorda kısmi gaz kelebeği açıklığında ve farklı motor hızlarında gerçekleştirilmiştir. Bütün deneylerde hava fazlalık katsayısı (λ) 1,0 olarak ayarlanmıştır. Değişik motor devirlerinde ve maksimum motor momentini veren ateşleme zamanında yapılan deneylerde, elde edilen karışımlarda motor momenti ve efektif termik verimde sadece benzin kullanımına göre artış sağlandığı ve B50E50F0 karışımında en yüksek değerlerin elde edildiği gözlenmiştir. Aynı deney şartlarında edinilen karışımların özgül yakıt tüketiminde sadece benzin kullanımına göre düşüş meydana geldiği saptanmıştır. Etanol oranı düşen ve fuzel oranı artan karışımlarda HC emisyon miktarının arttığı, CO emisyonu motor devrine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ve maksimum değere B50E0F50 karışımında elde edildiği gözlenmiştir [7].

Deniz, çalışmada, buji ile ateşlemeli, dört zamanlı, tek silindirli ve sıkıştırma oranı 8,5/1 olan bir motorun sıkıştırma oranı değiştirmiş ve sıkıştırma oranı değişiminin motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelemiştir. Standart motoru, değişken sıkıştırma oranlı motora dönüştürmek için silindir kapağı 0,5mm aralıklarla 5 kez taşlanmıştır. Sıkıştırma oranı değiştirilen motorun sıkıştırma oranı 8,5/1 ile 12,72/1 değerleri arasında değiştirilebilmektedir. Sıkıştırma oranının 8,5/1’den 11,28/1’e yükseltilmesiyle tam yükte özgül yakıt tüketiminde %14,5’e kadar iyileşme elde edilmiştir. Aynı sıkıştırma oranı aralığında CO emisyonlarında %27’e kadar azalma elde edilirken, HC emisyonlarında maksimum %18 artış belirlenmiştir [8].

Çelik, çalışmasında, etanol yakıtı yüksek sıkıştırma oranında motorun performansını arttırmak için ve küçük benzinli motorlardaki emisyonları azaltmak için kullanmıştır. Başlangıçta, sıkıştırma oranı 6/1 olan motoru, E25 (%75 benzin + %25 etanol), E50, E75 ve E100 yakıtlarıyla sabit yük ve hız testlerini yapmıştır. Deney sonuçlarına göre performans ve emisyon açısından en uygun yakıtın E50 olduğunu tespit etmiş ve

sıkıştırma oranını 6/1 den 10/1'e yükselterek deneylerine devam etmiştir. Motor E0 yakıtı ile 6/1 sıkıştırma oranında ve E50 yakıtı ile de 10/1 sıkıştırma oranında tam yükte ve çeşitli hızlarda herhangi bir vuruşta olmaksızın test edilmiştir [9].

Koç, bu çalışmada, tek silindirli dört zamanlı, enjeksiyonlu, buji ile ateşlemeli bir benzinli motorda E0, E50 ve E85 kullanımının yüksek sıkıştırma oranlarında motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak incelemiştir. Deneyler tam yükte yapılmış, motor devri, ateşleme avansı, hava fazlalık katsayısı ve sıkıştırma oranı değişken parametreler olarak seçilmiştir. Motor sıkıştırma oranı 10'dan 11'e yükseltildiğinde tüm yakıtlarla yapılan çalışmalarda ve tüm deney şartlarında motor momenti ve motor gücünde artış görülmüştür. Moment ve güçteki en yüksek artış oranı E85 ile elde edilmiştir. Sıkıştırma oranı 11'den 12'ye yükseltildiğinde motor momenti ve gücünde bir miktar azalma tespit edilmiştir. Bütün motor deneylerinde en yüksek özgül yakıt tüketimi E85 ile elde edilmiştir. E50 ve E0 bunu izlemiştir. Motor devrine bağlı testlerde ise devir artışına bağlı olarak HC emisyonunda azalma tespit edilmiştir. Ancak sıkıştırma oranının artırılmasıyla HC emisyonlarında her üç deney yakıtında da artış tespit edilmiştir. Sıkıştırma oranı ve ateşleme avansına bağlı olarak CO ve CO₂ emisyonlarında kararlı bir değişim gözlenmemiştir. Hava fazlalık katsayısının artışına bağlı olarak HC ve CO emisyonlarında azalma, NO_x emisyonlarında artış görülmüştür. Motor performansı dikkate alındığında 11 sıkıştırma oranında en iyi sonuçlar E85 yakıtı ile elde edilmiştir. Bunu E50 ve E0 izlemiştir [10].

Wu ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada %0, %5, %10, %20 ve %30 etanol içeren benzin-etanol karışımlarının performans ve emisyonlara etkisini değişik hava fazlalık katsayısı değerlerinde incelemiştir. E30 (%30 etanol içeren karışım) yakıtlı çalışmada motor momentinin yaklaşık %4 oranında arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, karışımdaki alkol miktarı arttıkça CO, HC ve CO₂ emisyonlarının azaldığı belirlenmiştir [11].

Bayraktar, yaptığı çalışmada, bir buji-ateşlemeli deney motorunda benzin-etanol karışımlarının kullanılmasının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkilerini deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Deneyler, benzine %1,5, %3, %4,5, %6, %7,5, %9, %10,5 ve %12 oranlarında etanol katılarak hazırlanan karışımlarla

gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya göre yakıt içindeki alkol oranı arttıkça CO emisyonunun azaldığı ve özgül yakıt tüketiminin arttığı belirlenmiştir [12].

Abdel-Rahman ve arkadaşları, çalışmalarında hacimce %10, %20, %30 ve %40 etanol içeren etanol-benzin karışımlarının farklı sıkıştırma oranlarında motor performansına etkilerini araştırmışlardır. Test yakıtı olarak hazırlanan karışımlar 72 saat sonra incelendiğinde faz ayrışmasına rastlanmadığını söylemişlerdir. Gaz kelebeği tam açık iken ve motor devri 2150 d/dk iken farklı sıkıştırma oranlarında indikatör diyagramındaki değişimi incelemişlerdir, Sıkıştırma oranının 10:1 olduğu durumda %10 etanol içeren karışımdan elde edilen indike basıncının benzine göre yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Diğer karışımlarda indike basınç değerinin azaldığını gözlemlemişlerdir. Kullanılan yakıtların oktan sayılarına göre elde ettikleri değerleri göze alarak her bir karışım için en iyi sıkıştırma oranını %10 etanol içeren karışım için 8:1, %20 etanol içeren karışım için 10:1, %30 etanol içeren karışım için 12:1, %40 etanol içeren karışım için 12:1 olarak tespit etmişlerdir. Yaptıkları bu testler sonucunda, benzine etanol ilavesinin oktan sayısını arttırdığını, etanolün buharlaşma ısısının benzine göre daha yüksek olmasından dolayı etanol ilavesinin karışımların ısı değerini azalttığı için performansı olumsuz yönde etkilediğini söylemişlerdir [13].

Hsieh ve arkadaşları, çalışmalarında hacimce %5, %10, %20 ve %30 etanol içeren benzin karışımlarını 1600 cm³ silindir hacmine ve 9,5:1 sıkıştırma oranına sahip buji ile ateşlemeli bir motorda yakıt olarak kullanmışlar, motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Motor momenti değerleri incelendiğinde, etanol-benzin karışımları kullanılarak elde edilen değerlerin sadece 1000, 2000, 3000 ve 4000 d/dk motor devirlerinde benzin kullanılarak elde edilen değerlere yakın olduğunu, daha yüksek devirlerde moment değerinin düştüğünü göstermişlerdir. Bunun nedeninin, içeriğinde oksijen bulunan etanolün benzinle karışmasından dolayı silindire alınan yakıtın fakirleşmesinden kaynaklandığını söylemişlerdir. Egzoz emisyon değerlerini 3000 d/dk sabit motor devrinde, değişken gaz kelebek açıklıklarında ölçmüşlerdir. CO ve HC emisyonlarının, karışımdaki etanol miktarının artması ile azaldığını, bunun nedeninin hava fazlalık katsayısının, karışımdaki etanol oranının artmasıyla doğru orantılı olarak yükselmekte ve böylece tam yanmanın gerçekleşmesinden dolayı belirtilen emisyon değerlerinin düşük olduğunu

söylemişlerdir. NO_x emisyonlarındaki değişim ile yakıt tip arasında bir ilişki kuramadıklarını, NO_x emisyonlarının motorun çalışma parametrelerine bağlı olarak değiştiğini söylemişlerdir [14].

Al Hasan, çalışmasında kurşunsuz benzine hacimce %2,5 - 25 arasında ve her seferinde %2,5 oranında artırarak etanol ilave ederek motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemiştir. ³/₄ gaz kelebek açıklığında ve 1000, 2000, 3000, 4000 d/dk yapmış olduğu deneyler sonucunda, etanol-benzin karışımlarının motor gücünde ortalama %8,3 oranında, ısı veriminde %9 oranında ve volümetrik verimde %7 oranında bir artış olduğunu söylemiştir. Ayrıca yakıt tüketiminde yaklaşık olarak %2,4 bir azalma olduğunu belirtmiştir. Egzoz emisyonlarına bakıldığında, CO emisyonunda yaklaşık %46,5 oranında, HC emisyonunda %24,3 oranında bir azalma gözlenmiştir. CO₂ emisyonunda ise %7,5 oranında bir artış tespit edilmiştir. Yapmış olduğu bu çalışma sonucunda, hem motor performans değerleri hem de egzoz emisyon değerleri bakımından en iyi sonuçların hacimce %20 etanol içeren karışımdan elde edildiği belirtilmiştir [15].

Topgül, çalışmasında %10, %20, %40 ve %60 oranında etanol içeren kurşunsuz benzin karışımlarını 15 kW'lik dört zamanlı, Hydra marka, tek silindirli, buji ile ateşlemeli ve değişken sıkıştırma oranlı bir test motorunda yakıt olarak kullanmış, farklı motor devir ve yüklerinde; sıkıştırma oranı, ateşleme zamanı, hava fazlalık katsayısı ve giriş hava sıcaklıkları değişiminin motor performans ve emisyonlarında etkilini incelenmiştir. Düşük sıkıştırma oranlarında en yüksek motor momentini veren ateşleme zamanı, yakıtlar arasında önemli bir farklılık göstermemiştir. Yüksek sıkıştırma oranlarında ve düşük motor devirlerinde motor performansı, karışımdaki etanol miktarına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. En yüksek motor momentini veren ateşleme zamanında hava/yakıt oranı ve giriş hava sıcaklığının motor performansı ve egzoz emisyonlarının değişimine etkilerinin tüm yakıtlarda benzer olduğu kaydedilmiştir. Isı kayıpları, etanol-benzin karışımları kullanıldığında kurşunsuz benzinle karşılaştırıldığında azalmıştır. Çalışmada kullanılan yakıtlar arasında en iyi vuruntu direncine sahip olan E60 yakıtında daha yüksek silindir basınçlarına ulaşılmıştır [16].

İmrağ, çalışmasında %5, %10 ve %20 oranlarında etanol içeren kurşunsuz benzin karışımlarını dört silindirli, su soğutmalı, dört zamanlı, 72 beygir gücünde, sıkıştırma oranı 8:1 olan Land Rover marka motorda yakıt olarak kullanmış, motor tam yük durumunda 750, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000 d/dk parametrelerinde performans ve emisyon değerlerini incelemiştir. En yüksek güç değişimi, 11 derecelik ateşleme avansı ile E10 yakıtında 3,8 beygir gücü olarak kaydedilmiştir. Motorun özgül yakıt tüketimi değerleri incelendiğinde, en yüksek özgül yakıt tüketimi 11 derecelik ateşleme avansı ile E20 yakıtında 125,49 g/kWh olarak kaydedilmiştir. CO ve HC egzoz emisyon değerleri yakıt içerisindeki etanol miktarına bağlı olarak düşüş göstermiş, egzoz gazındaki O₂ miktarı ise yakıttaki etanol miktarının artışıyla doğru orantılı olarak arttığı gözlenmiştir [17].

Bayındır, çalışmasında %10, %20 ve %30 oranında etanol içeren normal benzin karışımlarını tek silindirli, dört zamanlı, hava ile soğutmalı, sıkıştırma oranı 6:1 olan Cussons marka motorda yakıt olarak kullanmış, 6:1, 7:1 ve 8:1 sıkıştırma oranlarında ateşleme avansı ve hava/yakıt oranını değiştirerek performans değerlerini incelemiştir. Motorun standart sıkıştırma oranında ve ateşleme zamanında etanol- benzin karışımlarıyla elde edilen motor momentini ve gücünün normal benzinden daha az gerçekleştiği görülmüştür. Motor momentini ve gücünün karışımdaki etanol miktarına bağlı olarak azaldığı belirtilmiştir. Bunun yanı sıra karışımdaki etanol miktarına bağlı olarak özgül yakıt tüketiminin de arttığı gözlenmiştir. Motorun sıkıştırma oranı artırıldığında motor gücünde normal benzine karşılaştırıldığında etanol-benzin karışımlarında daha fazla artış sağlanmıştır [18].

Çetinkaya ve Çelik, çalışmalarında %30, %50 ve %75 oranlarında metanol içeren metanol-benzin karışımlarını; 7,3:1 sıkıştırma oranına sahip, dört silindirli, dört zamanlı, 1200 cm³ silindir hacmi olan, karbüratörlü Anadolu marka motorda yakıt olarak kullanmışlardır. Motor tam yükte ve 2000 - 4500 d/dk aralığında yapılan çalışmada ateşleme zamanı maksimum motor momentini verecek şekilde ayarlanmıştır. Motor momentinin metanol miktarına bağlı olarak arttığı gözlenmiş, en yüksek moment saf metanollü çalışmada elde edilmiş ve ayrıca efektif güçte ortalama %10 oranında artış kaydedilmiştir. Özgül yakıt tüketimi karışımdaki metanol miktarına bağlı olarak artmakta ve saf metanolla yapılan deneylerde minimum özgül

yakıt tüketiminin 625 g/kWh olduğu gözlenmiştir. CO emisyonlarında en yüksek iyileşme (yaklaşık %50 düşüş) saf metanolla yapılan çalışmada görülmüştür. Karışımdaki metanol miktarı arttıkça HC emisyonlarında artış olduğu gözlenmiştir [19].

Yücesu ve arkadaşları, çalışmalarında kurşunsuz benzin-etanol karışımlarının (E0, E10, E20, E40, E60) farklı sıkıştırma oranları ve ateşleme avansında motor performans ve emisyonları üzerine etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışma; tam yük şartlarında, 2000 d/dk motor hızında, 8:1, 9:1 ile 10:1 sıkıştırma oranlarında ve 10- 36° krank mili açısı (KMA) ateşleme avansı aralıklarında gerçekleştirilmiştir. 8:1 sıkıştırma oranında maksimum motor momenti 28° ateşleme avansında E0 yakıtı ile elde edilirken, 10° ateşleme avansında E60 yakıtında E0 yakıtına göre %1,95'lik bir artış gerçekleşmiş ve 36° ateşleme avansından E60 yakıtında E0 yakıtına göre %0,91'lik bir azalma gerçekleşmiştir. Sıkıştırma oranının 10:1 olduğu durumda yapılan deneylerde E0 yakıtında 26° ateşleme avansından itibaren vuruş meydana gelmiş ve daha yüksek ateşleme avanslarında ölçüm yapılamamıştır. Karışımlarda etanol miktarının artırılmasıyla vuruş direnci artmış ve E10 yakıtında 29°, E20 yakıtında 32° ateşleme avanslarında vuruş gerçekleşmiş, E40 ve E60 yakıtlarında 36° ateşleme avansında dahi vuruş gerçekleşmemiştir. 10:1 sıkıştırma oranında ve tüm ateşleme avanslarında en yüksek motor momenti E40 yakıtı ile elde edilmiştir. CO emisyonları etanol-kurşunsuz benzin karışımları kullanımında, 8:1 ve 10:1 sıkıştırma oranlarında E0 yakıtına göre azalmıştır. HC emisyonları silindir içi sıcaklıklarının azalmasıyla artış göstermiştir. Ancak HC emisyonlarında ateşleme avansının geciktirilmesiyle azalmalar kaydedilmiştir [20].

BÖLÜM 3

BENZİNLİ MOTORLARDA ALTERNATİF YAKITLAR

3.1. ETANOL

Etanol; renksiz, saydam, hafif kokulu, higroskopik bir sıvıdır. Etilenin hidratlanması ve şekerli bitkilerin fermantasyonu ile endüstriyel ölçüde üretilmektedir [21]. Etanol ve benzinin başlıca özellikleri Çizelge 3.1’de verilmektedir. Bu özellikler göz önüne alındığında, etanolün motorlarda kullanılması durumunda motor üzerinde oluşabilecek etkiler; etanol benzine göre daha düşük ısı değere ve daha yüksek stokiyometrik yakıt/hava oranına sahiptir. Bu nedenle motorlarda benzin yerine etanol ya da benzin-etanol karışımları kullanılması durumunda aynı performansı elde etmek için daha fazla yakıt gerekir [12, 22]. Etanolün oktan sayısı benzine göre daha yüksek olduğu için motor daha yüksek sıkıştırma oranlarında çalıştırılabilir ve bunun sonucu olarak da motorun verimi ve yakıt tüketimi iyileşebilir.

Çizelge 3.1. Benzin ve etanolün özellikleri [3, 23, 24].

Özellikler	Benzin	Etanol
Kimyasal formül	C ₈ H ₁₈	C ₂ H ₅ OH
Molekül ağırlığı (kg/kmol)	100-105	46
Alt ısı değeri (kJ/kg)	44300	26900
Stokiyometrik H/Y oranı	14,7	9
Buhar basıncı (kPa, 38°C)	48-103	15,9
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (°C)	257	425
Araştırma oktan sayısı (AOS)	88-100	108,6
Motor oktan sayısı (MOS)	80-90	89,7
Kaynama noktası (°C)	27-225	78,3
Donma noktası (°C)	-40	-114,3
Yoğunluk (kg/m ³)	730	789
Dinamik viskozite (mPa s, 20°C)	0,4-0,8	1,52
Buharlaşma ısısı (kJ/kg)	360	960

Etanol, düşük ısıl değeri ve yüksek buharlaşma ısısı nedeniyle emilen taze karışım üzerinde soğutucu etki oluşturulabilir ve bu da motorun volümetrik veriminin artmasına neden olabilir. Yüksek volümetrik verim nedeniyle etanol ile çalışan motorların momenti ve gücü yüksek olabilir. Taze dolgu sıcaklığının düşmesi ve motorun daha fakir karışımlarla çalışması gibi nedenlerle CO ve NO_x emisyonlarında önemli azalmalar oluşabilir [12]. Bununla birlikte, yüksek buharlaşma ısısı ve düşük buhar basıncı soğuk havalarda buharlaşma sorunlarına yol açabilir. Gerekli buharlaşmayı sağlamak için etanole ya da benzin-etanol karışımlarına buharlaşmayı kolaylaştırıcı katkı maddelerinin katılması gerekir.

Etanolün buhar basıncı düşük olmasına karşın benzin-etanol karışımlarının buhar basıncı, artan etanol miktarı ile artar [22]. Bu nedenle sıcak havalarda buhar tıkaçı olayı oluşabilir. Bilindiği gibi etanolün su çekici özelliği vardır ve bu nedenle benzin-etanol karışımlarında faz ayrışması olabilir. Bu sorun, izopropanol gibi çözünürlüğü arttırıcı maddeler karışıma katılarak önlenir. Diğer taraftan etanolde bulunan su mekanik parçalar üzerinde korozyona neden olabilir. Başka bir önemli problem ise; etanolün formaldehit, asit aldehit ve aseton gibi zararlı emisyonları önemli düzeylerde artırmasıdır [12, 22]. Etanol eğer bol miktarlarda ve ekonomik yöntemlerle üretilebilirse, gelecekte buji-ateşlemeli motorlar için ilgi çekici bir yakıt olabilir. Etanol motorlarda tek başına ya da benzin-alkol karışımları şeklinde kullanılabilir. Her iki seçenek de motor performansı, yakıt ekonomisi ve egzoz emisyonları bakımından bazı üstünlüklere ve yetersizliklere sahiptir. Belirli oranlarda etanol içeren karışımlar motor tasarımı ve yakıt sistemi üzerinde hiçbir değişiklik yapılmadan motorlarda kullanılabilir [12].

Böylece, yerli tarım ürünlerinden elde edilecek etanol ile yurdumuz, yatırım ve istihdam avantajlarının yanı sıra, ilave katma değer sağlayacak ve dışa bağımlı enerji kullanımını da azalmış olacaktır.

3.2. BÜTANOL

Bütanol; şeffaf, renksiz ve suyla karışmayan sıvı bir maddedir. Kalıcı olmayan orta dereceli bir kokuya sahiptir. Yiyecek, kozmetik, plastik, izobütil asetat üretiminde ve ayrıca boya endüstrisinde çözücü olarak kullanılmaktadır. Bir de motor yağlarında pas ve yıpranmaya karşı kullanılan maddelerin içerisine ilave edilmektedir [25].

Bütanol; hidrojen, karbon ve oksijenden oluşan sıvı bir maddedir. Petrokimyasal olarak karbonmonoksidin hidrojen ile oksidasyonu, Oxo sentezi, n-propanol'ün metanol ile yoğunlaştırılması gibi değişik yöntemlerle üretilmektedir. Fakat bu yöntemler çevreye zarar verici maddelere de neden olmaktadır. Bu yöntemler dışında şekerin maya ile fermente edilmesi yoluyla da üretilir [26]. Çizelge 3.2'de benzin ve bütanole ait fiziksel ve kimyasal özellikler verilmiştir.

Çizelge 3.2. Benzin ve bütanolün özellikleri [16, 27].

Özellikler	Benzin	Bütanol
Kimyasal formül	C_8H_{18}	C_4H_9OH
Molekül ağırlığı (kg/kmol)	100-105	74,12
Alt ısı değer (kJ/kg)	44300	32010
Stokiyometrik H/Y oranı	14,7	11,2
Buhar basıncı (kPa, 38°C)	48-103	44
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (°C)	257	390
Araştırma oktan sayısı (AOS)	88-100	96
Motor oktan sayısı (MOS)	80-90	78
Kaynama noktası (°C)	27-225	117,2
Donma noktası (°C)	-40	-89,5
Yoğunluk (kg/m ³)	730	802
Dinamik viskozite (mPa s, 20°C)	0,4-0,8	2,55
Buharlaşma ısısı (kJ/kg)	360	584

3.3. METANOL

Metanol, fosil yakıtların yüksek sıcaklık altında su buharı ile ısıl işlemleri, doğalgaza birtakım destilasyon işlemleri uygulanması, CO ve H₂'nin katalitik ortamda sentezleri gibi birçok teknikle elde edilebilir. Renksiz, saydam, hafif kokulu bir sıvıdır. Kimyasal formülü CH₃OH'dır. Metanolün ısıl değeri 20,1MJ/kg'dır yani benzine göre epeyce düşüktür. Motorlarda sadece saf metanol kullanıldığında benzine göre yakıt tüketimi artmaktadır. Kendi kendine tutuşma eğilimi düşüktür. Buharlaşma ısısı yüksektir. Buharlaşma ısısının yüksek oluşu motorlarda soğukta ilk hareketi zorlaştırmakta buna karşın volümetrik verimi artırmaktadır. Metanolün nem tutma özelliği sonucu içerisinde bulunabilecek su nedeniyle yakıt donanımlarında korozyona neden olur. Korozyonu önlemek amacıyla yakıt donanımı koruyucu maddelerle kaplanmalıdır. Bunun sonucunda yakıt tankları daha büyük ve ağır olacaktır. Bu durum taşıt ağırlığının da artmasına yol açacaktır. Metanolün nem tutma özelliğinin yüksek olması metanol-benzin karışımı olan yakıtlarda faz ayrışmasına neden olacaktır. Üst faz benzince, alt faz alkolce zengin olur. Faz ayrışmasını engellemek amacıyla izopropil alkol gibi katkı maddeleri kullanılır. Metanolün diğer olumsuz bir özelliği de zehirleyici olmasıdır [28]. Çizelge 3.3'de benzin ve metanole ait fiziksel ve kimyasal özellikler verilmiştir.

Metanolün yanması sonucunda su buharı, (CO₂), (CO) ve (NO_x) gazları oluşmaktadır. Metanolün yanma sonu sıcaklıkları düşüktür. Bu nedenle yanma ürünleri içinde daha az oranda CO ve NO_x'ler bulunur ve yanmamış hidrokarbonlar da çok az olur. Metanolün motorlarda alternatif yakıt olarak kullanımı ile ilgili çalışmalar sürmektedir. Bu amaçla çeşitli oranlarda metanol-benzin karışımlarının kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Birçok metanol yakıtlı taşıt prototipleri geliştirilmiş, hatta günümüzde otomotiv firmaları tarafından üretimine geçilerek kullanımı sağlanmıştır [29].

Çizelge 3.3. Benzin ve metanolün özellikleri [16].

Özellikler	Benzin	Metanol
Kimyasal formül	C ₈ H ₁₈	CH ₃ OH
Molekül ağırlığı (kg/kmol)	100-105	32,04
Alt ısııl değer (kJ/kg)	44300	20080
Stokiyometrik H/Y oranı	14,7	6,45
Buhar basıncı (kPa, 38°C)	48–103	32
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (°C)	257	470
Araştırma oktan sayısı (AOS)	88-100	108,7
Motor oktan sayısı (MOS)	80–90	88,6
Kaynama noktası (°C)	27–225	64,5
Donma noktası (°C)	-40	-97,8
Yoğunluk (kg/m ³)	730	791,8
Dinamik viskozite (mPa s, 20°C)	0,4–0,8	0,64
Buharlaşma ısısı (kJ/kg)	360	1200

3.4. HİDROJEN

Hidrojen; su, güneş, rüzgâr, dalga ve biyokütle enerjileri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak veya fosil yakıtlardan birçok değişik teknik kullanılarak üretilmektedir. Üretilmesi aşamasında buhar iyileştirme, atık gazların saflaştırılması, elektroliz, foto süreçler, termokimyasal süreçler, radyoliz gibi birçok farklı alternatif üretim teknolojileri uygulanmaktadır. Hidrojen renksiz, kokusuz, havadan daha hafif bir gazdır. Hidrojen klasik yakıtlar içinde birim kütle başına en yüksek enerji kapasitesine sahip olan yakıttır. Isıl değeri ise 141,9 MJ/kg'dır. Hidrojen petrol kökenli yakıtlardan 3,3 kat daha fazla güç sağlamaktadır. Hidrojenin yanması sonucu yanma ürünü olarak sadece su buharı oluşur. Bu nedenle çevre dostu bir yakıttır.

Hidrojen; düşük ateşleme enerjisi gerektirmesi, geniş bir karışım aralığında kendi kendine tutuşma yeteneği, yüksek ısııl değere sahip olması, vurutuya karşı dirençli olması, kirletici egzoz gazı emisyonlarının azlığı ve 130 gibi yüksek oktan sayısı gibi özellikleri ile motor yakıtı olarak kullanılması çekici olan bir yakıttır. Çizelge 3.4'de benzin ve hidrojene ait fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

Egzoz gazları içerisinde hava kirliliğine neden olacak tek ürün NO_x bileşikleridir. NO_x 'lerin miktarı yanma odası sıcaklıklarının azaltılması, oksijen konsantrasyonunun azaltılması veya yanma süresinin kısaltılması yolları ile düşürülebilmektedir. Hidrojen kullanımındaki en önemli sorun depolanmasıdır. Bu amaçla birçok yöntem uygulanmaktadır. En yaygın depolama yöntemleri metal hidritlerin kullanımı, sıvı hidrojen ve basınçlı gazlar yardımıyla depolama yöntemleridir. Hidrojenin taşıtlarda kullanımını yakıt pilleri adı verilen teknolojiyle sadece kimyasal reaksiyon sonucu doğrudan elektrik enerjisi üretilebilen, çevre dostu ve yüksek verime sahip enerji dönüşüm sistemlerinin geliştirilmesini sağlamıştır. Burada H_2 ve oksijen O_2 arasındaki elektrokimyasal reaksiyon sonucu doğrudan elektrik enerjisi elde edilmektedir. Söz konusu sistemlerin modüler olmaları, yakıt olarak saf hidrojenin yanı sıra doğal gaz, metanol veya kömür gazlarının kullanılabilmesi, sessiz çalışmaları, minimum düzeyde kükürt oksit ve NO_x emisyonları, katı atık problemlerinin olmaması yakıt pillerinin kullanım üstünlüklerindedir. Yakıt pili teknolojisi için çalışmalar devam etmektedir ve 1993'ten bu yana çok sayıda yakıt pilli prototip araçlar üretilmiştir. Ancak; güncel tekniklerle üretiminin pahalı olması ve depolanma güçlükleri, motor elemanları üzerinde kırılganlık doğurması, yakıt pilleri teknolojisinin tam gelişmemiş olması hidrojenin ticari alternatif yakıt olarak kullanımını engellemektedir [30].

Çizelge 3.4. Benzin ve hidrojen özellikleri [31].

Özellikler	Benzin	Hidrojen
Yoğunluk (kg/m^3)	4,40	0,084
Hava içindeki difüzyonu (cm^2/s)	0,05	0,61
Sabit basınçta özgül ısısı (J.g/K)	1,20	14,89
Hava da ateşlenme sınırı (%hacim)	1,0-7,6	4,0-75,0
Havada ateşlenme enerjisi (mJ)	0,24	0,02
Ateşlenme sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	228-471	585
Hava da alev sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	2197	2045
Patlama enerjisi (g.TNT.k/j)	0,25	0,17
Alev yayılması (emissivitesi) (%)	34-42	17-25

3.5. DOĞAL GAZ

Doğal gaz, büyük oranda metan CH_4 gazından oluşur ve doğal yoldan elde edilir. Bunun dışında yapısında düşük oranlarda etan C_2H_6 , propan C_3H_8 , bütan C_4H_{10} , azot N_2 , pentan C_5H_{12} ve karbondioksit CO_2 gazı da bulundurur. Oktan sayıları araştırma (ROS) 130, (MOS) 105 gibi yüksek değerlerdedir. Korozif özelliği yoktur. Bunun yanında ısıl değerinin yüksek oluşu (st ısıl değerı 50,8 MJ/kg' dır), egzoz gazı emisyonlarının düşük olması ve yakıt maliyeti açısından sağladığı ekonomiklik gibi özellikleri motor yakıtı olarak kullanılmasına olanak sağlar. Taşıtlarda doğal gaz kullanımı sonucu yanma sonu sıcaklıları düşük olduğundan benzin motorlarında karbon monoksit CO ve HC emisyonlarında azalma görülür. Motorlarda kullanıldığında gürültü düzeyinde de azalma görülür. Doğal gazın buji ateşlemeli motorlarda kullanımı için bir karıştırıcı eklenmesi ve ateşleme sisteminin motora uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Ayrıca depolanması ve depodan motora iletilmesi için ek donanımlar kullanılmalıdır. H/Y karışımının birim hacimdeki ısıl değerinin düşük olması, yakıt olarak kullanıldığında motorun volümetrik verimini düşürmesi, yüksek basınç altında depolanabilmesi, yakıt tanklarının taşıt ağırlığını arttırması motor yakıtı olarak kullanılması durumda karışılaşılan yetersizlikler olarak belirtilebilir. Günümüzde doğal gazla çalışan stasyonier motorlar, pickup, otobüs gibi taşıt motorları birçok ülkede kullanılmaktadır. Çizelge 3.5'de doğalgazın özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.5. Doğal gazın özellikleri [32, 33].

Özellikler	Doğal gaz
Gaz yoğunluğu (kg/m ³)	0,71
Gaz yoğunluk aralığı (kg/m ³)	0,6–0,8
Üst ısı değeri	211.858 (kcal/kmol) 9454 (kcal/m ³)
Alt ısı değeri	189.556 (kcal/kmol) 8458 (kcal/m ³)
Yanma hızı (m/s)	0,36
Patlama sınırı (havada) (% hacimce)	5,3–14
Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı (°C)	537
Tutuşma sıcaklığı ¹ aralığı (°C)	600–750
Alev sıcaklığı (°C)	1900–2000
Kritik basıncı ²	672 (psi) 46,4 (bar)
Kritik sıcaklığı ³ (°C)	-82,1
Teorik özgül hava miktarı (Nm ³ /Nm ³)	9,3
Gerçek özgül hava miktarı (Nm ³ /Nm ³)	10,3
Hava fazlalık katsayısı	1,05–1,1
Baca gazı su çığlaşma noktası (°C)	56
Basıncı (Kazanlarda ve sanayide) (mbar)	300

¹ Yakıt hava karışımının tutuşabileceği sıcaklık.

² Kritik sıcaklık noktasındaki basınç değeridir.

³ Bir maddenin sıvı ve gaz özelliklerini bir arada gösterdiği sıcaklık noktası.

BÖLÜM 4

FUZEL YAĞI

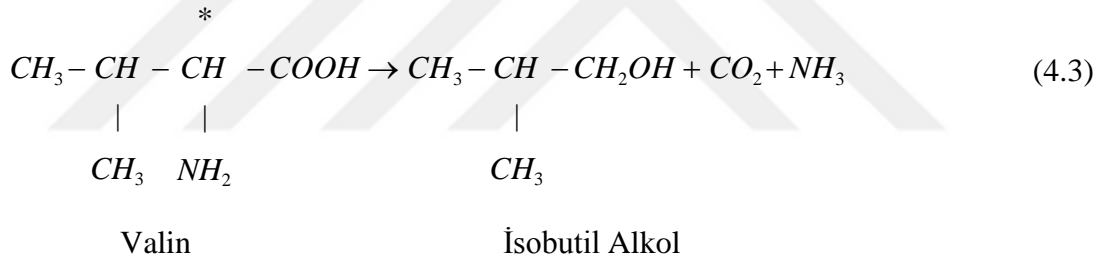
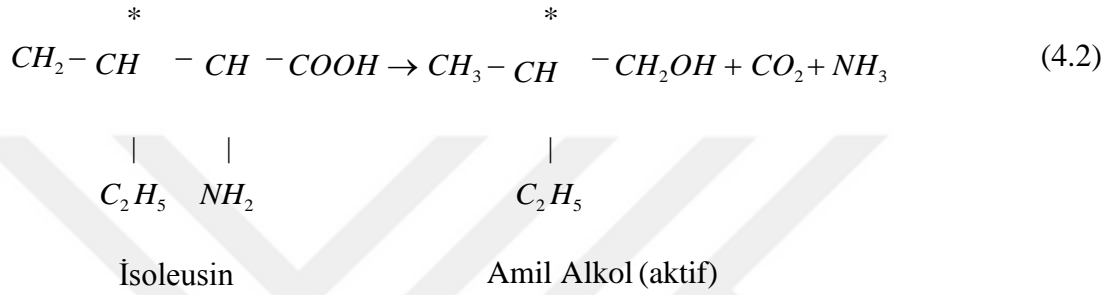
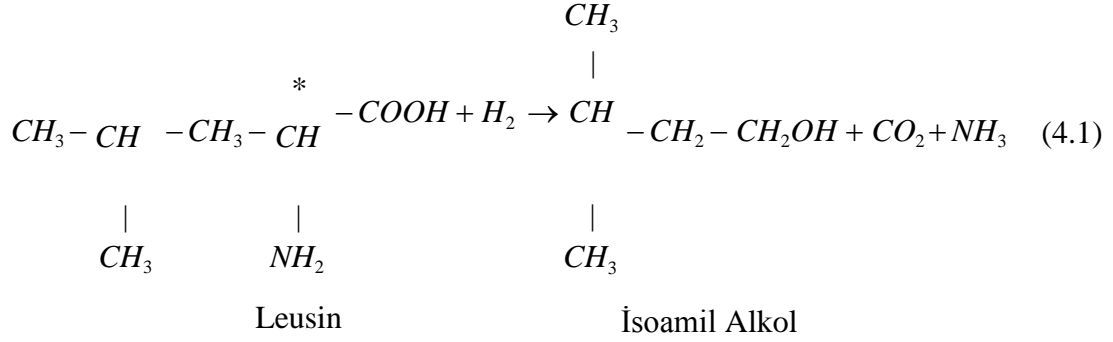
Fuzel yağı, düşük karbon sayılı (2-5 atomu) normal ve dallanmış zincirli monohidrik alkollerin tek doğal kaynağıdır [34, 35]. Alkolik fermantasyon ve bunu takiben destilasyonla etil alkol ayırımı esnasında ikincil bir madde (yan ürün) olarak elde edilir [36]. Fuzel yağını oluşturan maddeler, alkol fermantasyonu sırasında ortaya çıkan veya mayşedeki hammaddelerden gelen, kaynama noktaları yüksek, suda çözünmeyen kısımlardır [37, 38]. Fuzel yağı, fermantasyonda kullanılan maddenin cinsine göre renksiz, sarımsı, kahverengi veya yeşil renklerde olabilen; çok keskin, hoş olmayan ve öksürtücü bir kokuya sahiptir. Aynı zamanda melasın % 0,1'i ile % 0,7'si oranında oluşur [39].

4.1. FUZEL YAĞININ OLUŞUMU

Pancarın yapısında veya şeker fabrikası ürünlerinde;

- Leusin (2-Aminoisokaproik Asit)
- İsoleusin (2-Amino-3 Metil Valerik Asit)
- Valin (2-Amino-Isovalerik Asit)

gibi amino asitler bulunmaktadır. Bunlar, mayadaki protein maddelerinin amino asitlerinde oksidasyon, dekarbonizasyon ve deaminasyonu sonunda alkollerin indirgenmesi şeklinde açıklanabilen Ehrlich mekanizması ile fermantasyon esnasında uzun zincirli yüksek alkollere dönüşür. Leusin, İsoleusin ve Valin kimyasal denklemleri sırasıyla; Eşitlik 4.1, 4.2 ve 4.3 gösterilmektedir.



Fuzel yağındaki yüksek alkollerin miktarı, başlangıç hammaddesine ve mayşenin yaşına bağlı olarak değişmektedir.

Fermantasyonla, doğal metotla meydana gelen bu oluşumun yanında Brooks ve Essex tarafından patenti alınan bir metot ile de, sentetik olarak fuzel yağı özelliklerinde karışım elde edilmiştir [39].

4.2. FUZEL YAĞININ ELDE EDİLMESİ

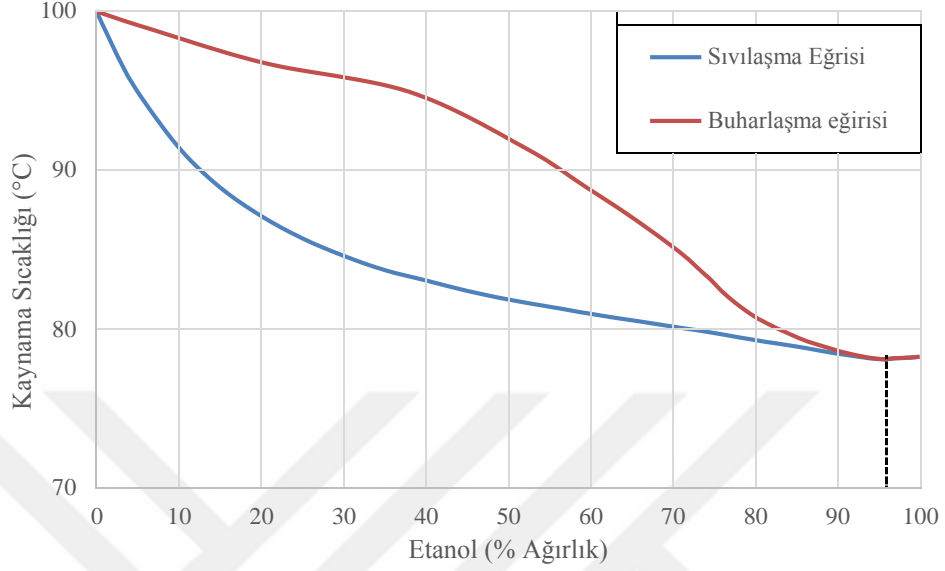
4.2.1. Mayalanmayla Elde Edilen Etanolün Kazanılması ve Fuzel Yağının Ayrılması

Mayalanma sonunda hafif alkol içeren mayşenin damıtılmasıyla (imbikten çekme veya

tasfiye olarak da isimlendirilir) yüksek alkollü ham ispirto elde edilmektedir. Belli bileşimlerdeki etanol-su karışımlarının kaynama noktaları ve buhar bileşimleri Çizelge 4.1'de görülmektedir. Şekil 4.1.'de verilen kaynama çizgisinden de görüldüğü gibi,



ağırlıkça %95.57 etanol içeren etanol-su sisteminin minimum kaynama noktası 78.15°C'dir [35].



Şekil 4.1. Etanol su sisteminin 1 atm.'deki kaynama diyagramı.

Çizelge 4.1. 1 atm.'lik basınç altında etanol-su sisteminin kaynama sıcaklıkları ve buhar-sıvı dengeleri.

Kaynama Sıcaklığı °C	Sıvı içindeki alkol miktarı %ağırlık	Buhar içindeki alkol miktarı %ağırlık
100	0	0
98,9	1	6,5
96,75	3	20,5
94,95	5	38
91,45	10	52
88,95	15	59,5
87,15	20	64,8
85,75	25	68,6
84,65	30	71,4
83,75	35	73,3
83,1	40	74,7
82,45	45	75,9
81,9	50	77,1
81,45	55	78,2
81	60	79,4
80,6	65	80,7
80,2	70	82,2
79,8	75	83,9
79,35	80	85,9
78,95	85	88,3
78,5	90	91,3
78,15	95	95,04
78,2	97	96,86
78,25	99	98,93
78,3	100	100

Bir karışımın buharındaki etanol içeriğinin, aynı sıvı karışımın içindeki etanol içeriğine oranını “deriştirme faktörü” (verstarkugnsfaktör) olarak tanımlarsak, bu faktör, sıvı içindeki etanol miktarı en düşük olduğunda en yüksek değeri bulur ve sıvı içindeki etanol miktarı arttıkça düşer. Örneğin; sıvı içindeki etanol miktarı ağırlıkça %5 ve buhardaki %38 olduğunda bu değer yaklaşık 7.6 iken, etanolün ağırlıkça %95,57 olduğu eş kaynama noktasında 1’e dek düşer [35].

Etanolce zengin bölgede basıncın düşmesiyle eş kaynama noktası değişir ve 0.092 atm’lik bir basınçta tamamen yok olur. Bu basınç altında damıtmayla susuz etanol elde edilebilir. Buna karşıt olarak, etanolce fakir bölgede basınç arttığında da eş kaynama noktası değişir ve 15.6 Atm'lik bir basınç altında ağırlıkça %94.78 oranında etanol kazanılır. Böylece damıtma sırasında sıvı içindeki etanol miktarı sürekli azalır ve damıtık içindeki etanol miktarı kadar düşer. Ağırlıkça %5 alkol içeren bir mayşe ile başlandığında, damıtma sırasında ağırlıkça %34.9, hacimce %34.7'e dek etanol içeren bir damıtığa ulaşılabilmekte ve sonunda ağırlıkça ortalama %20 ve hacimce %24.5 etanol içeren bir damıtık elde edilmektedir.

Aralıklı çalışan bir damıtma cihazının güçlü emişli bir başlığı olduğunda yüksek alkol yüzdeli ham ispiroto elde edilebilir. Önceleri yüksek yüzdeli etanol elde etmek için destilatı birbiri ardı sıra çok kere damıtmak gerekirken, şimdilerde damıtmalı arıtma kolonlarının (rektifi cation) gelişmesiyle, çok düşük alkol yüzdeli mayşeden doğrudan yüksek alkol yüzdeli ham ispiroto elde edilebilmektedir.

Kesiksiz, sürekli çalışan, modern damıtma cihazlarında, mayşe çoğunlukla fincanlı tepsilerle donatılmış ayırma kolanlarına akmakta ve geçiş sırasında “ruhunu çıkarmak” diye isimlendirilen alkolü alınmaktadır. Fincanı, tepsilerin delikli tepsilere oranla üstün yanları bulunmaktadır. Yapısı gereği hiç bir zaman boş kalmamakta, böylece de bir işletmede daha az buhar hızına neden olmakta, sıvıyla dolu tepsilere oranla daha kolay takılmakta, kolay tıkanmamakta ve özellikle çok tortulu (cibreli) mayşeler için büyük fincanı, tepsiler kullanılabilir [35].

Mayşe kolonunun tepesinden çıkan buhar halindeki etanol-su karışımı, “Deriştirme Kolonu” (verstarkunskolonne) diye isimlendirilen kolona gönderilmekte ve damıtıkta

istenen alkol sertliğine göre tepsi sayısı ve geri dönüş oranı (reflux ratio) hesaplanmaktadır. Çoğunlukla bu kolonlarda da fincanlı tepsiler kullanılmakta olup, bazılarında kolonun üst kısımlarında süzgeç tipi tepsiler de bulunabilmektedir [35].

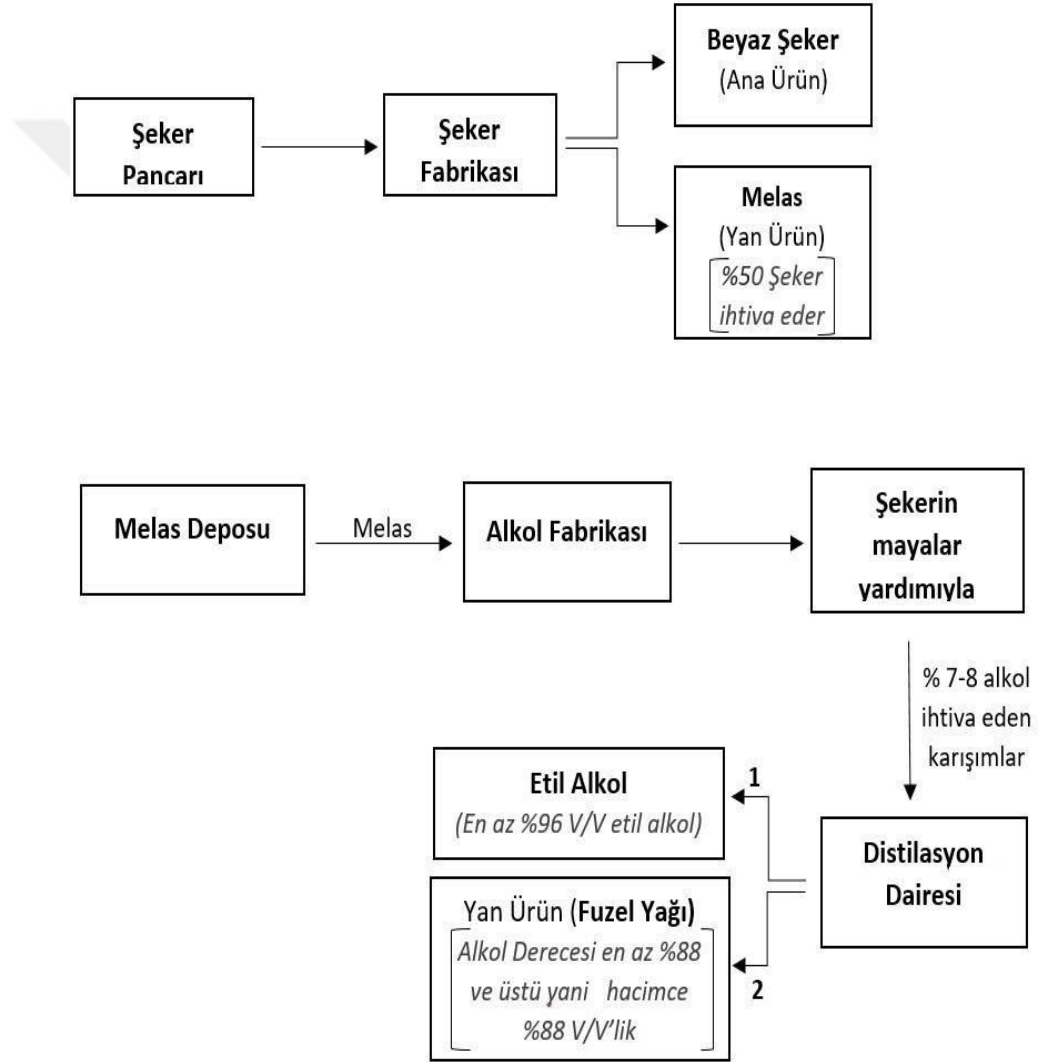
Deriştirme kolonuna buharın bir bölümünün yoğunlaştığı deflakmatör bağı olup, bu yoğunlaşan kısım-flegma (phlegma) olarak da isimlendirilir-kolona geri dönerken, gaz durumundaki bölüm bir yoğunlaştırıcı soğutucusunda yoğunlaşır ham ispiro deposunda toplanmaktadır [35].

Damıtma kolonlarında genellikle deflakmatörler bulunmakta olup iki bölümden oluşmaktadırlar. Bir bölümünde buharlar mayşe ile soğutulurken (mayşenin ön ısınması), diğer bölümünde su ile soğutulmaktadır. Her iki bölüm de birbiri içinde öyle tasarlanmaktadır ki içerde su, dışarda mayşe ile soğutma yapılabilmektedir. Sıcaklığa ve suyun akış hızına bağı olarak geri döndürme oranı (flegma miktarı) ayarlanabilmektedir. Güçlü bir soğutmada flegma miktarı daha fazla olurken, azalan miktardaki damıtık daha yüksek alkol yüzdesi içermektedir. Bu da deflakmatörlerin deriştirme işlevini göstermektedir [35].

Büyük damıtma cihazlarındaki deflakmatörlerde büyük ve ağır olduğundan, kolonların üstüne değil, yanına yerleştirilmektedir. Çok büyük olan alkol elde etme tesislerinde fazla miktardaki mayşe yeterli biçimde ön ısıtmadan geçemeyeceğinden, deflakmatörlere gönderilmeyerek, bunun yerine şlempe veya düşük alkolin su (lutter wasser) (luter suyu) ile ısıtılan ön ısıtıcılardan geçirilmektedir. Böylece deflakmatörlerdeki buhar yalnızca su ile soğutulmaktadır [35].

Çok büyük tesislerde çoğu kez deflakmatörler hiç kullanılmamakta, bunun yerine deriştirme kolonundan çıkan buharlar bir yoğunlaştırıcıya gönderilmekte ve tamamı veya büyük bir bölümü burada yoğunlaşmaktadır. Yoğunlaşmanın bir bölümü kolona geri döndürülmekte, diğer bölümü ise başka bir soğutucuda son ürün olarak alınmak üzere soğutulmaktadır. Yoğunlaştırıcıda yoğunlaşmayan buharın geri kalan bölümü ise başka bir gaz soğutucusunda yoğunlaştırılarak “ön ürün” (baş mahsul) olarak toplanır [35].

Alkol mayalanması sırasında oluşan yüksek kaynama noktalı alkoller ise, damıtık yaklaşık ağırlıkça %8,7 hacimce %91 etanol içerene dek etanolla birlikte damıtılmaktadırlar. Etanol yüzdesi daha fazla olduğunda yüksek kaynama noktalı bölüm deriştirme kolonunun altında birikir ve kolonun başına gitmemesi veya luter suyuna geçmemesi için de burada ayrılmaları gerekmektedir. Bu yüksek kaynama noktalı ayırım, su ile yıkandıktan sonra temizlenmiş olan ürün "fuzel yağı" olarak satılmaktadır [35]. Şekil 4.2'de fuzel yağının elde edilış aşamaları görölmektedir.



Şekil 4.2. Fuzel yağının elde edilışı.

4.3. FUZEL YAĞININ KULLANILDIĞI YERLER

Fuzel yağı her şeyden önce yapısında bulundurduğu kimyasalların elde edilmesi için hammadde olma özelliği gösterir. Araştırıldığında her biri çeşitli alanlarda önemli kullanım sahası bulan kıymetli kimyasallar elde edilir.

- Fuzel yağının trietanolamin ile 1/3 oranında karışımı fren hidrolikleri yapımında kullanılır.
- Fuzel yağı özellikle yapısındaki alkollerden dolayı, yağlar, waksar, yapıştırıcı, parlaticı, deterjan, endüstriyel temizleyiciler, tadlandırıcılar, boya maddeleri, boya çıkarıcılar, doğal reçineler, nitra selüloz plastikler, patlayıcılar ve kozmetik üretiminde çözücü olarak kullanılır [40].
- Fuzel yağı kulak yollarına etki eder ve adrenalinin etkisini azaltır (tavşan kulağında elde edilen verilere göre) penisilin artırılmasında da kullanılır.
- Ayrıca, yaş yöntemle elde edilen fosforik asit içindeki safsızlıkların uzaklaştırılmasında özütleyici olarak kullanım alanı bulmaktadır [41].

Son yıllarda fuzel yağı üzerinde çalışılan önemli bir konu da, yakıt katkı maddesi olarak kullanılmasıdır. Bu çalışmalar yakıt içindeki petrol kökenli maddelerin % miktarını düşürmeye yöneliktir [42, 43].

BÖLÜM 5

SIKIŞTIRMA ORANININ MOTOR PERFORMANSINA ETKİSİ

Sıkıştırma oranının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisi başlıklar halinde aşağıda belirtilmiştir.

5.1. GEOMETRİK SIKIŞTIRMA ORANI

İdeal motorda, sıkıştırma başlangıcındaki silindir hacminin (V_1), sıkıştırma sonu hacmine (V_2) oranı şeklinde tanımlanan geometrik sıkıştırma oranı, Eşitlik 5.1'de gösterilmiştir.

$$\epsilon = \frac{V_1}{V_2} = \frac{h^+}{h^-} = 1 + \frac{h^+ - h^-}{h^-} \quad (5.1)$$

Gerçek motorda ise sıkıştırma A.Ö.N.'da değil, emme supabı kapandıktan sonra başlamaktadır. Bu nedenle gerçek motorun sıkıştırma oranı (ϵ_g), Eşitlik 5.2'deki gibi yazılabilir.

$$\epsilon_g = \frac{(h^-)_+}{h^-} \quad (5.2)$$

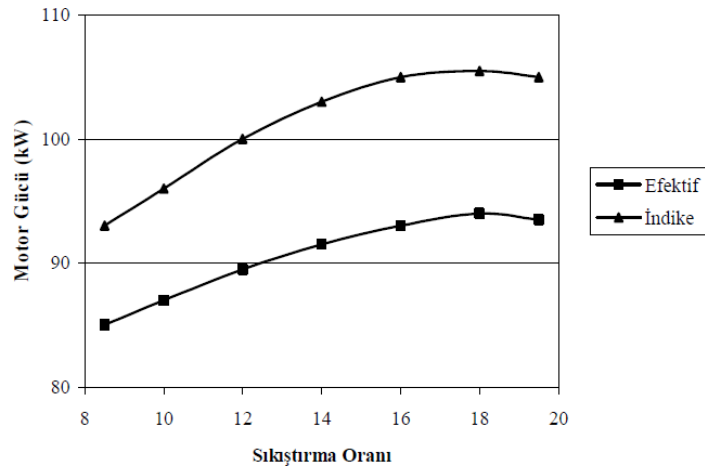
V_k , A.Ö.N.'dan sonra supapların kapanmasına kadar pistonun taradığı hacimdir [4].

5.2. SIKIŞTIRMA ORANININ GÜCE VE YAKIT EKONOMİSİNE ETKİSİ

Benzin motorlarında sıkıştırma oranının yükseltilmesi yakıtın vurutuya karşı dayanabildiği noktaya kadar olmaktadır. Sıkıştırma oranı yüksek tutulduğu nokta yakıtın kendi kendine tutuşacağı ve ateşleme yapıldıktan sonra yanma odasının çeşitli noktalarından kendi kendine yanma başlatmadan vurutu yapmayacağı son noktaya kadar ayarlanmaktadır [44].

Sıkıştırma oranının artırılması, yanma odasında yakıt-hava karışımının sıkıştırma sonu sıcaklığını arttıracığından motorun ısıl veriminin artmasını sağlar. Isıl verimin artması ise yakıtın ısı enerjisinin daha yüksek oranda faydalı güce dönüşmesi anlamına gelir. Bu durumda motorun özgül yakıt tüketimi azalmakta ve maksimum çıkış gücü artmaktadır [45].

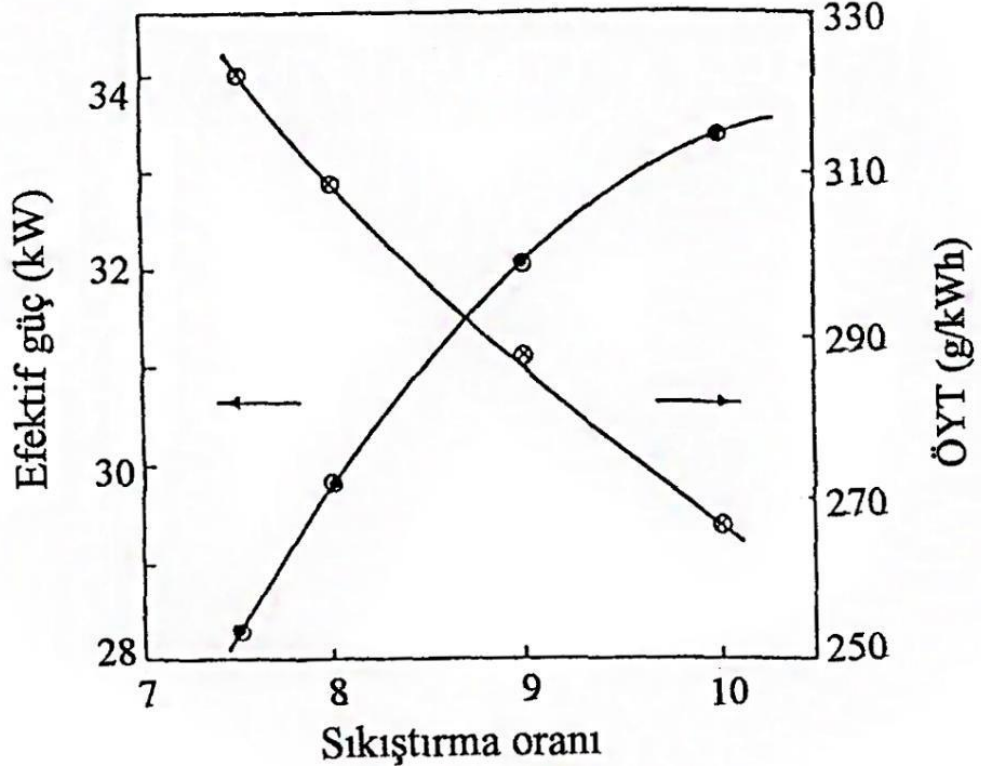
Buji ile ateşlemeli, 5,3 litrelik bir V-8 motoru, sıkıştırma oranı 9/1'den 20/1'e kadar artırılarak denenmiş ve artan sıkıştırma oranıyla birlikte motor gücünün arttığı belirlenmiştir. Sıkıştırma oranı 17/1 değerinden sonra motor gücü azalmaya başlamıştır, Şekil 5.1'de yüksek sıkıştırma oranlarında motorun vurutu yapmaması için yakıt içerisinde özel katkı maddeleri ilave edilmiştir [46].



Şekil 5.1. Sıkıştırma oranının motor gücüne etkisi (V8 motoru, n=2000 d/dk, tam yük) [46].

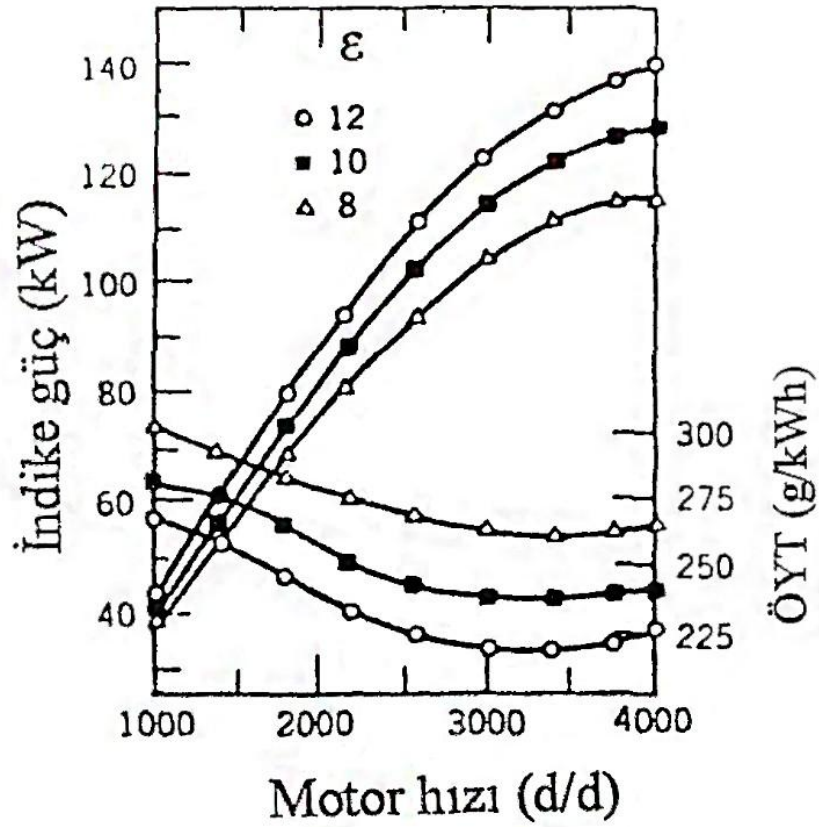
Sıkıştırma oranının performansa etkisini incelemek için diğer bir araştırmada, buji ile ateşlemeli, 2,2 litrelik bir motor tam gazda ve sabit devirde (2500 1/min.) sıkıştırma

oranı değiştirilerek test edilmiştir. Deneyler sonucunda, sıkıştırma oranının artmasıyla motor gücünün arttığı, özgül yakıt tüketiminin azaldığı tespit edilmiştir, Sıkıştırma oranı değişiminin performansa etkisi Şekil 5.2’de gösterilmiştir [47].



Şekil 5.2. Sıkıştırma oranı değişiminin performansa etkisi ($n=2500$ d/dk, Tam yük, $V_m=2.2$ lt) [47].

4,7 litrelik bir V-8 motoru üç değişik sıkıştırma oranında (8/1, 10/1, 12/1) test edilmiş. Artan sıkıştırma oranıyla motor gücünün arttığı ve özgül yakıt tüketiminin azaldığı belirlenmiştir, Sıkıştırma oranı artışının performansa etkisi Şekil 5.3’te gösterilmiştir [48].



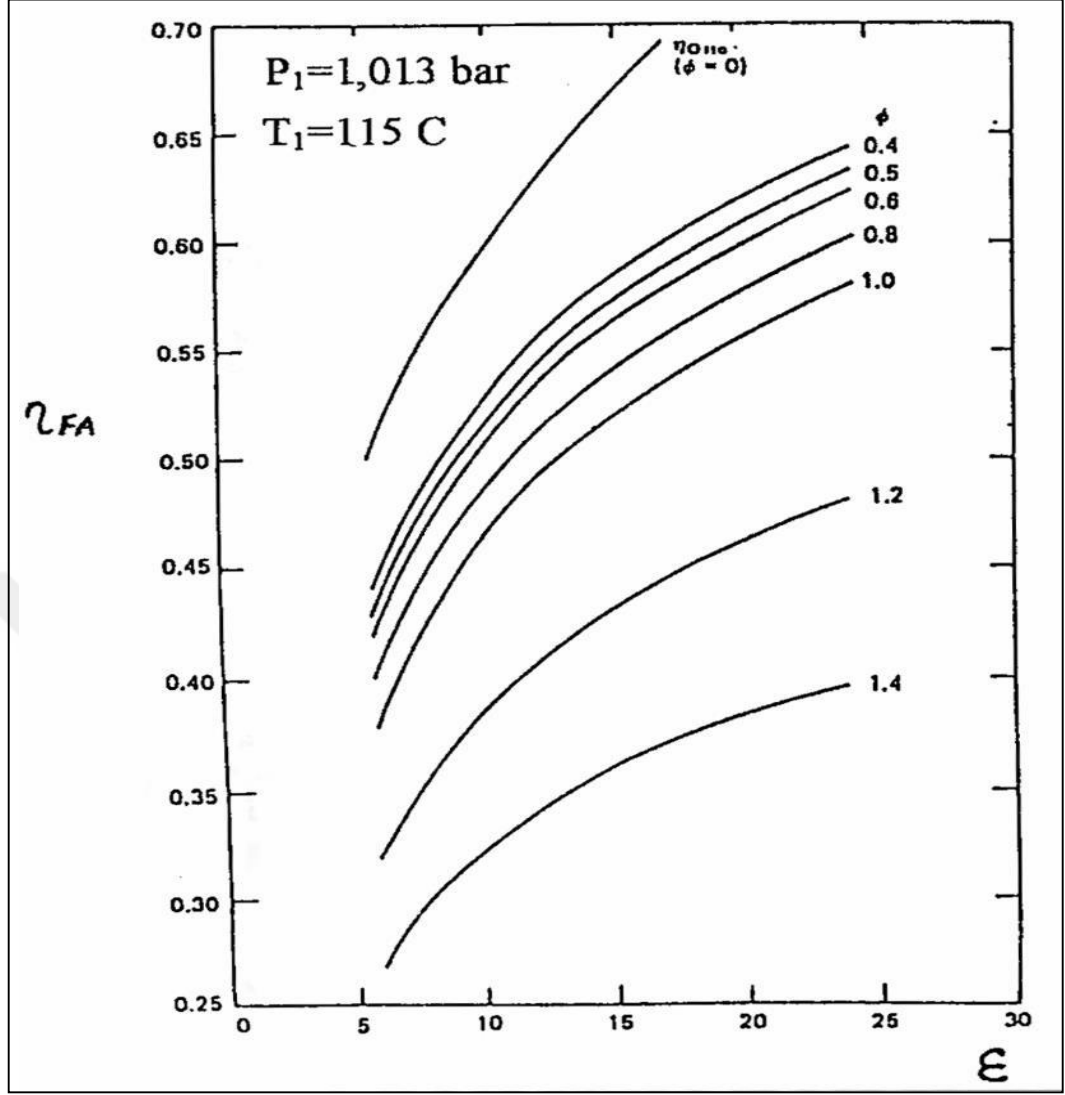
Şekil 5.3. Sıkıştırma oranı artışının performansa etkisi [48].

5.3. SIKIŞTIRMA ORANININ TERMİK VERİME ETKİSİ

Buji ile ateşlemeli motorlarda oluşan işlemleri en iyi açıklayan model olan Otto çevrimi, termik verimin sıkıştırma oranı ile arttığını gösterir. Bu durum Eşitlik 5.3'te gösterilmiştir [47].

$$\eta = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\gamma-1}} \quad (5.3)$$

Hava/yakıt çevrimi, Otto çevriminin geliştirilmiş halidir ve gazların gerçek termodinamik özellikler göstermesine izin verir. Bu çevrime göre sıkıştırma oranının eşdeğerlik oranına (yakıt fazlalık katsayısı) bağlı olarak verime etkisi Şekil 5.4'de görülmektedir [47].

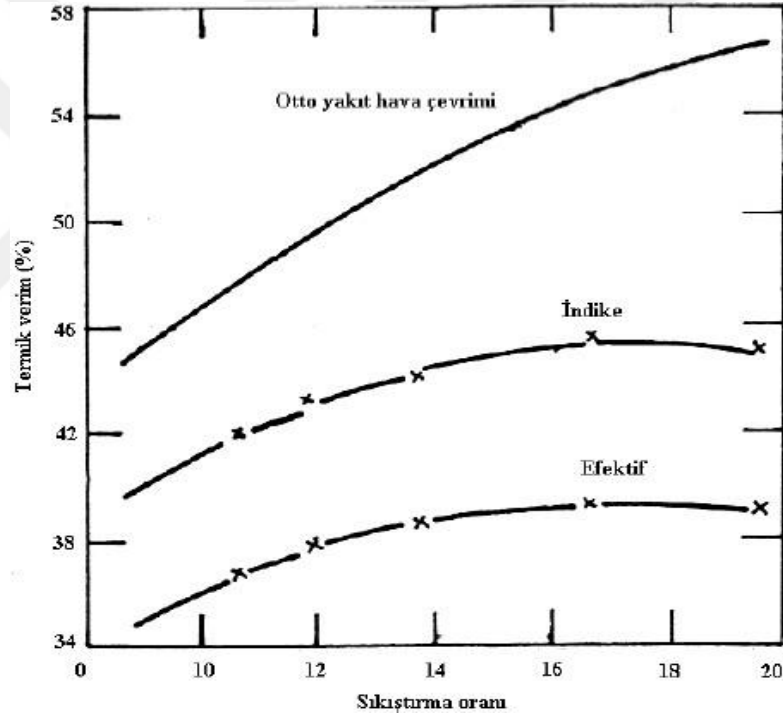


Şekil 5.4. Çeşitli eşdeğerlik oranlarında (yakıt fazlalık katsayısında) termik verimin sıkıştırma oranına bağlı değişimi [47].

Şekil 5.4'den anlaşılacağı gibi karışım fakirleştikçe ($\phi \rightarrow 0$), belirtilen sıkıştırma oranında verim artar. Diğer bir deyişle, fakir karışımlardaki gazların karakteristikleri Otto çevrimi için kabullenilen karakteristiklere çok yakındır. Bu sebeple maksimum verime fakir karışımlarda ulaşılır [47].

Ancak, gerçekte termik verim Otto çevrimiyle belirlenen seviyede artırılamamaktadır. Bunun başlıca sebepleri, sıkıştırma ve genişleme zamanları esnasında mekanik sürtünme ve ısı transferi olması, yanma işleminin ani olarak oluşmaması, egzoz supabının genişleme zamanı tamamlanmadan önce açılması ve kullanılan yakıtın Otto çevrimi için öngörülen mükemmel gaz özelliklerini göstermemesidir [4].

Gerçek bir motorda yüksek sıkıştırma oranlarının termik verime etkisini araştırmak için, CARIS, D.F. tarafından yapılan bir çalışmada, sıkıştırma oranı 9/1'den 25/1'e kadar değiştirilmiştir. Deneyleerde 7 adet 324 inç³'lük (5,3 litre) V-8 motoru kullanılmıştır. Yanma odaları düz silindir kapağı ve oyuk piston kullanımıyla elde edilmiştir. Tam yükte, 2000 1/min.'da avans ve H/Y oranı maksimum ekonomiye göre ayarlanarak yapılan deneyleerde, motorun maksimum termik verime 17/1 sıkıştırma oranında ulaşıldığı tespit edilmiştir. Sıkıştırma oranının daha da artırılmasıyla termik verim düşmeye başlamıştır, Şekil 5.5 tam yükte yüksek sıkıştırma oranlarında vuruntuyu önlemek için izooktanın içerisine kurşun, tetraetil ve manganese compound (AK-33X) katıkları ilave edilmiştir [46].



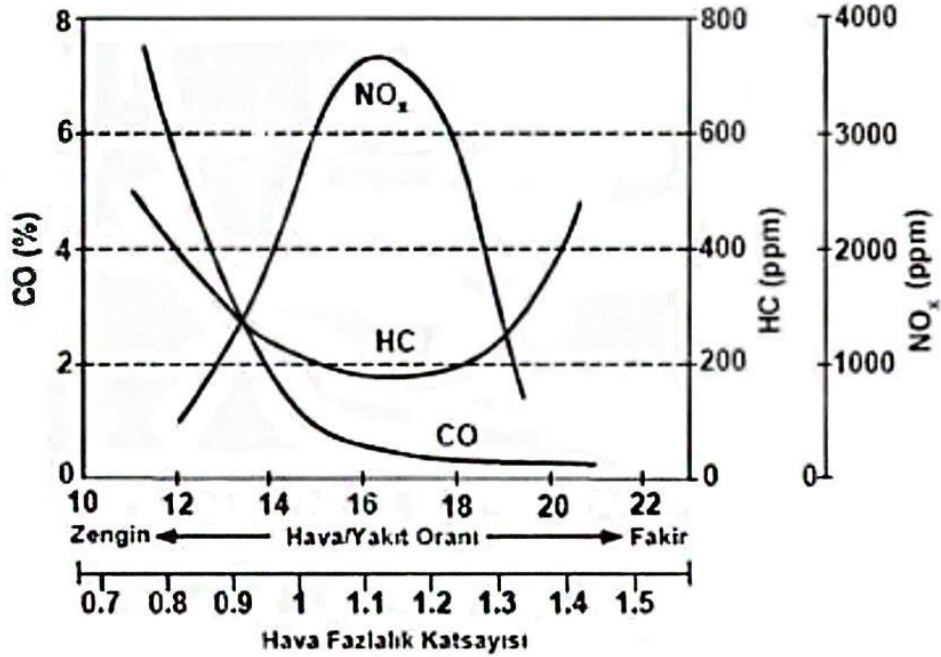
Şekil 5.5. Tam yükte sıkıştırma oranının termik verime etkisi (n=2000 d/dk) [46].

5.4. SIKIŞTIRMA ORANININ EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ

Sıkıştırma oranının yanmayı etkilemesi sonucu motorun emisyon düzeyi az da olsa değişmektedir. Sıkıştırma oranı değişiminin NO_x emisyonlarına etkisi önemsizdir. Bazı çalışmalarda sabit yük ve hızlarda artan sıkıştırma oranıyla NO_x emisyonlarında tutarlı bir artış tespit edilmiş, diğer çalışmalarda küçük bir düşüş belirlenmiştir.

Sıkıştırma oranındaki artışlar HC emisyonlarını artırmaktadır. Bunun başlıca sebepleri; yüksek sıkıştırma oranlarında genişleme zamanının sonlarında gaz sıcaklıklarının çok düşmesi sonucu silindirdeki HC oksitlenmesinin daha az gerçekleşmesi, daha düşük egzoz sıcaklıkları nedeniyle egzoz sisteminde daha az oksidasyon olmasıdır. Ayrıca yanma odası yüzeylerindeki ve piston bölgesindeki yarık, oyuk kısımların hacmindeki artışlar HC emisyonunu artırmaktadır [4].

HC emisyonlarının en önemli kaynaklarından birisi de yanma odası yüzey alanıdır. Yanma odası içindeki alev yüzeye yakın bölgelerde soğur ve söner. Bu yanmamış bir HC tabakası bırakır ve bu tabaka yanmamış gazlarla karışarak egzozla atılır. Hacme oranlı yanma odası yüzey alanı sıkıştırma oranı ile birlikte artmaktadır. Dolayısıyla sıkıştırma oranının artması HC emisyonlarını da artırmaktadır [49, 50]. Şekil 5.6'da hava fazlalık kat sayısı ile egzoz emisyonları arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 5.6. Hava fazlalık katsayısı.

4 zamanlı tek silindirli, standart yakıt oktan sayısını tespit etmekte kullanılan, sıkıştırma oranı değişebilen, buji ile ateşlemeli bir motor üzerinde sıkıştırma oranının egzoz emisyonlarına etkisini incelenmiştir. Sıkıştırma oranının etkisi başlıca dört değişik oranda (7/1, 8/1, 8.5/1, 9.5/1) araştırılmış, yakıt/hava oranı ise zengin bir

karışıma tekabül eden bir noktada sabit tutulmuştur. Sıkıştırma oranının değiştirilmesi sonucu motorun vuruntu yapmaması için ateşleme avansı da buna bağlı olarak değiştirilmiştir. Sıkıştırma oranının artırılması ile toplam HC oranında bir artma, CO oranında çok az da olsa bir artış gözlenmiştir. Ayrıca azotmonoksit oranında sıkıştırma oranı ile belirgin bir değişimin söz konusu olmadığı belirlenmiştir [51].

Buji ile ateşlemeli, 383 CID V-8 motorda sıkıştırma oranının emisyonlara etkisini incelenmiştir. 9,5/1 ve 7,6/1 sıkıştırma oranlarında yapılan deneyler sonucunda, yüksek sıkıştırma oranlı çalışmada aynı güçte, NO_x ve CO emisyonlarının değişmediği, HC emisyonlarının ise arttığı belirlenmiştir [52].



BÖLÜM 6

MATERYAL VE METOT

6.1. FUZEL YAĞININ ÖZELLİKLERİ

Etil alkol ve daha fazla karbonlu alkoller, şeker içeren tüm tarım ürünlerinin mayalanmasıyla elde edilebilmekte olup, şeker pancarı, şeker kamışı, melas, meyveler gibi şekerli ürünler, patates, mısır gibi nişastalı ürünler, odun, kâğıt fabrikalarının artık sülfür likörü gibi selülozik ürünler, hammadde olarak kullanılmaktadır. Fuzel yağının bu kadar farklı kaynaklardan elde edilebilmesi, özelliklerinde de bazı farklılıklara neden olmaktadır. Renklerdeki farklılığın yanı sıra, 20 °C'deki yoğunluğu 0.84 g/cm³ arasında değişebilmektedir. Fuzel yağı, etil alkol, eter ve kloroform'da çözünebilmektedir. TÜBİTAK MAM Enerji ve Kimya Laboratuvarlarında yapılan deneyler sonucu fuzel yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Fuzel yağı bileşiminin özellikleri.

		Kimyasal Formülü	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Yoğunluk (g/cm ³)	Kaynama Noktası (°C)	Erime Noktası (°C)	Hacimsel (%)	Vizkozite (cp)	Özgül Isısı (cal/g°C)
Amil Alkol	2-Metil 1-Butanol	C ₅ H ₁₂ O	88,148	0,815	129	-70	0,22	4	0,57
	4-Metil 2-Pentanol	C ₆ H ₁₄ O	102	0,8079	131,8	-90	0,27	-	-
	i-amil alkol (3-Metil 1-Butanol)	C ₅ H ₁₂ O	88	0,809	132	-117,2	62,29	3,86	0,535
	n-Hekzanol (1-Hekzil Alkol)	C ₆ H ₁₄ O	102	0,8186	157,2	-51,6	0,51	-	-
	n-Heptanol (1-Heptil Alkol)	C ₇ H ₁₆ O	116	0,824	175	-34,6	0,08	-	-
	i-Butanol	C ₄ H ₁₀ O	74	0,805	108	-108	8,71	3,5	0,59
n-Butanol	C ₄ H ₁₀ O	74	0,81	117	-79,9	0,12	2,6	0,687	
n-Propanol	C ₃ H ₈ O	60	0,804	97,2	-127	0,738	2,256	0,59	
i-Propanol	C ₃ H ₈ O	60	0,789	82,5	-85,8	8,06	2,1	0,66	
etanol	C ₂ H ₆ O	46	0,789	78	-112	11,09	1,41	0,68	
su	H ₂ O	18	1	100	0	10,3	1	1	

6.2. FUZEL YAĞININ İYİLEŞTİRİLMESİ

TAPDK Alkol Piyasa Daire Başkanlığı'nın 68081984-215.99 sayılı izniyle Eskişehir Şeker Fabrikasından şekil 6.1'deki şeker pancarı melas yan ürünü fuzel yağı temin edilmiştir. Fuzel yağının fiziksel yapısının ilk incelenmesinde aromatik kokusunun keskin olduğu ve renginin açık kahverengi olduğu tespit edilmiştir. Fuzel yağının benzin ile hacimsel olarak karışımı sağlandığında, homojen olarak birbirine karışmadıkları ve karışımın orta kısmında gum oluşumu görülmüştür. Yapılan incelemelerde hacimsel olarak fuzel yağı benzin karışımının aynı depoda kullanılması sorun yaratacağından, ayrı iki depo kullanılması veya bir mikser yardımıyla homojen olarak tutulması gerekmektedir. Günümüzdeki araçlarda iki depo kullanımı ve mikser kullanımı harici maliyet oluşturacağından ve aynı zamanda yapılacak deneylerde yakıtın homojen olarak karışmaması TS EN 228 standartlarına uygun olmayacağı için fuzel yağının iyileştirilmesi ön görülmüştür. Çizelge 6.1 TS EN 228 normlarına uygun otomotiv yakıtları kurşunsuz benzinin özellikleri verilmiştir.



Şekil 6.1. Saf fuzel yağı.

Çizelge 6.2. Kurşunsuz benzinin özellikleri.

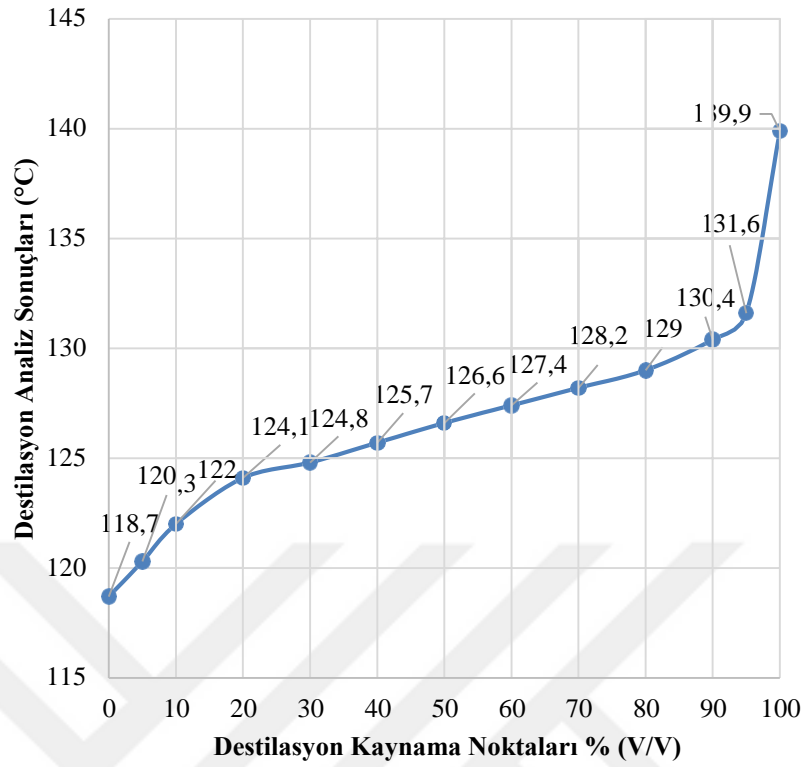
ANALİZ		ÖLÇÜM DEĞERİ
Yoğunluk	kg/m ³	757,2
Görünüş		Berrak Parlak
Mevcut Gum	mg/100ml	0,4
Oksidasyon Kararlılığı	dak.	>360
Kaynama Noktası Sonu	C	190,5
Damıtma Kalıntı Oranı	%(v/v)	1
Buharlaşma Yüzdeleri %(v/v)	Buharlaşma %(E70)	30
	Buharlaşma %(E100)	52,4
	Buharlaşma %(E150)	89,7
Buhar Basıncı kPa		48,8
Buhar Kilitlenme İndisi		
Oksijen %(m/m)		
Oksijenli Bileşikler %(v/v)	Metanol	0,12
	Etanol	0
	İzo-propil alkol	0,08
	İzo-bütül alkol	0,13
	Tersiyer-bütül alkol	0
	Eterler	0,01
	D.oksijenli bileşikler	0,23
Kurşun	mg/L	<2,5
Kükürt	mg/kg	2,1
Benzen	%(v/v)	
Hidrokarbon Tip.(Olefinler) %(v/v)		2
Hidrokarbon Tip. (Aromatikler) %(v/v)		34,8
Araştırma Oktan Sayısı (RON)		95,6
Motor Oktan Sayısı (MOM)		85,8
Bakır Şerit Korozyonu		1a

6.2.1. Fuzel Yağı Destilasyon

Sıvı karışımların birbirlerinden ayrılması için uygulanan temel yöntem damıtma yöntemidir. Bu yöntemin temeli ise, sıvıların kaynama noktaları arasındaki farklardan yararlanılarak birbirlerinden ayırmaktır. Fuzel yağı içindeki yüksek alkoller eşkaynar (azeotrop) oluşturmaktadır, bunun için basit bir destilasyon işlemi gerçekleştirilmelidir [53-56]. Çizelge 6.3’de destilasyon analiz sonuçları ve Şekil 6.2’de fuzel yağının destilasyon sıcaklıkları verilmiştir.

Çizelge 6.3. Destilasyon analiz sonuçları.

ANALİZ	BİRİMİ	ANALİZ SONUCU	ANALİZ METODU
Parlama Noktası	°C	39,5	EN ISO 2719
Su İçeriği	mg/kg	240	EN ISO 12937
Yoğunluk 15 °C	kg/m ³	816,6	EN ISO 12185
Araştırma Oktan Sayısı (RON)	-	a*	ISO 5164
Destilasyon İlk Kaynama Noktası		118,7	EN ISO 3405
5 % (V/V)		120,3	
10 % (V/V)		122	
20 % (V/V)		124,1	
30 % (V/V)		124,8	
40 % (V/V)	°C	125,7	
50 % (V/V)		126,6	
60 % (V/V)		127,4	
70 % (V/V)		128,2	
80 % (V/V)		129,0	
90 % (V/V)		130,4	
95 % (V/V)		131,6	
Son Kaynama Noktası		139,9	
Destilasyon Verimi	% (V/V)	96,5	
Destilasyon Kalıntısı	mL	2,3	
Destilasyon Kayıp	mL	1,2	
Üst Isıl Değer	cal/g	8850	ASTM D 240
<p>Açıklamalar: Numune teslim alındığında su miktarı hacimce %10,29 olarak tespit edilmiştir. Analizlerin yapılabilmesi için numunenin 2 gün nem tutucuda bekletilmesi sonrasında su miktarı 240 ppm olarak ölçülmüş ve analizler uygulanmıştır. a* Numunenin yapısından dolayı vurutu alınamamıştır.</p>			

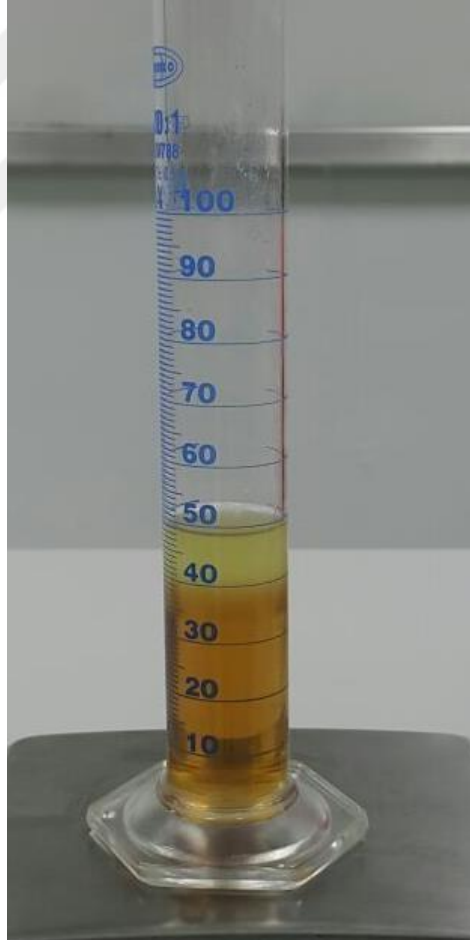


Şekil 6.2. Fuzel yağının destilasyon sıcaklıkları.

Destilasyon deneyine başlamadan önce fuzel yağı su miktarı hacimce %10,29 olarak tespit edilmiştir. Analizlerin yapılabilmesi için fuzel yağı iki gün nem tutucuda bekletilmesi sonucunda su içeriği 240 mg/kg ölçülmüş ve destilasyon testi uygulanmıştır. Fuzel yağı yoğunluğu 15 °C’de 818,6 kg/m³ olarak ölçülmüştür. Destilasyon analizinde parlama noktası 39,5 °C olduğu tespit edilmiştir. Fuzel yağının petrol ürünleri analiz testleri sonucunda, 139,9 °C son kaynama noktasında destilasyon verimi %96,5, destilasyon kalıntısı 2,3 mL, destilasyon kaybı ise 1,2 mL olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun karışımlarda kullanılan kurşunsuz benzinin 150 °C’de %89,7 destilasyon verimine kıyasla daha üstün olduğunu göstermiştir. Üst ısıl değerler kıyaslandığında standart koşullarda kurşunsuz benzinin yaklaşık 11200 cal/g enerjisine karşılık fuzel yağının 8850 cal/g enerji göstermesi yanma durumunda bir termik verim düşüşü gösterecektir [57]. Ancak destilasyonda daha az enerjiyle kazandığımız fuzel yağının enerji yönü açısından denk bir tavır sergileyeceği düşüncesi de oluşmuştur. Parlama noktasının da benzine kıyasla daha yüksek olması yakıtın güvenilir bir yakıt olma durumunu artıracaktır.

6.2.2. Fuzel Yağı Gum Miktarı

Fuzel yağının biobenzin olarak kullanımına ilişkin daha önceki içeriklerine bağlı kalarak tahmini bir değer üzerinden yola çıkıldı ve olumlu sonuçlar alınması durumunda periyodik olarak artırılması düşünülmüştür. İlk adım olarak F10 karışımı kullanılarak analiz edilmiştir. TS EN 228 sınır değerlerinde fuzel %10 + benzin %90 hacimce karışımında mevcut gum miktarı 26,6 mg/100ml olarak tespit edilmiştir, analiz sonuçları Çizelge 6.4’de görülmektedir. Bu miktar sadece gum kırıcı kullanarak 13,4 mg/100ml ye düşürülmüştür. TS EN 228 sınır değerlerinde mevcut gum en çok 5 mg/100mL olması gerekmektedir. Şekil 6.3’de fuzel yağı ve benzin karışımı arasındaki oluşan gum görülmektedir.



Şekil 6.3. Fuzel yağı ile benzin karışımında oluşan gum.

Çizelge 6.4. %90 kurşunsuz benzin %10 fuzel yağı analiz sonuçları.

TÜBİTAK MAM ENERJİ ENSTİTÜSÜ BENZİN ANALİZİ KAYIT DEFTERİ		
ANALİZ		ÖLÇÜM DEĞERLERİ
Yoğunluk	kg/m ³	762,6
Görünüş		Berrak Parlak
Mevcut Gum	mg/100ml	26,6
Oksidasyon Kararlılığı	dak.	>900
Kaynama Noktası Sonu		189,9
Damıtma Kalıntı Oranı	%(v/v)	1
Buharlaşma Yüzdeleri	Buharlaşma %(E70)	26,8
	Buharlaşma %(E100)	50,5
	Buharlaşma %(E150)	90,9
Buhar Basıncı	kPa	47
Buhar Kilitlenme İndisi		
Oksijen	%(m/m)	1,58
Oksijenli Bileşenler %(v/v)	Metanol	0,1
	Etanol	0
	İzo-propil alkol	0,49
	İzo-bütül alkol	6,16
	Tersiyer-bütül Alkol	0,09
	Eterler	0,015
	Diğer oksijenli bileşikler	0,58
Kurşun	mg/L	<2,5
Kükürt	mg/kg	3,1
Benzen	%(v/v)	0,85
Hidrokarbon tipleri (Olefinler)	%(v/v)	2,1
Hidrokarbon tipleri (Aromatikler)	%(v/v)	38,3
Araştırma Oktan Sayısı (RON)		95,9
Motor Oktan Sayısı (MON)		85,9
Bakır şerit korozyonu		1a

Sonuçlarda TS EN 228 sınır değeri aromatik hidrokarbonlarda standartları % (v/v) 35 olan değer EN 15553 deney yöntemine göre % (v/v) 38,3 değeri gözlemlenmiştir. Bu sonucun aromatik hidrokarbon oranı daha düşük olan bir benzinle karıştırılması durumunda standart değerlere taşınabileceği düşünülmüştür. Analiz sonuçlarında gum, F10 karışımının kullanımına ilişkin en büyük engel olarak kendini göstermiştir. F10 karışımında gum değerinin olumsuz sonuç vermesi üzerine standart değerler içerisinde mevcut fuzel yağının maksimum kullanılabilirlik oranını belirlemek için periyodik olarak karışımda fuzel oranının düşürülmesi yoluna gidilmiştir. F5 karışımında hem

gum hem de aromatik hidrokarbonlarda sınır değerlerine ulaşılmıştır. Çizelge 6.5’de %95 kurşunsuz benzin %5 fuzel yağı analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 6.5. %95 kurşunsuz benzin %5 fuzel yağı analiz sonuçları.

ÖZELLİK	BİRİM	TS EN 228 SINIR DEĞERLERİ		ÖLÇÜM DEĞERİ	ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ	DENEY YÖNTEMİ	
		EN AZ	EN ÇOK				
*Yoğunluk	kg/m ³	720	775	760,5	0,03	EN ISO 12185	
*Görünüş	-	Berrak Parlak		Berrak Parlak	-	TS EN 228	
*Mevcut Gum	mg/100m L	-	5	4,9	0,5	EN ISO 6246	
*Oksidasyon Kararlılığı	dk	360	-	>900	-	EN ISO 7536	
*Kaynama Noktası Sonu	°C	-	210	189,9	1,1	EN ISO 3405	
*Damıtma Kalıntı Oranı	% (v/v)	-	2	1	0,1		
*Buharlaşma yüzdeleri	Buharlaşma % (E70)	% (v/v)	20 (Yaz) 22 (Kış)	48 (Yaz) 50 (Kış)	26,8		0,3
	Buharlaşma % (E100)	% (v/v)	46	71	50,5		0,7
	Buharlaşma % (E150)	% (v/v)	75	-	90,9	0,9	
*Buhar Basıncı	kPa	45 (Yaz) 60 (Kış)	60 (Yaz) 90 (Kış)	47	0,14	EN 13016-1	
*Buhar Kilitlenme İndisi	-	-	-	-	-	TS EN 228	
*Oksijen	%(m/m)	-	2,7	0,47	0,02	EN 13132	
*Oksijenli Bileşikler	Metanol	% (v/v)	-	3	<0,17		-
	Etanol		-	5	<0,17		-
	İzo-propil alkol		-	10	<0,17		-
	İzo-bütül alkol		-	10	3,1		-
	Tersiyer-bütül Alkol		-	7	<0,17		-
	Eterler		-	15	<0,17		-
Diğer oksijenli bileşikler	-	10	0,3	-			
*Kurşun	mg/L	-	5	<2,5	-	EN237	
*Kükürt	mg/kg	-	10	3,1	0,1	EN ISO 20846	
*Benzen	% (v/v)	-	1	0,9	0,02	EN 12177	
*Hidrokarbon tipleri (Olefinler)	% (v/v)	-	18	2,1	0,1	EN 15553	
*Hidrokarbon tipleri (Aromatikler)	% (v/v)	-	35	34,9	1,4		
*Araştırma Oktan Sayısı (RON)	-	95	-	95,9	0,7	ISO 5164	
*Motor Oktan Sayısı (MON)	-	85	-	85,9	0,3	ISO 5163	
*Bakır şerit korozyonu	-	Sınıf 1		1a	-	EN ISO 2160	
Yaz Dönem: 1 Nisan-31 Ekim (+- 4 hafta)		Kış Dönemi: Yaz dönemi dışında kalan dönem.					

F10 ve F5 karışımlarında MON ve RON oktan sayılarının saf benzine oranla daha yüksek çıkması vuruntuların azaltılmasına karşı pozitif yönde sonuç göstermiştir. Bu analizler sonucunda fuzel yağının kurşun ve kükürtte üst sınır değerlerinin çok altında kalması emisyon değerlerinin pozitif yönde olabileceğini göstermektedir.

6.2.3. Fuzel Yağı Su ve Neminden Ayrıştırılması

Fuzel yağındaki gum miktarının yakıt tanklarında bekletilmesi sonucu arttığı deneyler sonucunda gözlemlenmiştir. Deneyler sonucunda fermantasyon ile oluşan fuzel yağı bekletilmeden gum kırıcı ile nem tutucu birlikte kullanarak mevcut gum miktarı 0,8 mg/100ml değerlerine kadar düşürülmüştür. Fuzel yağından suyun alınması içindeki alkollerin daha düşük sıcaklıklarda destilasyonu sağlamakta, bunun yanında alkol miktarlarında bahse değer bir değişime sebep olmamaktadır. Şekil 6.4'de nem tutucu uygulaması gösterilmektedir.

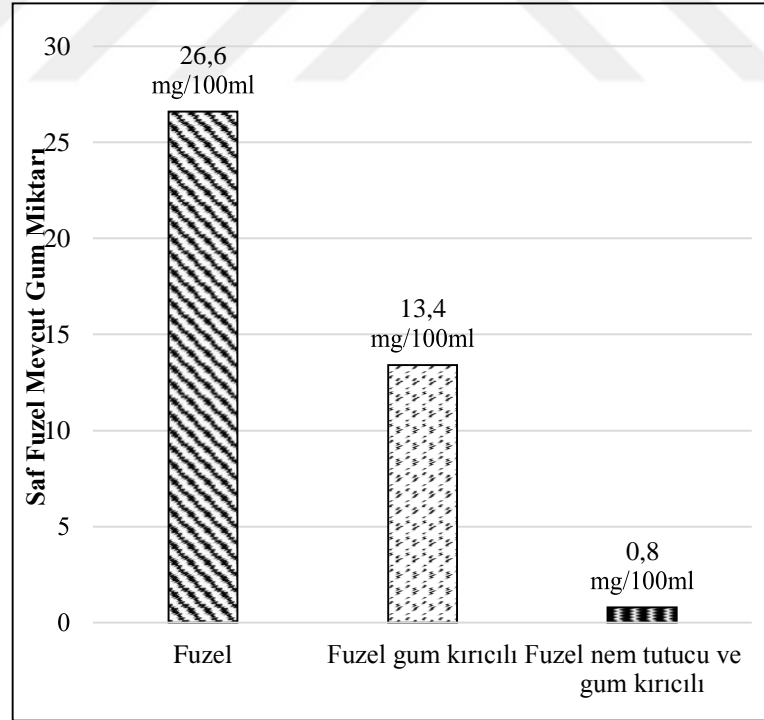


Şekil 6.4. Z4-01(2,5-5 mm) nem tutucu, fuzel ve nem tutucu, F5+B95 hacimsel olarak fuzel benzin karışımı, F10+B90 hacimsel olarak fuzel benzin karışımı.

Fuzel yağının içerisindeki su miktarını azaltma deneylerinde, 5 lt'lik fuzel yağının içine 2 kg oranında moleküler sieve Z4-01(2,5-5 mm) nem tutucu ilave edilmiş ve iyice karıştırılarak içinde oluşan gazı boşaltılmıştır. Bu işlem bir gün ara ile en az 2 kez tekrarlanmış ve daha sonra 2 gün bekletilmiştir. Dinlenen fuzel yağı pamuk ve adi kâğıttan süzölmüş ve tekrar içerisinde 1 kg moleküler sieve Z4-01(2,5-5 mm) nem tutucu konularak 1 gece dinlenmeye bırakılmıştır. Tekrar süzme işlemi yapıldıktan sonra yapılan analizlerin sonucunda fuzel yağının içerisindeki suyun büyük oranda (yaklaşık olarak %96,9) ayrıştığı tespit edilmiştir. Şekil 6.5'de yapılan yakıt iyileştirme çalışmalarının sonucunda elde edilen fuzel yağındaki gum miktarı değişimi görölmektedir. Çizelge 6.6'da iyileştirilmiş fuzel yağı gum miktarı görölmektedir.

Çizelge 6.6. İyileştirilmiş fuzel yağı gum miktarı.

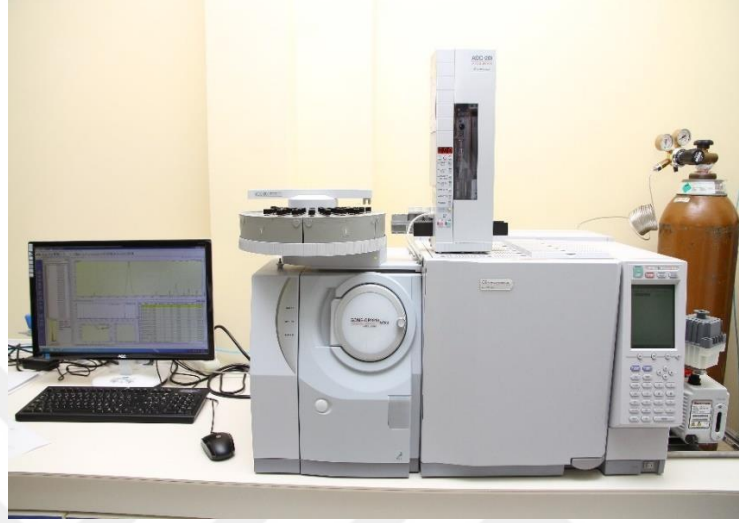
ÖZELLİK	BİRİM	ÖLÇÜM DEĞERİ	DENEY YÖNTEMİ
Mevcut Gum	mg/100mL	0,8	EN ISO 6246



Şekil 6.5. Saf fuzeldeki su ve gum miktarının düşürölməsi.

6.2.4. Fuzel Gaz Kromatografisi

Şekil 6.6’de GC/MS gaz kromatografisi/kütle spektroskopisi cihazı görülmektedir.

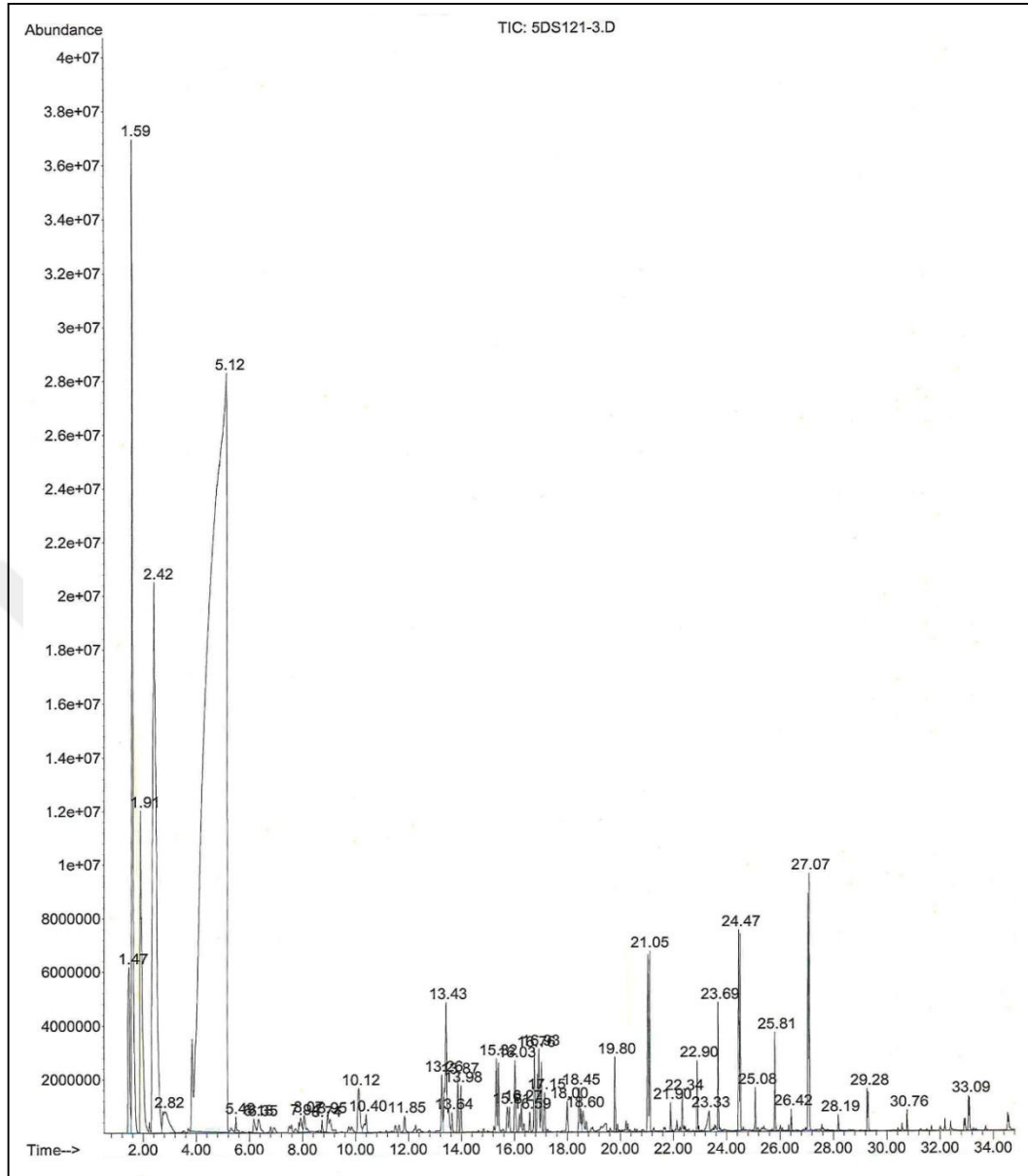


Şekil 6.6. GC/MS Gaz kromatografisi/kütle spektroskopisi cihazı.

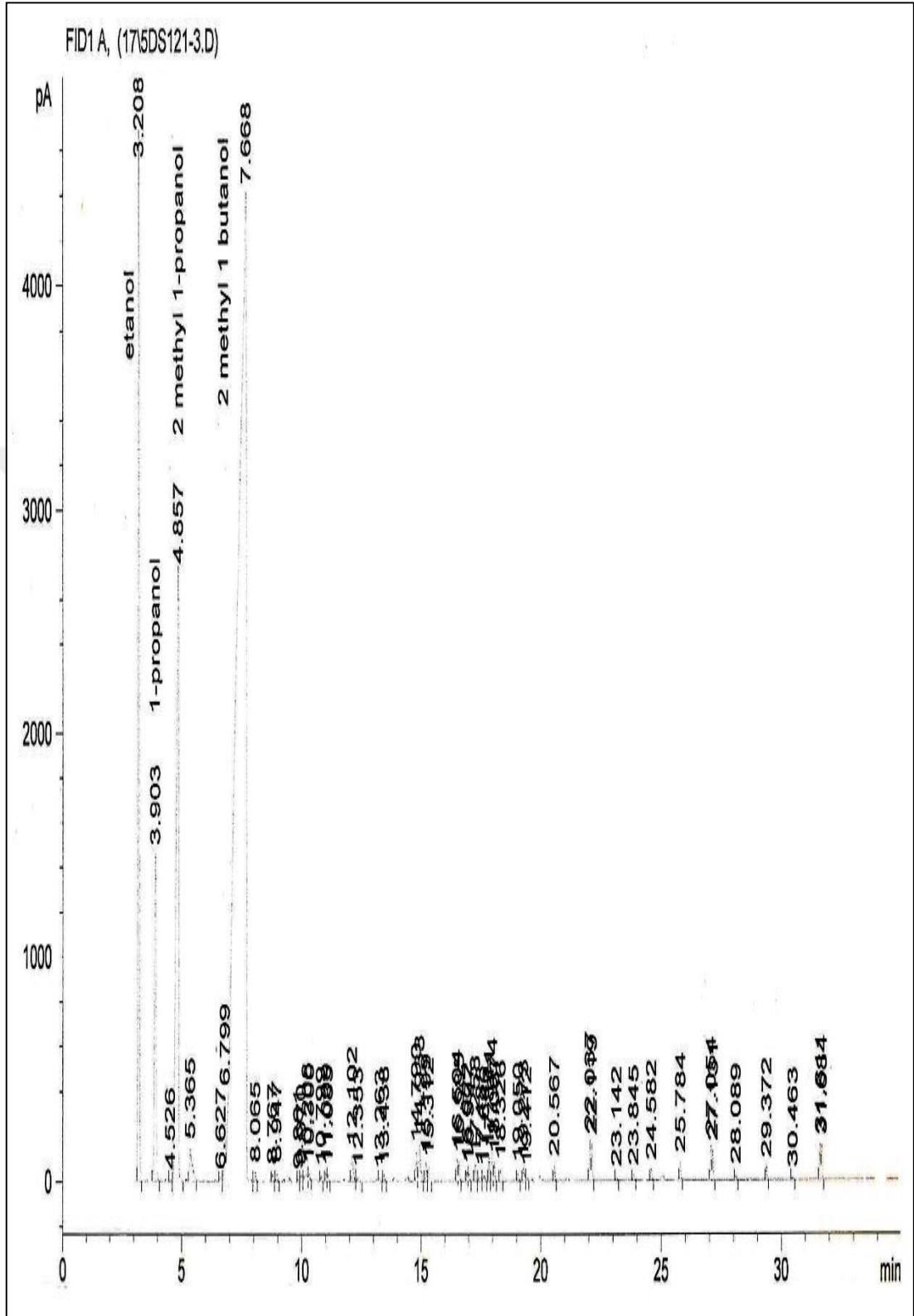
Fuzel numunesinde gerçekleştirilen GC analizi sonucunda numune içerisinde birçok bileşen gözlenmekle beraber bunların çoğunluğunun etanol, 1-propanol, 2-metil 1-propanol ve 2-metil 1-butanol olduğu tespit edilmiştir. Çoğunluğu oluşturan bu malzemelerin GC kromatogramında gözlenen % alan değerleri Çizelge 6.7’de verilmektedir. Şekil 6.7’de alı konma süresine göre tespit kalitesi raporu (GC/MS) ve Şekil 6.8’de alan yüzde raporu (GC) verilmiştir. GC/MS raporları incelendiğinde fuzel yağının alkoller bakımından zengin olduğu ve amil alkollerin kaynağı olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6.7. GC kromatogramında gözlenen % alan değerleri.

Alıkonma Süresi	Molekül Adı	% Alan	Yöntem
3,208	Etanol	9,29	GC-FID
3,903	1-propanol	4,00	GC-FID
4,857	2-metil 1-propanol	11,42	GC-FID
7,668	2-metil 1-butanol	67,45	GC-FID



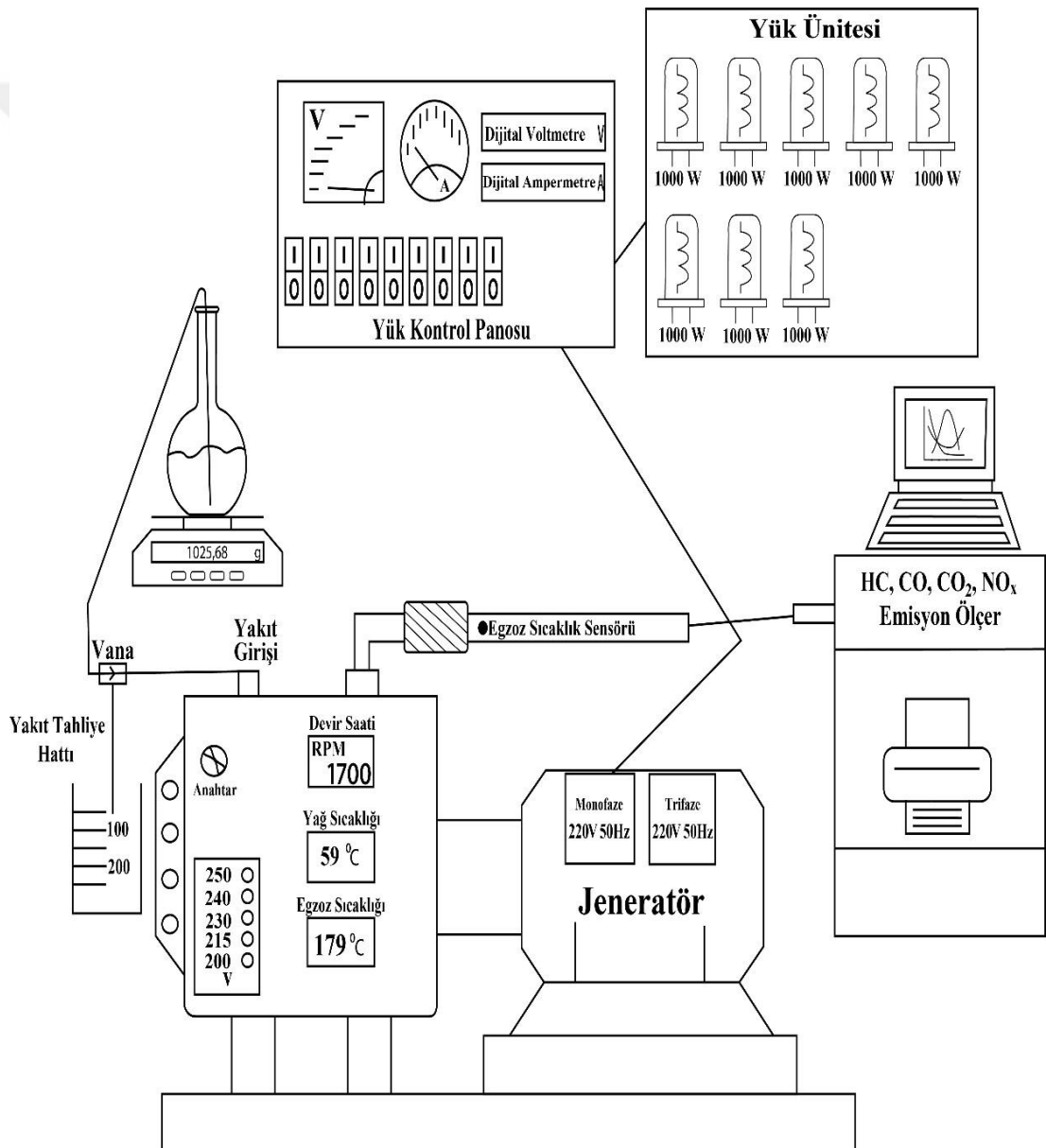
Şekil 6.7. GC/MS kromatogramı.



Şekil 6.8. GC kromatogramı.

6.3. DENEY DÜZENEGİ

Deney düzeneği; deney motoru, deney jeneratörü, yağ sıcaklık sensörü, egzoz sıcaklık sensörü, devir sensörü, yük ünitesi, yük kontrol panosu, analog voltmetre, analog amper metre, dijital voltmetre, dijital amper metre, yakıt ölçüm düzeneği, egzoz emisyon cihazı ve desibel metre cihazlarından oluşmaktadır. Deneysel İstanbul Aydın Üniversitesi Otomotiv laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneğinin şematik ve genel görünümü Şekil 6.9 ve Şekil 6.10’da görülmektedir.



Şekil 6.9. Deney materyalleri şematik resmi.



Şekil 6.10. Deney motoru ve yük ünitesi.

6.4. DENEY MOTORU

Deneysel Çizelge 6.8’de teknik özellikleri ve Şekil 6.11’de görülen motor kullanılması planlanmış ve sıkıştırma oranını arttırmak için gerekli yedek parçalar temin edilmiştir.



Şekil 6.11. Deney motoru Honda GX.

Çizelge 6.8. Deney motoru ve jeneratörün teknik özellikleri.

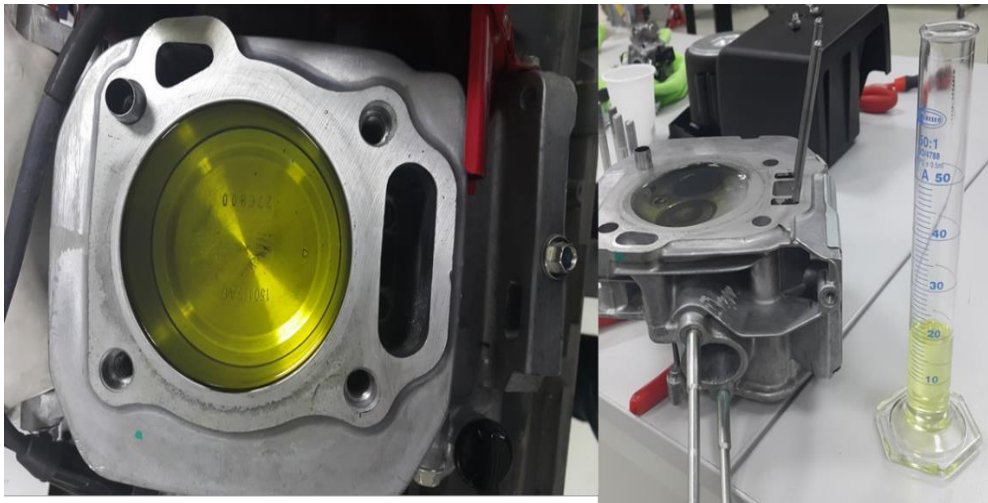
Motor Özellikleri	
Model	Honda GX
Motor Versiyonu	S tipi krank mili güç çıkışlı, yakıt deposu
Uzunluk x Genişlik x Yükseklik (mm)	380 x 460 x 448
Kuru Ağırlık (kg)	31,7
Motor Tipi	4-zamanlı, kafadan supaplı, tek silindirli
Silindir Hacmi (cm ³) (Çap x Kurs) (mm)	389 (88x64)
Net Güç (SAE 1349'a göre)	11,8/11,7 BG (8,7 kW) @ 3600 d/dk
Net tork (SAE 1349'a göre)	2,70 kg-m (26,5 N-m) @ 2500 d/dk
Motor Yağ Kapasitesi (Litre)	1,1
Yakıt Deposu Kapasitesi (Litre)	6,1
Soğutma Sistemi	Cebri hava ile
Ateşleme Sistemi	CDI tip manyeto ile
Krank Mili Güç Çıkışı Dönüş Yönü	Saat ibrelerinin tersi yönde
Jeneratör Özellikleri	
Model	Honda HK
Max. Çıkış Gücü	6 kVA
Volt	230 V
Faz	Monofaze
Frekans	50
AC Devre Kesici	Var

6.5. DENEY MOTORUNUN SIKIŞTIRMA ORANININ ARTIRILMASI

Sıkıştırma oranını değişken hale dönüştürmek için ya motor imal edilirken değişken sıkıştırma oranlı olarak tasarlanmalı ya da mevcut motor üzerinde bazı değişiklikler yapılmalıdır. Bu çalışmada sıkıştırma oranı 8 olan buji ile ateşlemeli motorun, sıkıştırma oranı değişimi silindir kapağının taşlanması ile sağlanmıştır. Silindir kapağı Mercedes Benz firmasının rektifiye atölyesinde taşlanmıştır. Şekil 6.12'de taşlama işlemleri görülmektedir. Silindir kapağından 0,40 mm, 0,80 mm ve 1 mm talaş kaldırılmıştır. Şekil 6.13'de talaş kaldırma sonucunda sıkıştırma oranlarını hesaplamak için motor silindir içi hacimsel olarak ölçülmesi görülmektedir. Çizelge 6.9'da değişen sıkıştırma oranları verilmiştir.



Şekil 6.12. Silindir kapağında talaş kaldırılması.



Şekil 6.13. Kurs ve yanma odası hacmi ölçümü.

Çizelge 6.9. Honda GX 390 değişen sıkıştırma oranları.

Hacimsel Değerler	V _a	V _h	V _c	ε
Orjinal motor	446 cc	390 cc	56 cc	8
Silindir kapağında alınan talaş miktarı 1 mm	433 cc	390 cc	43 cc	10,07
Silindir kapağında alınan talaş miktarı 0.80 mm	438 cc	390 cc	48 cc	9,12
Silindir kapağında alınan talaş miktarı 0.40 mm	442 cc	390 cc	52 cc	8,50

6.6. DENEY YAKITLARI

Deneyleerde kurşunsuz benzin ve kurşunsuz benzin-fuzel yağı karışımları kullanılacaktır. Kurşunsuz benzin Petrol Ofisi'ne bağlı bir benzin istasyonundan elde edilmiştir. Fuzel yağı ise Eskişehir Şeker Fabrikası ve Konya Şeker Fabrikasından elde edilmiştir. Deney yakıtının elde ediliş yöntemi Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurulu onayı ile gerçekleşmiştir. Çizelge 6.10'da deney yakıtlarının özellikleri verilmiştir.

Çizelge 6.10. Deney yakıtlarının özellikleri.

Karışım Oranı	F0	F10	F20	F30	F40	F50	F100
Yoğunluk (kg/m ³)	721,79	726,03	735,13	750,55	758,54	764,83	852,1
Alt ısı değeri (kJ/kg)	43580	42449,60	41319,20	40188,81	39058,41	37928,02	32276,04
MON	86,51	87,08	87,12	87,17	88,50	89,30	103,61
RON	96,33	97,80	97,84	98,30	98,34	98,38	106,82
Donma noktası (°C)	-53	>50	>50	>50	>50	>50	>50

6.7. EGZOZ EMİSYON CİHAZI

Deney motorunun egzoz emisyonlarının ölçümü için MOD 2210 WINXP-K egzoz gaz analiz ölçüm cihazı kullanılmıştır. Egzoz gaz analiz ölçüm cihazı Şekil 6.14'de gösterilmiştir. Çizelge 6.11'de egzoz gaz analizörünün teknik özellikleri verilmiştir. Egzoz gaz analizörü ile CO, HC, CO₂, O₂, motor devri ve lambda değişkenlerini ölçebilmek mümkündür. Bununla birlikte dizel motorları için de aynı değişkenler ve emisyonları belirlenebilmektedir.



Şekil 6.14. Egzoz gaz analizi ölçüm cihazı.

Çizelge 6.11. Egzoz gaz analizörünün teknik özellikleri.

Parametreler	Ölçme Sınırı	Hassasiyet
CO	0 - 10,0 % vol.	0,001%
CO ₂	0 - 20,0 % vol.	0,001%
HC	0 - 10,000 PPM vol.	1 PPM
O	0 - 10 % vol.	0,01%
NO _x	0 - 5000	1 PPM
Lambda	0,5 - 2,00	0,001
Motor Yağ Isısı	0 - 150 °C	1 °C
Devir	0 - 9990 d/dak.	10 d/dak.
Debi	2 - 6 (1/min)	
Çalışma Ortam Sıcaklığı	0 °C + 40 °C	0,01%
Algılama Süresi	< 5 sn.	
Ölçüm Odası Sıcaklığı	70 - 100 °C	

Egzoz emisyon cihazı kalibrasyon için CO₂, CO, C₃H₈, O₂ ve N₂ tüpleri kullanılmıştır. Şekil 6.15 ve Çizelge 6.12 kalibrasyon tüpleri ve özellikleri verilmiştir.



Şekil 6.15. Egzoz emisyon cihazının kalibrasyon tüpleri.

Çizelge 6.12. Egzoz emisyon kalibrasyon tüplerinin özellikleri.

Karışım Bileşenleri	Talep Edilen Bileşim	Mevcut Bileşim	Standart Belirsizlik	Analitik Yöntem
CO ₂	14,00%	13,93%	%Mole (+/-) 0.5% Rel	Gravimetric, GC-TCD
CO	3,50%	3,49%	%Mole (+/-) 0.5% Rel	Gravimetric, GC-TCD
C ₃ H ₈	1000 ppm	1004,7 ppm	%Mole (+/-) 1.5% Rel	Gravimetric, THC
O ₂	21,00%	21,00%	%Mole (+/-) 2% Rel	Gravimetric
N ₂	Balance	Balance	%Mole (+/-) 1.5% Rel	Gravimetric

6.8. YAKIT TÜKETİM ÖLÇME DÜZENEĞİ

Yakıt tüketimi ölçümünde Ender marka SWOCK YP20002 model elektronik dijital teraziden yararlanılmıştır, Şekil 6.16'te terazinin ölçme kapasitesi 2 kg olup 0,01 g hassasiyetinde ölçüm yapabilmektedir.



Şekil 6.16. Özgül yakıt tüketimi ölçme düzeneği.

6.9. KRONOMETRE

Yakıt tüketimi süresinin Delta SW 305 marka bir kronometre kullanılmıştır. Kronometre 1 salise hassasiyetinde dijital ölçüm yapabilmektedir. Şekil 6.17'da kronometre görülmektedir.



Şekil 6.17. Kronometre.

6.10. DESİBEL ÖLÇER

Motora yüklemeler sonrasındaki desibel değışikliklerini ölçmek için Şekil 6.18'deki BENETECH GM1351 marka bir desibel ölçer kullanılmıştır. Çizelge 6.13'de desibel metrenin özellikleri verilmiştir.



Şekil 6.18. Desibel ölçer.

Çizelge 6.13. Desibel ölçer özellikleri.

Ölçüm Aralığı	30 dBA – 130 dBA
Çalışma ortamı	0~40 °C; 0~80%RH
Maksimum değer kaydı	Var
Mikrofon	1/2" elektrot yoğunlaştırıcı mikrofon
Örnekleme oranı	Saniyede 2 ölçüm
Çözünürlük	0,1 dB
Frekans ağırlıklaması	A (insan kulağı simülasyonu)
Frekans Aralığı	31,5Hz – 8,5 kHz
Doğruluk	± 1,5 dB (94dB @ 1Khz)
Standartlar	IEC PUB 651 TYPE2; ANSI S1.4 TYPE2

6.11. DENEY VERİLERİNİN ANALİZİNDE KULLANILAN HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

6.11.1. Efektif Verim

Efektif verim, Eşitlik 6.1'deki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\eta = \frac{P_e * 3600}{B * H_u} \quad (6.1)$$

P_e : Motor gücü (kW)

B : Yakıt tüketimi (kg/h)

H_u : Kullanılan yakıtın alt ısıl değeri (kJ/kg)

6.11.2. Özgül Yakıt Tüketimi

Özgül yakıt tüketimi, Eşitlik 6.2'deki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$b_e = \frac{B * 1000}{P_e} \quad (6.2)$$

b_e : Özgül yakıt tüketimi, (g/kWh)

B : Saatlik yakıt tüketimi, (kg/h)

P_e : Motor gücü, (kW)

6.11.3. Motor Momenti

Motor momenti, Eşitlik 6.3'deki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$M_e = \frac{P_e * 9549}{n} \quad (6.3)$$

M_e : Motor Momenti, (Nm)

P_e : Motor gücü, (kW)

n : Motor devir, (d/dk)

BÖLÜM 7

DENEY SONUÇLARI VE BULGULAR

Motor performansı ve egzoz emisyonlarının motor yük miktarına bağlı deneylerde hava fazlalık katsayısı $\lambda=1$ deney boyunca ± 0.005 'lik toleranslar dâhilinde sabit tutulmaya çalışılmıştır. Yük miktarına bağlı deneyler, 1000-6000 Watt aralığında 1000 Watt'lık yük miktarı artışlarıyla ve sabit hızda (1700 d/d) gerçekleştirilmiştir.

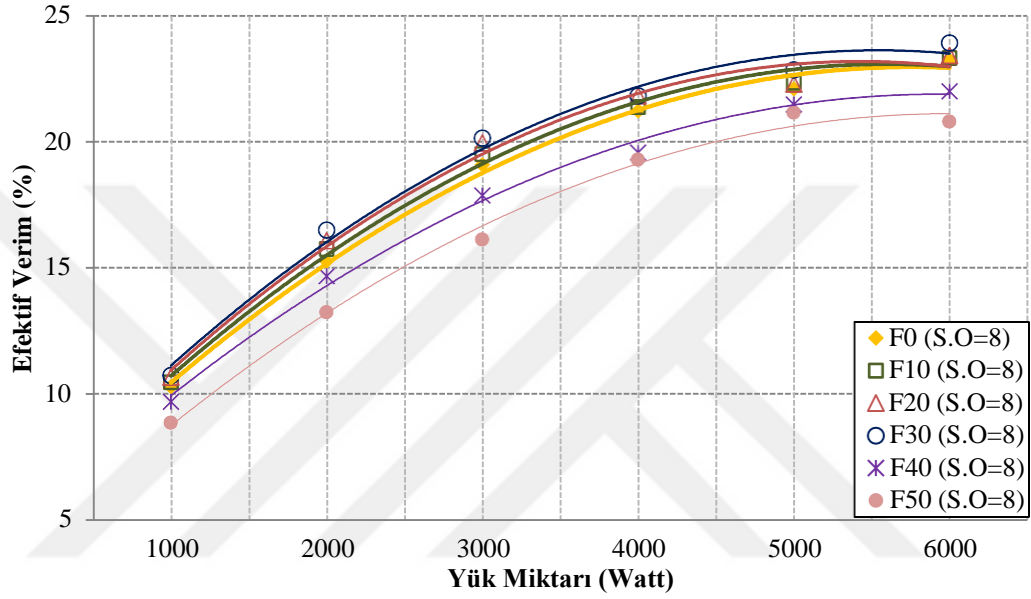
8 - 8,5 - 9,12 ve 10,07 sıkıştırma oranlarında F0, F10, F20, F30, F40 ve F50 yakıtları için sabit devirde yük miktarına bağlı performans ve emisyonlar açısından değerlendirmeler yapılmıştır. Motor performansı ve egzoz emisyonlarının sıkıştırma oranı ve yük miktarı artışına bağlı olarak değişimleri grafikler halinde verilmiştir.

7.1. EFEKTİF VERİM

Efektif verim; motordan elde edilen faydalı mekanik gücün, birim zamanda tüketilen yakıtın enerji içeriğine oranıdır. Alkollerin oktan sayıları benzine göre yüksek olduğundan, yüksek sıkıştırma oranlarında vuruntu yapmadan çalışabilirler. Bu durum sıkıştırma sonu sıcaklık ve basıncı dolayısıyla da yanma verimini artıracığından benzine göre daha yüksek efektif verim sağlayabilmektedir.

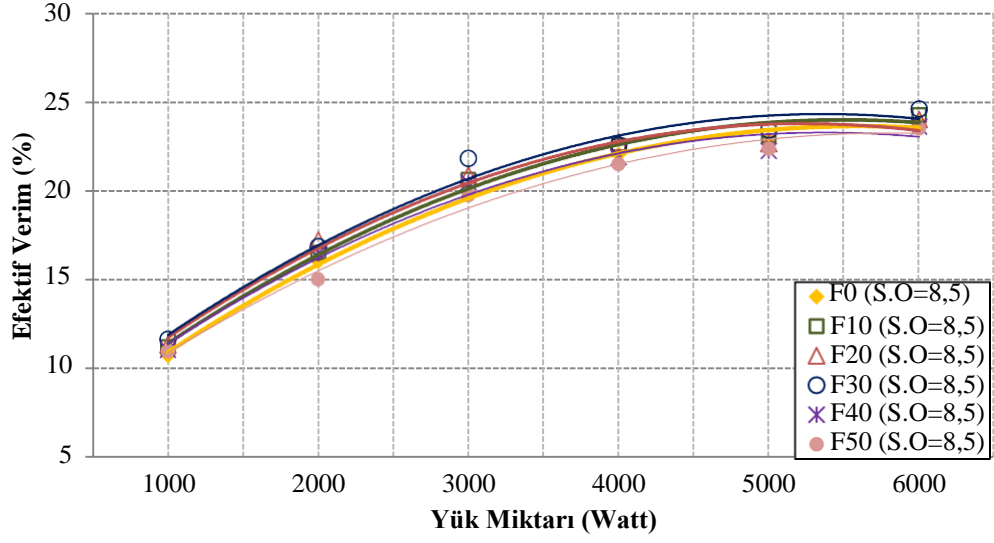
Deneysel olarak 8 – 8,5 – 9,12 ve 10,07 sıkıştırma oranlarında efektif verim, yük miktarı artışına paralel olarak ya da belli bir noktaya kadar sürekli yükseliş eğilimi göstermiş ve efektif verimde birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Şekil 7.1'de 8 sıkıştırma oranında motor yük miktarına bağlı efektif verim grafiği verilmiştir. 8,0 sıkıştırma oranında 1000 Watt'lık yük miktarında F0, F10, F20, F30, F40 ve F50 ile edilen efektif verim sırasıyla %10,29 – %10,46 – %10,67 – %10,74 – %9,69 – %8,86 olarak tespit edilirken; 6000 Watt yük miktarında ise efektif verim artarak, sırayla %23,23 – %23,32 – %23,42 – %23,91 – %21,99 – %20,79 olarak tespit edilmiştir. Deneysel olarak

benzine göre en yüksek efektif verim artışı F30 yakıtında elde edilmiştir. F30 yakıtının tüm yüklerde benzine göre efektif veriminde %3,98 artış gözlenmiştir. Bu durum literatürdeki bazı çalışmalarla benzerlik göstermektedir [58, 59]. Fuzel yağının yapısında oksijen bulunması yanmayı iyileştirmekte ve verim artmaktadır. Fuzel yağının yüksek oranlarında ise buharlaşma ısısının yüksek olması nedeniyle silindir sıcaklığı düşmekte ve verim azalabilmektedir.



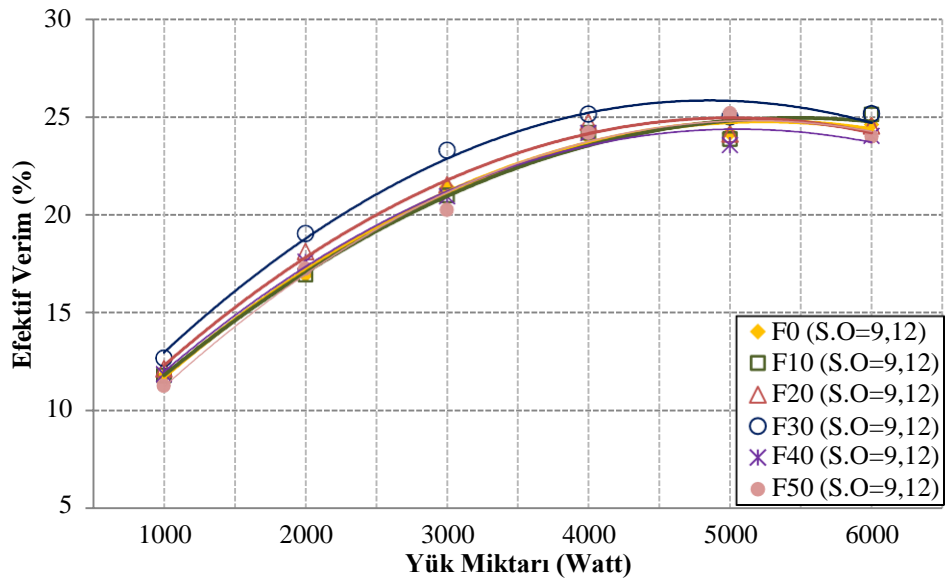
Şekil 7.1. 8 sıkıştırma oranında motor yük miktarına bağlı efektif verim grafiği.

Şekil 7.2’de 8,5 sıkıştırma oranında motor yük miktarına bağlı efektif verim grafiği verilmiştir. Motor, 8,0 sıkıştırma oranından 8,5 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde her 5 yakıtta yapılan çalışmalarda efektif verim artışı tespit edilmiştir. 6000 Watt yük miktarında %2,73 artışla en fazla efektif verim artışı F30 yakıtında elde edilmiştir. F30 yakıtının tüm yüklerdeki 8 sıkıştırma oranından 8,5 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde ortalama %5,1’lik bir artış olduğu gözlemlenmiştir.



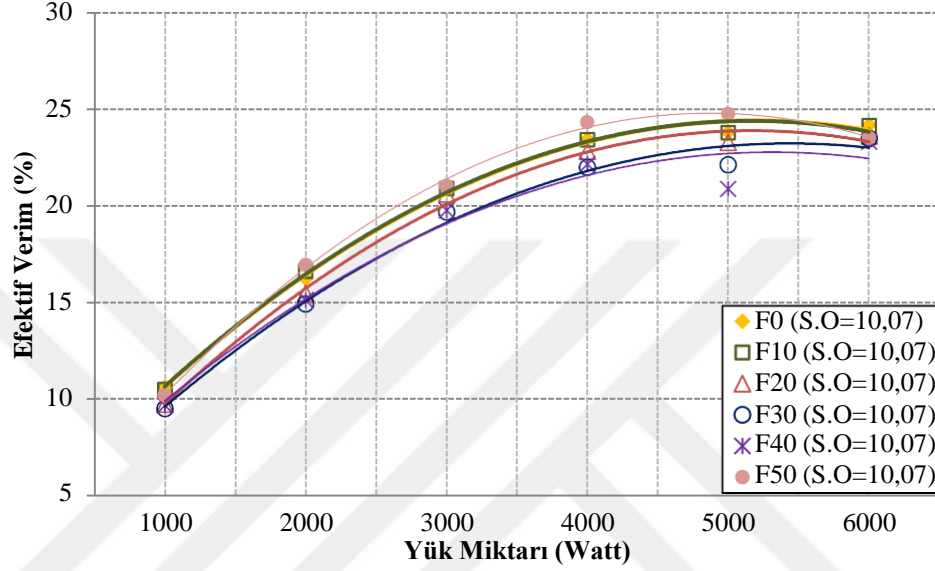
Şekil 7.2. 8,5 sıkıştırma oranında motor yük miktarına bağlı efektif verim grafiği.

Şekil 7.3’de 9,12 sıkıştırma oranında motor yük miktarına bağlı efektif verim grafiği verilmiştir. Motor, 8,5 sıkıştırma oranından 9,12 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde her 5 yakıtle yapılan deneylerde de efektif verim artışı tespit edilmiştir. 6000 Watt yük miktarında %2,41 artışla en fazla efektif verim artışı F30 yakıtında tespit edilmiştir. F30 yakıtının tüm yüklerdeki 8,5 sıkıştırma oranından 9,12 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde ortalama %6,91’lik bir artış olduğu gözlemlenmiştir.



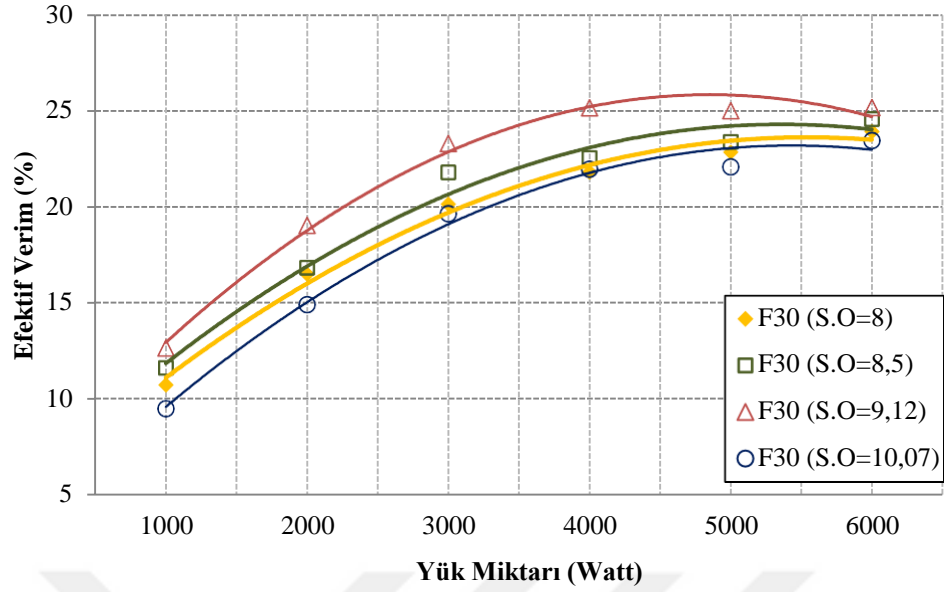
Şekil 7.3. 9,12 sıkıştırma oranında motor yük miktarına bağlı efektif verim grafiği.

Şekil 7.4’de 10,07 sıkıştırma oranında motor yük miktarına bağlı efektif verim grafiği verilmiştir. Motor 9,12 sıkıştırma oranından 10,07 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde ise 6000 Watt yük miktarında F0, F10, F20, F30, F40 ve F50 ile yapılan deney sonucunda efektif verimde bir miktar azalma tespit edilmiştir. Efektif verimin, 6000 Watt yük miktarında F30 yakıtı için % 2,78 düştüğü tespit edilmiştir.



Şekil 7.4. 10,07 sıkıştırma oranında motor yük miktarına bağlı efektif verim grafiği.

Elde edilen deney sonuçlarına göre; deneye tabi tutulan yakıtlar arasında F30 yakıtı efektif verimi en yüksek yakıt ve 9,12’lik sıkıştırma oranı da en iyi sıkıştırma oranı olarak tespit edilmiştir. Her dört sıkıştırma oranında ve farklı oranlardaki yakıtlar ile yük miktarına bağlı efektif verim değişimleri grafikler halinde verilmiştir. Şekil 7.5’de F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında efektif veriminin karşılaştırılması verilmiştir. Bu grafikte ise sadece F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarına göre değişimi verilerek 9,12 sıkıştırma oranında efektif veriminin en fazla olduğu gösterilmiştir. Motor verimini etkileyen en önemli parametre sıkıştırma oranıdır. Sıkıştırma oranı arttıkça verim de artmaktadır. Sıkıştırma oranının daha fazla artırılması vurutuya sebep olmakta ve verim ile motor gücü azalmaktadır.



Şekil 7.5. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında efektif veriminin karşılaştırılması.

7.2. MOTOR MOMENTİ

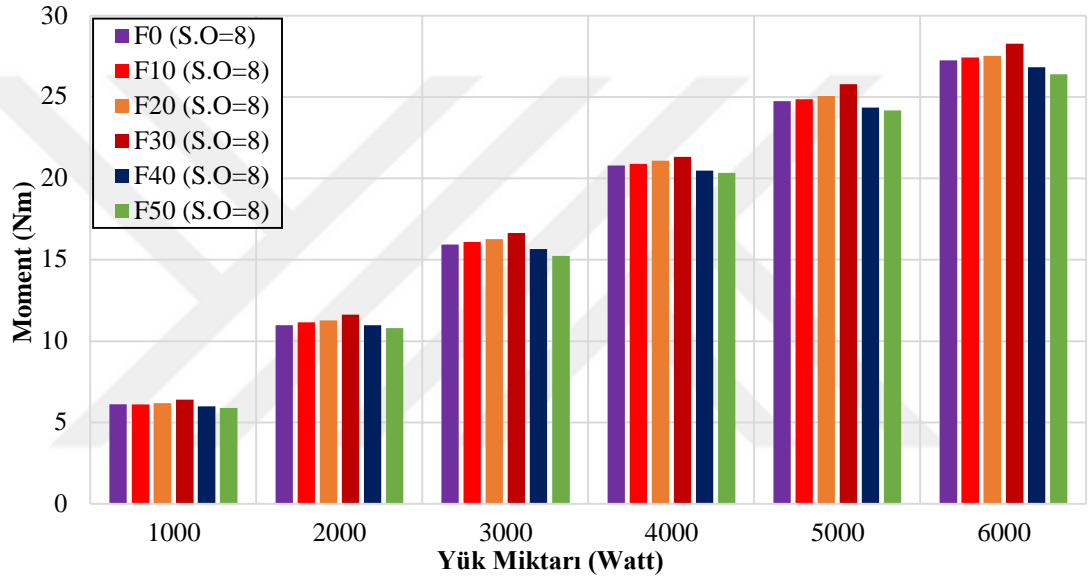
Motor momenti ile yük miktarı ilişkisi incelendiğinde, momentin bir noktaya kadar arttığı ve daha sonra azaldığı görülmektedir. Moment yük grafiklerinde en yüksek momentin elde edildiği değer maksimum moment olarak tanımlanmaktadır. Maksimum yanma verimi ile yanma odasındaki yanma sonu basıncı da maksimuma çıkarak pistonu itme kuvvetini doğurmaktadır ki bu da momentin maksimum olmasına neden olur.

Fuzel yağının su oranının azaltılması, gum miktarının düşürülmesi ile F10, F20, F30, F40 ve F50 yakıtlarıyla 8 – 8,5 – 9,12 ve 10,07 sıkıştırma oranlarında tüm motor yüklerinde yapılan deneylerde moment artışları gözlemlenmiştir. F40 ve F50 yakıtlarında fuzel yağı yoğunluğunun artması ile silindir sıcaklığı azaldığı için belirli yük miktarlarında moment düşüklüğüne sebep olmuştur. F10, F20, F30 yakıtlarında ve tüm motor yüklerinde moment artışı gözlemlenmiş, en yüksek moment artışı 6000 Watt'ta F30 yakıtında tespit edilmiştir.

Motor momentinin F0, F10, F20, F30, F40 ve F50 yakıtlarında 8 - 8,5 - 9,12 ve 10,07 sıkıştırma oranlarında yük miktarı artışına bağlı olarak bir noktaya kadar arttığı

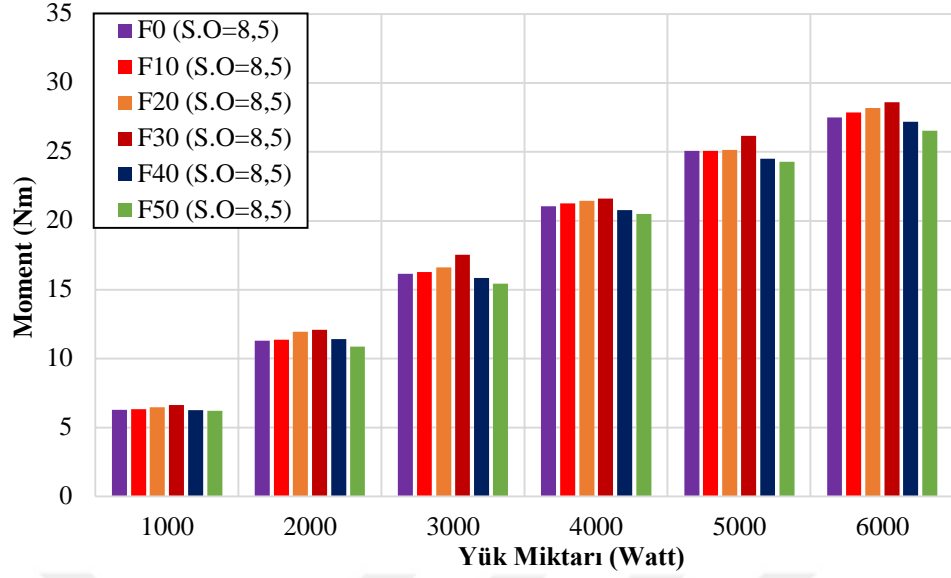
görülmüştür. Sabit devirde motor gücü arttıkça moment de artmaktadır. Bu durum literatürdeki bazı çalışmalarla benzerlik göstermektedir [9, 59-61].

Şekil 7.6'da 8 sıkıştırma oranındaki motor moment grafiği verilmiştir. Motor momentini, 8 sıkıştırma oranında 6000 Watt yük miktarında F0, F10, F20, F30, F40 ve F50 yakıtlarında sırasıyla; 27,26 Nm – 27,44 Nm – 27,54 Nm – 28,29 Nm – 26,82 Nm – 26,40 Nm olarak tespit edilmiştir. F30 yakıtının tüm yüklerde F0 yakıtına göre moment artışı ortalama %4,31 olarak tespit edilmiştir.



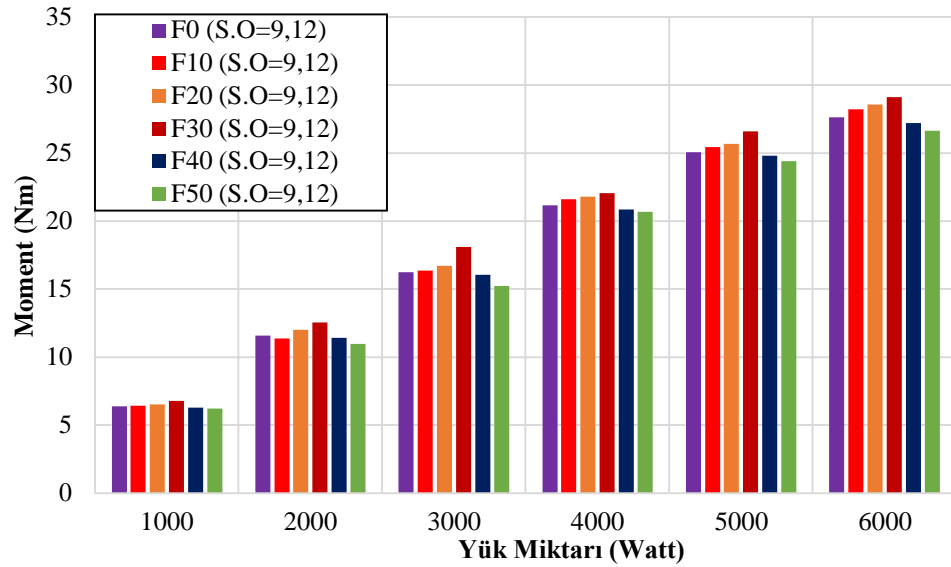
Şekil 7.6. 8 sıkıştırma oranındaki motor momentini.

Şekil 7.7'de 8,5 sıkıştırma oranındaki motor moment grafiği verilmiştir. Motor momentini, 8,5 sıkıştırma oranında 6000 Watt yük miktarında F0, F10, F20, F30, F40 ve F50 yakıtlarında sırasıyla; 27,47 Nm – 27,86 Nm – 28,17 Nm – 28,59 Nm – 27,17 Nm – 26,54 Nm olarak tespit edilmiştir. F30 yakıtının tüm yüklerde F0 yakıtına göre moment artışı ortalama % 5,29 olarak tespit edilmiştir.



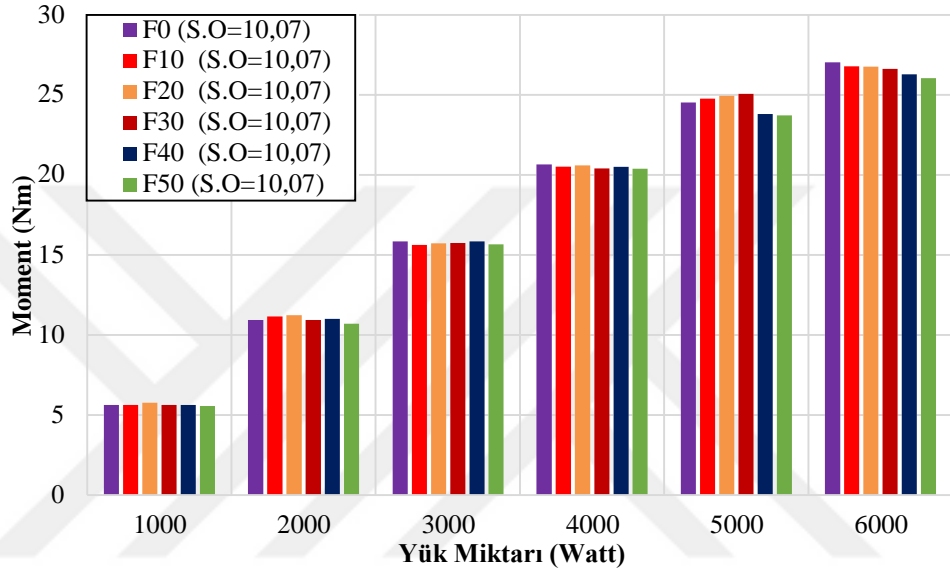
Şekil 7.7. 8,5 sıkıştırma oranındaki motor momentini.

Şekil 7.8’de 9,12 sıkıştırma oranındaki motor moment grafiği verilmiştir. Motor momentini, 9,12 sıkıştırma oranında 6000 Watt’lık yük miktarında F0, F10, F20, F30, F40 ve F50 yakıtlarında sırasıyla; 27,65 Nm – 28,23 Nm – 28,59 Nm – 29,14 Nm – 27,23 Nm – 26,66 Nm olarak tespit edilmiştir. F30 yakıtının tüm yüklerde F0 yakıtına göre moment artışı ortalama %6,93 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 7.8. 9,12 sıkıştırma oranındaki motor momentini.

Şekil 7.9’da 10,07 sıkıştırma oranındaki motor moment grafiği verilmiştir. Tüm sıkıştırma oranları arasında en düşük moment değeri 10,07 sıkıştırma oranında 6000 Watt’lık yüklemelerde F0, F10, F20, F30, F40 ve F50 yakıtlarında sırasıyla; 27,03 Nm – 26,79 Nm – 26,77 Nm – 26,64 Nm – 26,30 Nm – 26,06 Nm olarak elde edilmiştir. F30 yakıtının tüm yüklerde F0 yakıtına göre moment azalışı ortalama %0,21 olarak tespit edilmiştir.



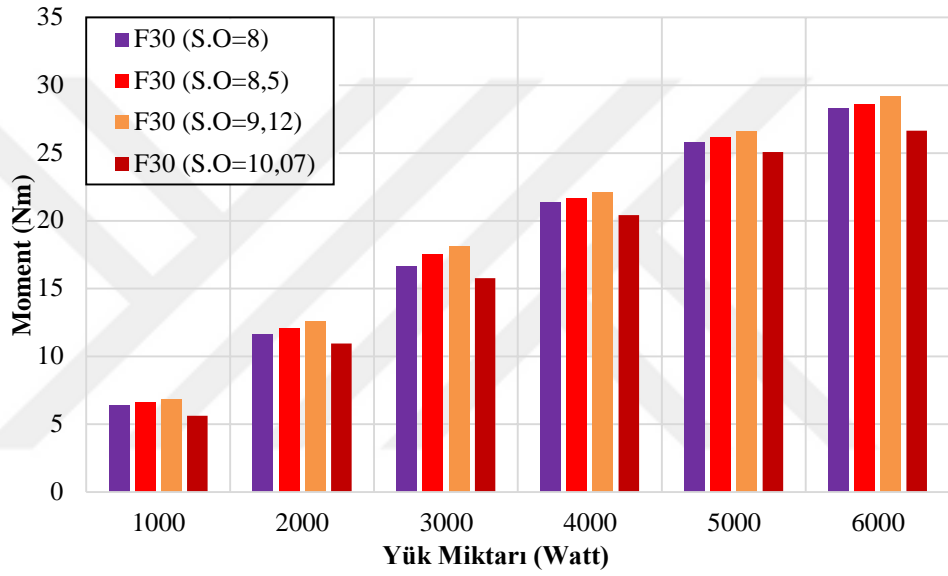
Şekil 7.9. 10,07 sıkıştırma oranındaki motor momentini.

Motor sıkıştırma oranının artmasına bağlı olarak silindir içi yanma sonu basıncı artmakta ve dolayısıyla moment de artmaktadır. Ancak sıkıştırma oranının daha fazla artırılması vuruntu nedeniyle moment ve gücü düşürebilmektedir. Deney yakıtlarıyla yük miktarına bağlı yapılan çalışmalarda 9,12 sıkıştırma oranında elde edilen moment değerleri 8 – 8,5 sıkıştırma oranlarına göre artış gösterirken; 10,07 sıkıştırma oranında moment değerleri 9,12 sıkıştırma oranına göre düşüş göstermiştir.

F30 yakıtında 6000 Watt yük miktarında 8 sıkıştırma oranında elde edilen maksimum moment 28,29 Nm iken; sıkıştırma oranı 8,5’e yükseltildiğinde maksimum moment %1,08 artarak 28,59 Nm olarak tespit edilmiştir. 8,5 sıkıştırma oranından 9,12 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde maksimum moment %1,89 artışla 29,14 Nm

olmuştur. 9,12 sıkıştırma oranından 10,07 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde maksimum moment %9,35 düşerek 26,64 Nm değeri elde edilmiştir.

Şekil 7.10'da F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında motor momentinin karşılaştırılması verilmiştir. F0, F10, F20, F30, F40 ve F50 yakıtlarıyla tüm motor yüklerinde ortalama olarak sıkıştırma oranı 8'den 8,5'a yükseltildiğinde %2,78 artış, 9,12 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %5,42 artış ve 10,07 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde ise %6,55 azalma tespit edilmiştir.



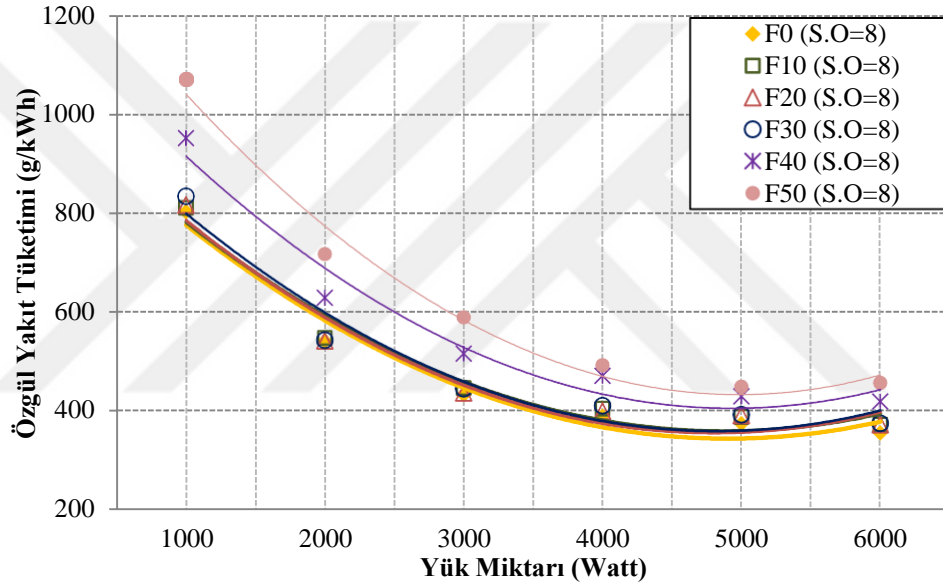
Şekil 7.10. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında motor momentinin karşılaştırılması.

7.3. ÖZGÜL YAKIT TÜKETİMİ

Özgül yakıt tüketimi, motorda kullanılan yakıtın kimyasal enerjisinin ısı enerjisine dönüştürürken, bu enerjinin ne kadarının krank milindeki güce dönüştürdüğünü gösteren değerdir. Özgül yakıt tüketimi diğer bir tanımlamayla, birim güç başına tüketilen yakıt miktarını göstermektedir. Özgül yakıt tüketimi grafiklerinde farklı sıkıştırma oranlarında F30 verileri karşılaştırılmıştır.

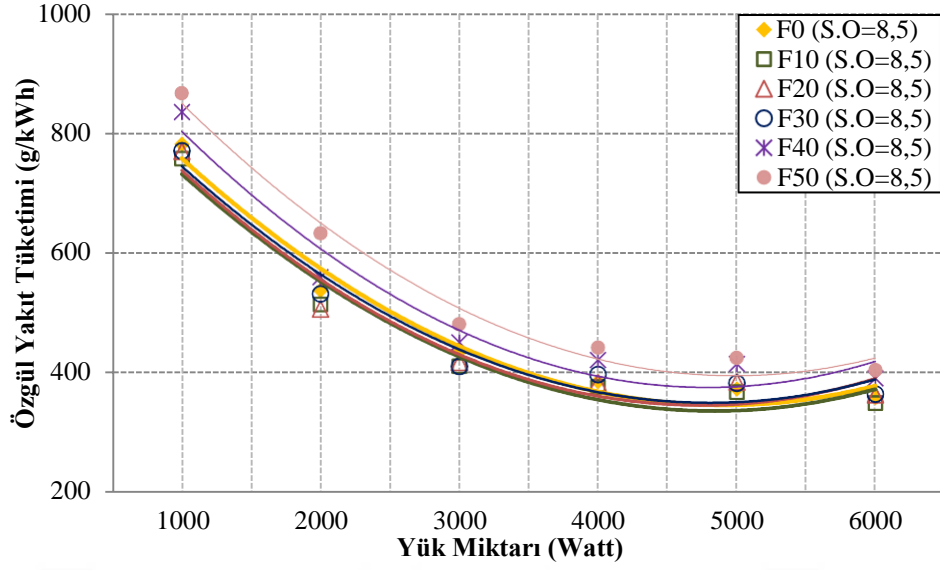
Motorda HFK = 1 tutularak F0, F10, F20, F30, F40 ve F50 yakıtlarıyla yapılan deneylerde 8 – 8,5 – 9,12 ve 10,07 sıkıştırma oranlarında sabit devirde çekilen yük

miktarına bağılı özgül yakıt tüketim eğrileri görülmektedir. Özgül yakıt tüketimini etkileyen faktörlerden biri yakıtın alt ısıl değeridir. Fuzel yağının alt ısıl değeri benzine göre düşük olduğu için karışımdaki fuzel oranı arttıkça özgül yakıt tüketimi de artmaktadır. Şekil 7.11’de 8 sıkıştırma oranında özgül yakıt tüketimi görülmektedir. Özgül yakıt tüketimi, 8 sıkıştırma oranında 6000 Watt yük miktarında F0, F10, F20, F30, F40 ve F50 yakıtlarında sırasıyla; 335,55 g/kWh – 372,01 g/kWh – 371,95 g/kWh – 374,49 g/kWh – 419,07 g/kWh – 456,36 g/kWh olarak tespit edilmiştir. 8 sıkıştırma oranında F30 yakıtının tüm yüklerde F0 yakıtına göre özgül yakıt tüketimi artışı ortalama %3,77 olarak tespit edilmiştir.



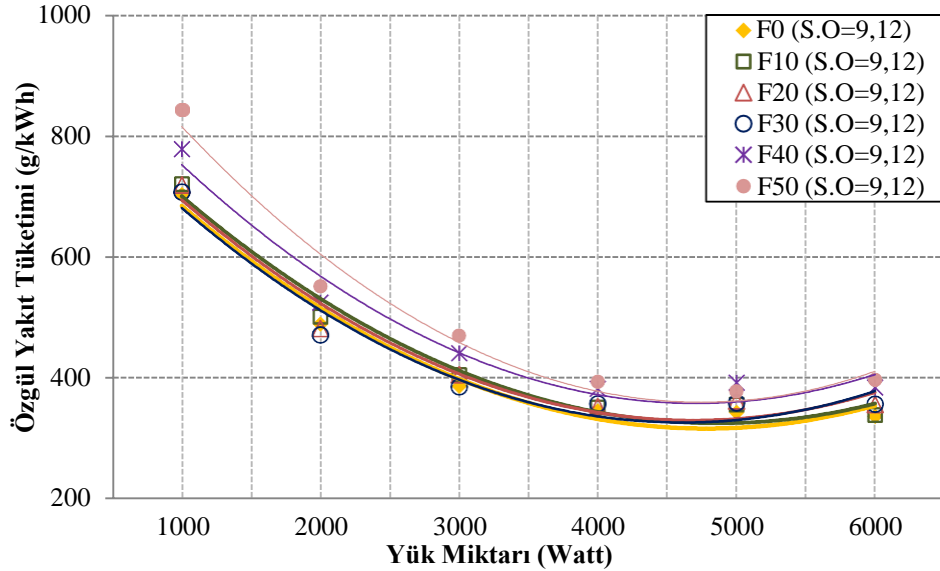
Şekil 7.11. 8 sıkıştırma oranındaki özgül yakıt tüketimi.

Şekil 7.12’de 8,5 sıkıştırma oranında özgül yakıt tüketimi görülmektedir. 8,5 sıkıştırma oranında F30 yakıtının tüm yüklerde F0 yakıtına göre özgül yakıt tüketimi azalışı ortalama %0,20 olarak tespit edilmiştir. 8 sıkıştırma oranı 8,5 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde F30 yakıtında maksimum efektif verimi veren 6000 Watt yük miktarında özgül yakıt tüketiminde %2,66 azalışla 364,51 g/kWh tespit edilmiştir.



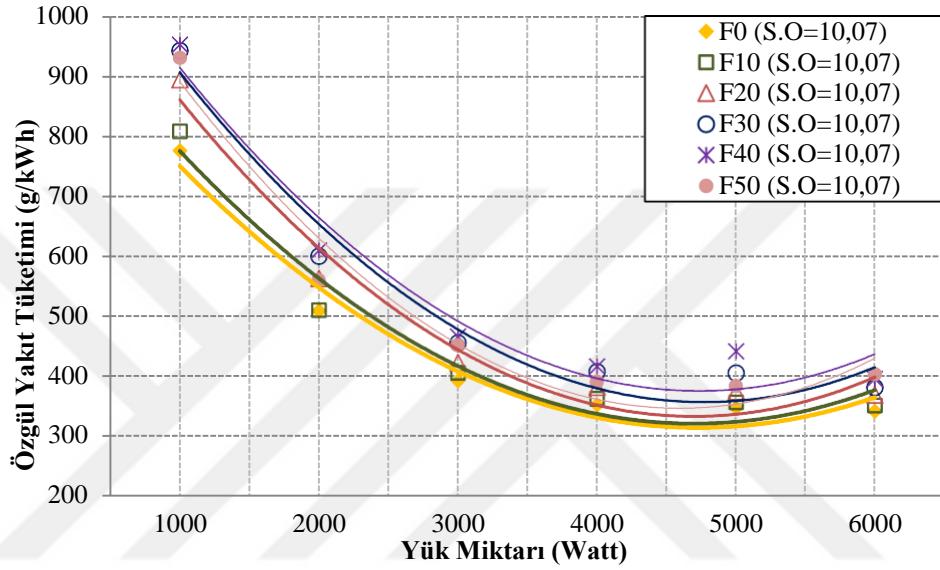
Şekil 7.12. 8,5 sıkıştırma oranındaki özgül yakıt tüketimi.

9,12 sıkıştırma oranında F30 yakıtının tüm yüklerde F0 yakıtına göre özgül yakıt tüketimi artış ortalama %1,76 olarak tespit edilmiştir. 9,12 sıkıştırma oranında yapılan çalışmada ise maksimum efektif verimi veren 6000 Watt yük miktarında 8,5 sıkıştırma oranına göre F30 ile yapılan çalışmada özgül yakıt tüketimi %2,35 oranında düşüş göstererek 355,92 g/kWh olarak tespit edilmiştir, Şekil 7.13.



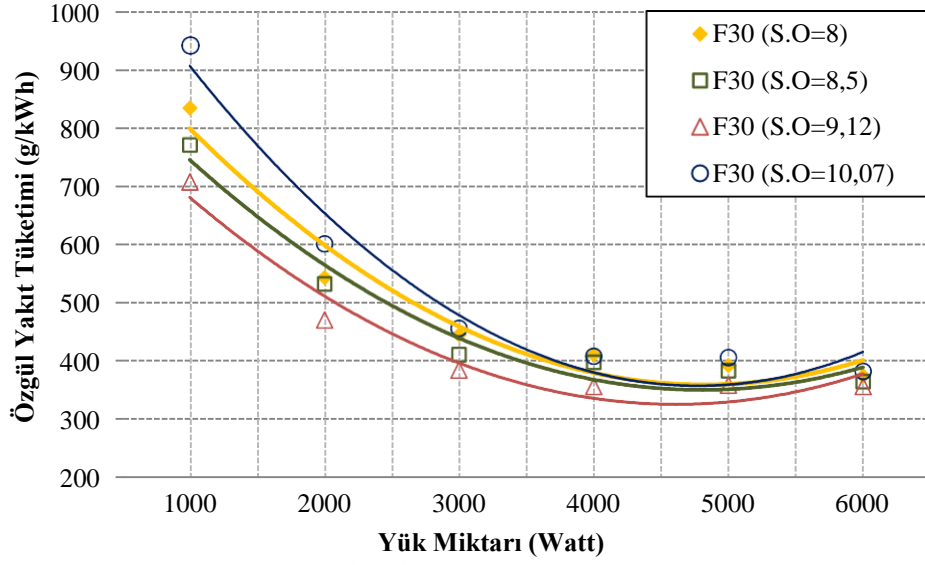
Şekil 7.13 9,12 sıkıştırma oranındaki özgül yakıt tüketimi.

Şekil 7.14'de 10,07 sıkıştırma oranında özgül yakıt tüketimi gözükmetedir.10,07 sıkıştırma oranında F30 yakıtının tüm yüklerde F0 yakıtına göre özgül yakıt tüketimi artış ortalama %16,51 olarak tespit edilmiştir. 10,07 sıkıştırma oranında yapılan çalışmada ise maksimum efektif verimi veren 6000 Watt yük miktarında 9,12 sıkıştırma oranına göre F30 ile yapılan çalışmada özgül yakıt tüketimi ortalama %7,3 oranında artış göstererek 381,78 g/kWh olarak tespit edilmiştir.



Şekil 7.14 10,07 sıkıştırma oranındaki özgül yakıt tüketimi.

F30 yakıtı için tüm motor yüklerinde 8 sıkıştırma oranından 8,5 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %4,79 azalma, 9,12 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %10,86 azalma ve 10,07 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %3,33 artış tespit edilmiştir. Bu durum Şekil 7.15'de gözükmetedir. Sıkıştırma oranı, verimi ve gücü artırdığı için sıkıştırma oranı artışıyla birlikte özgül yakıt tüketimi de azalmaktadır. Fuzel yağının alt ısıl değeri benzine göre daha düşüktür ve fuzel yağı ile yapılan çalışmalarda özgül yakıt tüketimi, karışımdaki fuzel yağı miktarı ile orantılı olarak artmaktadır. Bu durum literatürdeki bazı çalışmalarla benzerlik göstermektedir [9, 62].



Şekil 7.15. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında özgül yakıt tüketimi değerleri.

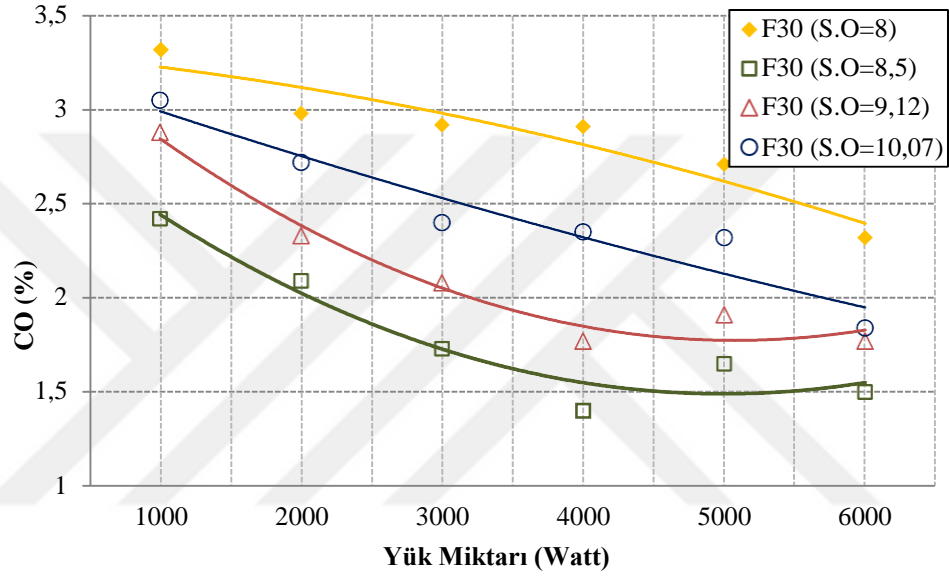
7.4. EGZOZ EMİSYONLARI

7.4.1. CO Emisyonlarının Değerlendirilmesi

CO emisyonları silindir içerisinde yanma için yeterli sürenin bulunmaması nedeniyle eksik yanma ve zengin hava/yakıt karışımlarında silindir içerisinde tam yanmayı gerçekleştirecek miktarda yeterince oksijen bulunmaması durumlarında açığa çıkmaktadır. CO emisyon konsantrasyonu büyük ölçüde motor çalışma durumuna ve hava/yakıt oranına bağlıdır. F30 yakıtıyla $\lambda=1$ 'de gerçekleştirilen deneylerde 8 - 8,5 - 9,12 ve 10,07 sıkıştırma oranlarında sabit devirde motor yük miktarına bağlı CO emisyon değişimleri Şekil 7.16'da görülmektedir.

F30 yakıtı ile yapılan deneylerde 8 sıkıştırma oranında, maksimum efektif verimin elde edildiği 6000 Watt motor yük miktarında ölçülen CO emisyon değeri hacimsel olarak %2,32 olarak ölçülürken 8,5 sıkıştırma oranında %1,5 olarak ölçülmüştür. 9,12 sıkıştırma oranında %1,77 ve 10,07 sıkıştırma oranında yapılan deneylerde CO emisyon değeri hacimsel olarak %1,84 değerinde olduğu tespit edilmiştir.

Tüm motor yüklerinde F30 yakıtı ile yapılan deneylerde 8 sıkıştırma oranından 8,5 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde CO emisyon değerinde hacimsel olarak %62,55 azalma; 9,12 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %36,82 azalma; 10,07 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde ise hacimsel olarak %17,80 azalma görülmüştür. Bu durum literatürdeki bazı çalışmalarla benzerlik göstermektedir [60, 61, 63, 64]. Sıkıştırma oranı arttıkça yanma sıcaklığı arttığı için kimyasal reaksiyonlar artmakta ve CO emisyonu azalabilmektedir.



Şekil 7.16. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında CO emisyon değerleri.

7.4.2. HC Emisyonlarının Değerlendirilmesi

F30 yakıtıyla yapılan deneylerde 8 - 8,5 - 9,12 ve 10,07 sıkıştırma oranlarında fuzel yağı – benzin karışımının değişen motor yüklerine bağlı HC emisyon değişimleri Şekil 7.17’de gösterilmektedir. HC emisyonu silindir içerisinde yeterli hava ve oksijen olmamasından dolayı tamamlanmamış yanma sebebiyle gerçekleşmektedir. HC emisyonu yanmadan dışarı atılan yakıtı oluşturmaktadır.

Şekil 7.17’de F30 Yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında HC emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekil 7.17’de görüldüğü gibi motor yük miktarı artışına bağlı olarak silindir içerisindeki türbülans artmaktadır. Egzoz kanalı yakınındaki türbülans egzoz

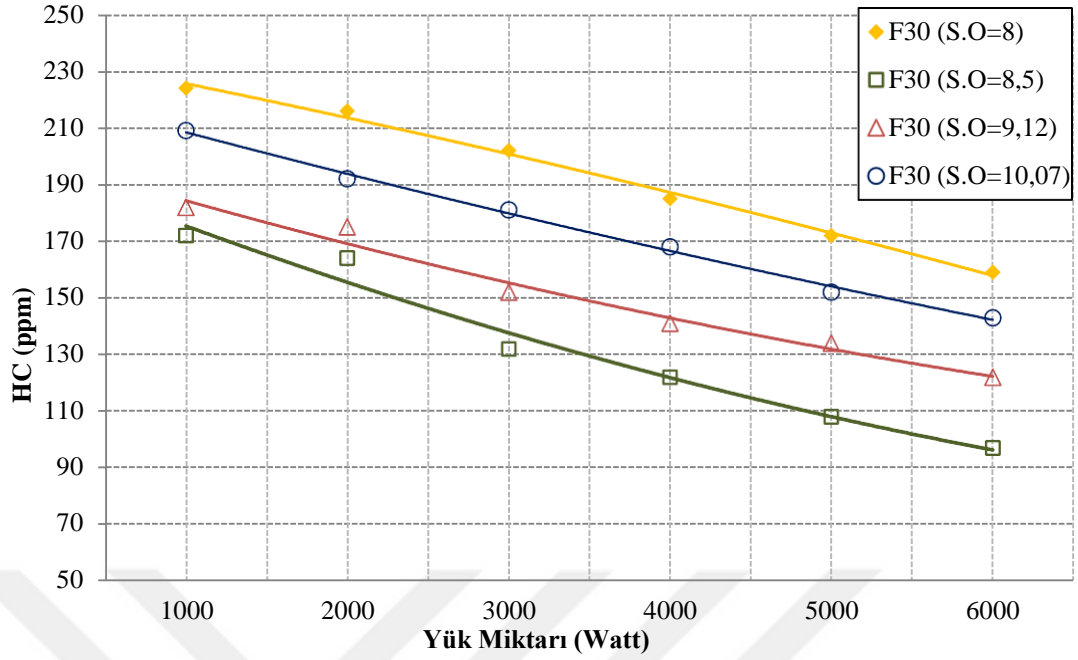
sonrası oksidasyonu mümkün kıldığından yük miktarının artmasıyla HC emisyonu azalmaktadır.

8 sıkıştırma oranında F30 yakıtı ile yapılan çalışmada maksimum efektif verimin elde edildiği 6000 Watt motor yük miktarında ölçülen HC emisyon değeri 159 ppm olarak ölçülmüş ve tüm motor yüklerinde ortalama HC değeri 182,5 ppm olarak ölçülmüştür.

10,07 sıkıştırma oranında F30 yakıtı ile yapılan çalışmada maksimum efektif verimin elde edildiği 6000 Watt motor yük miktarında ölçülen HC emisyon değeri 143 ppm olarak ölçülmüş ve tüm motor yüklerinde ortalama HC değeri 162,5 ppm olarak ölçülmüştür. 9,12 sıkıştırma oranında F30 yakıtı ile yapılan çalışmada maksimum efektif verimin elde edildiği 6000 Watt motor yük miktarında ölçülen HC emisyon değeri 122 ppm olarak ölçülmüş ve tüm motor yüklerinde ortalama HC değeri 141 ppm olarak ölçülmüştür.

8,5 sıkıştırma oranında F30 yakıtı ile yapılan çalışmada maksimum efektif verimin elde edildiği 6000 Watt motor yük miktarında ölçülen HC emisyon değeri 97 ppm olarak ölçülmüş ve tüm motor yüklerinde ortalama HC değeri 120,12 ppm olarak ölçülmüştür. Tüm motor yüklerinde F30 yakıtı ile yapılan deneylerde 8 sıkıştırma oranından 8,5 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde HC emisyon değerinde hacimsel olarak %35,29 azalış, 9,12 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %23,07 azalış, 10,07 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde ise hacimsel olarak %11,28 artış görülmüştür.

Deneyleerde kullanılan F30 yakıtında değişen motor yüklerinin artmasına bağlı olarak HC emisyon değerlerinde azalma görülmüştür. En yüksek HC emisyon değeri 8 sıkıştırma oranında ve en düşük HC emisyon değeri 8,5 sıkıştırma oranında elde edilmiştir. Bu durum literatürdeki bazı çalışmalarla benzerlik göstermektedir [9, 60, 61].



Şekil 7.17. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında HC emisyon değerleri.

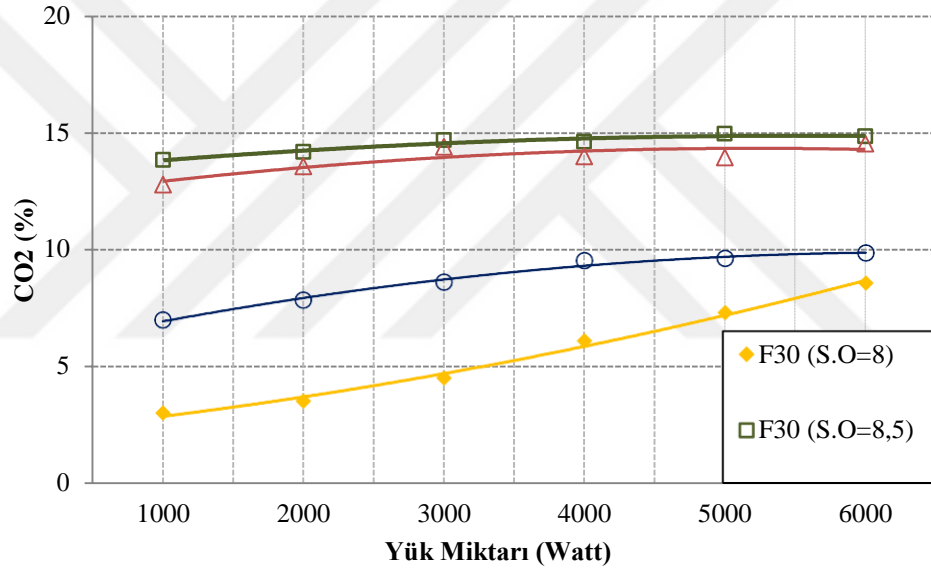
7.4.3. CO₂ Emisyonlarının Değerlendirilmesi

Karbondiyoksit (CO₂), yapısında karbon molekülü içeren her yakıtın bir uç yanma ürünüdür. Benzinli motorlarda karbondiyoksit emisyonu, yakıtın tam yanması ile ilgilidir ve yüksek yanma sıcaklığına bağlı olarak ortaya çıkar. Tam bir yanma için yeterli oksijen (O₂) mevcudiyeti karbondiyoksit (CO₂) emisyon miktarını artırır. Fazla yağ içeriğinde oksijen bulundurduğu için yeterli oksijen O₂ mevcudiyeti ile hidroksil radikal OH (başlıca oksitleyici ajanlardan biri) karbonmonoksiti karbondiyoksite dönüştürür.

Şekil 7.18’de farklı sıkıştırma oranlarında CO₂ emisyonlarının değişimi görülmektedir. 8 sıkıştırma oranında F30 yakıtının tüm motor yüklerinde ortalama %5,49, maksimum karbondiyoksit CO₂ değeri 6000 Watt’ta %8,56 olarak tespit edilmiştir. 8,5 sıkıştırma oranında F30 yakıtının tüm motor yüklerinde ortalama %14,54, maksimum karbondiyoksit CO₂ değeri 6000 Watt’ta %14,87 olarak tespit edilmiştir.

9,12 sıkıştırma oranında F30 yakıtının tüm motor yüklerinde ortalama %13,88, maksimum karbondioksit CO₂ değeri 6000 Watt'ta %14,56 olarak tespit edilmiştir. 10,07 sıkıştırma oranında F30 yakıtının tüm motor yüklerinde ortalama %8,73, maksimum karbondioksit CO₂ değeri 6000 Watt'ta %9,85 olarak tespit edilmiştir.

Tüm motor yüklerinde F30 yakıtı ile yapılan deneylerde 8 sıkıştırma oranından 8,5 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde CO₂ emisyon değerinde hacimsel olarak %201,80 artış, 9,12 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %187,26 artış, 10,07 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde ise hacimsel olarak %74,93 artış görülmüştür. Bu durum literatürdeki bazı çalışmalarla benzerlik göstermektedir [9, 61].



Şekil 7.18. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında CO₂ emisyon değerleri.

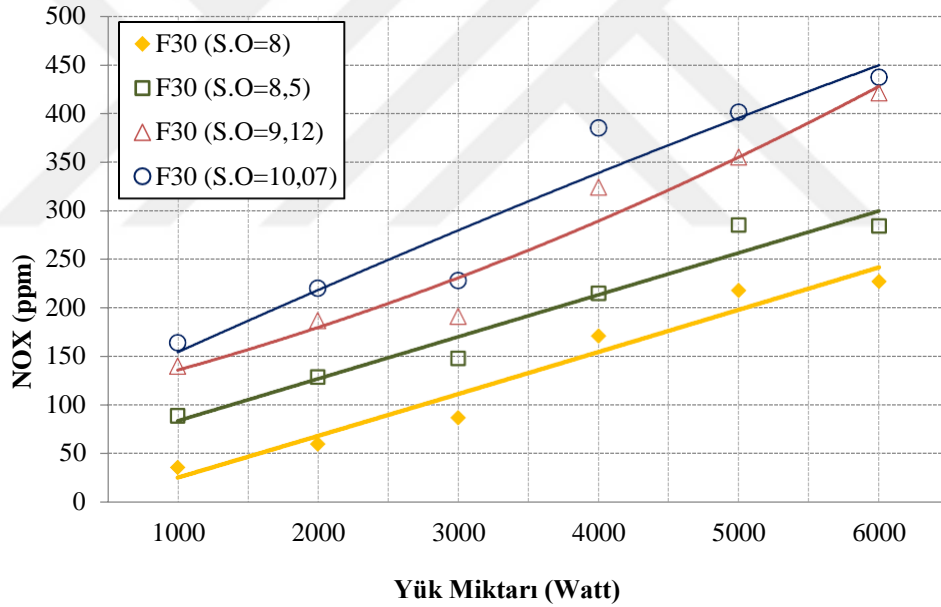
7.4.4. NO_x Emisyonlarının Değerlendirilmesi

NO_x, silindir sıcaklıklarına bağlı olarak ortaya çıkan bir egzoz emisyon ürünüdür. NO_x emisyonları özellikle 1500°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda görülmektedir. NO_x oluşumunu etkileyen en önemli ikinci parametre ise silindir içerisindeki oksijen konsantrasyonudur.

NO_x emisyonlarının motor yükü artışına ve sıkıştırma oranına bağlı olarak değişimi Şekil 7.19'da görülmektedir. 8 sıkıştırma oranında $\lambda=1$ 'de F30 yakıtında yapılan çalışmada motor yüklerinde ortalama olarak 165,12 ppm'dir. F30 yakıtı ile yapılan

deneylerde 8 sıkıştırma oranında, maksimum efektif verimin elde edildiği 6000 Watt motor yük miktarında ölçülen NO_x emisyon değeri hacimsel olarak 227 ppm ölçülürken, 8,5 sıkıştırma oranında 284 ppm olarak ölçülmüştür. 9,12 sıkıştırma oranında 421 ppm ve 10,07 sıkıştırma oranında yapılan deneylerde NO_x emisyon değeri hacimsel olarak 437 ppm değerinde olduğu tespit edilmiştir.

Tüm motor yüklerinde F30 yakıtı ile yapılan deneylerde 8 sıkıştırma oranından 8,5 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde NO_x emisyon değerinde hacimsel olarak %68,98 artış, 9,12 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %142,97 artış ve 10,07 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde ise hacimsel olarak %180,98 artış görülmüştür. Bu durum literatürdeki bazı çalışmalarla benzerlik göstermektedir [58, 60, 61, 65]. Sıkıştırma oranı arttıkça yanma sıcaklığı da arttığı için NO_x emisyonları da artmaktadır.



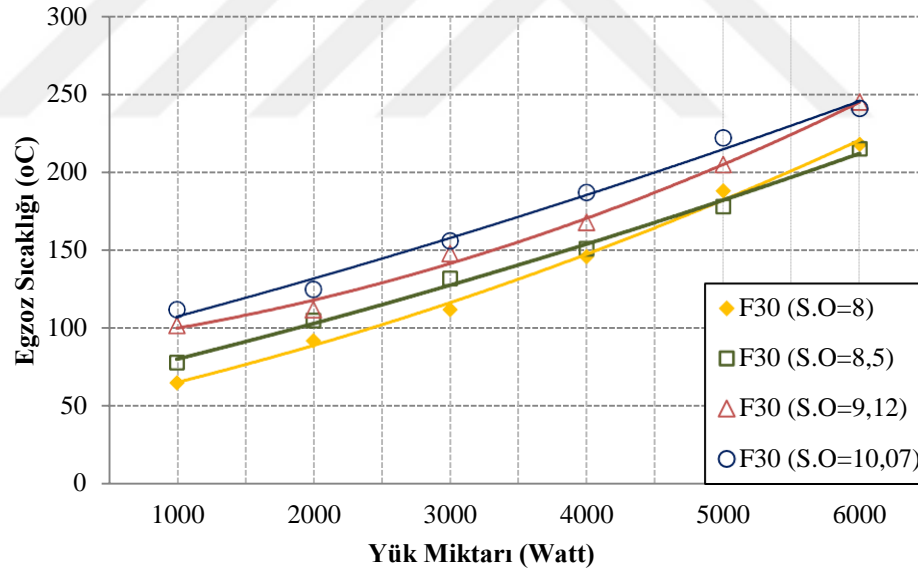
Şekil 7.19. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında NO_x emisyon değerleri.

7.5. EGZOS GAZ SICAKLIĞI DEĞERLENDİRİLMESİ

Egzoz gazı sıcaklığı, silindir içi yanma sıcaklıklarına bağlı olarak ortaya çıkar. F30 yakıtının motor yükü artışına ve sıkıştırma oranına bağlı olarak egzoz gazı sıcaklığı üzerindeki değişimi Şekil 7.20’de görülmektedir.

F30 yakıtı ile yapılan deneylerde 8 - 8,5 - 9,12 ve 10,07 sıkıştırma oranlarında motor yüklerinde yapılan çalışmalarda 8 sıkıştırma oranında maksimum egzoz sıcaklığı 218°C, 8,5 sıkıştırma oranında 221°C, 9,12 sıkıştırma oranında 245°C ve 10,07 sıkıştırma oranında 241°C olarak tespit edilmiştir. 8 sıkıştırma oranında F30 yakıtının tüm motor yüklerinde ortalama egzoz gaz sıcaklığı 136,83°C; 8,5 sıkıştırma oranında tüm motor yüklerinde 144,16°C; 9,12 sıkıştırma oranında tüm motor yüklerinde 163,33°C; 10,07 sıkıştırma oranında tüm motor yüklerinde ortalama 173,83°C tespit edilmiştir.

Tüm motor yüklerinde F30 yakıtı ile yapılan deneylerde 8 sıkıştırma oranından 8,5 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde egzoz sıcaklık değerinde %8,11 artış tespit edilmiş, 9,12 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %24,55 artış tespit edilirken, 10,07 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %34,03 artış görülmüştür. Sıkıştırma oranı arttıkça silindir sıcaklığı da arttığından egzoz gaz sıcaklığı da artmaktadır.



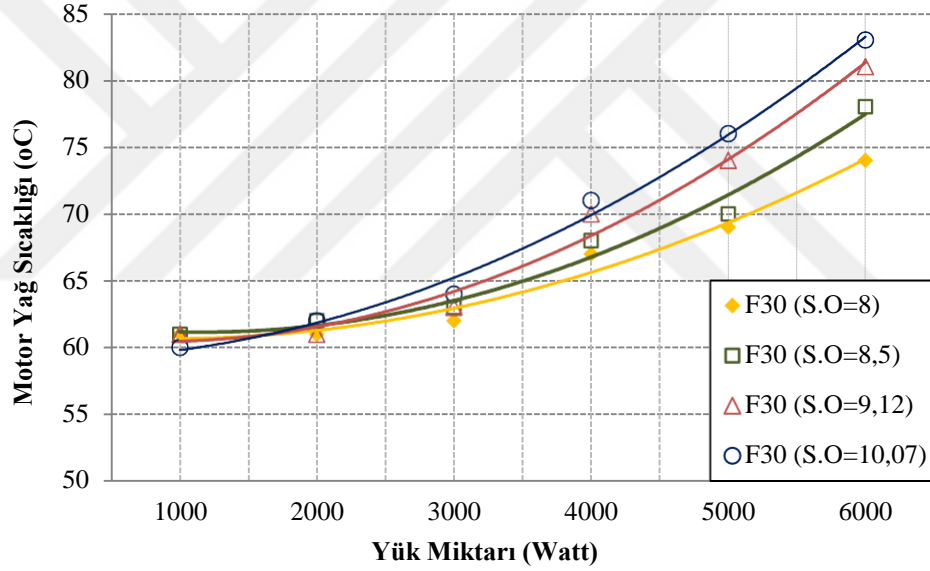
Şekil 7.20. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında egzoz gazı sıcaklık değerleri.

7.6. MOTOR YAĞ SICAKLIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Motor yağ sıcaklığı silindir içi yanma sıcaklıklarının silindir gömleği, piston tarafından ve kam mili üzerindeki dolaşmalar sonucu ısı geçişinden dolayı gerçekleşir.

Şekil 7.21’de F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında motor yağ sıcaklık değerleri verilmiştir. F30 yakıtı ile yapılan deneylerde 8 - 8,5 - 9,12 ve 10,07 sıkıştırma oranlarında motor yüklerinde yapılan çalışmalarda 8 sıkıştırma oranında maksimum motor yağ sıcaklığı 74°C, 8,5 sıkıştırma oranında 78°C, 9,12 sıkıştırma oranında 81°C ve 10,07 sıkıştırma oranında 83°C olarak tespit edilmiştir.

Tüm motor yüklerinde F30 yakıtı ile yapılan deneylerde 8 sıkıştırma oranından 8,5 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde motor yağ sıcaklık değerinde %1,93 artış tespit edilmiş, 9,12 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %3,79 artış tespit edilirken, 10,07 sıkıştırma oranında %5,25 artış görülmüştür. Motor yağ sıcaklığı silindir sıcaklığına bağlı olarak arttığından dolayı sıkıştırma oranı arttıkça yağ sıcaklığı da artmaktadır.



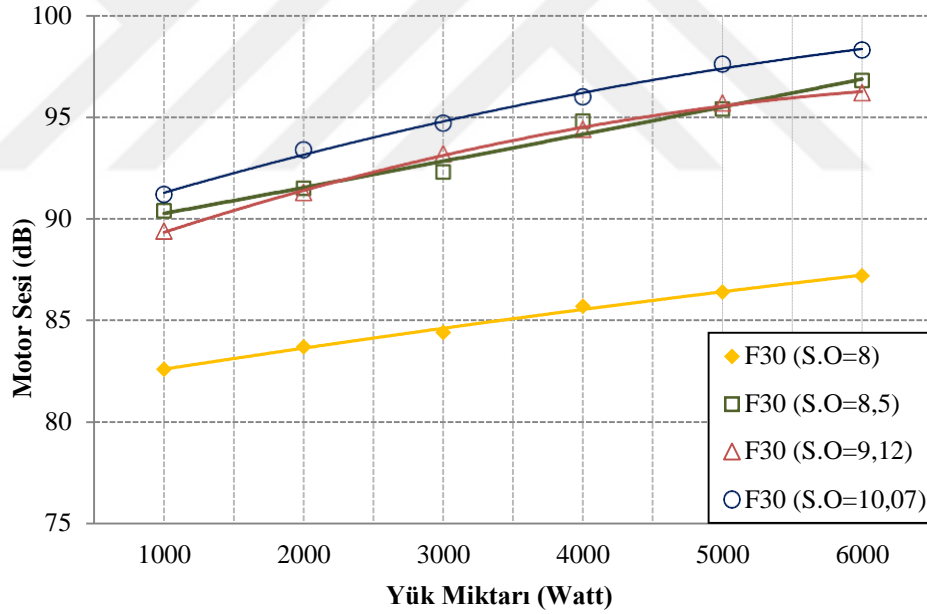
Şekil 7.21. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında motor yağ sıcaklık değerleri.

7.7. MOTOR SESİ DEĞERLENDİRMESİ

F30 yakıtıyla yapılan deneylerde 8 - 8,5 - 9,12 ve 10,07 sıkıştırma oranlarında tüm motor yüklerinde HFK=1 alınarak motor sesi desibel metre ile ölçülmüştür. Desibel metre ile yapılan ölçümler makine emniyet yönetmeliğine göre motorun bulunduğu noktadan yatayda 1 metre dikeyde 1,6 metre yükseklikten ölçümleri alınmıştır.

Şekil 7.22’de F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında motor sesi değerleri verilmiştir. F30 yakıtı ile yapılan deneylerde 8 - 8,5 - 9,12 ve 10,07 sıkıştırma oranlarında motor yüklerinde yapılan çalışmalarda 8 sıkıştırma oranında maksimum motor sesi 87,2 db, 8,5 sıkıştırma oranında 96,8 db, 9,12 sıkıştırma oranında 96,2 db ve 10,07 sıkıştırma oranında 98,3 db olarak tespit edilmiştir.

Motor sesindeki artışın, sıkıştırma oranının kademeli artması ile birlikte motorda oluşan hafif vuruntudan kaynaklandığı düşünülmektedir. Tüm motor yüklerinde F30 yakıtı ile yapılan deneylerde 8 sıkıştırma oranından 8,5 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde motor sesi değerinde %9,68 artış tespit edilmiş, 9,12 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %9,50 artış tespit edilirken, 10,07 sıkıştırma oranına yükseltildiğinde %11,70’ lik bir artış görülmüştür. Sıkıştırma oranlarının kademeli olarak artırılması, vuruntu artışına ve motor sesinin artmasına neden olabilmektedir.



Şekil 7.22. F30 yakıtının farklı sıkıştırma oranlarında motor sesi değerleri.

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1. SONUÇLAR

Atık fuzel yağının, benzine alternatif bir yakıt kaynağına dönüştürülmesi çevre kirliliğinin önlenmesi ve doğal kaynakların ekonomik kullanılması bakımından önem arz etmektedir. Bu çalışmada, melas atığı fuzel yağının iyileştirilerek benzinli bir motorda kullanılabilirliği deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalar üç bölümde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde melas atığı fuzel yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri tespit edilerek yakıtın standart değerlere uyarlanması için iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde deney motorunun silindir kapaklarında talaş alma işlemi suretiyle sıkıştırma oranları değiştirilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde dört farklı sıkıştırma oranı ve 5 farklı yakıt karışımları ile motor testleri gerçekleştirilerek performans ve egzoz emisyonlarına etkileri incelenmiştir.

Motor testleri sabit devirde, hacimsel olarak beş farklı yakıt karışımı (F0, F10, F20, F30, F40, F50) kullanılarak, dört farklı sıkıştırma oranında (8, 8,5, 9,12, 10,07) ve 1000W-6000W aralığındaki yük miktarlarında yapılmıştır. Hacimsel yakıt karışımları ve sıkıştırma oranlarının değiştirilmesiyle; 1000W, 2000W, 3000W, 4000W, 5000W ve 6000W motor yüklemelerinde efektif verim, motor momenti, özgül yakıt tüketimi verilerine ve CO, HC, CO₂ ve NO_x egzoz emisyon değerlerine etkisi irdelenmiştir. Yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar ve ilgili değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

Ham fuzel yağı destilasyon veriminin %96,5 olduğu tespit edilmiştir. İyileştirilmemiş fuzel yağında bulunan 26,6 mg/100 ml gum miktarından dolayı benzinle homojen bir karışım elde edilememektedir.

Benzin ile karışımlarında içerisindeki ağır alkollerin homojen olarak karışabilmesi için iyileştirmeler (gum kırıcı ve nem tutucu kullanılması) yapılması sonunda 0,8 mg/100 ml'ye kadar düşürülmüş olup TS EN 228 standartlarına uygun bir hale getirilmiş ve homojen bir yakıt karışımı elde edilmiştir. Fuzel karışimli yakıtların yapısında oksijen bulunması ve buharlaşma gizli ısılarının kurşunsuz benzinden daha yüksek olması nedeniyle F10, F20 ve F30 yakıtları motor yük miktarı artışlarına bağlı olarak motor momenti ve efektif verimde bir miktar artış göstermiş, F40 ve F50'de düşüş gözlenmiştir.

Fuzel karışimli yakıtların kurşunsuz benzine göre daha düşük alt ısı değerine sahip olmalarından dolayı karışımlardaki fuzel yağı miktarına bağlı olarak, özgül yakıt tüketimi de artmıştır.

Sıkıştırma oranının artırılması yanma sonu basınç ve sıcaklığını artırdığı için motor momenti ve efektif verimde artış kaydedilmiştir.

Artan sıkıştırma oranıyla birlikte verim ve motor gücü arttığı için özgül yakıt tüketimi de azalmıştır.

Sıkıştırma oranının artması CO ve HC emisyonunun azalmasına sağlarken NOx emisyonunun artmasına neden olmuştur.

Deney sonuçları; yan ürün olarak elde edilen atık fuzel yağının benzinli motorda yakıt olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

8.2. ÖNERİLER

Şeker fabrikası atığı fuzel yağı fabrikalarda bekletilme depolarında saklanmaktadır. Saklanan fuzel yağları bekletilme süresince hava şartlarından dolayı depolama alanlarında su toplamaktadır. Ham fuzel yağının, depolama alanlarında gum miktarı ve su miktarının arttığı görülmüştür. Depolardan alınan fuzel yağı hacimsel olarak

% 100 kullanımda motoru çalıştıramamaktadır. Bu sebeple fuzel yağının iyileştirilmesi gerekir.

Ham fuzel yağı, fabrikada üretilen melasın hemen ardından depolarda saklanmadan kullanılabilirse, daha kaliteli ve temiz bir yakıt elde edilebilir.

Fuzel yağı ağır alkollerin kaynağı olduğundan, içeriğindeki amil alkoller destilasyon yoluyla ayrıştırılarak motor deneylerinde yakıt olarak kullanılabilir.

Deneysel çalışmalar esnasında, iyileştirilmeden kullanılan fuzel yağının, emme supabı üzerinde ve piston tepesinde jelimsi bir kalıntı oluşturduğu görülmüştür. Bu da motor performansını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, fuzel yağı yakıt olarak kullanılmadan önce iyileştirilerek daha doğru sonuçlar elde edilebilir.

Daha yüksek fuzel yağı oranlarında daha iyi motor performansı alınabilmesi için yakıt karışımı içerisine farklı yakıtlar katılarak performans ve emisyonlara etkisi incelenebilir.

Fuzel yağı-benzin karışımlarının motorda yakıt olarak kullanılması esnasında, silindir içi basınç değerleri de ölçülerek yakıt ile ilgili daha net sonuçlara ulaşılabilir.

KAYNAKLAR

1. "BP Statistical Review of World Energy June 2017", BP p.l.c., (2017).
2. "BP Energy Outlook 2017 edition", BP p.l.c., (2017).
3. Çolak, A., "Buji ateşlemeli bir motorda farklı sıkıştırma oranlarında etanol kullanımının performans ve emisyonlara etkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 12-14 (2006).
4. Çelik, M. B., "Buji ile ateşlemeli bir motorun sıkıştırma oranının değişken hale dönüştürülmesi ve performansa etkisinin araştırılması", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-3 (1999).
5. Calam, A., "Fuzel yağının buji ile ateşlemeli bir motorda yakıt karışımı olarak kullanılmasının motor performansı ve emisyonlara etkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-4 (2010).
6. Solmaz, H., "Combustion, performance and emission characteristics of fusel oil in a spark ignition engine", *Fuel Processing Technology*, 133: 20-28 (2015).
7. Demirkul, M., "Buji ile ateşlemeli motorlarda benzin, etanol ve fuzel yağı kullanılarak hazırlanan karışımların motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2015).
8. Deniz, T., "Buji ile ateşlemeli motorda sıkıştırma oranı değişikliğinin motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 4-12 (2009).
9. Çelik, M. B., "Experimental determination of suitable ethanol-gasoline blend rate at high compression ratio for gasoline engine", *Applied Thermal Engineering*, 28 (5): 396-404 (2008).
10. Koç, M., "E85 ve E50 kullanımının yüksek sıkıştırma oranlarında benzin motoru performansına etkisinin deneysel incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2006).

11. Wu, C. W., Chen, R. H., Pu, J. Y. ve Lin, T. H., "The influence of air–fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol–gasoline-blended fuels", *Atmospheric Environment*, 38 (40): 7093-7100 (2004).
12. Bayraktar, H., "Experimental and theoretical investigation of using gasoline–ethanol blends in spark-ignition engines", *Renewable Energy*, 30 (11): 1733-1747 (2005).
13. Abdel-Rahman, A. A. ve Osman, M. M., "Experimental investigation on varying the compression ratio of SI engine working under different ethanol–gasoline fuel blends", *International Journal of Energy Research*, 21 (1): 31-40 (1997).
14. Hsieh, W. D., Chen, R. H., Wu, T. L. ve Lin, T. H., "Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol–gasoline blended fuels", *Atmospheric Environment*, 36 (3): 403-410 (2002).
15. Al-Hasan, M., "Effect of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission", *Energy Conversion and Management*, 44 (9): 1547-1561 (2003).
16. Topgöl, T., "Buji ile ateşlemeli motorlarda etil alkol-benzin karışımı kullanımında optimum çalışma parametrelerinin araştırılması", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 5-44 (2006).
17. İmrağ, H., "Benzinli motorlarda biyoetanol kullanımının motor karakteristik değerlerine ve egzoz emisyonlarına etkilerinin araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir, 8-16 (2006).
18. Bayındır, H., "Etanol-benzin karışımlarının benzinli motorlarda motor karakteristikleri ve hava kirliliğine etkileri", Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 128-130 (1998).
19. Çetinkaya, S. ve Çelik, M. B., "Buji ateşlemeli motorlarda yakıt olarak metanol-benzin karışımlarının kullanılması", *Yanma Sempozyumu*, Bursa, 255-266 (1997).
20. Topgöl, T., Yücesu, H. S., Çinar, C. ve Koca, A., "The effects of ethanol–unleaded gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions", *Renewable Energy*, 31 (15): 2534-2542 (2006).
21. Sümer, M., "Buji ateşlemeli motorlarda etanol kullanımı, performans ve maliyet analizi", *Yüksek Lisans Tezi, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*: (1999).
22. Thring, R. H., "Alternative fuels for spark-ignition engines", *SAE Technical Paper*, 4715-4725 (1983).

23. Çelik, M. B., "Metanol-benzin karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (1994).
24. Haşimoğlu, C., Özsert, İ. ve İcingür, Y., "Biyodizel yakıtlı ısı kayıplı bir dizel motorun tam yük egzoz emisyon karakteristikleri", *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (3): 11-18 (2009).
25. "İzobütanol güvenlik kataloğu", Merc Kimya Endüstri Sanayi, 1-9 (2010).
26. Carlini, C., Macinai, A., Marchionna, M., Noviello, Galletti, A. M. R. ve Sbrana, G., "Selective synthesis of isobutanol by means of the Guerbet reaction", *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 206 (1): 409-418 (2003).
27. Szwaja, S. ve D, N. J., "Combustion of n-butanol in a spark-ignition IC engine", *Fuel*, 43 (8): 1-10 (2009).
28. Bayraktar, H. ve Durgun, O., "Buji ateşlemeli motorlar için alternatif yakıtların teorik olarak değerlendirilmesi ve pratik olarak kullanılabilirliği", *Mühendis ve Makine*: 533-540 (2004).
29. Yıldırım, S., "Dünyada ve Türkiye’de petrol", T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı Ekonomik Araştırmalar ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü, *Petrol Raporu*, 11-30 (2003).
30. Akyaz, S., "Benzin-Tersiyer Bütil Alkol ve Benzin-Naftalin karışımlarının buji ateşlemeli motorun performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 5-140 (2007).
31. Kahraman, N., Akansu, S. O. ve Albayrak, B., "İçten Yanmalı Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Hidrojen Kullanılması", *Mühendis ve Makine*, 48: 10 (2007).
32. Karel, A., "Sürekli yanma odalarında alev çıkış sıcaklığına etkiyen çeşitli parametrelerin analizi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1- 99 (1990).
33. Kılıç, Y., "Yarım silindirik veya dikdörtgenler prizması şekilli kazanların yanma odalarında ışıma ile olan ısı aktarımının matematiksel modellenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-100 (1995).
34. Suslick, K. S., "Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology", *J Wiley&Sons: New York*, 1 (510): (1972).

35. Ullmann, "Encyclopaedie der technischen Chemie", *Verlag Chemie*, Weinheim, 82-115 (1969).
36. Chatterjee, A. C. ve Durtt, G. H., "Fusel Oil and its problems", *Chemical Abstracts*, 86 (87584): 372 (1977).
37. Sayin, I., Sunay, M. ve Yilmaz, A., "Fusel yağlarının oluşumunun ve eskişehir ispiroto fabrikasında elde edilen fusel yağının tanımlanması", TÜBİTAK, *Kimya Araştırma Bölümü*, (1984).
38. Durukan, E., "Fusel Yağı", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Kimya Fakültesi*, İstanbul, (1979).
39. "Thorpe's Dictionry of Applied Chemistry", *4 th Ed*, 5 (403): (1941).
40. Hawley, G. G., "The Condensed Chemical Dictionary", 9, *Van Nostrand Reinhold Company*, New York, 403 (1977).
41. Shin, B. S. ve Shin, S. K., "Use of Fusel Oil in Purifying the Wet Process Phosphoric Acid", *Hwahak Konghak*, 12 (4): 237-238 (1974).
42. Noikov, D. V., "Motor Vehicle Fuel", *Chemical Abstracts*, 86 (158133): (1977).
43. Zhan, X., "Hixed Diesel Fuel-Alcohol-Based Diesel Fuel", *Chemical Abstracts*, 110 (118326): (1989).
44. Yaman, H., "Benzinli motorlarda egzoz emisyonlarına etki eden faktörlerin deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, (2004).
45. Kutlar, O. A., Ergeneman, M., Arslan, H. ve Mutlu, M., "Tasıt Egzozundan Çıkan Kirleticiler," *Birsen Yayınevi*, İstanbul, (1998).
46. Caris, D. ve Nelson, E., "A new look at high compression engines", *Sae Transactions*: 112-124 (1959).
47. Stone, R., "Motor vehicle fuel economy," *Macmillan Education Ltd*, Houndsmills UK, (1989).
48. Ferguson, C. R., "Internal Combustion Engines," *John Wiley & Sons*, New York, (1986).
49. Scheffler, C. E., "Combustion Chamber Surface Area, A Key to Exhaust Hydrocarbons", *SAE International*: (1966).
50. Adams, W. H., Hinrichs, H. G., Pischinger, F. F., Adamis, P., Schumacher, V. ve Walzer, P., "Analysis of the Combustion Process of a Spark ignition Engine with a Variable Compression Ratio", *SAE International*: (1987).

51. Civil, T., "Effect of compression ratio and the ratio of methanol to gasoline in blend on the exhaust emissions of spark ignition engine", Yüksek Lisans Tezi, *Middle East Technical University Graduate School of Natural and Applied Science*, Ankara, (1987).
52. Felt, A. E. ve S, K. R., "Effects of compression ratio changes on exhaust emissions of engines", *SAE Transaction*, 710831: (1971).
53. Robinson, C. S., "Elements of fractional distillation": (1922).
54. King, C. J., "Separation processes": (1982).
55. Izarraraz, A., Bentzen, G. W., Anthony, R. ve Holland, C. D., "Solve more distillation problems", *Hydrocarbon Processing*, 59 (195): 195-203 (1980).
56. Mommessin, P. E. ve Benizen, G. W., "Solve more distillation problems another way to handle reactions", *Hydrocarbon Processing*, 59 (144): (1980).
57. Acaroğlu, M., Oğuz, H. ve Ünalı, M., "Türkiye İçin Alternatif Bir Yakıt: Biyoetanol, Yakıt Olarak Kullanımı ve Emisyon Değerleri", *Biyoenerji Sempozyumu, İzmir*: (2004).
58. Çelik, M. B. ve Çolak, A., "The use of pure ethanol as alternative fuel in a spark ignition engine", *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 23 (3): 619-626 (2008).
59. Calam, A., Solmaz, H., Uyumaz, A., Polat, S., Yılmaz, E. ve İçingür, Y., "Investigation of usability of the fusel oil in a single cylinder spark ignition engine", *Journal of the Energy Institute*, 88 (3): 258-265 (2015).
60. Simsek, S. ve Ozdalyan, B., "Improvements to the Composition of Fusel Oil and Analysis of the Effects of Fusel Oil–Gasoline Blends on a Spark-Ignited (SI) Engine's Performance and Emissions", *Energies*, 11 (3): 625 (2018).
61. Sayin, C. ve Balki, M. K., "Effect of compression ratio on the emission, performance and combustion characteristics of a gasoline engine fueled with iso-butanol/gasoline blends", *Energy*, 82: 550-555 (2015).
62. Şimşek, S., Özdayan, B. ve Şimşek, H., "Improvement of Fusel Oil features and Investigation of the effect of a Spark Ignition on a engine Performance and Emissions", *8th International Advanced Technologies Symposium (IATS'17)*, Elazığ, Türkiye, (2017).
63. Canakci, M., Ozsezen, A. N., Alptekin, E. ve Eyidogan, M., "Impact of alcohol–gasoline fuel blends on the exhaust emission of an SI engine", *Renewable Energy*, 52: 111-117 (2013).

64. Merola, S., Irimescu, A., Di Iorio, S. ve Vaglieco, B., “Effect of Fuel Injection Strategy on the Carbonaceous Structure Formation and Nanoparticle Emission in a DISI Engine Fuelled with Butanol”, *Energies*, 10 (7): 832 (2017).
65. Çelik, M. B., Özdalyan, B. ve Alkan, F., “The use of pure methanol as fuel at high compression ratio in a single cylinder gasoline engine”, *Fuel*, 90 (4): 1591-1598 (2011).



EK AÇIKLAMALAR A.

ESKİŞEHİR İSPİRTO FABRİKASININ İSTATİSTİKLERİ

Çizelge Ek.B.0.1. Eskişehir ispirto fabrikasının istatistikleri.

Kamp. Senesi	İşlenen melas (% 50 pol) Ton	ALKOL ÜRETİMİ					Fuzel Yağı	Potas. Sülfat Kg	Koyu Şilempe Kg
		Ham Litre	Bioetanol Litre	Saf Litre	Toplam Litre	Rdt			
1993	62,65	2.615,00	0	15.445,00	18.060,00	56,22	740	60.000	1.850,00
1994	41,812	1.476,00	0	10.653,00	12.129,00	58,02	2.915	524.000	10.245,00
1995	43,143	1.557,00	0	11.197,00	12.754,00	59,13	1.331	882.000	16.378,00
1996	45,365	2.012,00	0	10.466,00	12.478,00	57,03	3.970	862.000	17.510,00
1997	27,326	1.237,00	0	6.457,00	7.694,00	56,86	1.550	422.000	7.085,00
1998	13,152	676,00	0	2.924,00	3.600,00	54	3.050	388.000	4.420,00
1999	33,42	2.020,00	0	7.680,00	9.700,00	58,05	9.200	820.000	11.400,00
2000	33,9	1.610,00	0	8.060,00	9.670,00	57,05		745.000	12.330,00
2001	34,88	1.670,00	0	8.480,00	10.150,00	58,2	4.500	580.000	16.300,00
2002	37,06	1.660,00	0	8.910,00	10.570,00	57,04	4.200	760.000	16.000,00
2003	43,06	1.415,00	0	10.385,00	11.800,00	54,81	5.400	204.000	20.000,00
2004	27,844	315,00	0	7.891,00	8.206,00	50,32	1.360	1.730	14.410,00
2005	25,79	0	0	9.555,00	9.555,09	58,9	485	397.500	12.520,00
2006	22,324	0	0	6.775,00	6.775,00	60,7	230	670.000	8.406,00
2007	21,88	0	0	6.400,00	6.400,00	58,5	3600	304.000	8.085,00
2008	20,93	0	160000	6.150,00	6.310,00	60,64	2400	0	7.497,00
2009	13,266	0	0	4.065,00	4.065,00	61,28	0	0	5.900,00
2010	20,924	0	0	6.560,00	6.560,00	60,5	0	0	8.900,00
2011	16,086	0	0	5.190,00	5.190,00	61,71	1420	0	6.710,00
2012	15,334	0	0	5.200,00	5.200,00	65,37	1500	0	8.500,00
2013	18,52	0	0	6.400,00	6.400,00	66,18	2250	0	10.150,00
2014	17,01	0	0	6.000,00	6.000,00	67,78	17770	0	9.500,00
2015	15,28	0	0	5.480,00	5.480,00		772	0	7.800,00



TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ
ENERJİ ENSTİTÜSÜ
P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
<http://www.mam.gov.tr>

ANALİZ RAPORU

(Yakıt Analizleri / 57A2101)

Rapor no : 35487319-125.05-748-3712
Rapor tarihi : 20.05.2015
Talep eden : Karabük Üniversitesi
Adres : Karabük Üniversitesi Demir Çelik Kampüsü 100. Yıl - KARABÜK
Konusu : Petrol Ürünü Analizleri

Bu raporda yer alan sonuçlar, sadece incelenen numunelere aittir.

Onaylayan

Dr. Çiğdem TIRIS
Enerji Enstitüsü
Endüstriyel Hizmet Sorumlusu

Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.

Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.

Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) deney raporlarının tanınması konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile Karşılıklı Tanınma Anlaşması'nı imzalamıştır.

Deney ve/veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde)ve deney metodları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir.

Bu rapor 2 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.

Sayfa 1/2



Şekil Ek A.1. Petrol ürünü analizleri (Sayfa 1).

Karabük Üniversitesi tarafından 14.05.2015 tarihli yazı ile gönderilen, fuzel oil olarak belirtilen numuneye ait analiz sonuçları aşağıda verilmektedir.

Analiz	Birimi	Analiz Sonucu	Analiz Metodu
Parlama Noktası	°C	39,5	EN ISO 2719
Su İçeriği	mg/kg	240	EN ISO 12937
Yoğunluk 15°C	kg/m ³	818,6	EN ISO 12185
Araştırma Oktan Sayısı (RON)	-	a*	ISO 5164
Destilasyon			
İlk Kaynama Noktası		118,7	
5 % (V/V)		120,3	
10 % (V/V)		122,0	
20 % (V/V)		124,1	
30 % (V/V)		124,8	
40 % (V/V)		125,7	
50 % (V/V)		126,6	
60 % (V/V)		127,4	EN ISO 3405
70 % (V/V)		128,2	
80 % (V/V)		129,0	
90 % (V/V)		130,4	
95 % (V/V)		131,6	
Son Kaynama Noktası		139,9	
Destilasyon Verimi	% (V/V)	96,5	
Destilasyon Kalıntısı	mL	2,3	
Destilasyon Kayıp	mL	1,2	
Üst Isıl Değer	cal/g	8850	ASTM D 240

Açıklamalar: Numune teslim alındığında su miktarı hacimce %10,29 olarak tespit edilmiştir. Analizlerin yapılabilmesi için numunenin 2 gün nem tutucuda bekletilmesi sonrasında su miktarı 240 ppm olarak ölçülmüş ve analizler uygulanmıştır.

a* Numunenin yapısından dolayı vuruntu alınamamıştır.

Şekil Ek A.2. Petrol ürünü destilasyon analiz değerleri (Sayfa 2).



TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ
ENERJİ ENSTİTÜSÜ
P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
<http://www.mam.gov.tr>

ANALİZ RAPORU
(Endüstriyel Teknik Destek Hizmeti)

Rapor no : 35487319-125.05-417-2705
Rapor tarihi : 26.04.2016
Talep eden : İstanbul Aydın Üniversitesi
Adres : Beşyol İnönü Caddesi Küçükçekmece-İSTANBUL
Konusu : Mevcut Sakızlanma Miktarı

Bu raporda yer alan sonuçlar, sadece incelenen numunelere aittir.

Onaylayan

Dr. Çiğdem TIRIS
Enerji Enstitüsü
Endüstriyel Hizmet Sorumlusu

Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.

Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.



Bu rapor 2 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.

Sayfa 1/2



Şekil Ek A.3. Mevcut sakızlanma miktarı (Sayfa 1).



Rapor no	: 35487319-125.05-417-2705										
Talep eden	: İstanbul Aydın Üniversitesi										
Talep edenin adresi	: Beşyol İnönü Caddesi Küçükçekmece-İSTANBUL										
Örnek	: Benzin %v/v 90+ Fuzel Oil %v/v 10	Son kullanım tarihi	: -								
Örnek sayısı	: 1 adet	Enstitü örnek kayıt no	: 16/214/1								
Örneğin getiriliş şekli	: Müşteri Tarafından	Kabul tarihi ve saati	: 20.04.2016 / 09:44								
Kabul anındaki durumu	: Mühürsüz ve Şartlı	Analiz tarihi	: 26.04.2016								
Şahit numune bilgileri	: () Müşteriye iade () Şahit numune mevcut (x) Şahit numune alınmamıştır										
İstanbul Aydın Üniversitesi tarafından gönderilen benzin %v/v 90 + fuzel oil %v/v 10 numunesine ait analiz sonucu aşağıda verilmektedir.											
<table border="1"><thead><tr><th>ÖZELLİK</th><th>BİRİM</th><th>ÖLÇÜM DEĞERİ</th><th>DENEY YÖNTEMİ</th></tr></thead><tbody><tr><td>Mevcut Gum</td><td>mg /100mL</td><td>0,8</td><td>EN ISO 6246</td></tr></tbody></table>				ÖZELLİK	BİRİM	ÖLÇÜM DEĞERİ	DENEY YÖNTEMİ	Mevcut Gum	mg /100mL	0,8	EN ISO 6246
ÖZELLİK	BİRİM	ÖLÇÜM DEĞERİ	DENEY YÖNTEMİ								
Mevcut Gum	mg /100mL	0,8	EN ISO 6246								
Açıklamalar:											
Sorumlu İmzalar											
 53398		 51579									
Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz. Rapor (*) İşaretili analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.											
Bu rapor 2 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.			Sayfa 2/2								

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
http://www.mam.gov.tr

Şekil Ek A.4. Mevcut sakızlanma miktarı (Sayfa 2).



TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ
ENERJİ ENSTİTÜSÜ

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
<http://www.mam.gov.tr>

ANALİZ RAPORU
(Endüstriyel Teknik Destek Hizmeti)

Rapor no : 35487319-125.05-518-3613
Rapor tarihi : 06.06.2016
Talep eden : Mehmet Ali Kırımlı
Adres : Yenidoğan Mah. Yalı Sokak No:14 Kat:3 Bayrampaşa - İSTANBUL
Konusu : Su Tayini

Bu raporda yer alan sonuçlar, sadece incelenen numunelere aittir.

Onaylayan

Dr. Çiğdem TIRIS
Enerji Enstitüsü
Endüstriyel Hizmet Sorumlusu

Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.

Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.



Bu rapor 2 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.

Sayfa 1/2



Şekil Ek A.5. Su tayini (Sayfa 1).



Rapor no : 35487319-125.05-518-3613	Son kullanım tarihi : -								
Talep eden : Mehmet Ali Kırımlı	Enstitü örnek kayıt no : 16/280/1								
Talep edenin adresi : Yenidoğan Mah. Yalı Sokak No:14 Kat:3 Bayrampaşa - İSTANBUL	Kabul tarihi ve saati : 27.05.2016 / 14:14								
Örnek : Füzeli	Analiz tarihi : 06.06.2016								
Örnek sayısı : 1 adet									
Örneğin getiriliş şekli : Müşteri Tarafından									
Kabul anındaki durumu : Mühürsüz ve Şartlı									
Şahit numune bilgileri : <input type="checkbox"/> Müşteriye iade <input type="checkbox"/> Şahit numune mevcut <input checked="" type="checkbox"/> Şahit numune alınmamıştır									
Mehmet Ali Kırımlı tarafından gönderilen numuneye ait analiz sonucu aşağıda verilmektedir.									
<table border="1"><thead><tr><th>ANALİZ</th><th>BİRİM</th><th>ANALİZ SONUCU</th><th>ANALİZ METODU</th></tr></thead><tbody><tr><td>Su</td><td>% m/m</td><td>2,21</td><td>ASTM D 6304</td></tr></tbody></table>		ANALİZ	BİRİM	ANALİZ SONUCU	ANALİZ METODU	Su	% m/m	2,21	ASTM D 6304
ANALİZ	BİRİM	ANALİZ SONUCU	ANALİZ METODU						
Su	% m/m	2,21	ASTM D 6304						
Açıklamalar: Numune nem tutucuda bekletildikten ve süzöldükten sonra analiz yapılmıştır.									
Sorumlu İmzalar									
 53398	 51579								
Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz. Raporlarda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.									
Bu rapor 2 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.									
Sayfa 2/2									

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
http://www.mam.gov.tr

Şekil Ek A.6. Su tayini (Sayfa 2).



MARMARA ARASTIRMA MERKEZİ
P.K. 21, 41470 Gebze Kocaeli Turkey
T:+90 262 677 20 00 F:+90 262 641 23 09

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENS.
78050
KARABÜK
Karabük = 5050576205
Vergi Dairesi ve No:

FATURA
INVOICE

SERİ E
SIRA NO 051966

TARİH 12/06/2015

Uluçınar V. D. 873 000 3484

Description MALIN CINSİ	Amount MIKTARI	Unit BİRİMİ	Unit Price BİRİM FİYATI	Total Price TUTARI
ANALİZ HİZMETİ -E	1,00		1.740,000000	%20 1.740,00
			TOPLAM	1.740,00
			IND %20	348,00
			KDV %18	250,56
			GENEL TOPLAM	1.642,56
Y/BINALTIYÜZKIRKIKITLELLIALTIK-Ş				
TAHSİL EDİLDİ-15-3486				

Dilek UZUNALI
Gerçekleştirme Sorumlusu

Kurumumuz 488 Sayılı Kanunun 8. maddesi gereğince Damga vergisine tabi değildir.
Kurumumuz V.U.K. Yönetmelik Hükümlerine tabi değildir.
Kurumumuz Kurumlar Vergisinden muafır.

Banka Hesap Numaralarımız :
T.C. Ziraat Bankası Gebze Şb.
IBAN TR26 0001 0001 6434 7543 9750 12 (TL)
IBAN TR96 0001 0001 6434 7543 9750 13 (USD)
IBAN TR69 0001 0001 6434 7543 9750 14 (EURO)
Swift Kodu : TCZBTR2A

Şekil Ek A.7. TÜBİTAK MAM analiz faturası (Sayfa 1).



MARMARA ARASTIRMA MERKEZİ
P.K. 21, 41470 Gebze Kocaeli Turkey
T+90 262 677 20 00 F+90 262 641 23 09

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
DEMİR ÇELİK KAMPÜSÜ
78050
KARABÜK

Karabük = 5050576205

FATURA
INVOICE

SERİ E
SIRA NO 051747

Vergi Dairesi ve No:

TARİH 22/05/2015

Uluçınar V. D. 873 000 3484

Description MALIN CİNSİ	Amount MİKTARI	Unit BİRİMİ	Unit Price BİRİM FİYATI	Total Price TUTARI
ANALİZ HİZMETİ -E	1,00		650,000000	%20 650,00
			TOPLAM	650,00
			IND %20	130,00
			KDV %18	93,60
			GENEL TOPLAM	613,60
Y/ALTYÜZONÜÇTLALTMIŞKı				
TAHSİL EDİLDİ-15-3316				

Dilek UZUNALI
Gerçekleştirme Görevlisi

Kurumumuz 488 Sayılı Kanununun 8. maddesi gereğince Damga vergisine tabi değildir.
Kurumumuz V.U.K. Yönetmelik Hükümlerine tabi değildir.
Kurumumuz Kurumlar Vergisinden muaftır.

Banka Hesap Numaralarımız :
T.C. Ziraat Bankası Gebze Şb.
IBAN TR26 0001 0001 6434 7543 9750 12 (TL)
IBAN TR96 0001 0001 6434 7543 9750 13 (USD)
IBAN TR69 0001 0001 6434 7543 9750 14 (EURO)
Swift Kodu : TCZBTR2A

Şekil Ek A.8. TÜBİTAK MAM analiz faturası (Sayfa 2)



TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ
ENERJİ ENSTİTÜSÜ

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
<http://mam.tubitak.gov.tr>

ANALİZ RAPORU
(Endüstriyel Teknik Destek Hizmeti)

Rapor no : 35487319-125.05-445-1974
Rapor tarihi : 07.04.2017
Talep eden : Karabük Üniversitesi (Süleyman Şimşek)
Adres : Büyükşehir Mah. İstiklal Caddesi CG Blok D.20 Beylikdüzü - İSTANBUL
Konusu : Üst Isıl Değer Analizi

Bu raporda yer alan sonuçlar, sadece incelenen numunelere aittir.
Onaylayan

Dr. Çiğdem TIRIS
Enerji Enstitüsü
Endüstriyel Hizmet Sorumlusu

Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.

Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.

Bu rapor 2 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.

Sayfa 1/2



Şekil Ek A.9. Fuzel yağı alt ısııl değer analizi (Sayfa 1).



Rapor no	: 35487319-125.05-445-1974	Son kullanım tarihi	: -												
Talep eden	: Karabük Üniversitesi (Süleyman Şimşek)	Enstitü örnek kayıt no	: 17/210/1												
Talep edenin adresi	: Büyükşehir Mah. İstiklal Caddesi CG Blok D.20 Beylikdüzü - İSTANBUL	Kabul tarihi ve saati	: 06.04.2017/15:30												
Örnek	: -	Analiz tarihi	: 07.04.2017												
Örnek sayısı	: 1 adet														
Örneğin getiriliş şekli	: Müşteri Tarafından														
Kabul anındaki durumu	: Mühürsüz ve Şartlı														
Şahit numune bilgileri	: () Müşteriye iade () Şahit numune mevcut (x) Şahit numune alınmamıştır														
<p>Karabük Üniversitesi (Süleyman Şimşek) tarafından, gönderilen numuneye ait analiz sonucu aşağıda verilmektedir.</p>															
<table border="1"><thead><tr><th>Analiz</th><th>Birimi</th><th>Analiz Sonucu</th><th>Analiz Metodu</th></tr></thead><tbody><tr><td>Üst Isıl Değer</td><td>cal/g</td><td>7386</td><td>ASTM D 240</td></tr><tr><td>Alt Isıl Değer</td><td>cal/g</td><td>7709</td><td>ASTM D 240 (hesap ile)</td></tr></tbody></table>				Analiz	Birimi	Analiz Sonucu	Analiz Metodu	Üst Isıl Değer	cal/g	7386	ASTM D 240	Alt Isıl Değer	cal/g	7709	ASTM D 240 (hesap ile)
Analiz	Birimi	Analiz Sonucu	Analiz Metodu												
Üst Isıl Değer	cal/g	7386	ASTM D 240												
Alt Isıl Değer	cal/g	7709	ASTM D 240 (hesap ile)												
Açıklamalar:															
Sorumlu İmza															
															
53398															
<small>Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz. Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.</small>															
<small>Bu rapor 2 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.</small>			<small>Sayfa 2/2</small>												

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
<http://www.tubitak.gov.tr>

Şekil Ek A.10. Fuzel yağı alt ısıl değer analizi (Sayfa 2).

Sayı : 68081984-215.99

Konu : Füzel Yağı Talebi

26.02.15 04898

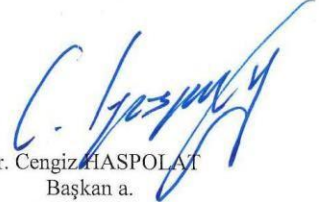
Sayın Süleyman ŞİMŞEK
Aydın Üniversitesi Öğretim Görevlisi
Aydın Üniversitesi Florya Yerleşkesi No:38 Küçükçekmece-İstanbul

İlgi: 24/02/2015 tarihli yazı.

İlgide kayıtlı yazınızda, İstanbul Aydın Üniversitesi Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Otomotiv Teknolojisi Bölümünde alternatif yakıt üretmek amacıyla şeker pancarından üretilen fuzel yağını kullanıp motor performans ve emisyonunu ölçmek için Eskişehir Şeker Fabrikasından 50 litre alınabilmesi için Kurumumuzdan onay talep edilmektedir.

Yukarıda kaydedilen çalışmada ihtiyaç duyulan 50 litre fuzel yağının Eskişehir Şeker Fabrikasından karşılanması konusunda anılan fabrika Müdürlüğüne muhatap 26/02/2015 tarihli yazınızın bir örneği ilişikte yer almaktadır.

Bilgi ve gereğini rica ederim.


Dr. Cengiz HASPOLAT
Başkan a.
Daire Başkanı

EK: 1 Adet yazı örneği (1 sayfa)

Şekil Ek A.11. Fuzel yağı talebi.

EK AÇIKLAMALAR B.

**GC/MS CİHAZIYLA ANALİZ EDİLMESİ SONUCU ELDE EDİLEN
KROMATOGRAM**

Çizelge Ek.B.0.2. GC/MS cihazıyla analiz edilmesi sonucu elde edilen kromatogram.

Alınma Süresi	Molekül Adı	Tespit Kalitesi
1.59	Etanol	91
1.91	1-Propanal	91
2,42	1-Propanal,2-methyl	91
2.82	1-butanol	94
5.12	2-methyl 1-butanol	50
5,49	1-pentanol	86
6,179	Butanoic acid,ethyl ester	90
6,357	3(2H)-Furanone, dihydro-2 methyl	90
6,8	Propanic acid ,2-hydroxy-,ethyl ester	78
6,941	Pyrazine, methyl	91
7,513	Cyclopentanone, 2-methyl	96
7,74	3-methylcyclopentanone	90
7.882	1-pentanol, 4-methyl	72
7,938	Butonic acid, 2-methyl-, ethyl ester	97
8.19	Propanic acid, 2-methyl -propyl ester	83
8,725	1-Hexanol	90
8,952	1-Butanol, 3-methyl-,acetate	90
9,038	1-Butanol, 2-methyl-,acetate	83
9.241	Hexanoic acid, 2-methyl	78
9,751	Butanoic acid,propyl ester	91
9,856	Pentanoic acid,ethyl ester	91
10,12	Pyrazine,2,6, dimethyl-	64
10,403	Pyrazine,2,3-dimethyl	94
11,498	Butonic acid, 2-methyl-, propyl ester	78
11,627	Pentanoic acid,propyl ester	86
11,85	Butanoic acid, 2-methyl propyl ester	83
12,77	Benzene, isocyano-	91
13,25	Pyrazine,2-ethyl-6-methyl-	91
13,43	Pyrazine,trimethyl	64
13,64	Butanoic acid, 3-methyl-,2-methylpropyl ester	83
13,877	Pyrrolidine	72
13,98	Propanic acid, 2-methyl -2-methylproyl ester	83
14,64	2-cyclopenten-1-one,2,3-dimethyl	86
14,836	Benzeneacetaldehyde	92
15,16	Pentanoic acid,2-methylpropyl ester	74
15,32	Butanoic acid,pentyl ester	78
15,57	Acetophenone	81
16,03	Pyrazine,3-ethyl-2,5-dimethyl-	95
16,27	Pyrazine,2-ethyl-3,5-dimethyl	94

Çizelge Ek.B.0.3. (devam ediyor).

16,361	pyrazine,2,5-diethyl	86
16,59	Hexanoic acid,propyl ester	90
16,76	Butanoic acid,2-methyl-,3-methylbutyl ester	86
16,93	Butanoic acid,3-methyl-,3-methylbutyl ester	90
17,15	Phenyl ethyl alcohol	94
18,00	Benzyl nitrile	94
18,45	Hexanoic acid,2-methylpropyl ester	83
18,60	Pentanoic acid,2-methylbutyl ester	72
18,71	2,3,5-Trimethyl-6-ethylpyrazine	90
18,907	2,4,6-Trimethyl-1,3-phenylenediamine	90
18,956	Phenol,4-ethyl	81
19,442	Octanoic acid	93
19,62	Hexanoic acid, butyl ester	72
19,80	Octanoic acid, ethyl ester	78
19,884	Pyrazine,2,5-dimethyl-3-(2-methyl propyl)-	91
20,69	Isopentyl hexanoate	83
20,548	2-(1-oxobut-2-ynyl)cyclohexanone	86
20,874	2-isoamyl-6-methylpyrazine	80
21,05	Isopentyl hexanoate	83
21,90	Propyl octanoate	91
21,969	Nonanoic acid, ethyl ester	91
22,34	Pyrazine,2,5-dimethyl-3-(3-methylbutyl)-	94
22,731	2,3-dimethyl-5-isopentylpyrazine	86
22,9	Heptanoic acid, 2-methylbutyl ester	90
23,057	Naphthalene, 1,2-dihydro-1,1,6-trimethyl	93
23,33	n-decanoic acid	95
23,567	Butyl caprylate	93
23,69	Decanoic acid, ethyl ester	95
24,47	Octanoic acid,3-methylbutyl ester	94
24,625	1,6,10-dodecatriene,7,11-dimethyl-3-methylene	96
25,08	Decanoic acid, propyl ester	98
25,191	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	91
25,394	Cyclohexene,1-methyl-4-(5-methyl-1-methylene-4-hexenyl)-	99
25,633	Phenol,2-(1,1-dimethyl-2-propenyl)-3,6-dimethyl-	86
25,81	1-methylbutyl decanoate	53
25,996	Dodecanoic acid	91
26,076	1,6,10-dodecatrien-3-on,3,7,11-trimehyl-	90
26,322	Butyl caprate	91
26,42	Dodecanoic acid,ethyl ester	94
27,07	Pentadecanoic acid, 3,-methylbutyl ester	97

Çizelge Ek.B.0.4. (devam ediyor).

27,355	1,11-Dodecadiene	90
27,429	Cyclopentadecane	95
28,18	n-Butyl laurate	60
29,273	Isoamyl laurate	95
30,417	n-Hexadecanoic acid	95
30,571	E-11-Hexadecanoic acid, ethyl ester	99
30,76	Hexadecanoic acid,ethyl ester	98
31,677	Hexadecanoic acid,propyl ester	97
32,108	9-octadecanoic acid, (E)-	95
32,348	Linoleic acid ethyl ester	91
32,391	Ethyl oleate	99
32,612	Octadecanoic acid,ethyl ester	93
33,09	3-methylbutyl hexadecanoate	64

ÖZGEÇMİŞ

Süleyman ŞİMŞEK 1982 yılında Adana’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini Orhan Çobanoğlu ilköğretimi’nde tamamladı. Adana Motor Teknik Lisesinden mezun oldu. 2002 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Otomotiv Öğretmenliği’nde öğrenime başlayıp 2006 yılında 2,98 not ortalamasıyla iyi derece ile mezun oldu. 2006 – 2007 yılında İstanbul Gülsoy Mercedes-Benz A.Ş. Mekanik danışman olarak göreve başladı. 2007 - 2008 yılında askerlik görevini tamamladı. 2008 yılında İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu, Otomotiv Teknolojisi bölümünde göreve başladı. 2010 yılında İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalında, Bilişim yüksek lisansını tamamladı. 2013-2018 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora programını tamamladı. Çalışma Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından 12/10/2012 yılında İşyeri Hekimliği ve İş Güvenliği Uzmanlığı Eğitici belgesi almaya hak kazandı. Halen İstanbul Aydın Üniversitesinde Otomotiv Teknolojisi Bölümünde çalışmaya devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : İAÜ Florya Yerleşkesi (Halit Aydın Yerleşkesi)

Beşyol Mah.Inönü Cad.No: 38 Sefaköy–

Küçükçekmece / İSTANBUL

Tel : (530) 512 28 71 – (532) 566 23 70

E-posta : suleymansimsek@aydin.edu.tr

suleymansms01@gmail.com