

**T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**FOSİL YAKITLI ARAÇLARDA ALTERNATİF YAKITLARIN
KULLANIMLARININ EGZOZ EMİSYON VE MOTOR
PERFORMANSLARINA OLAN ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Korcan FIRAT

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ÜSTÜN**



MANİSA-2019

TEZ ONAYI

Korcan FIRAT tarafından hazırlanan "**Fosil Yakıtlı Araçlarda Alternatif Yakıtların Kullanımlarının Egzoz Emisyon ve Motor Performanslarına olan Etkilerinin Araştırılması**"adlı tez çalışması **16/10/2019** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ÜSTÜN**
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. Murat KARABEKTAŞ**
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Jüri Üyesi **Dr. Öğr. Üyesi Recep Onur UZUN**
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalında, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Korcan FIRAT



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
TABLO DİZİNİ	V
TEŞEKKÜR.....	VII
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	X
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1. Literatür Araştırılmasının Değerlendirilmesi	11
3. İÇTEN YANMALI MOTORLARDA ALTERNATİF YAKIT KULLANIMI	12
3.1. Doğalgaz.....	12
3.2. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı(LPG)	13
3.3. Biyogaz.....	14
3.4. Hidrojen.....	14
3.5. Alkoller.....	15
3.6. Alkollerin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması	15
4. EGZOZ EMİSYONLARI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ	17
4.1. Azot Oksitlerin(NO _x) Oluşumu.....	17
4.2. Hava/Yakıt Oranının Etkisi	17
4.3. Art Gazların Etkisi.....	18
4.4. Ateşleme Zamanının Etkisi	18
4.5. Hidrokarbonların(HC) Oluşumu	18
4.6. Karbon monoksitlerin(CO) Oluşumu	19
4.7. Aldehitlerin (C-H-O bileşikleri) Oluşumu	19
4.8. İs ve Partiküllerin Oluşumu.....	19
4.9. Kükürt dioksitlerin (SO ₂) Oluşumu.....	20
4.10. Kurşun Bileşiklerinin Oluşumu.....	20
4.11. Egzoz Gazı Emisyon Standartları.....	20
5. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	22
5.1. Materyal.....	22
5.1.1. Deney Motorları.....	22
5.1.2. Motor Dinamometresi ve Kontrol Ünitesi.....	22
5.1.3. Emisyon Ölçüm Cihazı.....	23
5.1.4. Deney Yakıtları.....	23
5.1.4.1. Bitkisel Yağlar	23
5.1.4.2. Metanol	25
5.1.4.3 Etanol.....	26
5.2. Deney Yakıtları Karışım Oranları	27
5.3. Yöntemler.....	28
6. DENEYLERE İLİŞİKİN ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR	30
6.1. Motor Deneylerinde Hesaplanan Büyüklükler.....	30
6.1.1. Motor Momenti.....	30
6.1.2. Efektif Güç.....	30
6.1.3. Özgül Yakıt Tüketimi	30
7. DENEY BULGULAR VE SONUÇLAR	31
7.1.Motorin Yakıtıyla yapılan Çalışmaları.....	31
7.1.1. Ham Prina Yağı Motor Performans Sonuçları.....	31
7.1.2. Ham Prina Yağı Egzoz Emisyon Sonuçları.....	34

7.2.Benzin Yakıtıyla Yapılan Çalışmaları.....	39
7.2.1. Metanol ile Yapılan Motor Performans Sonuçları	39
7.2.2. Metanol ile Yapılan Egzoz Emisyon Sonuçları.....	43
7.2.3. Etanol ile Yapılan Motor Performans Sonuçları	48
7.2.4. Etanol ile Yapılan Egzoz Emisyon Sonuçları.....	52
8. SONUÇLAR	58
KAYNAKLAR	61
EK A. (DENEY SONUÇ DEĞERLERİ)	65
ÖZGEÇMİŞ	77



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

PRN05:	Motorin (%95) – Ham Prina Yağı (%5) Karışımı
PRN10:	Motorin (%90) – Ham Prina Yağı (%10) Karışımı
PRN15:	Motorin (%85) - Ham Prina Yağı (%15) Karışımı
PRN20:	Motorin (%80) - Ham Prina Yağı (%20) Karışımı
ETNL05:	Benzin (%95) - Etanol (%5) Karışımı
ETNL10:	Benzin (%90) - Etanol (%10) Karışımı
ETNL15:	Benzin (%85) - Etanol (%15) Karışımı
ETNL20:	Benzin (%80) - Etanol (%20) Karışımı
MTNL05:	Benzin (%95) - Metanol (%5) Karışımı
MTNL10:	Benzin (%90) - Metanol (%10) Karışımı
MTNL15:	Benzin (%85) - Metanol (%15) Karışımı
MTNL20:	Benzin (%80) - Metanol (%20) Karışımı
HFK:	Hava Fazlalık Katsayısı
ÜÖN:	Üst Ölü Nokta
H/Y:	Hava/Yakıt

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 7.1. Motorin ve Ham Prina Yağı Devir-Tork Grafiği.....	31
Şekil 7.2. Motorin ve Ham Prina Yağı Devir-Güç Grafiği.....	32
Şekil 7.3. Motorin ve Ham Prina Yağı Devir-Özgül Yakıt Sarfıyatı Grafiği.....	33
Şekil 7.4. Motorin ve Ham Prina Yağı Devir-Egzoz Sıcaklığı Grafiği.....	34
Şekil 7.5. Motorin ve Ham Prina Yağı CO Grafiği.....	35
Şekil 7.6. Motorin ve Ham Prina Yağı HC Grafiği.....	36
Şekil 7.7. Motorin ve Ham Prina Yağı CO ₂ Grafiği.....	37
Şekil 7.8. Motorin ve Ham Prina Yağı O ₂ Grafiği.....	38
Şekil 7.9. Motorin ve Ham Prina Yağı NO _x Grafiği.....	39
Şekil 7.10. Benzin-Metanol Devir-Tork Grafiği.....	40
Şekil 7.11 Benzin-Metanol Devir-Güç Grafiği.....	41
Şekil 7.12. Benzin-Metanol Devir-Özgül Yakıt Sarfıyatı Grafiği.....	42
Şekil 7.13. Benzin-Metanol Devir-Egzoz Sıcaklığı Grafiği.....	43
Şekil 7.14. Benzin Metanol CO Grafiği.....	44
Şekil 7.15. Benzin Metanol HC Grafiği.....	45
Şekil 7.16. Benzin Metanol CO ₂ Grafiği.....	46
Şekil 7.17. Benzin Metanol O ₂ Grafiği.....	47
Şekil 7.18. Benzin Metanol NO _x Grafiği.....	48
Şekil 7.19. Benzin-Etanol Devir-Tork Grafiği.....	49
Şekil 7.20. Benzin-Etanol Devir-Güç Grafiği.....	50
Şekil 7.21. Benzin-Etanol Devir-Özgül Yakıt Sarfıyatı Grafiği.....	51
Şekil 7.22. Benzin-Etanol Devir-Egzoz Sıcaklığı Grafiği.....	52
Şekil 7.23. Benzin Etanol CO Grafiği.....	53
Şekil 7.24. Benzin Etanol HC Grafiği.....	54
Şekil 7.25. Benzin Etanol CO ₂ Grafiği.....	55
Şekil 7.26. Benzin Etanol O ₂ Grafiği.....	56
Şekil 7.27. Benzin Etanol NO _x Grafiği.....	57

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Yıllara göre ham petrol ithalatı.....	2
Tablo 3.1. Doğalgaz bileşenleri ve miktarları.....	13
Tablo 3.2. Fosil yakıtların fiziksel özellikleri.....	13
Tablo 3.3. Motor yakıtları ve LPG'nin karşılaştırmalı özellikleri.....	14
Tablo 3.4. Biyogazın bileşimi.....	14
Tablo 3.5. Hidrojen, dizel ve kurşunsuz benzinin özellikleri.....	15
Tablo 3.6. Benzin ve alkollerin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	16
Tablo 4.1. Dizel motoru egzoz gazlarındaki partiküllerin bileşimi.....	20
Tablo 4.2. Dizel yakıtlı binek araçlar için Euro emisyon standartları.....	21
Tablo 4.3. Benzin yakıtlı binek araçlar için Euro emisyon standartları.....	21
Tablo 5.1. Dizel deney motorunun teknik özellikleri.....	22
Tablo 5.2. Benzinli deney motorunun teknik özellikleri.....	22
Tablo 5.3. Egzoz emisyon cihazı teknik özellikleri.....	23
Tablo 5.4. Ham pirina yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	24
Tablo 5.5. Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	25
Tablo 5.6. Benzin ve etanolün özellikleri.....	27
Tablo 5.7. Deney yakıtları ve karışım oranları.....	28
Tablo 7.1. Motorin-Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları Özgül Yakıt Tüketim Değerleri.....	33
Tablo 7.2. Motorin-Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları Egzoz Sıcaklıkları Değerleri.....	34
Tablo 7.3. Motorin- Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları CO Değerleri.....	35
Tablo 7.4. Motorin- Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları HC Değerleri.....	36
Tablo 7.5. Motorin- Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları CO ₂ Değerleri.....	37
Tablo 7.6. Motorin- Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları O ₂ Değerleri.....	37
Tablo 7.7. Motorin- Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları NO _x Değerleri.....	38
Tablo 7.8. Benzin-Metanol Karışım Yakıtları Özgül Yakıt Tüketim Değerleri..	41
Tablo 7.9. Benzin-Metanol Karışım Yakıtları Egzoz Sıcaklığı Değerleri.....	42
Tablo 7.10. Benzin-Metanol Yakıtları CO Değerleri.....	43
Tablo 7.11. Benzin-Metanol Yakıtları HC Değerleri.....	44
Tablo 7.12. Benzin-Metanol Yakıtları CO ₂ Değerleri.....	45
Tablo 7.13. Benzin-Metanol Yakıtları O ₂ Değerleri.....	46
Tablo 7.14. Benzin-Metanol Yakıtları NO _x Değerleri.....	47
Tablo 7.15. Benzin-Etanol Karışım Yakıtları Özgül Yakıt Tüketim Değerleri ...	50
Tablo 7.16. Benzin-Etanol Karışım Yakıtları Egzoz Sıcaklığı Değerleri.....	51
Tablo 7.17. Benzin-Etanol Yakıtları CO Değerleri.....	52
Tablo 7.18. Benzin-Etanol Yakıtları HC Değerleri.....	53
Tablo 7.19. Benzin-Etanol Yakıtları CO ₂ Değerleri.....	54
Tablo 7.20. Benzin-Etanol Yakıtları O ₂ Değerleri.....	55
Tablo 7.21. Benzin-Etanol Yakıtları NO _x Değerleri.....	56
A.1 Motorin ile yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri.....	65
A.2 %5 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri	65
A.3 %10 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri	66
A.4 %15 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri	66
A.5 %20 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri	67
A.6 Motorin ile yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri.....	67
A.7 %5 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri	67
A.8 %10 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri	68
A.9 %15 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri	68

A.10 %20 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri	68
A.11 Benzin ile yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri.....	69
A.12 %5 Metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri	69
A.13 %10 Metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri	70
A.14 %15 Metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri	70
A.15 %20 Metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri	71
A.16 Benzin ile yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri.....	71
A.17 %5 Metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri	71
A.18 %10 Metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri	72
A.19 %15 Metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri	72
A.20 %20 Metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri	72
A.21 %5 Etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri	73
A.22 %10 Etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri	73
A.23 %15 Etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri	74
A.24 %20 Etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri	74
A.25 %5 Etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri	75
A.26 %10 Etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri	75
A.27 %15 Etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri	75
A.28 %20 Etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri	76

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıŐmasının planlanmasında, araŐtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübesinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren Sayın DanıŐmanım Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ÜSTÜN' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalıŐmanın yürütülmesinde olanak sağlayan, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Rektörlüęü Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüęü tarafından desteklenen 2017-133 ve 2019-004 nolu projelere teşekkür ederim.

Ayrıca benden sevgilerini, desteklerini ve emeklerini esirgemeyen eşim Fatma FIRAT ve oğlum Efe FIRAT'a, üzerimdeki haklarını hiçbir zaman ödeyemeceğim anneme, babama ve kardeşlerime teşekkür ederim.

Korcan FIRAT
Manisa, 2019

ÖZET

Yüksek Lisans

FOSİL YAKITLI ARAÇLARDA ALTERNATİF YAKITLARIN KULLANIMLARININ EGZOZ EMİSYON VE MOTOR PERFORMANSLARINA OLAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Korcan FIRAT

Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ÜSTÜN

Bu çalışmada, zeytinyağı üretimi esnasında arda kalan atık posadan elde edilen ham prina yağının motorin yakıtına çeşitli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) karıştırılması ile dizel bir motorda kullanımı etkilerinin incelenmesinin yanısıra benzin yakıtına çeşitli alkoller (etanol ve metanol) farklı oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) ilave edilerek motor performans ve egzoz emisyonları üzerinde olan etkileri incelenmiştir. Elde edilen yakıt karışımları dört zamanlı, tek silindirli, hava soğutmalı, elektrik dinamometresi ile yüklenebilen dizel ve benzinli motorlar üzerine test edilmiş ve sonuçlar ilgili referans yakıtlarla kıyaslanmıştır.

Ham Prina Yağı-Motorin yakıtı karışımlarında saf motorin yakıtına göre maksimum tork devrinde tork artışı elde edilirken, maksimum güç devrinde motorine yakın değerler elde edilmiştir. Ortalama özgül yakıt tüketim değerlerinde saf motorine göre PRN10 yakıtında %9.4 düşüş gerçekleşirken diğer karışimli yakıtlarda motorine yakın değerler elde edilmiştir. Ham prina yağı karışimli yakıtın emisyon değerlerine bakıldığında genelde emisyon değerlerinde azalma eğiliminde olduğu görülmüştür.

Alkol-Benzin yakıtı karışımları ve motor hızına bağlı yapılan deney sonuçları incelendiğinde; Benzin-Etanol karışımlarında; benzinli yakıtta göre maksimum tork ve güç devirlerinde motor torkunda ve gücünde azalma görülürken, egzoz emisyon değerlerinde CO ve HC emisyonlarında azalma, O₂ değerlerinde artış olduğu görülmüştür. NO_x egzoz emisyon değerlerine bakıldığında ise ETNL05 ve ETNL15 yakıt karışımları benzinli yakıtta benzer değerler elde edilirken, ETNL10 ve ETNL20 yakıtında artış görülmüştür.

Benzin-Metanol karışımlarında ise; maksimum tork devrinde benzinli yakıtta göre motor torkunda, MTNL05 ve MTNL15 karışımlarında düşüş görülürken, MTNL10 ve MTNL20 karışımlarında tork artışı görülmüştür. Maksimum güç devrinde ise, benzin yakıtına göre MTNL05, MTNL15 ve MTNL20 yakıt karışımlarında güç düşüşü görülürken MTNL10 yakıtında güç artışı görülmüştür. Genel olarak emisyon değerlerinde metanol karışimli yakıtlarda benzine göre azalma eğiliminde olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ham Prina, Motor Performansı, Egzoz Emisyonu, Alkoller, Alternatif Yakıt, Biyodizel, Güç.

2019, 77 sayfa.



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF USING FUELS ON FOSSIL FUEL VEHICLES TO ALTERNATIVE ENVIRONMENT EXHAUST EMISSIONS AND ENGINE PERFORMANCE

Korcan FIRAT

**Celal Bayar University Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Süleyman ÜSTÜN

In this study, the influence of adding different amount of the pomace oil, which is obtained from the residual waste pulp during the production of olive oil, to diesel oil and its use in a diesel engine was tested. Besides, the effects of adding alcohol to the gasoline fuel by various volumes (5%, 10%, 15% and 20% ethanol and methanol) on engine performance and exhaust emissions were tested. The obtained fuel mixtures were tested on diesel and gasoline engines that can be charged with a single-cylinder, four-stroke, air-cooled electric dynamometer, and the results were compared to the related reference fuels.

In crude pomace oil-diesel fuel mixtures, while torque increase was obtained at maximum torque speed compared to pure diesel fuel, values at near maximum diesel power were obtained. While average specific fuel consumption values decreased by 9.4% in PRN10 fuel compared to pure diesel, other blended fuels showed similar values to diesel. When the emission values of crude pomace oil mixed fuel are examined, it is observed that the emission values tend to decrease in general.

When alcohol-gasoline fuel mixture and engine speed test results are examined; In gasoline-ethanol mixtures; engine torque and power decreased at maximum torque and power cycles compared to gasoline fuel, while CO and HC emissions decreased and O₂ values increased. When the NO_x exhaust emission values were examined, ETNL05 and ETNL15 fuel mixtures were similar to gasoline fuel, while ETNL10 and ETNL20 fuel increased.

In gasoline-methanol mixtures; engine torque, MTNL05 and MTNL15 blends decreased while maximum torque speed was compared to gasoline fuel. At the maximum power cycle, there was a decrease in power in MTNL05, MTNL15 and MTNL20 fuel mixtures compared to gasoline fuel, while an increase in power was observed in MTNL10 fuel. In general, it is seen that emission values tend to decrease in methanol blended fuels compared to gasoline.

Keywords: Crude pomace, Engine Performance, Exhaust Emissions, Alcohols, Alternative Fuel, Biodiesel, Power.

2019, 77 pages



1. GİRİŞ

Günümüzde, dünyada kullanımı gerçekleştirilen enerjinin büyük bir kısmı fosil yakıtların kullanımıyla elde edilmektedir. Fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere salınan gazların zararlı atıklar olması ve bu atıkların atmosferde emisyon gazlarına ait sınır değerlerin uluslararası antlaşmalar gereği aşağıya çekilmesi ve dünyadaki mevcut fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmeye başlaması araştırmaları alternatif yakıtlar üzerine yoğunlaştırmıştır. Burada, keşfedilecek alternatif yakıtın, mevcut sistemin üzerinde önemli bir yapısal değişiklik ihtiyacı olmadan, direkt kullanılabilir olması büyük önem arz etmektedir.

Fosil yakıtlar içerisinde enerji kaynağı olarak en çok petrol türevli yakıt kullanımları görülmektedir. Petrol türevli yakıtların içten yanmalı motorlarda kullanılması sonucu açığa çıkan zararlı egzoz emisyonlarının etkilerini azaltmak için çeşitli yardımcı sistemler kullanılsa da bu durum imalat ve kullanım maliyetlerini artırmakla beraber petrole olan bağımlılığında tetiklemektedir. Petrol bağımlılığının azaltılması ve fosil yakıtlara göre daha çevreci olan alternatif yakıtlar araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Alternatif yakıtların çevre dostu olmaları ve petrol türevli yakıtların tükenme riski sebebiyle bu tür yakıtların kullanımlarının artması beklenen bir gelişmedir.

Yapılan araştırmalara göre, fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkmakta olan hidrokarbon, karbon monoksit ve azot bileşiklerinin yarısı, içten yanmalı motorlardan kaynaklanmaktadır. Kükürt dioksit, kurşun, partikül madde gibi atıklar da yine motorlu taşıtların kullanımı sonucu çevreye yaydığı zararlı emisyonları oluşturmaktadır. Dizel motorlar kükürt dioksit ve partikül madde yaymada en başta gelen ekipmanlardır. Karbon monoksit gazı, toksik bir gazdır ve kapalı ortamda solunması insanları öldürebilmektedir, azot bileşikleri ise tarımsal ürünlere zarar oluşturmakta ve binalarda aşınmalara sebebiyet vermektedir.

Motorlu araçların havayı kirletmelerinin temel sebebi, fosil yakıtların yanma sonucu çevreye yaydıkları zararlı egzoz emisyonlarıdır. Otomobil imalatçıları belirlenen uluslararası emisyon standartları çerçevesinde imalat yapma zorunlulukları vardır. Bu durum imalat, kullanım ve bakım maliyetlerini de artırdığı görülmektedir.

İçten yanmalı motorlarda kullanılacak yakıtların, maliyetinin düşük olması ve yeterli miktarda üretiminin olması, ısıl verimliliklerinin yüksek olması, depolanabilir ve taşınabilir olması, yüksek sıkıştırma oranlarında çalışabilmesi ve çevreye zarar vermeyecek düzeyde düşük egzoz emisyonu oluşturması istenir. Günümüzde motorin ile birlikte kullanılan alternatif yakıtlara olan ilginin sebebi yakıtın ekonomik olmasıdır. Ülkemizde LPG dönüşümlü araçların hızla artmasının bir sebebidir yakıtın ekonomik olmasından ötürüdür. Dolayısıyla yaydığı egzoz emisyonu ile çevre hasarına sebebiyet vermeyen en ekonomik yakıt için araştırmalar devam etmektedir.

Ülkemiz dışarıdan ham petrol ithalatı yapmaktadır. Tablo 1.'de yıllara göre ham petrol ithalatı verileri görülmektedir [1]. Artan bu ham petrol alımlarını azaltmak ve yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımı artırmak gereklidir. Yapılan bu çalışma da, motorin yakıtına bitkisel yağ (ham prina yağı) ve benzin yakıtına da alkoller (etanol ve metanol) çeşitli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) ilave edilip dizel ve benzinli motorlarda kullanılması sonucu motor performans ve egzoz emisyonları üzerine olan etkileri incelenmiştir.

Tablo 1.1. Yıllara göre ham petrol ithalatı [1]

Yıllar	Toplam
2010	16873392 ton
2011	18049163 ton
2012	19479237 ton
2013	18554147 ton
2014	17481481 ton
2015	25065977 ton
2016	24957387 ton
2017	25766549 ton
2018	20970669 ton

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bitkisel yağlarla elde edilen biyodizelin alternatif yakıt olarak dizel motorlarda ve etanol ve metanol alkollerin biyobenzin alternatif yakıt olarak benzin motorlarında kullanımıyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır.

Behçet ve Çakmak tarafından yapılan deneysel çalışmada balık yağı metil esterinden elde edilen biyodizel karışımlarının dizel motorda motor performans ve emisyonlarına etkisini incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada elde edilen biyodizel karışımlarının oranı arttıkça dizel yakıtına göre motor performanslarının azaldığı, özgül yakıt tüketimi, egzoz gazı sıcaklığı ve NO_x emisyonunda artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Egzoz emisyonlarında SO₂ ve CO emisyonunda azalma dizel yakıt ile elde edilen biyodizelin yaklaşık değerler verdiği belirtilmiştir. Bu durum sonucu olarak dizel yakıtına alternatif bir yakıt olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir [2].

Balki ve Ark., yaptıkları çalışmada yakıt olarak benzin, etanol ve metanol kullanan bir motorun, motor performansı, emisyonlar ve yanma karakteristiklerindeki değişimlerini incelemiştir. Etanol ve metanol karışımlarından elde edilen verileri benzine yakıtla yapılan çalışmadaki veriler ile karşılaştırmıştır. Deneysel etanol ve metanol kullanımının motor torkunu, ısıl ve yanma verimini arttırdığını gözlemiştir. Bununla birlikte özgül yakıt tüketiminin de arttığını gözlemiştir. Bununla birlikte CO₂ emisyonu artış göstermiştir. Ayrıca, elde edilen diğer egzoz emisyonlarında azalma gözlemiştir [3].

Ciniviz ve Ark., farklı oranlarda elde ettiği dizel-metanol karışimli yakıtlar ile dizel yakıtını kullanarak motorun performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemiştir. Yapılan çalışmada dizel yakıtına farklı oranlarda metanol ilave edilerek elde edilen karışimli yakıtlar kullanılarak çıkan sonuçlarla standart değerleri kıyaslamışlardır. Yapılan çalışmada dizel yakıtına göre alkol oranının artmasıyla motor performans değerlerinde fren termik veriminin azaldığını ve özgül yakıt tüketiminin arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca egzoz emisyonlarında ise HC ve CO azaldığını, NO_x arttığını belirtmişlerdir [4].

Sayın, yaptığı çalışmada Ayçiçek yağı metil esterini ve dizel yakıtı ile farklı oranlarda karışımlarını bir dizel motorunda farklı hız değerlerinde ve tam yükte teste tabi tutmuştur. Yakıt olarak; dizel yakıtı, % 10 ayçiçeği metil esteri + % 90 Dizel (B10), % 50 ayçiçeği metil esteri + % 50 Dizel ve % 100 ayçiçeği metil esteri (B100)

kullanılmıştır. Yaptığı çalışma neticesinde; B10, B50 ve B100 yakıtlarının karbonmonoksit emisyonlarının dizel yakıtına göre düşük olduğu ve en düşük karbonmonoksit emisyonunun % 0,55 ile 2 200 dev/dak'da B100 yakıtında meydana geldiğini, biyodizel oranının artması ile hidrokabon emisyonlarında azalma olduğunu, duman koyuluğunda yakıtta biyodizel oranının artması ile azalma meydana geldiğini ve en iyi duman koyuluğu değerinin 1000 dev/dak'da %91 ile B100 yakıtında görüldüğünü tespit etmiştir. Bunların yanında, biyodizellerin NO_x emisyonunun artırdığını, B50 yakıtı dikkate alındığında dizele oranla ortalama % 10'luk bir artışın meydana geldiğini, CO₂ emisyonlarının yakıtta biyodizel katılımı ile arttığını, maksimum CO₂ emisyonunun, maksimum motor hızında %11,25 ile B100 yakıtında meydana geldiğini görmüştür. Çalışmada mil özgül yakıt tüketimine bakılmış ve biyodizel katkısının MÖYT artırdığını tespit etmiştir. Minimum MÖYT 1300 dev/dak'da 312 g/kWh ile dizel yakıtında meydana gelmiştir [5].

Behçet vd. atık kızartma yağı metil esterinin dizel motorunda, motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir.. Deneyle elde ettikleri farklı oranlarda karışımlar ile farklı motor değerlerinde yapılmıştır. Deney sonuçlarına bakıldığında elde edilen motor momenti ve efektif motor gücü dizel yakıtına kıyasla biraz düşük, yakıt tüketimi ise fazla çıktığı gözlemlenmiştir. Yakın motor devirlerinde elde edilen değerler birbirine yaklaşık çıktığı görülmüştür. Hidrokarbon, karbondioksit ve karbonmonoksit emisyonları metil ester karışımlarında daha düşük seviyelerinde kaldığı görülmüştür. Motor emisyonlarında metil ester karışımlarının genel olarak çevreye daha az zararlı emisyon yaydığını gözlemlemişlerdir [6].

İçingür ve Ark., direkt enjeksiyonlu, dört silindirli, turbo şarjlı bir dizel motorda ürettikleri fındık yağı metil esteri ile deneyle gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen deney verilerini standart dizel yakıt verileri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan deneylerde fındık yağı metil esterinin tork, güç ve özgül yakıt tüketimi değerlerinin dizel yakıtına benzer özellikte olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen biyozelin egzoz emisyon değeri ve duman koyuluğu emisyonları ile egzoz sıcaklıkları da dizel yakıtına kıyasla daha düşük olmasından dolayı elde ettikleri biyodizel dizel yakıtı için alternatif yakıt olabileceği ifade etmişlerdir [7].

Turköz ve Ark., etanol ve benzin yakıtıyla farklı oranlarda elde ettikleri karışımlarının motor performansı, egzoz emisyonları ve yanma karakteristiği etkisini

incelemişlerdir. Dört zamanlı, buji ateşlemeli, dört silindirli, motor kullanarak deneyleri yapmışlardır. Belirledikleri oranlarda (E5, E10, E30 ve E85) yakıtlardan elde edilen veriler, benzin ile yapılan verilerle karşılaştırma sonucunda, kurşunsuz benzine etanol ilavesi motor moment, güç ve yakıt tüketimini artırdığını belirtmişler. Aynı zamanda egzoz emisyon değerlerini düşürdüğünü gözlemlemişlerdir [8].

Erkal, dizel ve etanol karışımli yakıtları dizel motorunda kullanarak motor performans ve egzoz emisyon değerlerini araştırmışlardır. Elde edilen yakıtların kullanılmasının özgül yakıt tüketiminin arttığını gözlemlemiştir. Aynı zamanda etanol oranı arttıkça NO_x ve CO emisyonlarının arttığı ifade etmiştir [9].

Altun ve Lapuerta yaptıkları çalışma da endüstriyel atık yağlarının biyodizel üretiminde kullanılmasını amaçlamışlardır. Bu sebeple seçtikleri endüstriyel atık yağın özelliklerini incelediklerinde bu yağlardan elde edilen biyodizel yakıtların biyodizel standartlarını karşıladıklarını ifade etmişlerdir [10].

Behçet ve Ark., %20 oranında dizel yakıtı ile atık hayvansal yağlardan ürettikleri biyodizel yakıtlarını karışım sağlayarak deneysel çalışma yapmışlardır. Elde edilen veriler de her iki biyodizel içeren karışım yakıtların petrol türevli dizel yakıtına göre daha düşük kirletici egzoz emisyonlarının çıktığını gözlemlemişlerdir [11].

Rakopoulos ve Ark., pamuk, ayçiçek, mısır ve zeytinyağları ile dizel yakıtı karışımlarından elde edilen yakıtları bir dizel motorundaki motor performansı ve emisyonlarını yaptıkları deneysel çalışmada kıyaslamışlardır. Yapılan çalışmada kullanılan ham bitkisel yağları belirli (%10 ve %20) oranlarda dizel yakıtı ile karıştırılarak karışım yakıtları elde edilmiştir. Deney verilerine bakıldığında, elde edilen karışımların tüm yüklerde ve devirlerde özgül yakıt tüketimlerinde ve ısıl verimlerinde dizel yakıtının verilerine yakın değerler çıktığı görülmüştür. İş verimlerinde zeytinyağı ve pamuk yağı karışımında iyi oranda azalma gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Elde edilen yakıtların içerisinde bitkisel yağ oranı arttıkça CO, HC ve NO_x emisyonlarında çok az artış gerçekleşmiştir [12].

Alptekin 6 silindirli, dört zamanlı ve direkt püskürtmeli turbo dizel motorda ürettikleri biyodizel yakıtları ile etanol ve motorin yakıtlarını motor performans ve egzoz emisyon değerlerini deneysel olarak incelemişlerdir. Yapılan deneylerde elde edilen biyodizel ve etanol katkılı karışımlarının özgül yakıt tüketimi değerlerinin

dizel yakıtıyla kıyaslandığında yüksek çıktığı belirtmiştir. Aynı zamanda da düşük hidrokarbon ve karbonmonoksit egzoz emisyonları çıktığını belirtmiştir [13].

Valente ve Ark., dizel yakıtı ile atık yağlardan elde ettikleri biyodizel yakıtını belirli oranlarda karıştırarak elde ettikleri karışımları bir dizel motorlu jeneratörde egzoz emisyonlarının salınımlarını araştırmak için deney yapmışlardır. Yaptıkları deneysel çalışma da dizel yakıtına kıyasla karışım yakıtında biyodizel miktarının arttıkça egzoz emisyonlarının artmakta olduğu fakat NO_x emisyonlarının ise azaldığını belirtmişlerdir [14].

Paulo ve Ark., Brezilya'da kullanılmakta %5 biyodizel karışimli dizel yakıtına atık soya fasulyesi kızartma yağından elde edilen biyodizel yakıtını belirli oranlarda katarak elde ettikleri karışım yakıtlarını dizel motorunda motor performans değerlerini gözlemlemişlerdir. Motor performanslarına bakıldığında %5 ve %30 karışimli yakıtlar ile en iyi değerlerin elde edildiğini belirtmişlerdir. %20'lik karışımda en düşük yakıt tüketiminde elde edildiğini belirtmişlerdir [15].

Masum ve Ark., alkol-benzin karışımının yakıt özellikleri bakımından benzin yakıtına kıyasla, motor performansı ve emisyonlara olan etkilerini gözlemlemişlerdir. Yapılan çalışmalarda değişik karışım oranlarında elde ettikleri etanol-benzin karışım yakıtlarını kullanmışlardır. Elde edilen karışım yakıtlarını değişken devirlerde, dört silindirli benzinli bir motorda test etmişlerdir. %15 etanole sahip karışım yakıtı için, düşük yakıt tüketimi ve yüksek motor performansı gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca CO ve HC emisyon oranlarının da saf benzine göre daha düşük çıktığı fakat NO_x emisyon oranının daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir [16].

Qi ve Ark., yaptıkları çalışma da etanolü biyodizel ve dizel karışımlarına katkı maddesi olarak kullanmışlardır. Direkt püskürtmeli bir dizel motorda karışım yakıtların motor performansı, egzoz emisyonları ve yanma karakteristik parametrelerine etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Yapılan deney sonuçlarına göre BE-1, B30 yakıtına göre daha düşük özgül yakıt tüketimine sahip olduğu görülmüştür. Yüksek motor yüklerinde, BE-1 ve BE-2 yakıtlarının kullanımı ile duman emisyonlarında azalma olduğunu belirtmişlerdir. BE-2 yakıtının kullanımı ile NO_x emisyonlarında artış gerçekleşmiştir. BE-1 ve BE-2 kullanımı ile hidrokarbon emisyonlarında artış gözlenirken, karbonmonoksit emisyonlarında ise azalma görülmüştür [17].

Kannan ve Marappan, yapılan çalışma da kanola yağı biyodizeli ve dietileter/su karışımlarının motor performansına ve motor emisyonlarına etkilerini gözlemlemişlerdir. Bunun için dizel yakıtı ve biyodizele hacimce belirli (%5, %10, %15 ve %20) oranlarda karıştırdıkları dietiletere ve aynı oranlarda su ilave ettikleri yakıtlarla deneylerini tekrarlamışlardır. %20 dietileter biyodizel karışımının motor performansını arttırdığını belirtmişler ve aynı zamanda emisyonlar bakımında da en iyi sonuçların elde edildiğini ifade etmişlerdir [18].

Dhar ve Agarwal, Kaju bitkisinin yağından elde ettikleri biyodizeli kullanarak çalışma yapmışlardır. Motor deneyleri için hacimce hazırladıkları %5, %10, %20, %50 ve saf olarak kullandıkları %100 biyodizel yakıtlarını sabit motor hızında ve değişik motor yüklerinde tekrarlamışlardır. %20 biyodizel oranı ile motor momentinde %10'luk bir artışın olduğu görülmüştür. Bununla birlikte biyodizel miktarının artması ile birlikte motor momentinde düşüşün görüldüğünü bildirmişlerdir. Bu nedenle kaju bitkisinin biyodizelinin %20'ye kadar direkt püskürtmeli bir dizel motorunda kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca dizel yakıtına hacimce ilave edilen biyodizel miktarının %20'nin üzerine çıkması ile birlikte yanmanın daha erken başladığı ve maksimum silindir basıncının azaldığını bildirmişlerdir [19].

Wail ve Khaled, atık bitkisel yağlardan elde ettikleri biyodizeli dizel yakıtına hacimce belirli (%5 ve %20) oranlarda karıştırarak bir dizel motorunda 1200 ile 1600 1/min motor hızlarında test etmişlerdir. Biyodizel kullanımı ile fren özgül yakıt tüketiminde %5,95'lik bir artışın olduğunu, NO_x emisyonunun arttığını, CO ve HC emisyonlarının ise azaldığını belirtmişlerdir [20].

Chauhan vd. kaju bitkisi yağından elde ettikleri biyodizeli (%5, %10, %20, %30) yakıt karışımları ve saf olarak (%100) kullanarak dizel bir motorda emisyon ve motor performansına etkilerini incelemişlerdir. Biyodizel kullanımı ile birlikte yanmanın erken başladığını, silindir içi maksimum basıncın azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca biyodizel oranının artması ile birlikte CO₂ ve NO_x emisyonlarının arttığını, CO, is ve egzoz gazı sıcaklığının ise azaldığını belirtmişlerdir [21].

Hossain vd. evsel atık çamurundan elde ettikleri pirolitik yağ ile biyodizeli %20 ve %30 oranında karıştırmışlardır. Elde ettikleri karışımı dört zamanlı bir dizel

motorunda denemişlerdir. Biyodizel ile harmanlanan yakıt karışımının dizel yakıtına göre CO ve NO_x emisyonlarında azalmaya, CO₂ emisyonlarında ise artışa neden olduğunu bildirmişlerdir [22].

Özener vd. soya fasulyesi yağından ürettikleri biyodizeli kullanarak %10, %20, %50 (dizel yakıtı +biyodizel) karışım oranları ve %100 biyodizel yakıtı ile dizel bir motorda motor performansı ve emisyonlara etkilerini incelemiştir. Silindir basıncını ölçerek daha gerçekçi bir yanma analizi yapmışlardır. Dizel yakıtına biyodizel ilavesi ile birlikte yakıtın daha erken tutuşmaya başladığını ve yanmanın erken başladığını bildirmişlerdir. Ayrıca biyodizel ilavesi ile birlikte motor gücünde azalmanın olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte özgül yakıt tüketiminin arttığını ve CO, HC egzoz emisyonlarının azaldığını fakat NO_x ve CO₂ egzoz emisyonlarının ise arttığını bildirmektedirler [23].

Özer çalışmasında, iki farklı pişirme yağından elde ettiği biyodizeli %5 ve %10 oranında dizel yakıtı ile karıştırmış ve dört zamanlı doğal emişli, tek silindirli dizel motorunda dört farklı yük altında 2200 d/d motor devrinde test etmiştir. Detaylı yanma ve performans analizi sonucunda, daha erken enjeksiyon başlangıcına rağmen yüksek setan numarasından dolayı daha erken tutuşan biyodizel ilavesinin tüm motor yüklerinde tutuşma gecikmesini azalttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca biyodizel ilavesinin maksimum yanma basıncı ve ısı yayılımını azaltırken yanma periyodunu arttırdığını gözlemlemiştir [24].

Parthasarathi et al. yaptıkları çalışmada dizel-ethanol-süfaktan karışımının dizel motorunda yakıt olarak kullanılmasının yanma karakteristiğine etkisini incelemiştir. Çalışmalarında tek silindirli, doğal emişli, su soğutmalı açık yanma odalı motorunda saf dizel ve dizel-ethanol-süfaktan karışımını 220 kgf/cm² enjeksiyon basıncında 1500 d/d sabit devirde değişik yük koşullarında test etmişlerdir. D50-E40 yakıt karışımında silindir basıncı ve ısı yayılımını 76 bar ve 152 kJ/m³ olduğunu, bu değerlerin saf dizel ve diğer yakıt karışımlarına göre daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir [25].

Çelik vd, saf metanolün kullanımının farklı sıkıştırma oranlarda buji ateşlemeli bir motorda test etmişlerdir. Yüksek sıkıştırma oranlarında benzinle karşılaştırıldığında metanol kullanımının momentin, silindir basıncının, özgül yakıt tüketiminin ve fren termal verimin arttırdığı ifade etmişlerdir [26].

Özsezen ve Çanakçı, metanol ile yapılan karışım yakıtlarının benzinli motor ile yapılan deneylerde motor performans ve egzoz emisyonlarına olan etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda karışım yakıtlarının yakıt tüketimini arttırdığını belirtmişlerdir. Tüm devirlerde benzine kıyasla yanma performansında artışa neden olduğunu sonucuna varmışlardır [27].

Elfasakhany farklı oranlar (%3 ve %10) arasında karışım yakıtlarının motor performans ve egzoz emisyonları üzerine etkilerini incelemişlerdir. Deney verileri metanol benzin karışımlarının değerleri diğer deney değerlerine göre karbon monoksit ve hidrokarbon egzoz emisyonlarında en fazla düşüşe neden olduğunu sonucuna varmıştır. Bununla birlikte sonuçlar metanol-etanol-benzin karışımlarının, etanol benzin ve saf benzine kıyasla daha az hidrokarbon ve karbon monoksit egzoz emisyonu ürettiğini bildirmektedir. Elde edilen verilere göre karışım içerisindeki alkol oranı artmasıyla hidrokarbon ve karbon monoksit egzoz emisyonlarındaki düşüş ve karbondioksit emisyonundaki artış daha fazla olduğunu belirtmiştir [28].

Turner vd, etanol-metanol-benzin karışımlarının NO_x ve CO₂ emisyonları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Farklı yakıt karışımlarında (%29.5 benzin+%42.5 etanol+%28 metanol; %37 benzin+%21 etanol+%42 metanol; %42benzin+%5 etanol+%53 metanol; %40 benzin+%10 etanol+%50 metanol ve %39 benzin+%15 etanol+%46 metanol) deneyler yapmışlar ve bu yakıt karışımlarında saf benzine göre CO₂ ve NO_x emisyonlarının önemli oranlarda azaldığını rapor etmişlerdir [29].

Sileghem vd, iki farklı metanol-etanol-benzin karışımlarının(%29.5 benzin+%42.5 etanol+%28 metanol ve %37 benzin+%21 etanol+%42 metanol) CO ve NO_x emisyonları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Veriler metanol-etanol-benzin karışımlarının saf benzine göre daha az, saf metanole göre daha fazla NO_x emisyonu ürettiği göstermiştir. Ayrıca sonuçlar çift yakıtlı karışımların tek yakıtlı karışımlara oranla daha az CO emisyonuna neden olduğunu göstermiştir. Diğer yandan sonuçlar çift yakıtlı karışımların etanol benzin karışımlarına göre daha az, metanol benzin karışımlarına göre daha fazla NO_x emisyonuna sebep olduğunu göstermektedir [30].

Avcıoğlu ve Göktürk yaptıkları çalışmada şeker pancarı, buğday, arpa, mısır ve patatesten üretilmiş biyoetanollerin, benzinle farklı oranlarda karıştırılarak buji ile ateşlemeli bir motorda yakıt olarak kullanımının egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Deney motoru olarak tek silindirli, buji ile ateşlemeli, 5.4 HP

gücünde, HondaGX160 benzinli bir motor kullanılmıştır. Deney yakıtı olarak farklı oranlarda 95 oktan kurşunsuz benzin ve biyoetanol yakıt karışımları kullanılmıştır. Benzin içerisindeki biyoetanol oranına bağlı olarak motor gücünde azalma olduğu, özgül yakıt tüketiminin ise arttığı belirtilmiştir. Egzoz emisyonlarına bakıldığında ise karışımdaki biyoetanol oranı arttıkça CO, CO₂, NO_x değerlerinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir [31].

Şenbahçe tarafından yapılan çalışmada, buji ile ateşlemeli motorlarda alkol kullanımının performansa ve emisyonlara olan etkileri literatür taraması ile incelenmiştir. Etanol-benzin karışımlarının düşük devirlerde motor performansını arttırdığı tespit edilmiştir. %60 etanol-benzin karışımı ile en iyi vuruş dayanımına sahip silindir basıncı elde edilirken, etanol oranına bağlı olarak fren özgül yakıt tüketiminin arttığı belirtilmiştir. Etanolün termik verimi ve volümetrik verimi artırdığı belirtilmiştir. Ayrıca sıkıştırma oranı 10/1 ve üzerine çıkartılıp hacimsel olarak %20 etanollü yakıt kullanıldığında en yüksek motor performansı elde edildiği belirtilmiştir. Etanolün CO, CO₂ ve NO_x değerlerini düşürdüğü, çalışma şartlarına bağlı olarak HC değerlerini de artırdığı belirtilmiştir [32].

Streva ve Ark., %25 etanol içeren etanol-benzin karışımlarını kullanarak yaptığı deneylerde benzinde etanol varlığının egzoz emisyonlarını azaltmaya yardımcı olduğunu gözlemlemişlerdir [33].

Lemaire ve Ark., yaptıkları çalışmada benzine % 10-30 oranlarında etanol eklenmesi sonucunda kurumun toplam miktarının ve konsantrasyonunun önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir [34].

Costa ve Ark., %22 etanol ve %78 oranında benzin karışımının motor performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak motorun efektif gücünün ve yakıtın ısı değerinin arttığını CO ve NO_x emisyonlarını ise azalttığını tespit etmişlerdir [35].

Wang ve Ark., buji ateşlemeli motorda farklı motor gücünde farklı yüzdelerde üç etanol-su-benzin karışımlarının egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Deney sonucunda %10 etanol karışımının NO_x, HC, CO ve CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir [36].

Yuan Zhuang ve Ark., %10 ve %30 etanol içeren benzin karışımları ve saf etanolün NO_x emisyonuna etkisini incelemişlerdir. Farklı motor gücünde yapılan deney sonucunda %10 ve %30 içeren etanol benzin karışımlarında saf etanole göre NO_x emisyonlarının azaldığı belirlenmiştir [37].

2.1. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi

Dizel ve benzin motorlu araçlarda elde edilen alternatif yakıt karışımlarının kullanılması hem çevresel hem de ekonomik açıdan çok önemli olduğu görülmektedir. Biyokütleden elde edilebilen bitkisel yağlar ve biyoalkoller dizel ve benzinli motorlar için alternatif bir yakıt kaynağıdır. Yapılan çalışmalarda görüldüğü gibi alternatif yakıt konularında genel olarak motor performans ve egzoz emisyon değişkenlerinin karşılaştırılması şeklindeki çalışmalar yapılmıştır. Aynı zamanda elde edilen verilerde biyoyakıtların fosil yakıtlara alternatif yakıt olabileceği belirtmişlerdir. Bu çalışmada fosil yakıt içerisine belirli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) alternatif yakıt karışımları ilave edilerek elde edilen motor performans ve egzoz emisyon değerlerine bakılarak fosil yakıt değerleri ile kıyaslanmış, sonuçlar tablo ve grafik olarak yansıtılmıştır.

3. İÇTEN YANMALI MOTORLARDA ALTERNATİF YAKIT KULLANIMI

İçten yanmalı motorlarda alternatif yakıt arayışlarının artmasının temel nedenleri olarak petrol kökenli yakıt rezervlerinin azalması, fiyatlarındaki dalgalanmalar ve bu yakıtların çevre kirliliği üzerinde yarattığı etki gösterilebilir. Kullanılacak olan alternatif yakıtların kolay ve bol miktarda üretilmesi, taşınabilir ve depolanabilir olması, sıkıştırma değerlerinde ısıl veriminin yüksek olması ve düşük seviyede emisyon değerlerini oluşturması istenir. Alternatif yakıt olarak alkol, biyodizel, hidrojen, biyogaz ve doğalgazdır. Alkol, alkol-benzin, bitkisel yağlar-dizel ve atık yağlar-dizel karışımları alternatif yakıt karışımlarının başında gelmektedir. Bu alternatif yakıtların kullanımının artması petrol kökenli yakıtlara olan bağımlılığı azaltmakla beraber kirletici olan egzoz emisyon değerlerini de azaltmaktadır.

Belirtilen alternatif yakıtların motorlarda kullanılması durumunda, fosil yakıtlarına göre çeşitli üstünlüklerinin olmasının yanında bazı olumsuzlukların da çıkacağı araştırmacılar tarafından belirtilmektedir [38].

Alternatif yakıtların; kaynak ve potansiyel temini, zehirli ve sağlığa zararlı olup olmadığı, motor performansı ve emisyonlarına etkisi, depolanabilme özelliği ve kolay temini gibi kriterler açısından incelenmesi gerekir [39].

Alternatif yakıtların fiziksel ve kimyasal özelliklerine bakıldığında bazıları dizel motorlarında, bazıları buji ile ateşlemeli motorlarda, bazıları ise hem buji ile ateşlemeli motorlarda hem de dizel motorlarında kullanılmaya uygundur [40].

3.1. Doğalgaz

Doğalgaz içeriğine bakıldığında, metan, propan, etan, azot, bütan ve karbondioksit gazlarından oluşur [41]. Doğalgaz, araçlarda kullanılması durumunda araç sistemine ilave işlem gerektirmeyen tek yakıttır. Diğer petrol türevli yakıtlar uzun süre rafine durumu yoktur. Çünkü milyonlarca yıl yer katmanları içerisinde bu yakıt basınç ve sıcaklık altında kullanılabilir hale dönüşmüştür. Doğalgazda, LPG gibi yüksek oktan sayısı içermektedir. Bu özellik termal verim bakımından benzin motorlarından fazla olmakla beraber volumetrik verim düşük olmasında sebebiyle efektif verim dizel motorlardan daha düşük çıkmaktadır. Araçların yakıt ekonomisine göre LPG'den daha iyidir. Hidrokarbolar hariç diğer emisyonları iyi bir noktadadır.

Hidrokarbon emisyonlarının kötü olmasının sebebi yakıt sisteminde kaçak miktarının fazla olmasındandır [42]. Tablo 3.1.'de doğalgaz bileşenleri ve miktarları, Tablo 3.2.'de ise fosil yakıtların fiziksel özellikleri görülmektedir.

Tablo 3.1. Doğalgaz bileşenleri ve miktarları [41].

Kimyasal Formül	Bileşenler	Hacimsel (%)
CH ₄	Metan	Min. 92,98
C ₂ H ₆	Etan	Maks. 4,04
C ₃ H ₈	Propan	Maks. 1,17
C ₄ H ₁₀	Bütan	Maks. 0,59
N ₂	Azot	Maks. 1,62
CO ₂	Karbondioksit	Maks. 1,19

Tablo 3.2. Fosil yakıtların fiziksel özellikleri [43].

	Motorin	Doğalgaz	Benzin
C/H oranı	0,52	0,25	0,556
Yoğunluk (kg/m ³)	0,830	0,678	0,730
Isıl Değer (kJ/kg)	43100	60000	43400
Stokiyometrik H/Y Oranı	14,5	17,2	14,7
Tutuşma Sınırları (λ)	0,48-1,35	0,5-2	1,3-7,6
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı (°C)	250	500	257
Kaynama Derecesi (°C)	170-350	-162,5	32-221

3.2. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)

Sıvılaştırılmış petrol gazı ifade edilen kısaltması LPG'dir. LPG ticari ürün olan bütan ve propanın genel adıdır. Petrol ve gaz endüstrilerinde üretilen HC ürünüdür [44].

LPG üretim maliyetinin daha düşük olması aynı zamanda rezervlerinin benzin ve motorin yakıtlarından daha fazla olması sebebiyle LPG yakıtı benzin ve motorine göre ekonomik olmaktadır. LPG'nin yüksek oktan sayısına sahip olması motorlarda kullanımını arttıran önemli bir özelliktir. Sıkıştırma oranının daha fazla yükselmesi nedeniyle motorlarının verimi arttıracaktır. Bu durum yakıt ekonomisine tasarruf sağlayan bir etmendir. LPG, benzin motorlarının yapısında değişiklikler yapılmadan sadece yakıt sistemine ilaveler yapılarak kullanılabilirdiği için diğer yakıtlardan avantajlıdır. Emisyon değerlerinin benzin ve motorinden daha kabul edilebilir olmasından dolayı LPG kullanımını teşvik eden diğer unsurlardan biridir. Yapısında karbon atomu az miktarda olması nedeniyle karbondioksit emisyonları sorun yaratmamaktadır [42].

Tablo 3.3.'de motor yakıtları ve LPG'nin karşılaştırmalı özellikleri belirtilmiştir. Tablo değerlerinden görüldüğü gibi benzin ve motorin yakıtlarının kaynama noktası değerleri oda sıcaklığının üzerindedir. LPG ise daha düşük ısılarda kaynama noktası bulunmaktadır. Bu sebeple, benzin ve motorin yakıtlarının atmosferik basınçta sıvı halde tanklarda saklanabilirken, LPG'nin belirli bir basınçta bulundurulması gerekmektedir.

Tablo 3.3. Motor yakıtları ve LPG'nin karşılaştırmalı özellikleri

Özellikleri	Bütan	Propan	Motorin	Benzin
15 °C Yoğunluk (kg / lt)	0,584	0,508	0,81 – 0,85	0,73 – 0,78
Buhar Basıncı 37,8 °C (bar)	2,6	12,1	0,003	0,5 – 0,9
Kaynama Noktası (°C)	0,5	-43	150 – 560	30 - 225
Düşük Isıl Değeri (kJ/kg)	26,500	23,400	35,600	32,300
Yüksek Isıl Değeri (kJ/kg)	45,460	46,100	42,400	44,030
Stokiyometrik Oran (kg/kg)	15,6	15,8	-----	14,7
Kalorifik Oran (kg / m)	3446	3414	-----	3482

3.3. Biyogaz

Biyolojik bir proses ile oluşan bir gazdır. Oksijensiz bırakılan organik kütleden çıkan bir gaz karışımına verilen isme biyogaz denir. Biyogaz hacmen % 50–75 oranında metandan ve hacmen %25-50 oranında karbondioksitten oluşmaktadır. Havadan daha hafif, renksiz ve kokusuzdur. Metan gazının oranına göre değişen ısıl değeri yaklaşık 17- 25 MJ/m³ arasında olmaktadır. Tablo 3.4.'te biyogazın bileşim değerleri görülmektedir [45,46].

Tablo 3.4. Biyogazın bileşimi [46]

Madde	Hacimsel %	Sembol
Metan	50-75	CH ₄
Karbondioksit	25-50	CO ₂
Hidrojen	0-5	H ₂
Azot	0-3	N ₂
Hidrojen Sülfür	0,0005-0,0002	H ₂ S
Amonyak	0,0005-0,0001	NH ₃

3.4. Hidrojen

Hidrojenin geniş H/Y karışım oranı aralığı içerisinde tutulabilir olması nedeniyle, yakıt olarak kullanılabilmesinde önem sağlayacak özelliktir. Hidrojen ateşlemek için gerekli enerji miktarı da diğer yakıtları ateşlemek için gerekli enerji miktarından daha düşüktür. Bu durum Otto prensibi ile çalışan motorlarda tutuşma garantisi nedeniyle bir avantaj olmasına rağmen, erken tutuşma ve geri tutuşma

sorunlarına sebebiyet vermektedir. Hidrojenin Otto prensibi ile çalışan motorlarda kullanımının avantajlı olmasının nedenlerinden bazıları, oktan sayısının yüksek olması ve tutuşma sıcaklığının oldukça yüksek olmasıdır. Ancak hidrojen/hava karışımlarının kolay tutuşabilmesi emniyet sorunlarını meydana getirmektedir. Ancak hidrojenin beklenmedik şekilde yanması ise çevreye radyasyon yolu ile olan ısı iletimi, çıkan zararlı emisyon miktarı da diğer yakıtlara göre daha az olmaktadır [47]. Tablo 3.5.'te Hidrojen, dizel ve kurşunsuz benzinin özellikleri görülmektedir.

Tablo 3.5. Hidrojen, dizel ve kurşunsuz benzinin özellikleri [48].

Özellik	Birim	Hidrojen	Kurşunsuz Benzin	Motorin
Formül	---	H ₂	(C _n H _{1,87n})	C _n H _{1,8n}
Tutuşma Sıcaklığı	°C	585	260-460	257
Min. Tutuşma Enerjisi	MJ	0,02	0,24	---
Tutuşma Limitleri (Havada % hacimsel olarak)	---	4-75	1,4-7,6	0,7-5
Stokiyometrik Hava Yakıt Oranı (Kütlesel)	---	34,3	14,6	14,5
Tutuşma Limitleri	---	0,1-7,1	0,7-3,8	---
Yoğunluk (16 °C)	kg/m ³	0,0838	721-788	833-891
Net Isıl Değeri	MJ/kg	119,93	43,9	42,5
Alev Hızı	cm/s	269-325	37-43	30
Havadaki Difüzyonu	cm ² /s	0,63	0,08	---
Oktan Sayısı	---	130	92-98	30
Setan Sayısı	---	---	13-17	40-55

3.5. Alkoller

Alkoller kimyasal özellikleri bakımından küçük moleküler yapıya sahip olmaları aynı zamanda içeriğinde oksijen olması sebebiyle motor yakıtlarına kıyasla yapılan çalışmalarda egzoz emisyon değerleri olumlu sonuçları vermektedir [52]. İçeriğinde oksijen bulunmasından dolayı alkoller daha parlak ve daha hızlı bir yanma gerçekleşir. Yanma hızının artırılmasıyla, yanma verimini iyileştirmekte beraber motorun kararlı çalışması sağlanmaktadır. Bununla birlikte, gerçekleşen hızlı bir yanma ile motor yüksek sıkıştırma oranlarına çıkarılarak motorun vuruşu yapmadan verim artışı sağlanabilmektedir [53].

3.6. Alkollerin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerin Karşılaştırılması

Benzin ve alkollerin genel olarak fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.6.'da verilmektedir [60].

Tablo 3.6. Benzin ve alkollerin fiziksel ve kimyasal özellikleri [60].

Özellik	Metanol	Etanol	Benzin
Kimyasal formülü	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₈ H ₁₈
Mol Kütlesi (kg/kmol)	32,04	46,06	100-105
C/H oranı	0,25	0,333	0,444
Yoğunluk (kg/m ³)	796	788	732
Isıl değeri (MJ/kg)	20,11	26,9	43,4
Stokiyometrik oran (H/Y oranı)	6,45	9	14,7
Buharlaşma ısısı (kJ/kg)	1200	960	360
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (°C)	470	425	257
Araştırma oktan sayısı (AOS)	108,7	108,6	94
Motor oktan sayısı (MOS)	88,6	89,7	82-94
Kaynama noktası (°C)	64,5	78,3	27-255
Donma noktası (°C)	-97,8	-114,3	-40
Kinematik Viskozite (mm ² / s, 40°C)	0,59	1,19	0,37-0,44
Buhar basıncı (kPa, 38°C)	32	15,9	48-108

4. EGZOZ EMİSYONLARI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Egzoz gazı salınımları katı, sıvı, gaz haldeki maddeler ya da kirletici maddeler olmakla beraber kimyasal bir işlemlerin sonucunda meydana gelen ve havaya karışmasıyla havanın doğal bileşimini değiştirmektedir. Taşıtlardan kaynaklanan egzoz gazları bileşenleri havada dağılarak çözünürler. Bu durumun bitkiler, hayvanlar ve insanlar üzerinde çok büyük olumsuz etkileri vardır.

4.1. Azot Oksitlerin (NO_x) Oluşumu

Azot, normal şartlarda yanma olayı sırasında reaksiyona girmeyen bir gazdır. Yanma sırasında sıcaklığın 1600 °C'nin üzerine çıkması halinde azot, ortamdaki oksijenle tepkimeye girerek NO_x'lerin oluşturur.. NO_x' ler içerisinde NO yüksek oranda bulunmaktadır. NO'nun temel sebebi, motorlarda yakıcı olarak kullanılan emme havası içerisindeki moleküler halde bulunan azottur [46]. Stokiyometrik oranda NO oluşum ve bozunum reaksiyonları aşağıdaki eşitliklerde verilmektedir.



Eşitlik 4.3 reaksiyonu bulunduğu ortam çok zengin karışım olması durumunda oluşmaktadır. Motorlarda yanma olayının yüksek basınç altında gerçekleştiğinde, alev içerisindeki reaksiyon bölgesi oldukça ince ve kısa ömürlü olmaktadır. Alev reaksiyon bölgesi oldukça ince olmasından dolayı NO oluşumunun esas olarak alevin arkasındaki yüksek sıcaklıklı yanmış gaz bölgesinde olduğu kabul edilebilmektedir. NO_x emisyonlarını etkileyen en önemli faktörler silindir içerisinde bir önceki çevrimden kalan yanmış art gazların miktarı, ateşleme zamanı ve hava/yakıt oranıdır [46].

4.2. Hava/Yakıt Oranının Etkisi

Benzinli motorlarda yanma sırasında elde edilen sıcaklıkları ve silindir içerisinde oksijen miktarını hava fazlalık katsayısının (HFK) değişimi etkilemektedir. Hava fazlalık katsayısı, sıcaklık ve oksijen miktarının fonksiyonu olduğu için NO_x'lerin oluşumunu ciddi oranda etkilemektedir. Karışım yakıtının fakir olması yanma sıcaklığı düşürmesinden dolayı, karışım yakıtının zengin olması O₂ yoğunluğunun azalması NO_x emisyonunda da azalma eğilimi vermektedir.

Hava fazlalık katsayısı artmasıyla, O₂'nin etkisiyle NO_x oluşumunu etkileyen yanmış gazların sıcaklığının yükselmesine neden olmaktadır. Fakat HFK artmasıyla ve karışım maksimum NO_x'in ötesinde bir fakirliğe ulaşır ve alev sıcaklığının düşmesi nedeniyle NO_x emisyonlarında da düşme gerçekleşecektir [61].

4.3. Art gazların etkisi

Yanma odasındaki karışım içerisinde, yanma oluşmadan önce, hava, yakıt buharı ve yanmış art gazlar bulunur. Bu yanmış art gazlar, çevrim sırasında bir önceki çevrimden kalan art gazlardır veya NO_x emisyonlarını kontrol etmek için tekrar silindir içerisine gönderilmiş yanmış egzoz gazlarıdır. Art gaz miktarı, supap zamanlamasına, supap bindirmesine ve motor yüküne bağlıdır. Supap bindirme süresinin yüksek olması, karışımın seyreltilmesini arttırmakla beraber NO_x emisyonlarını azaltmakta ve yanma sonu sıcaklıkları düşürmektedir. Yaşanan bu durum motorun düzensiz çalışmasına ve silindir içerisinde yanmanın kötüleşmesine neden olmaktadır [62].

4.4. Ateşleme zamanının etkisi

Ateşleme avansı daha yüksek bir değere yükseltilmesiyle, çevrim sırasında yanma olayı erken gerçekleşmektedir ve pistonun üst ölü nokta yakınlığında maksimum basınç değerleri elde edilir. Silindir içerisinde gerçekleşen yüksek basınç, yanmış gazların sıcaklıklarını daha yüksek değerlere çıkartır. Bu durum yanmış gazların yüksek sıcaklıklarda daha uzun süre kalmasına sebebiyet verir. Böylece NO_x oluşumunu arttıran etki gösterir [62].

4.5. Hidrokarbonların (HC) Oluşumu

Hidrokarbon emisyonları araçlarda üretilmesi birkaç yol ile gerçekleşir. Yakıtların içeriğinde hidrokarbonlar bulunur. Aynı zamanda karbüratör ve yakıt tankından buharlaşma sebebiyle hidrokarbon emisyonu oluşmaktadır. Yanma ürünleri içeriğinde hidrokarbon olmasının nedeni yanmanın tam olarak gerçekleşmemesidir. Zengin karışımlarda yakıtın içerisinde yeterli miktarda O₂ bulamaması nedeniyle HC oluşur. Fakir karışım olduğu zaman ise yanma odası sıcaklığının düşük olmasından dolayı meydana gelen alev sönmeleri hidrokarbon emisyon oluşumuna sebebiyet vermektedir. HC ile NO_x havada güneş ışığı birleşmesi sonucu fotokimyasal duman meydana getirir. Yaz aylarında bu durum daha belirgin olmaktadır. Yeni bir kirlenme çeşidi olarak ortaya çıkan bir durumdur.

Hidrokarbon emisyonu zehirli bir gaz özelliği göstermemektedir. Ancak bazı çeşitleri solunum yollarında tahriş edici bir özelliğe sahiptir [42].

4.6. Karbon monoksitlerin (CO) Oluşumu

CO, motorda bulunan yakıttaki karbonun tam yanma olmadığı zaman oluşan kokusuz, renksiz ve aynı zamanda zehirli bir gaz özelliğindedir. Karbon monoksit emisyonları hız ve yük değişimlerine tepki vermezken hava/yakıt karışım oranına tepkilidir. HFK, karbon monoksit oluşumunu için önemli faktördür. Zengin karışım olduğu durumlarda, yanma odasında bulunan yakıttaki karbonun tamamını CO₂ şeklinde yakacak oksijen bulunmamasından dolayı, CO oranı hızlı bir şekilde artış gerçekleştirmektedir. Buji ile ateşlemeli motorlar, kısmi yüklerde çalışırken yakıt tüketimi açısından fakir karışımlarla çalışmaktadır. Tam yüklerde ise belirli bir kurs aralığında çekilen havadan tam verim almak amacıyla zengin karışımla çalışırlar. Bu nedenle buji ile ateşlemeli motorların karbon monoksit emisyonunun kontrol edilmesi önem arz etmektedir.

Motorlu araçlardan oluşan CO emisyonları soğuk havalarda olumsuz şekilde yükselmektedir. Bu nedenle motorlu araçların soğuk havalarda çalıştırılması için ihtiyaç duyduğu yakıt daha fazla olmaktadır [63].

4.7. Aldehitlerin (C-H-O bileşikleri) Oluşumu

Aldehitler CO'ların kısmi oksidasyonu sonucu meydana gelen ürünleridir. Oluşumları düşük sıcaklık aralıklarında reaksiyonlarda gerçekleşir. Aldehitler uyuşturucu etkisi göstermekte ve keskin kokuludurlar. Bazıları kansere yol açmaktadır. Genel olarak form aldehit (HCHO) ve akrolein (C₂H₃CHO)'den oluşmaktadır. Form aldehit, dizel motorunun egzozunda meydana gelen kötü kokunun, solunum sistemini ve gözleri tahriş edici olmasının nedenidir [64].

4.8. İs ve Partiküllerin Oluşumu

İçten yanmalı motorlar oluşan isin büyük bir bölümü katı taneciklerden meydana gelmektedir. İs, dizel motorlarında oluşmaktadır ve yanmamış karbon partiküllerine denir. İs zararlı bileşenleri taşıması sebebiyle solunum sisteminde birikmesi sonucu insan sağlığına zararlı etki göstermektedir. Dizel motorları egzozundan atılan partiküller C-H zincirinden oluşmaktadır ve içeriğinde yanmamış HC'leri, oksitlenmiş HC'leri, polinükleer aromatikleri ve SO₂, NO ve H₂SO₄ gibi

inorganik bileşenleri bulundurmaktadırlar [64]. Tablo 4.1.'de dizel motoru egzoz gazlarındaki partiküllerin bileşimi görülmektedir.

Tablo 4.1. Dizel motoru egzoz gazlarındaki partiküllerin bileşimi

Partikül Bileşeni	Dizel egzoz gazındaki partikül emisyonun içeriği (ağırlık %)
Katı parçacıklar	66-82
Sıvı yakıt ve organik bileşenleri	11-15
Motor yağı ve organik bileşenleri	9-11
Kükürt bileşenleri ve su	1-11

4.9. Kükürt dioksitlerin (SO₂) Oluşumu

Kükürt dioksit, renksiz bir gaz olup, sert kokuludur. Solunum yolları, akciğer ve karaciğer hastalıklarına sebebiyet vermektedir. Su ile birleştiğinde ise H₂SO₄ (sülfirik asit) dönüşmektedir. Bu durum insan sağlığı ve çevre üzerinde olumsuz etki göstermektedir [64].

4.10. Kurşun Bileşiklerinin Oluşumu

Kurşun tetraetil gibi katkı maddelerinin, benzin yakıtının oktan sayısını arttırmak için eklenmesi nedeniyle, yanma ürünleri içerisinde kurşun bileşenlerinin oluşumuna sebebiyet vermektedir. Kurşun bileşikleri insan ve hayvanların vücuduna sindirim yoluyla ve solunum yoluyla girebilmektedir. Kurşun oksit bileşenleri, kas ve kemik dokuları, sinir sistemi, ile kan dolaşımına zarar vererek kanın oksijen soğurma yeteneğini azaltmaktadır [64].

4.11. Egzoz Gazı Emisyon Standartları

Ateşin icadı ile insan kaynaklı hava kirliliğinin başladığı kabul edilmektedir. Kömür kullanımının artmasıyla da kirlenmeler görülmüştür. İçten yanmalı motorların kullanımının artması ile fotokimyasal is oluşumu daha da artmıştır. ABD'de fotokimyasal is 1940 yılında yoğun bir şekilde görülmeye başlamıştır. İsin nedeni içten yanmalı motorlar olduğunun farkına varılması sonucu ABD'de ilk kez egzoz emisyonlarını sınırlama getirilen yasalar yürürlüğe kondu. Daha sonrasında Japonya ve Avrupa'da egzoz emisyon standartları uygulanmaya başlanılmıştır [65].

Avrupa'da Euro standartları yeniden yapılan düzenleme ile 1992 yılında yürürlüğe girmiştir. Günümüzde Euro 5 standartları yürürlüktedir. 2014 yılından itibaren Euro 6 standartları uygulanmaya başlanmıştır. Binek taşıtlar için Euro standartları Tablo 4.2. ve 4.3.'te verilmiştir [42].

Tablo 4.2. Dizel yakıtlı binek araçlar için Euro emisyon standartları

Seviye	Tarih	CO	HC	NO _x	HC + NO _x	PM
Dizel Motorlu Taşıtlar (g/km)						
Euro 1	1992	2,72(3,16)	–	–	0,97 (1,13)	0,14(0,18)
Euro 2	1996	1,0	–	–	0,7	0,08
Euro 3	2000	0,64	–	0,50	0,56	0,05
Euro 4	2005	0,5	–	0,25	0,3	0,025
Euro 5	2009	0,5	–	0,18	0,23	0,005
Euro 6	2014	0,5	–	0,08	0,17	0,005

Tablo 4.3. Benzin yakıtlı binek araçlar için Euro emisyon standartları

Seviye	Tarih	CO	HC	NO _x	HC + NO _x	PM
Benzin Motorlu Taşıtlar (g/km)						
Euro 1	1992	2,72(3,16)	–	–	0,97 (1,13)	–
Euro 2	1996	2,2	–	–	0,5	–
Euro 3	2000	2,3	0,2	0,2	–	–
Euro 4	2005	1	0,1	0,1	–	–
Euro 5	2009	1	0,1	0,1	–	0,005
Euro 6	2014	1	0,1	0,1	–	0,005

Emisyon standartları giderek daha katı hale getirilmiştir. Örneğin, dizel araçlarda Euro 5 'ten Euro 6 standartlarına geçiş sırasında NO_x emisyonlarında %55 'lik bir düşme gerçekleşmiştir [42].

5. MATERYAL VE YÖNTEMLER

5.1. Materyal

5.1.1. Deney Motorları

Bu çalışmada sıkıştırma ile ateşlemeli, tek silindirli, dört zamanlı, direkt enjeksiyon sistemine sahip hava soğutmalı, normal emişli özelliklere sahip Thorq marka TH600 model dizel motor ile tek silindirli, 4 zamanlı ve hava soğutmalı, ticari markası Altimax olan 192FE model benzinli motor kullanılmıştır. Deney motorlarının teknik özellikleri Tablo 5.1. ve Tablo 5.2.'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Dizel deney motorunun teknik özellikleri

Model	Dizel TH600
Silindir Sayısı	1
Silindir Hacmi	603
Piston Çapı x Strok	95 mm x 85 mm
Sıkıştırma Oranı	17:1
Maksimum Tork – N-m@ d/dk	35 Nm @ 2000 d/dk
Maksimum Güç – BG (kW) @ d/dk	11 Kw@ 3000 d/dk

Tablo 5.2. Benzinli deney motorunun teknik özellikleri

Motor Tipi	Tek Silindirli – 4 zamanlı – Hava Soğutmalı
Tork	12,4 / 2500 N.m/rpm
Piston Çapı x Strok	68 x 54 mm
Silindir Hacmi	196 cc
Sıkıştırma Oranı	8:5:1
Maksimum Güç – BG (kW) @ d/dk	15 (17) BG 3400 d/dk

5.1.2. Motor Dinamometresi ve Kontrol Ünitesi

Deneyler NF marka motor dinamometresi ile gerçekleştirilmiştir. Sade tasarıma sahip olan dinamometre beşik tipi bağlantısı ile boyutsal optimizasyon gerçekleştirebilmektedir. Cebri hava soğutma sistemine sahiptir. Dinamometre, doğruluk oranı yüksek dinamik simülasyon ve kontrol sağlamaktadır. Yapılan çalışmada, 7500 dev/dk motor devrine ve 80 Nm frenleme torku bulunan dinamometre kullanılmıştır. Kullanılan dinamometrenin motor test donanımında bulunan rotary encoder vasıtası ile; motor devri, motor torku ve motor gücü hassas ölçülerek veriler gerçek zamanlı olarak bilgisayara kayıt edilebilecek yapıdadır.

Diğer yandan motor test donanımı ile; içten yanmalı motorların yakıt sarfiyatı, motor yağ sıcaklığı, motor yağ basıncı, egzoz gazı sıcaklığı, ölçerek ölçülen veriler gerçek zamanlı olarak bilgisayara kaydedilebilmektedir. Dinamometre kontrol ünitesi çalışma sırasında elde edilen değerleri sınır şartlarına ulaşması durumunda kullanıcıya ikaz ederek uyarılmaktadır. Elde edilen değerleri sınır şartlarını geçmeye başladığında oluşan bu tehlikeli durumu sistemi durdurarak güvenli hale getirir. Aynı zamanda dinamometre kontrol ünitesi çalışma sırasında deney motorunun hem hızını ayarlar hemde yükünü ayarlamak gibi fonksiyonlara sahiptir.

5.1.3. Emisyon Ölçüm Cihazı

Egzoz emisyonları ölçümünde Bilsa MOD 2210 WINXP gaz analiz cihazı kullanılmıştır. Benzinli araçlar için, cihaz nondispersive infrared sistemle CO, CO₂, HC, O₂, Lambda ve AFR ölçümlerini gerçekleştirmektedir. Dizel araçlar için, cihaz opasimetrik metotla çalışır. Duman koyuluğunu K, %, gr/m³ olarak ölçmektedir. Egzoz emisyon değerlerinin ölçüm süresi 2 dakika sürmektedir. Tablo 5.3.'te egzoz emisyon cihazı teknik özellikleri bulunmaktadır.

Tablo 5.3. Egzoz emisyon cihazı teknik özellikleri

	Ölçüm Limit	Hassasiyet
CO	0-%10	%0,001
CO ₂	0-%20	%0,001
HC	0-10000	1 PPM
O ₂	0-%25	%0,01
CO Corr	0-%10	%0,001
NO _x (OPS.)	0-5000	1 PPM
Lambda	0,5-2.00	0.001
AFR	5-30	
Motor Yağ Isısı (OPS.)	0-150 °C	1 °C
Devir (RPM) (OPS.)	0-9990 d/dak.	10 d/dak.
Opasite (Pusluluk Derecesi)	%0-100	%0,1

5.1.4. Deney Yakıtları

5.1.4.1. Bitkisel Yağlar

Bitkisel yağlar da dikkate alınabilecek bir başka alternatif yakıttır. Motorlarda ayçiçek yağı, pamuk yağı, kanola yağı, ham prina yağı, soya yağı gibi ham yağların yanı sıra, bunlardan elde edilen metil esterleri de kullanılabilir. Dizel motorlarda ham yağlar kullanıldığında viskozitesinin daha yüksek olmasından dolayı püskürtülen zerrelere daha büyük olması nedeni ile buharlaşma ve yanma süresinin uzayarak

yanmanın periyodunda olması moment, güç ve verimin düşük olmasına neden olmaktadır. Isıl değerlerinin düşük olması da buna etki etmektedir. Yağ asidi metil esterleri kullanıldığında bu değerlerde iyileşme olmakta ve dizel yakıtına daha yakın değerler elde edilmektedir. Bununla beraber ham yağ kullanımında NO_x emisyonlarında düşüş görülürken yağ asidi metil esterlerinde daha yüksek NO_x değerleri elde edilmiştir [49].

Bitkisel yağların alternatif yakıt olarak kullanılmasında en önemli özelliklerinden biri de ısıl değerleridir. Bitkisel yağların ısıl değerleri yaklaşık olarak 37500 kJ/kg - 39500 kJ/kg arasında değişmektedir. Bitkisel yağların ısıl değerleri birbirlerine yakındır. Dizel yakıtının ısıl değeri 42000 - 45000 kJ/kg arasındadır. Dizel yakıtı ile bitkisel yağlarının ısıl değerleri arasında yaklaşık olarak %10 oranında bir fark vardır. Bitkisel yağların etil veya metil esterlerinin ısıl değerleri daha yüksek ve dizel yakıtına daha yakındır [50].

Bitkisel yağların yakıt endüstrisinde kullanılabilmesi için yapılan çalışmalardan birisi bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesidir. Diğer ise motor sistemi ve konstrüksiyonun değiştirilerek çalışmasıdır. Bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesinde bitkisel yağlarının viskozitelerinin azaltılması konusu çalışmaların yöneldiği konuların başındadır. Bu yapılan çalışmada ısıl ve kimyasal olmak üzere 2 metod yapılmaktadır. Isıl metotta, yakıt olarak kullanılacak olan bitkisel yağlar, ön ısıtma yapılarak sıcaklığının yükseltilmesinin sonucu viskozitelerinin azaltılması amaçlanmaktadır. Fakat yapılacak olan bu metodun hareketli bir taşıt motorunda uygulama konusunda zorluk bulunmaktadır [51].

Ham pirina yağı zeytinyağı elde edildikten sonra oluşan atık posanın birtakım işlem süreçleri sonrası elde edilen yağdır. Bu yağ yemeklik yağ olarak kullanıma uygun değildir. TS 5269 'da pirina yağının standartları verilmiştir. Tablo 5.4.'te ham pirina yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir

Tablo 5.4.Ham pirina yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri [66]

Analiz	Prina Yağı	Birimi
Asit Sayısı	0,6	mg KOH/g-oil
Yoğunluk (15 °C)	908	kg/m ³
Viskozite (40 °C)	46,27	mm ² /s
İyot Numarası	99,8	g I ₂ /100 g

Brüt Isıtma Değeri	40,49	MJ/kg
--------------------	-------	-------

5.1.4.2. Metanol

Metanol, renksiz, kokusuz, zehirli ve kimyasal formülü CH_3OH olan bir alkoldür. Motorin ve benzine kıyasla metanolün tutuşma aralığına daha geniş olan bir yakıttır. Bu nedenle depoda bulunan doymuş buhar, ortam sıcaklık aralıklarında patlama gerçekleştirme tehlikesi bulunmaktadır. İçeriğinde ağırlık olarak %49.9 oranında oksijen bulunmaktadır. Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 5.5.'de gösterilmektedir.

Metanolün gizli buharlaşma ısısı çok yüksektir. Bu durumun olması volümetrik verimi artırıcı yönde emme manifolduna dışarıdan ısı verilmiyorsa karbüratörden çıkışta buharlaşmak için yeterli ısıyı bulamayan metanol silindir içerisine sıvı fazda gireceğinden dolayı hidrokarbon emisyon değerlerini artırır. Aynı zamanda sıvı metanol yakıtın silindir yüzeylerindeki yağ filmini bozmak ile beraber, kartere gelen sıvı metanolün motor yağını da bozacağı gerçektir. Metanolün güvenilirliği ile ilgili de bazı problemler vardır. Metanolün yanma ve yakıcılık özelliği olması bu problemlerden biridir. Metanolün görünmez alev ile yanması da diğer problemlerdir. Açık ortamda bulunan metanol su ile çok kolay bir şekilde karışabildiğinden, atmosfer ile suya karışıp metanol-su karışımı ortaya çıkmaktadır. Bu karışım korozif özellikte olmasından dolayı, metanol depolanırken standart çelik tanklar kullanılamaz, bunun yerine korozyona dayanıklı paslanmaz çelik tanklar kullanılmaktadır. Metanol aynı zamanda iyi bir çözücü maddedir. Bu yüzden sızdırmazlık malzemeleri seçilirken dikkat edilmelidir [53,54]

Tablo 5.5. Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri [55].

Kimyasal Denklemi	CH_3OH
C/H Oranı	0,25
Molekül Ağırlığı	32,04
Yoğunluk (g/cm^3) sıvı	0,79
Isıl Değeri (MJ/kg) (MJ/L)	20,1 15,9
Stokiyometrik Karışım hava/yakıt (kütlesel) hava/ yakıt (hacimsel)	6,44 7,14
Buharlaşma Isısı (MJ/kg)	1,10
Tutuşma Sınırları % (hacimsel), Hava Fazlalık Katsayısı	6 – 37 0,24 –2,22
Laminar Alev Hızı (m/s)	0,52
Adyabatik Alev Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	1878
Kaynama Noktası ($^{\circ}\text{C}$)	65,1
Donma Noktası ($^{\circ}\text{C}$)	-97,6

Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı (°C)	470
Oktan Sayısı ROS (Araştırma Oktan Sayısı)	110

Metanol yakıtın benzin yakıtına göre enerji yoğunluğu düşüktür. Bu sebeple benzin yakıtıyla gidilen mesafede aynı enerji miktarının elde etmek için metanol yakıt kullanımına daha fazla ihtiyaç vardır. Bunun sonucunda metanol yakıt tanklarının kapasiteleri daha fazla olması gerekmektedir. Bu nedenle araçlarda depoların kapasiteleri artırılması gerekli olup ve yer kaybına neden olmakla beraber, araçlarda daha fazla ağırlığın taşınmasına sebebiyet verecektir. Ayrıca dizel yakıtın verdiği enerjiye yakın enerji elde edebilmek için standart yakıt pompalarının kapasitesi yetmeyeceğinden dolayı daha fazla oranda metanolün püskürtülmesi gerekir[56]. Metanolün petrol türevli yakıtlara göre ısı değeri daha düşük olup buharlaşma ısısı daha yüksektir. Buharlaşma sırasında emme manifoldundan çektiği ısı daha yüksek olması soğukta çalışma sırasında kalkış zorluğu olmaktadır.

Metanolün benzinle karıştırılarak kullanılmasında faz ayrışması olması en önemli sorunlardan biridir. Alkollerin higroskopik özelliğinden dolayı, benzin, alkol, sudan oluşan üçlü bir karışım homojen olarak elde edilememektedir. Motor yakıtı olarak kullanılması sırasında iki ayrı sıvı fazı gerçekleşmektedir. Bu faz ayrışmasında, üst faz benzin yakıtı, alt faz ise alkol yakıtı bakımından zengin olmaktadır. Ayrışmış faz karışımla çalışan bir motorda, alkol fazı tek basına motora ulaştığı sırasında yakıt yetersizliği ve gücün aniden düşmesine nedeniyle, motorda tekleme, sarsıntılar ve ilk hareket zorlukları gerçekleşmektedir. Metanol ve benzin karışımlarında faz ayrışması; alkol, su miktarı, ortam sıcaklığı ve benzinin bileşimi gibi faktörlere bağlı olarak değişmekte ve genel olarak sıcaklık düştükçe faz ayrışması durumu artmaktadır. % 5–20 metanol içeren alkollü karışımların faz ayrışma sıcaklığının değişimi üzerinde yapılan bir incelemede; üçlü karışımdaki su miktarının artması ile faz ayrışma sıcaklığının yükseldiği, benzinin içerisindeki aromatik hidrokarbonların artması ile faz ayrışma sıcaklığının düştüğü, ayrıca metanol miktarının artması ile faz ayrışma sıcaklığının yükseldiği belirlenmiştir [57].

5.1.4.3. Etanol

Kimyasal formülü C_2H_5OH olan etanol renksiz, saydam hafif kokuludur ve motor özellikleri açısından metanol ile benzer özellikler göstermektedir. Buharlaşma gizli ısısı metanole kıyasla daha düşüktür. Buharlaşma sırasında emme

manifoldundan çektiği ısı daha düşük olması soğukta çalışma sırasında kalkış kolaylığı olmaktadır.

Tablo 5.6.'da benzin ve etanolün özellikleri verilmiştir. Etanol özelliklerine bakıldığında, düşük ısı değeri sahip olması ve yüksek buharlaşma ısısı özellikleri sebebiyle çekilen taze karışıma soğutma etkisi oluşturabilmektedir. Bu durumda motorun volümetrik veriminin artmasına sebebiyet verebilir. Etanol ile çalışan motorların etanol yakıtın yüksek volümetrik verim özelliği nedeniyle motor momenti ve motor gücü yüksek çıkabilir. Taze dolgu sıcaklığının düşmesi ve motorun fakir yakıt karışımları ile çalıştırılması gibi sebeplerle önemli egzoz emisyonlarında düşüşler gerçekleşebilir [59].

Ayrıca, soğuk havalarda çalışan etanol yakıtın yüksek buharlaşma ısısının olması ve düşük buhar basıncı buharlaşma gerçekleşmesi motorlarda sorunlara sebebiyet verebilir. Yeterli buharlaşmayı sağlamak amacıyla etanol yakıtına karışım yakıtlarına buharlaşmayı arttırıcı katkı maddelerinin ilave edilmesi gerekmektedir.

Tablo 5.6. Benzin ve etanolün özellikleri [59].

Özellikler	Benzin	Etanol
Kimyasal denklemi	C_2H_5OH	C_8H_{18}
C/H oranı	0,333	0,445
Molekül ağırlığı(kg/kmol)	46	114,18
Alt ısı değeri(kJ/kg)	26,9 x 103	44,3 x 103
Stokiyometrik H/Y oranı	9	14,6
Buhar basıncı (kPa, 23.5°C)	17	60-90
Kendi kendine tutuş. sic.(°C)	425	257
Araştırma oktan sayısı	106	91-100
Motor oktan sayısı	89	82-94

5.2. Deney Yakıtları Karışım Oranları

Yapılan deneysel çalışmada standart saf kurşunsuz benzin ve alkoller (Metanol, Etanol) kullanılmıştır. Karışımlar hacimsel olarak kurşunsuz benzine %5, %10, %15 ve %20 oranlarında metanol ve etanol ilave edilerek oluşturulmuştur. Motorin yakıtına da ham prina yağı hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında ilave edilerek deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan yakıtlar ve karışım oranları Tablo 5.7.'de verilmiştir.

Tablo 5.7. Deney yakıtları ve karışım oranları

Benzin-Metanol Karışımı
% 100 benzin
MTNL5 (%95 benzin- %5 metanol karışımı)
MTNL10 (%90 benzin- %10 metanol karışımı)
MTNL15 (%85benzin - %15 metanol karışımı)
MTNL20 (%80 benzin - %20 metanol karışımı)
Benzin-Etanol Karışımı
% 100 benzin
ETNL5 (%95 benzin - %5 etanol karışımı)
ETNL10 (%90 benzin - %10 etanol karışımı)
ETNL15 (%85benzin - %15 etanol karışımı)
ETNL20 (%80 benzin - %20 etanol karışımı)
Motorin-Ham Prina Karışımı
% 100 motorin
PRN5 (%95 motorin - %5 ham prina karışımı)
PRN10 (%90 motorin - %10 ham prina karışımı)
PRN15 (%85motorin - %15 ham prina karışımı)
PRN20 (%80 motorin - %20 ham prina karışımı)

5.3. Yöntemler

Deneyler Celal Bayar Üniversitesi Akhisar Meslek Yüksekokulu Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü Otomotiv Teknolojisi Programı laboratuvarında yapılmıştır. Bu çalışmada dizel ve benzinli motorun çalışır hale getirilmesi ve alternatif yakıt dizel yakıtına bitkisel yağ olarak ham prina yağı ve benzin yakıtına alkoller (etanol ve metanol) çeşitli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) ilave edilip motorların performansları ve egzoz emisyonları üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

Yapılan çalışmada her test öncesinde motor çalıştırılarak, motor sıcaklıkları ve yağ sıcaklıkları kontrol edilip, motorun rejim sıcaklığına ulaşması sağlanmıştır. Bu süreç sonrası dizel motorunda 1000 dev/dk'dan 3400 dev/dk'ya kadar 100 dev/dk aralıklarla önce dizel yakıtı motorin için ölçümler alınmış daha sonra karışım yakıtları %5 Ham Prina Yağı + %95 Motorin, %10 Ham Prina Yağı + %90 Motorin, %15 Ham Prina Yağı + %85 Motorin, %20 Ham Prina Yağı + %80 Motorin yakıtları ile ölçümler tekrarlanmıştır.

Dizel motorunda yapılan çalışmalar tamamlandıktan sonra benzinli motorun montajı yapıp tekrar her test öncesinde motor çalıştırılarak, soğutma suyu sıcaklığı

ve yağ sıcaklıkları kontrol edilip, motorun rejim sıcaklığına ulaşması sağlanmıştır. Bu süreç sonrası benzinli motorda 1300 dev/dk'dan 3600 dev/dk'ya kadar 100 dev/dk aralıklarla benzinli yakıt için ölçümler alınmış daha sonra hazırlanan benzinli karışım yakıtları için de Etanol ve Metanol ayrı ayrı olacak şekilde %5 Alkol + %95 Benzin, %10 Alkol + %90 Benzin, %15 Alkol + %85 Benzin, %20 Alkol + %80 Benzin yakıtları ile ölçümler tekrarlanmıştır.

Her iki yakıt cinsi için egzoz emisyon ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm yapılmadan önce Bilsa marka emisyon ölçüm cihazı uzaktan internet bağlantısı sağlanarak firma tarafından cihaza yazılım ve kalibrasyon güncellemesi yapılmıştır. Her ölçümde değerler belli bir sabitliğe ulaşması beklenip ardından ölçüm değerleri alınarak sonuçlar elde edilmiştir.

6. DENEYLERE İLİŞKİN ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR

6.1. Motor Deneplerinde Hesaplanan Büyüklükler

6.1.1. Motor Momenti

Denepler sırasında kullanılan elektrikli dinamometrenin rotoru motor krank miline bağlanmıştır. Statoru ise, rahatlıkla dönebilen yataklar üzerindedir. Motor yükte çalıştığı sırada kuvvet değerleri dinamometreye 1 mt uzaklıktaki yük hücrelerinden okunmuştur. Böylece motor momenti aşağıda eşitlikten (6.1)'den hesaplanmaktadır.

$$M_e = F \cdot l \text{ [Nm]} \quad (6.1)$$

6.1.2. Efektif Güç

Moment değeri ve açısal hız kullanılarak motorun efektif gücü aşağıda verilen eşitlik (6.2) ve (6.3)'den hesaplanmaktadır.

$$P_e = \frac{M_e \cdot \omega}{1000} \quad [\text{kW}]$$

ve açısal hız ise eşitlik (6.3) yardımıyla hesaplanabilmektedir.

6.1.3. Özgül Yakıt Tüketimi

Özgül yakıt tüketimi deneplerde birim yük başına tüketilen yakıt miktarına denir. Özgül yakıt tüketiminin hesaplanmasında aşağıdaki denklem (6.2) kullanılmıştır.

$$b_e = \frac{\dot{V} \cdot \rho \cdot 3600}{P_e}$$

b_e = özgül yakıt tüketimi (g/kWh)

\dot{V} = Saniyede geçen yakıt hacmi (cm^3/sn)

ρ = Yakıtın yoğunluğu (g/cm^3)

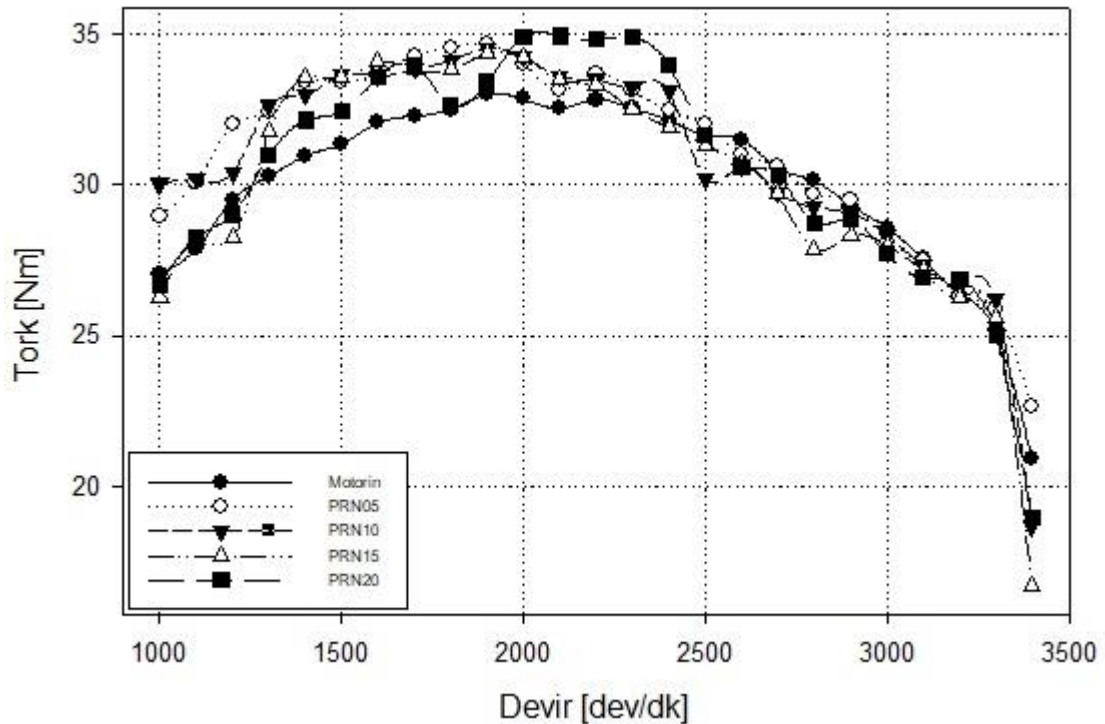
7. DENEYSEL BULGULAR VE SONUÇLAR

7.1. Motorin Yakıtıyla Yapılan Çalışmalar

7.1.1. Ham Prina Yağı Motor Performans Sonuçları

Şekil 7.1. ve 7.2.'de motorine belirli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) ham prina yağı ilavesinin motor hızına bağlı olarak motor tork ve gücündeki değişimi görülmektedir.

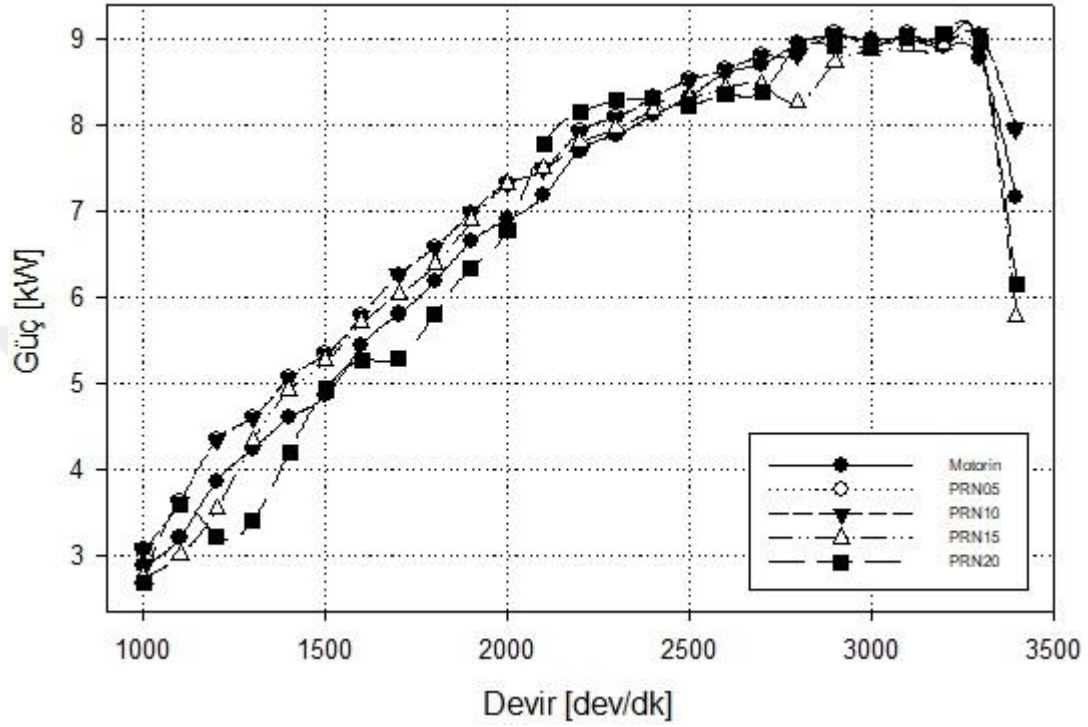
Motorin ve karışım yakıtları incelendiğinde; düşük motor hızlarında momentin düşük çıktığı, motor hızının artmasıyla motor momentinin de arttığı fakat bir maksimum noktasına ulaştıktan sonra tekrar düştüğü görülmektedir. Deneysel verilere göre, 2000 dev/dk'da maksimum tork değeri, motorin yakıtı ile 32.84 Nm, PRN05 yakıtı ile 34.02 Nm, PRN10 yakıtı ile 34.24 Nm, PRN15 yakıtı ile 34.21 Nm ve PRN20 yakıtı ile 34.99 Nm olduğu tespit edilmiştir. Buna göre maksimum tork devrinde motorine göre PRN05, PRN10, PRN15 ve PRN20 karışımlı yakıtta sırasıyla %3.58, %4.26, %4.16 ve %6,32 oranında bir tork artışı sağlanmıştır.



Şekil 7.1. Motorin ve Ham Prina Yağı Devir-Tork Grafiği

Deneysel verilere göre, 3000 dev/dk'da maksimum güç değeri, motorin yakıtı ile 9 kw, PRN05 yakıtı ile 8.93 kw, PRN10 yakıtı ile 8.96 kw, PRN15 yakıtı ile 8.86

kw ve PRN20 yakıtı ile 8.93 kw çıktığı görülmüştür. Maksimum güç devirlerinde ise motorine göre PRN05, PRN10, PRN15 ve PRN20 karışimli yakıtta sırasıyla %0.84, %0.48, %1.55 ve %0.77 oranında güçlerde düşüş gerçekleşmiştir. Bu değerlere bakıldığında güç değişimleri, motorine yakın değerler çıktığı görülmüştür.

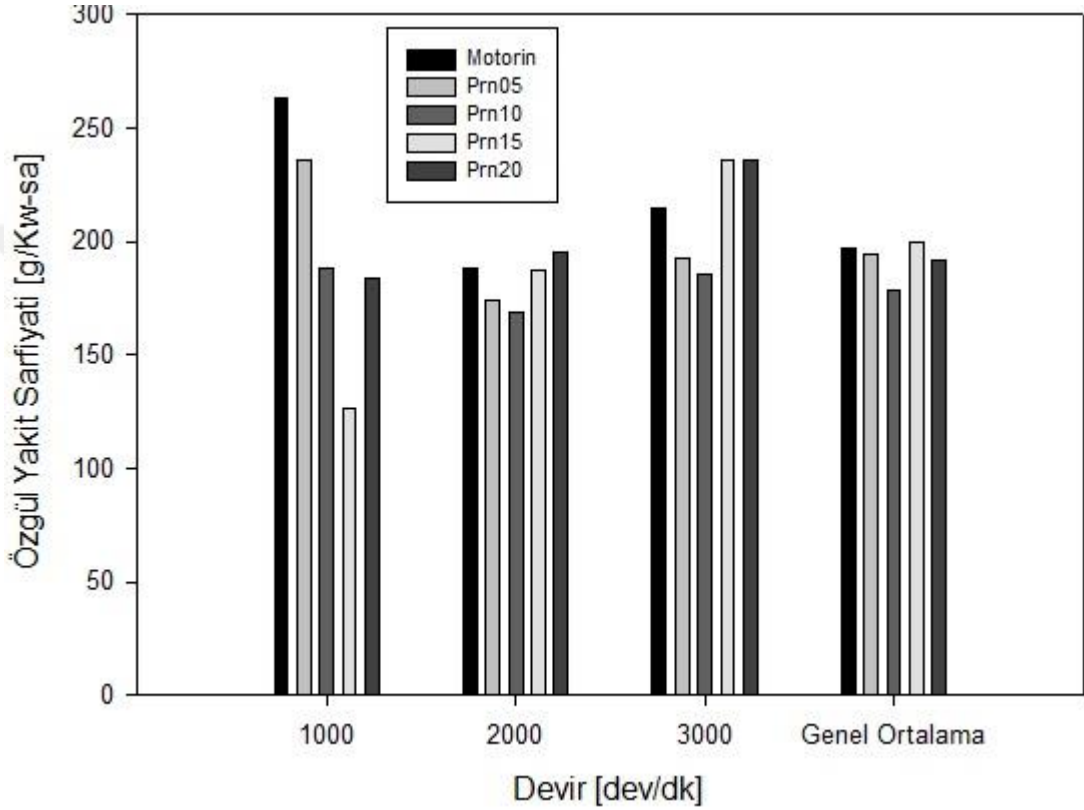


Şekil 7.2. Motorin ve Ham Prina Yağı Devir-Güç Grafiği

Şekil 7.3.'te motorine ham prina yağı ilaveli yakıtların motor devrine bağlı olarak özgül yakıt tüketimine etkisi görülmektedir. Tablo 7.1.'de 1000 dev/dk'da en fazla özgül yakıt tüketimi 263.2 g/kw-sa ile motorin yakıtında olduğu gözlemlenmiştir. Maksimum torkun elde edildiği 2000 dev/dk'da en fazla özgül yakıt tüketimi 195.5 g/kw-sa ile PRN20 karışimli yakıtta ve maksimum gücün elde edildiği 3000 dev/dk'da en fazla özgül yakıt tüketimi 236.1 g/kw-sa ile PRN15 karışimli yakıtta elde edilmiştir. Ortalama özgül yakıt tüketim değerlerinde motorine göre PRN10 yakıtında %9.6 oranında düşüş gerçekleşirken diğer yakıtlarıda motorine yakın değerler elde edilmiştir. Ham prina yağı ilavesi motorin yakıtının ısı değerini düşürmesinden dolayı özgül yakıt tüketim değerlerinde artış olması beklenmektedir.

Tablo 7.1. Motorin-Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları Özgül Yakıt Tüketim Değerleri

	Motorin	PRN05	PRN10	PRN15	PRN20
1000 dev/dk	263.28	236.18	188.25	126.23	183.46
2000 dev/dk	187.78	174.36	168.51	186.96	195.56
3000 dev/dk	214.43	192.4	185.22	236.14	235.39
Genel Ortalama	197.36	194,01	178.38	199.52	191.76



Şekil 7.3. Motorin ve Ham Prina Yağı Devir-Özgül Yakıt Sarfıyatı Grafiği

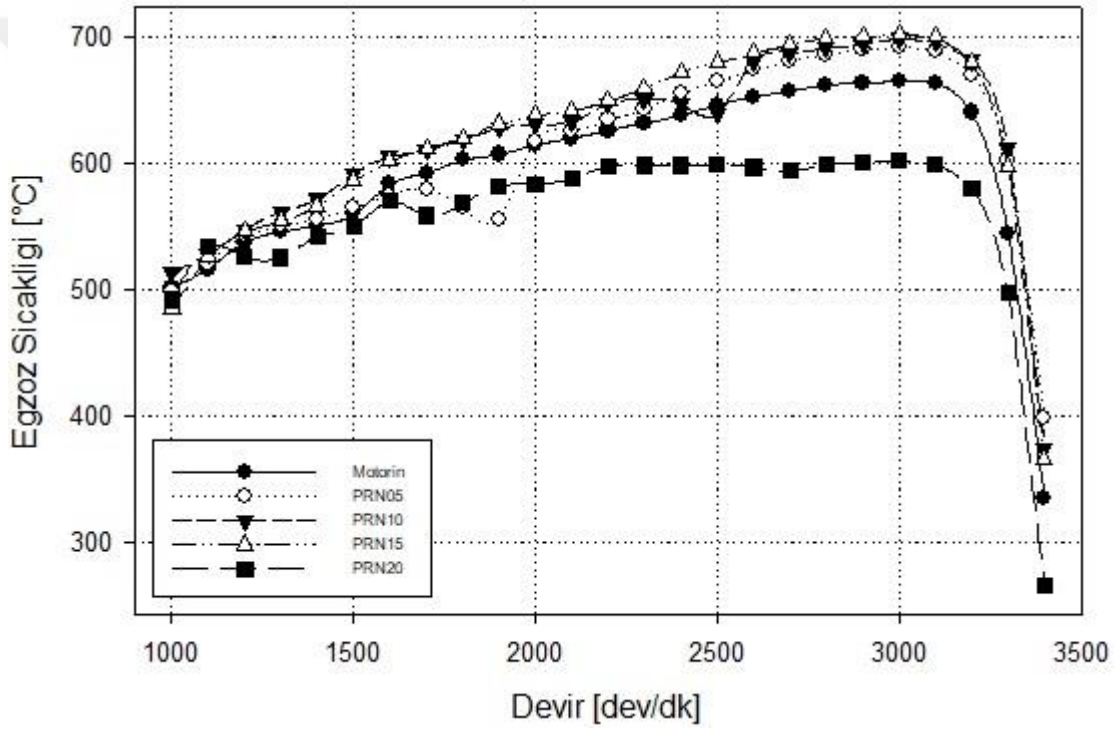
Şekil 7.4.'te deneysel çalışmada kullanılan ham prina yağı için dizel motorunun egzoz gaz sıcaklıkları devir yükseldikçe egzoz sıcaklıkları artış eğiliminde olmaktadır.

Tablo 7.2.'de 1000 dev/dk'da egzoz sıcaklıkları değerleri karışım yakıtlarının motorin yakıtına yakın olduğu gözlemlenmiştir. Maksimum torkun elde edildiği 2000 dev/dk'da egzoz sıcaklıkları motorin yakıtına göre PRN15 yakıtında 637.7 °C ile %3.8 oranında en fazla artış görülürken, PRN20 yakıtında 583.6 °C ile %4.9 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Maksimum gücün elde edildiği 3000 dev/dk'da PRN10 yakıtında 701.2 °C ile %5.4 oranında en fazla artış görülürken, PRN20

yakıtında 601.8 °C ile %9.5 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Ortalama egzoz sıcaklığı değerlerinde motorine göre en yüksek değer PRN15 yakıtında 619.4 °C ile %4.2 oranında artış gerçekleşirken PRN20 yakıtında 557.9 °C ile %6 oranında düşüş gerçekleşmiştir.

Tablo 7.2. Motorin-Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları Egzoz Sıcaklıkları Değerleri

	Motorin	PRN05	PRN10	PRN15	PRN20
1000 dev/dk	502	498.2	513.6	484	492.2
2000 dev/dk	614	617.4	630.9	637.7	583.6
3000 dev/dk	665	691.6	698.2	701.2	601.8
Genel Ortalama	594.1	605.1	617.3	619.4	557.9



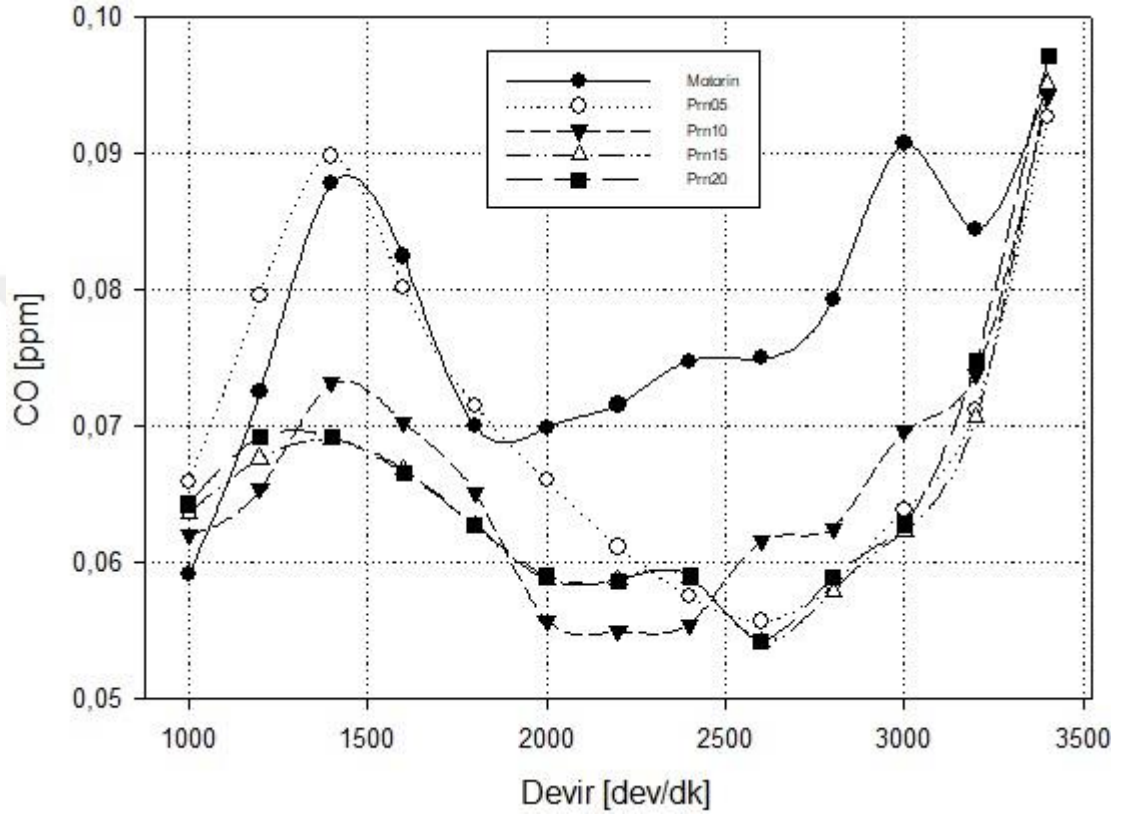
Şekil 7.4. Motorin ve Ham Prina Yağı Devir-Egzoz Sıcaklığı Grafiği

7.1.2. Ham Prina Yağı Egzoz Emisyon Sonuçları

Şekil 7.5.'te motorine belirli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) ham prina yağı ilavesinin CO emisyonlarına etkisi motor devrine bağlı olarak değişimi görülmektedir. Motorine ham prina yağı ilave edilmesiyle CO emisyonları azaldığı görülmüştür.

Tablo 7.3. Motorin-Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları CO Değerleri

	Motorin	PRN05	PRN10	PRN15	PRN20
1000 dev/dk	0.059	0.066	0.062	0.064	0.064
2000 dev/dk	0.070	0.066	0.056	0.059	0.059
3000 dev/dk	0.091	0.064	0.07	0.062	0.063
Genel Ortalama	0.078	0.070	0.066	0.065	0.066



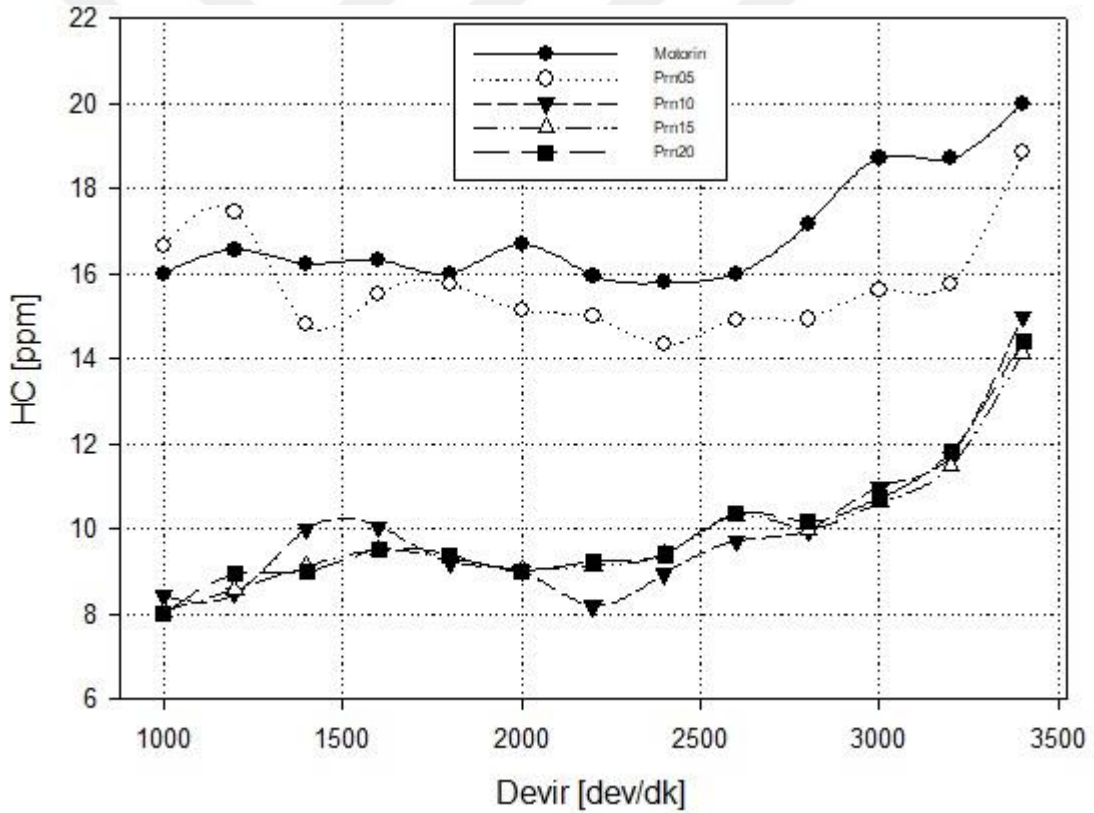
Şekil 7.5. Motorin ve Ham Prina Yağı CO Grafiği

Şekil 7.6.'da motorine belirli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) ham prina yağı ilavesinin HC emisyonlarına etkisi motor hızına bağlı olarak değişimi görülmektedir. Deneylerde 1000 dev/dk'daki değerlere bakıldığında 16.647 ppm ile PRN05 yakıtı motorin yakıtına yakın çıktığı görülmüştür. PRN10, PRN15 ve PRN20 yakıtları sırasıyla 8.46 ppm, 8.06 ppm ve 8 ppm çıktığı görülmüştür. Böylelikle PRN10, PRN15 ve PRN20 yakıtlarında 1000 dev/dk'da %47'lik gibi bir oranda düşüş gerçekleşmiştir. 2000 dev/dk'da PRN05 yakıtında %9.38 oranında düşüş görülürken PRN10, PRN15 ve PRN20 yakıtlarında %46 oranında bir düşüş gerçekleşmiştir. 3000 dev/dk'da motorin yakıtına göre PRN05 yakıtında %16.5, PRN10 yakıtında %41.2, PRN15 yakıtında %43.2 ve PRN20 yakıtında %42.6 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Ortalama HC emisyon değerlerine bakıldığında tüm

yakıt değerlerinde düşüş görülmektedir. HC emisyonları da CO emisyonlarında olduğu gibi silindir içerisine alınan yakıtın eksik yanmasından kaynaklanmaktadır. Motor devrinin artmasıyla daha iyi bir yanma gerçekleşmesinden dolayı motor devri arttıkça HC emisyonları düşecektir. HC emisyonlarını yanmadan çıkan yakıt atomları oluşturmaktadır. Motorine ham prina yağı ilave edilmesiyle HC emisyonları azaldığı görülmüştür.

Tablo 7.4. Motorin-Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları HC Değerleri

	Motorin	PRN05	PRN10	PRN15	PRN20
1000 dev/dk	16.000	16.647	8.416	8.062	8.000
2000 dev/dk	16.692	15.125	9.000	9.052	9.000
3000 dev/dk	18.714	15.615	11	10.615	10.727
Genel Ortalama	16.933	15.747	9.974	9.901	9.996

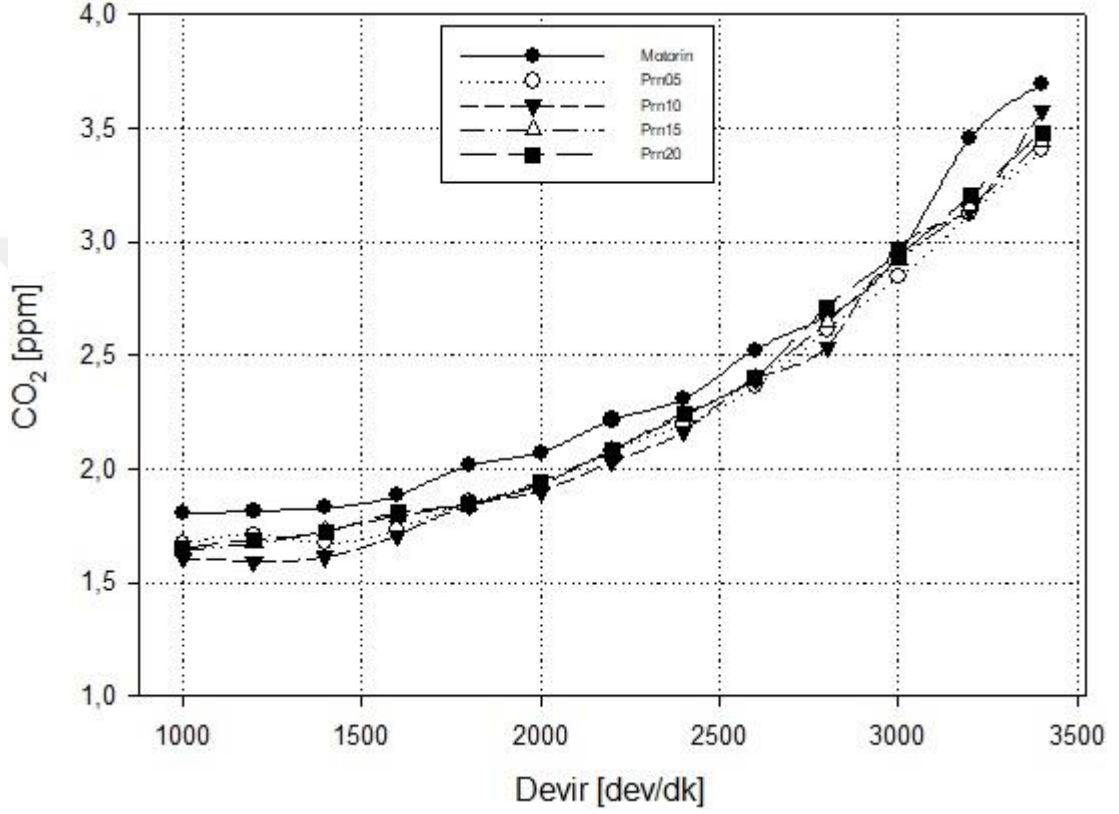


Şekil 7.6. Motorin ve Ham Prina Yağı HC Grafiği

Şekil 7.7. 'de test yakıtlarının CO₂ emisyonu grafiğini göstermektedir. CO₂ emisyonu tam yanma gerçekleştiğinin göstergesidir. Grafik incelendiğinde deney yakıtlarının CO₂ emisyonu değerleri devir arttıkça artmakta ve 3400 dev/dk'da motor hızında tüm karışım yakıtları ve motorin için maksimum değere ulaşmıştır.

Tablo 7.5. Motorin-Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları CO₂ Değerleri

	Motorin	PRN05	PRN10	PRN15	PRN20
1000 dev/dk	1.803	1.668	1.606	1.641	1.650
2000 dev/dk	2.070	1.936	1.900	1.931	1.944
3000 dev/dk	2.940	2.843	2.980	2.921	2.943
Genel Ortalama	2.400	2.244	2.236	2.267	2.286

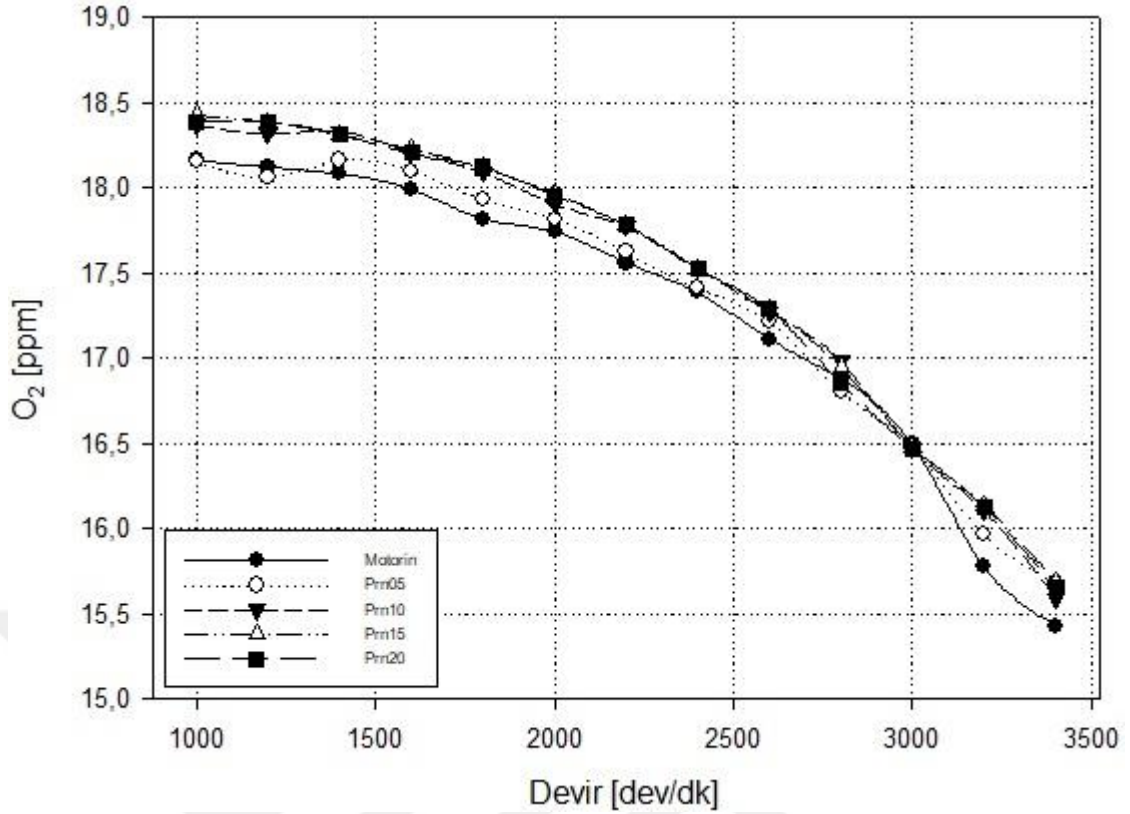


Şekil 7.7. Motorin ve Ham Prina Yağı CO₂ Grafiği

Şekil 7.8.'de test yakıtlarının O₂ emisyonu grafiğini göstermektedir. Deneysel verilere bakıldığında her devir aralıklarında ve ortalama O₂ emisyon değerleri motorin yakıtına göre karışım yakıtları yakın değerler vermektedir.

Tablo 7.6. Motorin-Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları O₂ Değerleri

	Motorin	PRN05	PRN10	PRN15	PRN20
1000 dev/dk	18.162	18.153	18.370	18.424	18.389
2000 dev/dk	17.743	17.818	17.900	17.964	17.953
3000 dev/dk	16.490	16.478	16.465	16.480	16.471
Genel Ortalama	17.272	17.337	17.456	17.483	17.465

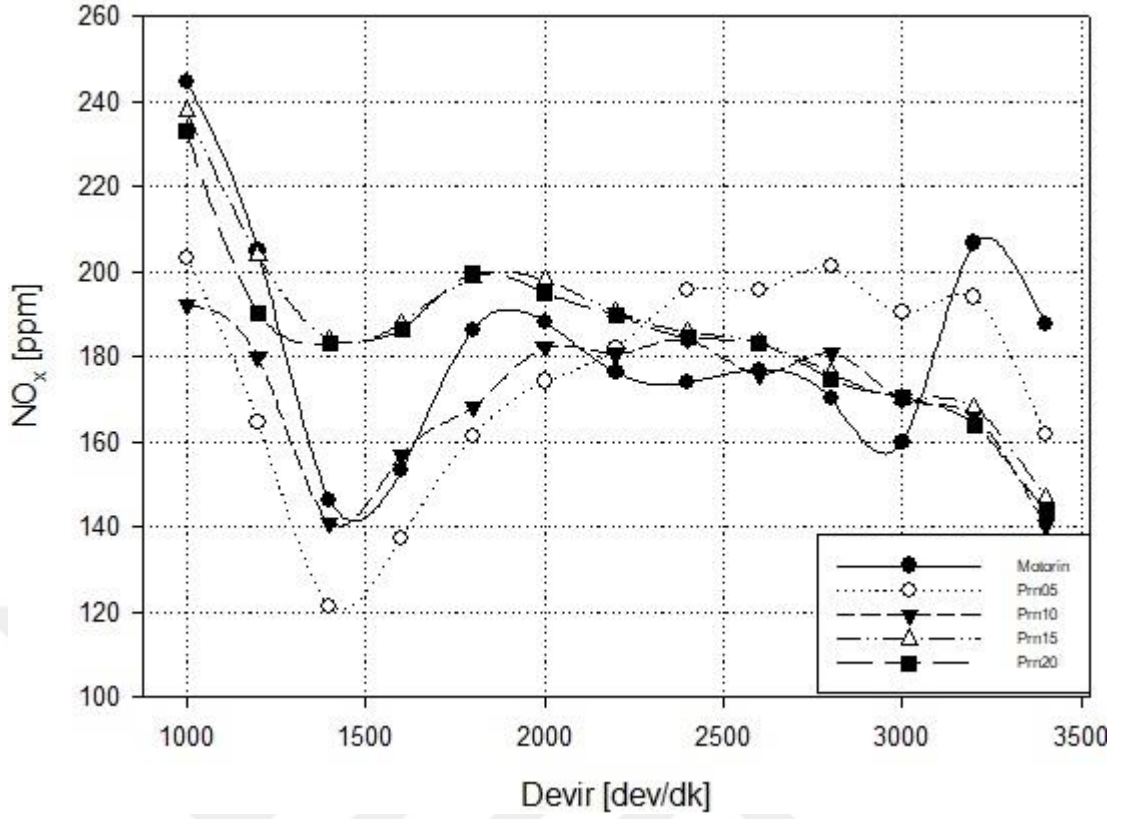


Şekil 7.8. Motorin ve Ham Prina Yağı O₂ Grafiği

Şekil 7.9.'da motorine belirli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) ham prina yağı ilavesinin NO_x emisyonlarına etkisi motor hızına bağlı olarak görülmektedir. 1000 dev/dk'da tüm karışım yakıtlarında sırasıyla motorine göre %16.9, %21.4, %2.8 ve %4.7 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Maksimum tork değeri elde edilen 2000 dev/dk'da ise tüm karışım yakıtlarında motorine göre NO_x emisyonlarında PRN05 yakıtında %7.4 ve PRN10 yakıtında %3 oranında düşüş gerçekleşirken PRN15 yakıtında %5.2 ve PRN20 yakıtında %3.6 oranında artış gerçekleşmiştir. Maksimum güç değerleri elde edilen 3000 dev/dk'da ise tüm yakıt karışımlarında motorine göre PRN05 yakıtında %19, PRN10 yakıtında %6.3, PRN15 yakıtında %6.6 ve PRN20 yakıtında %6.5 oranında artış gerçekleşmiştir. Ortalama NO_x emisyonlarında ise motorine göre değerler yakın gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Tablo 7.7. Motorin-Ham Prina Yağı Karışım Yakıtları NO_x Değerleri

	Motorin	PRN05	PRN10	PRN15	PRN20
1000 dev/dk	244.543	203.036	192.116	237.556	232.960
2000 dev/dk	118.117	174.197	182.340	198.060	195.008
3000 dev/dk	159.837	190.299	169.969	170.488	170.383
Genel Ortalama	182.690	175.570	170.630	187.041	184.435

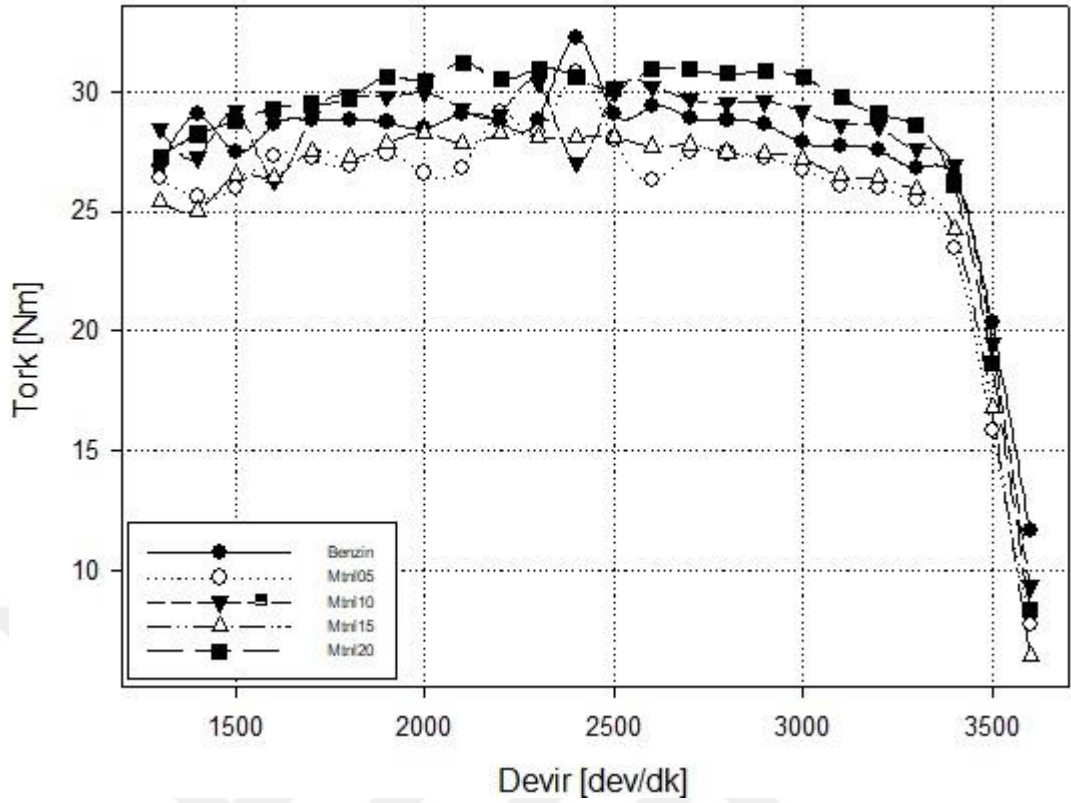


Şekil 7.9. Motorin ve Ham Prina Yağı NO_x Grafığı

7.2. Benzin Yakıtıyla Yapılan Çalışmalar

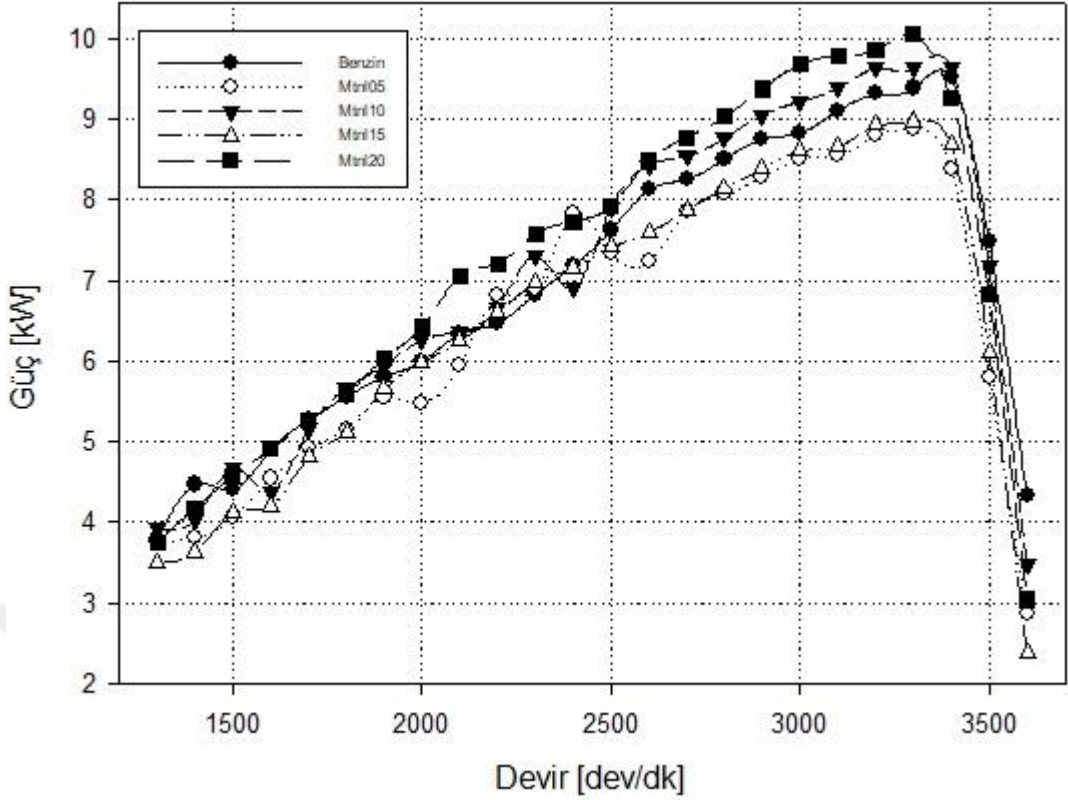
7.2.1. Metanol İle Yapılan Motor Performans Sonuçları

Şekil 7.10'de metanol ve benzinle olan çalışmaların, farklı devirlerde motor momenti değişimleri görülmektedir. Tork grafiği incelendiğinde benzin ve farklı oranlarda metanol karışımlarında maksimum momentin 2500 dev/dk'da elde edildiği görülmüştür. 2500 dev/dk'da benzin 29.08 Nm, MTNL05 yakıt 28 Nm, MTNL10 yakıt 29.95 Nm, MTNL15 yakıt 28.09 Nm ve MTNL20 yakıt 30.1 Nm elde edilmiştir. Yüzde değişimlerine bakılırsa MTNL05 yakıtında %3.78 ve MTNL15 yakıtında %3.39 oranında düşüşler gerçekleşmiştir. Buna rağmen MTNL10 yakıtında ve MTNL20 yakıtında sırasıyla %3 ve %3.5 oranında tork artışı gerçekleşmiştir.



Şekil 7.10. Benzin ve Metanol Devir-Tork Grafiği

Şekil 7.11’de benzin ve farklı oranlarda metanol karışımların devire bağlı güç değişimleri gösterilmektedir. Motor gücü maksimum noktayı birim zamanda içeri alınan maksimum yakıt hava karışımının olduğu devir aralığında yakalar. Grafik incelendiğinde bu çalışmada maksimum gücün 3400 dev/dk’da olduğu görülmektedir. 3400 dev/dk’da elde edilen güç değerleri benzin yakıtında 9.53 kw, MTNL05 yakıtında 8.38 kw, MTNL10 yakıtında 9.64 kw, MTNL15 yakıtında 8.68 kw ve MTNL20 yakıtında 9.27 kw’dır. Bu değerlere bakıldığında karışım yakıtları benzin yakıtına göre MTNL05 yakıtı %12, MTNL15 yakıtı %8.9 ve MTNL20 yakıtı %2.7 oranında düşüş yaşanırken MTNL10 yakıtında %1.1 oranında güç artışı gerçekleşmiştir.

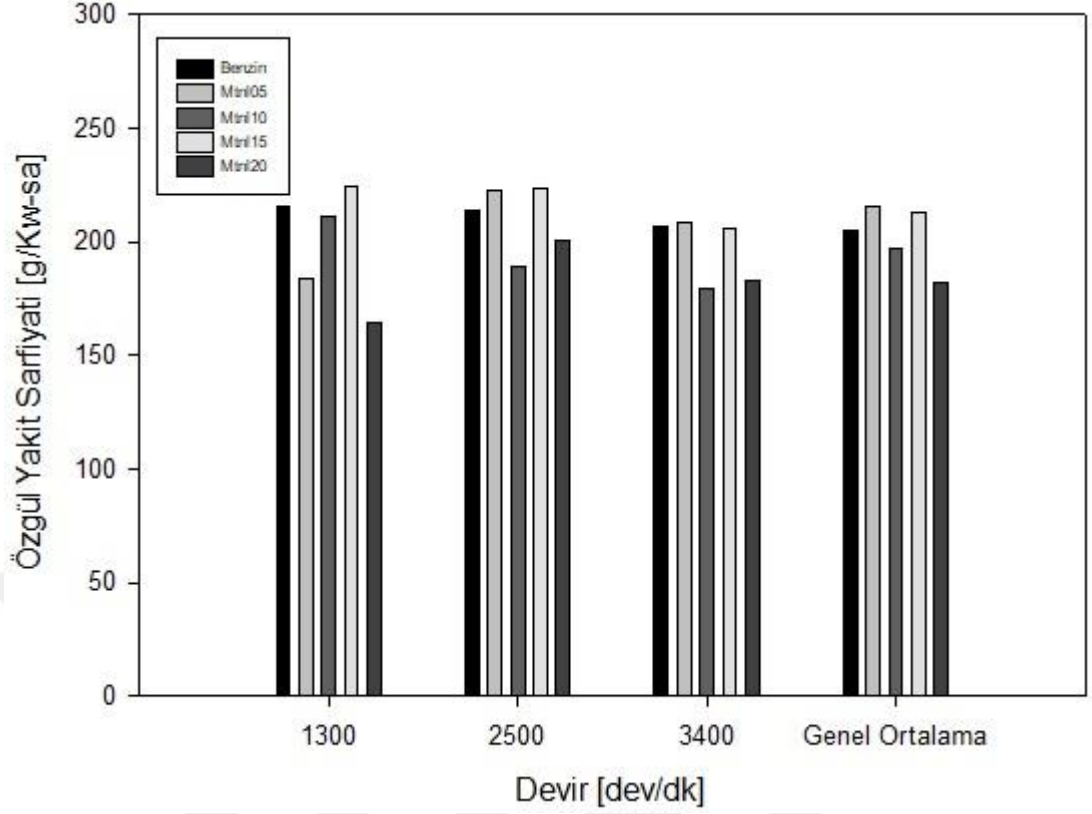


Şekil 7.11 Benzin ve Metanol Devir-Güç Grafiği

Şekil 7.12.'te benzine metanol ilaveli yakıtların motor devrine bağlı olarak özgül yakıt tüketimine etkisi görülmektedir. Tablo 7.8.'de 1300 dev/dk'da en fazla özgül yakıt tüketimi 224.80 g/kw-sa ile MTNL15 yakıtında olduğu gözlemlenmiştir. Maksimum torkun elde edildiği 2500 dev/dk'da en fazla özgül yakıt tüketimi 223.22 g/kw-sa ile MTNL15 yakıtında, en düşük özgül yakıt tüketimi 188.82 g/kw-sa ile MTNL10 yakıtında gerçekleşmiştir. Maksimum gücün elde edildiği 3400 dev/dk'da en fazla özgül yakıt tüketimi 208.46 g/kw-sa ile MTNL05 karışımli yakıtta, en düşük tüketim ise 179.02 g/kw-sa ile MTNL10 yakıtında elde edilmiştir. Ortalama özgül yakıt tüketim değerlerinde motorine göre MTNL05 yakıtında %5 ve MTNL15 yakıtında %3.9 oranında artış görülürken, MTNL10 yakıtında %4, MTNL20 yakıtında ise %11.2 oranında düşüş gerçekleşmiştir.

Tablo 7.8. Benzin-Metanol Karışım Yakıtları Özgül Yakıt Tüketim Değerleri

	Benzin	MTNL05	MTNL10	MTNL15	MTNL20
1300 dev/dk	215.091	184.035	211.217	224.805	164.180
2500 dev/dk	213.477	222.843	188.826	223.226	200.164
3400 dev/dk	206.764	208.467	179.022	205.688	182.490
Genel Ortalama	205.148	215.438	196.800	213.219	182.008

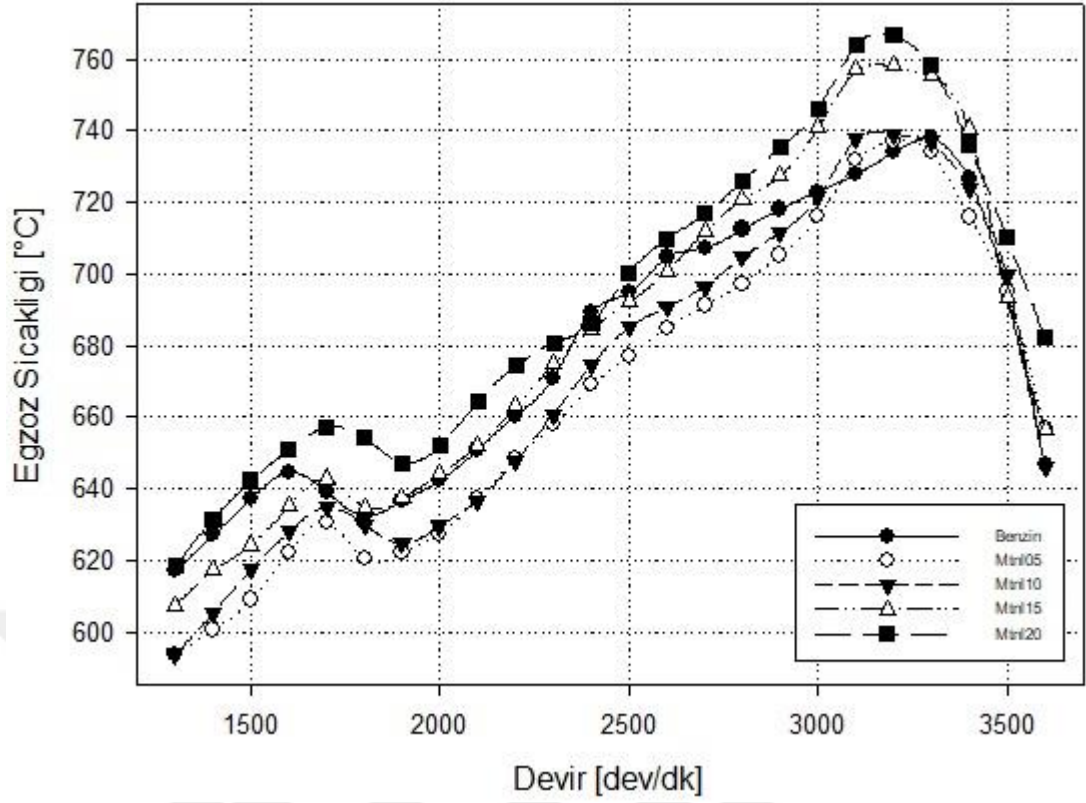


Şekil 7.12. Benzin ve Metanol Devir-Özgül Yakıt Sarfıyatı Grafiği

Şekil 7.13.'de benzin ve metanol karışımlarının artan devirlerde egzoz gazı sıcaklığı değişimleri gösterilmiştir. Metanol kullanımı ile tutuşma gecikmesinin bir miktar kısılması ve yanmanın daha erken başlaması yanma süresini de kısalttığından egzoz gaz sıcaklığının arttığı düşünülmektedir. Testler sonucunda metanol kullanımının benzine göre egzoz gazı sıcaklığını arttığı görülmektedir.

Tablo 7.9. Benzin-Metanol Karışım Yakıtları Egzoz Sıcaklığı Değerleri

	Benzin	MTNL05	MTNL10	MTNL15	MTNL20
1300 dev/dk	617.159	593.896	593.931	607.452	618.575
2500 dev/dk	694.772	677.007	685.196	692.218	700.297
3400 dev/dk	726.477	715.923	723.989	740.639	736.307
Genel Ortalama	678.238	665.946	669.952	682.167	692.207



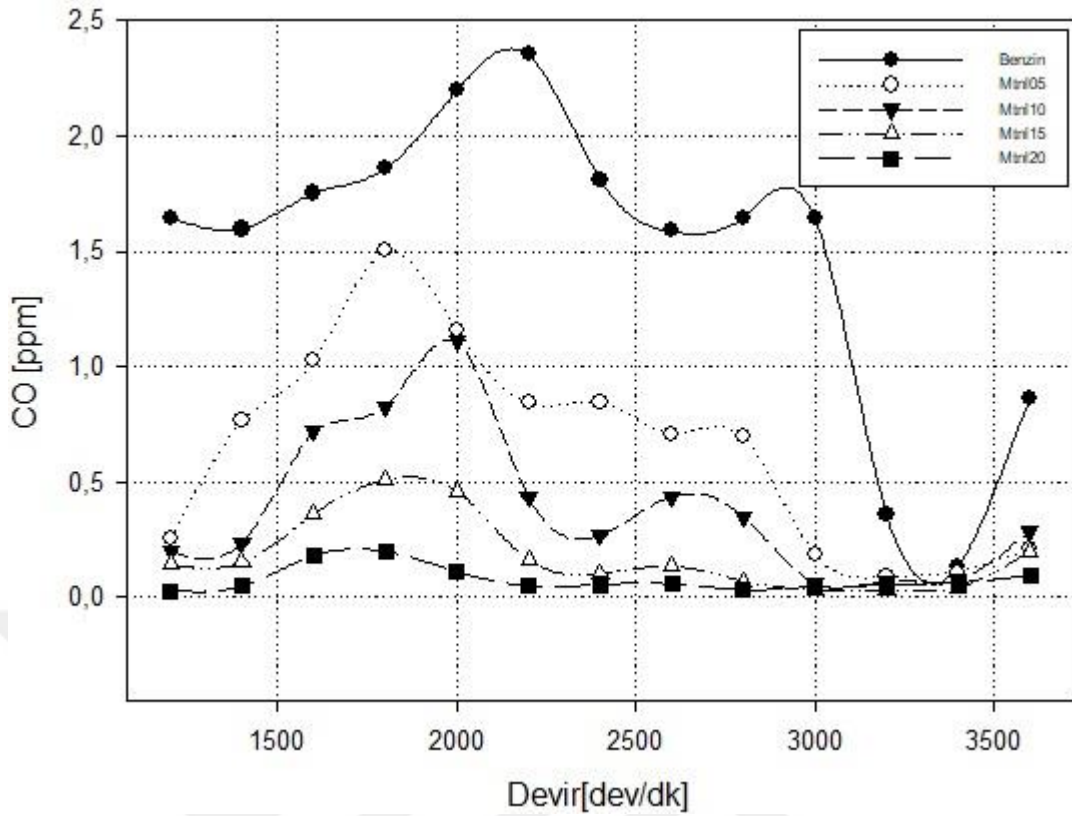
Şekil 7.13. Benzin ve Metanol Devir-Egzoz Sıcaklığı Grafiği

7.2.2. Metanol İle Yapılan Egzoz Emisyon Sonuçları

Şekil 7.14.'de benzine hacimsel olarak MTNL05, MTNL10, MTNL15, MTNL20 oranlarında metanol ilave edilerek motor yüküne bağlı olarak CO emisyonunda azalma olduğu grafik şeklinde gösterilmiştir. MTNL05, MTNL10, MTNL15, MTNL20 karışımlarında benzine göre CO emisyonlarında bir azalma gözlenmiştir. CO'nun azalmasının sebebi ise içeriklerindeki oksijenden dolayı yanmanın iyileşmesi şeklinde görülmüştür.

Tablo 7.10. Benzin-Metanol Yakıtları CO Değerleri

	Benzin	MTNL05	MTNL10	MTNL15	MTNL20
1300 dev/dk	1.595	0.767	0.236	0.151	0.048
2500 dev/dk	1.809	0.847	0.271	0.101	0.055
3400 dev/dk	0.134	0.110	0.073	0.042	0.064
Genel Ortalama	1.494	0.646	0.389	0.183	0.078

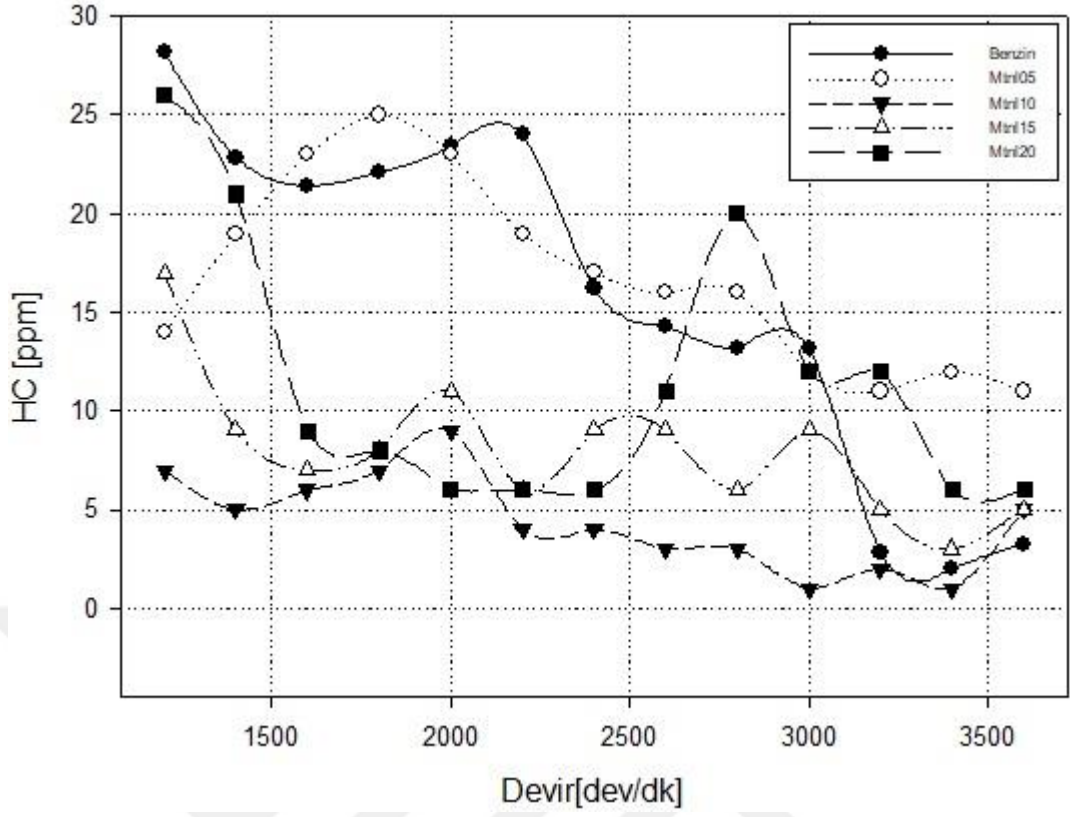


Şekil 7.14. Benzin ve Metanol CO Grafiği

Şekil 7.15.'de metanol ilavesiyle benzin yakıtların motor devrine bağlı olarak hidrokarbon emisyonlarının değişimleri gözükmemektedir. Grafik incelendiğinde motor devri yükseldikçe HC emisyonların düştüğü görülmektedir. Ortalama HC emisyonlarına bakıldığında benzine göre MTNL05 yakıtı yakın değerleri vermekle beraber MTNL10 yakıtı %72.4, MTNL15 yakıtı %49.7 ve MTNL20 yakıtı %27.9 oranında düşüş göstermektedir.

Tablo 7.11. Benzin-Metanol Yakıtları HC Değerleri

	Benzin	MTNL05	MTNL10	MTNL15	MTNL20
1300 dev/dk	22.840	19.000	5.000	9.000	21.000
2500 dev/dk	16.200	17.000	4.000	9.000	6.000
3400 dev/dk	2.000	12.000	1.000	3.000	6.000
Genel Ortalama	15.916	16.769	4.385	8.000	11.462

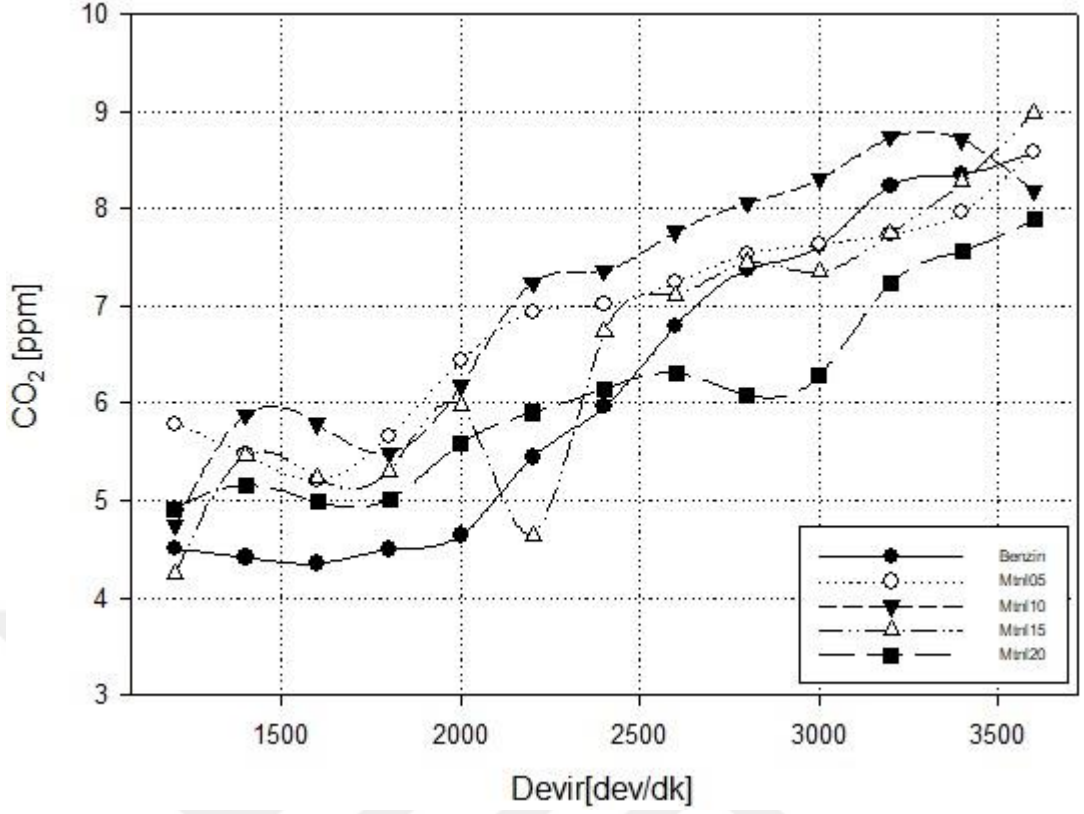


Şekil 7.15. Benzin ve Metanol HC Grafiği

Şekil 7.16.'da motora metanol ilavesiyle benzin yakıtların motor hızına bağlı olarak CO₂ emisyonlarının değişimleri verilmiştir. Deneysel veriler incelendiğinde farklı devirlerde metanol ilaveli yakıtların benzin yakıtına benzer oranlarda CO₂ emisyonlarının değişimi görülmüştür.

Tablo 7.12. Benzin-Metanol Yakıtları CO₂ Değerleri

	Benzin	MTNL05	MTNL10	MTNL15	MTNL20
1300 dev/dk	4.414	5.467	5.885	5.467	5.159
2500 dev/dk	5.961	7.018	7.370	6.732	6.149
3400 dev/dk	8.352	7.964	8.712	8.272	7.568
Genel Ortalama	6.212	6.863	7.112	6.500	6.084

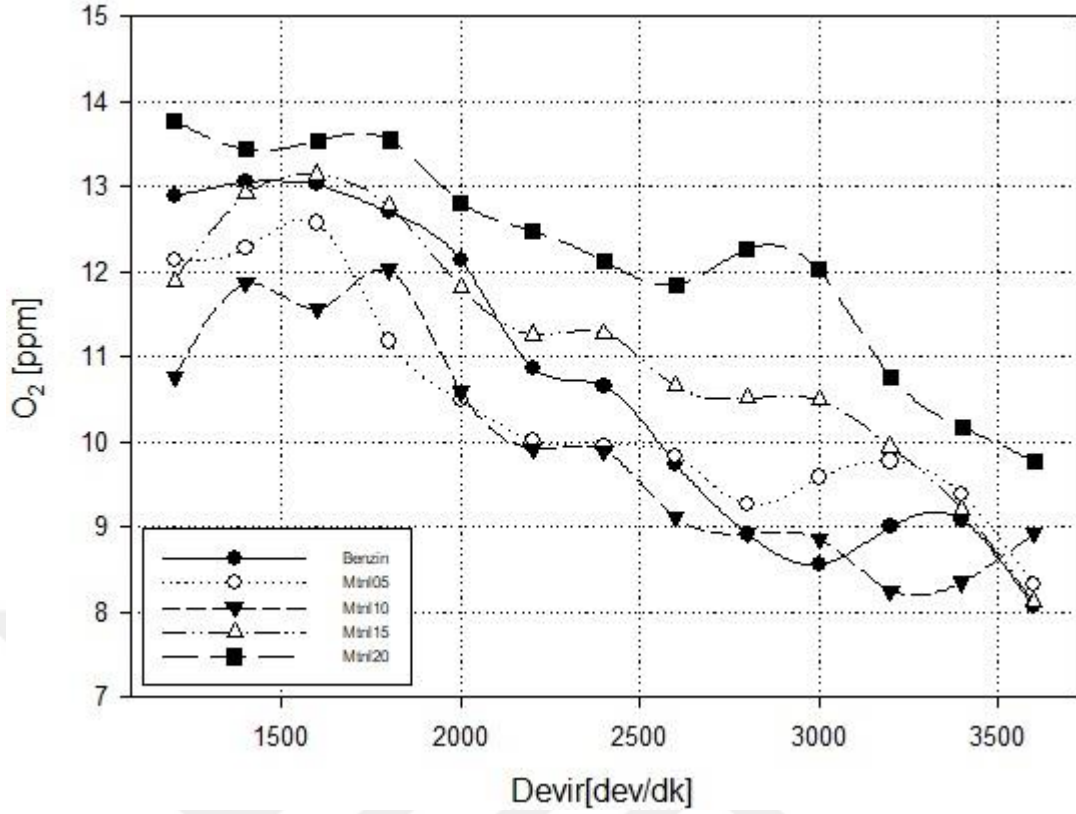


Şekil 7.16. Benzin ve Metanol CO₂ Grafiği

Şekil 7.17.'de motora metanol ilavesiyle benzin yakıtlarının motor hızına bağlı olarak O₂ emisyonlarının değişimleri verilmiştir. Verilerde devir sayısı arttıkça O₂ emisyon değerleri düşüş eğiliminde olduğu görülmüştür. Ortalama O₂ emisyon değerlerinde MTNL15 yakıtı %3.8 ve MTNL20 yakıtı %14.3 oranında artış görülürken MTNL10 yakıtında ise %6.9 oranında düşüş gerçekleşmiştir.

Tablo 7.13. Benzin-Metanol Yakıtları O₂ Değerleri

	Benzin	MTNL05	MTNL10	MTNL15	MTNL20
1300 dev/dk	13.054	12.270	11.870	12.910	13.44
2500 dev/dk	10.660	9.950	9.890	11.280	12.12
3400 dev/dk	9.085	9.380	8.350	9.210	10.17
Genel Ortalama	10.667	10.367	9.925	11.076	12.19

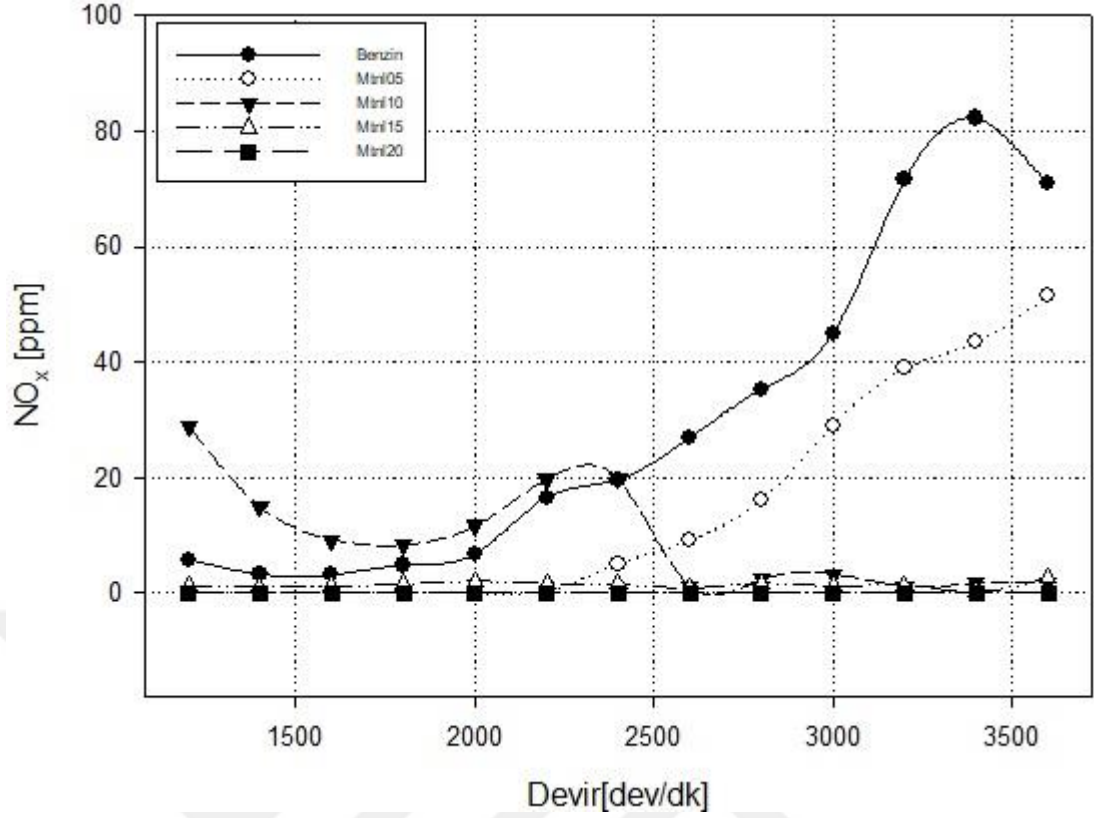


Şekil 7.17. Benzin ve Metanol O₂ Grafiği

Şekil 7.18.'de benzine hacimsel olarak MTNL05, MTNL10, MTNL15, MTNL20 oranlarında metanol ilavesinin NO_x emisyonlarına etkisi görülmektedir. Deneysel veriler incelendiğinde ortalama NO_x emisyon değerlerin metanol ilavesi artmasıyla birlikte benzinli yakıtta göre azaldığı görülmüştür. Benzin yakıtında 30.1 ppm, MTNL05 yakıtında 14.8 ppm, MTNL10 yakıtında 9.5 ppm, MTNL15 yakıtında 1.3 ppm ve MTNL20 yakıtında eser miktarda NO_x emisyon değerleri çıkmıştır.

Tablo 7.14. Benzin-Metanol Yakıtları NO_x Değerleri

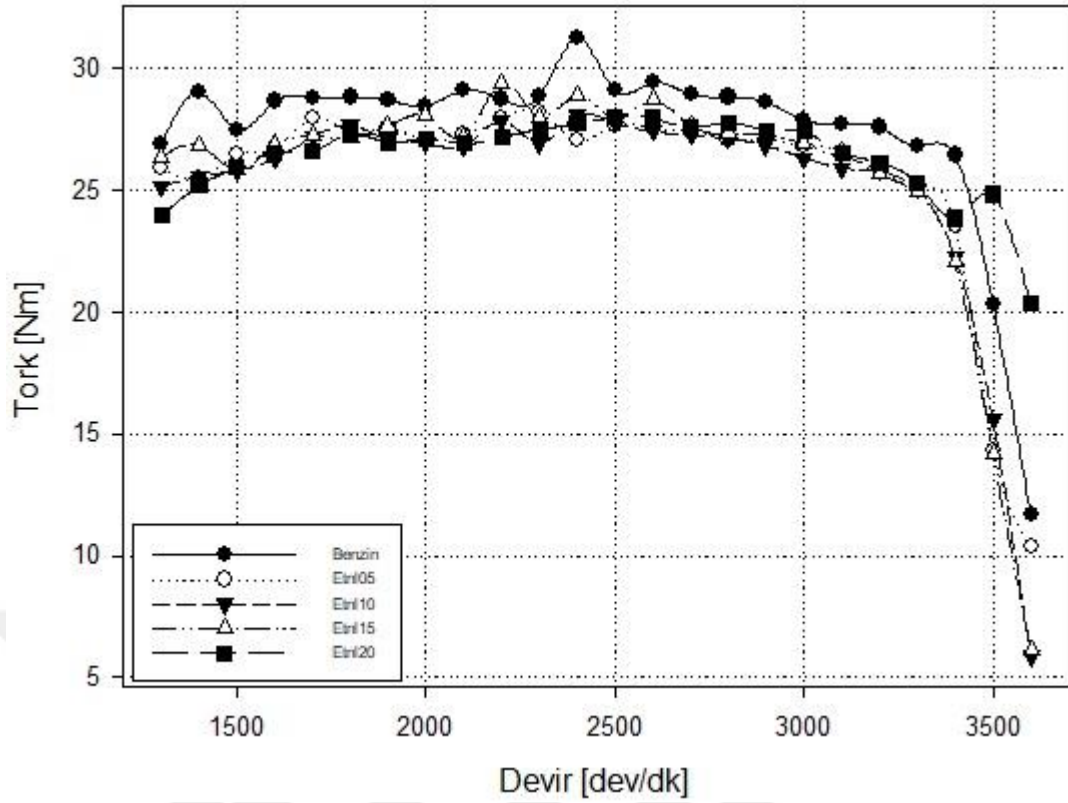
	Benzin	MTNL05	MTNL10	MTNL15	MTNL20
1300 dev/dk	3.245	0.000	14.870	1.009	0.000
2500 dev/dk	19.568	4.947	19.782	1.531	0.000
3400 dev/dk	82.170	43.385	1.682	0.168	0.000
Genel Ortalama	30.105	14.874	9.517	1.379	0.000



Şekil 7.18. Benzin ve Metanol NO_x Grafiği

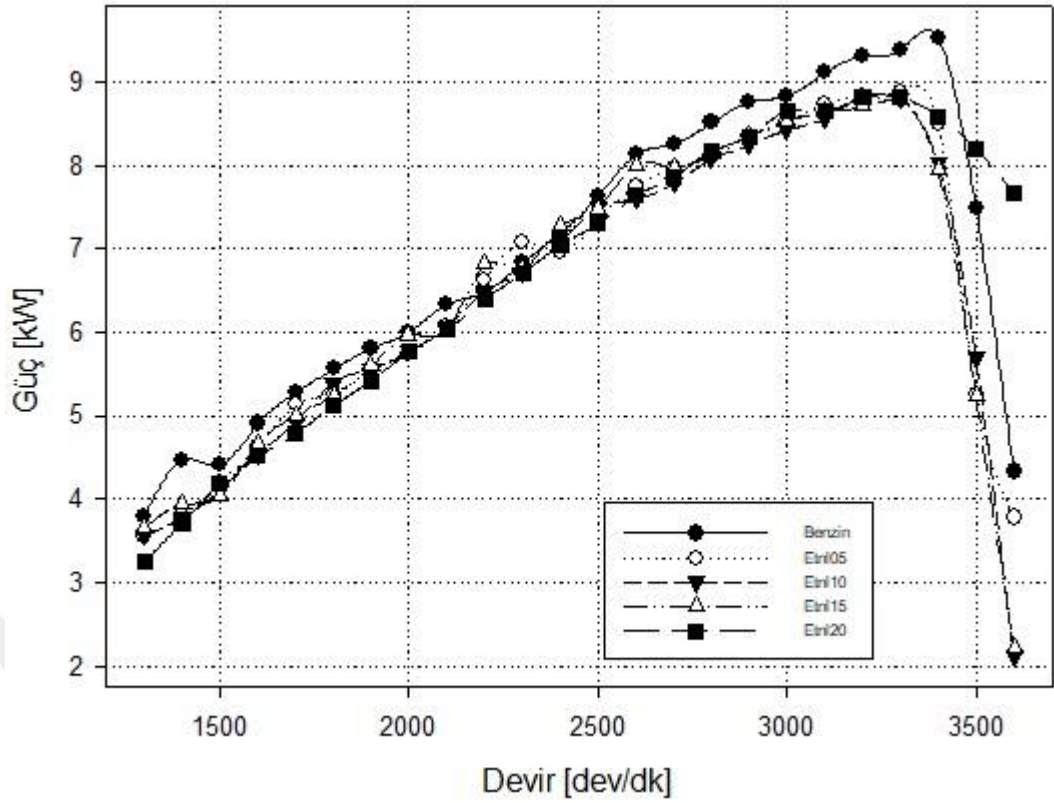
7.2.3. Etanol İle Yapılan Motor Performans Sonuçları

Şekil 7.19’da etanol ilavesiyle birlikte benzinle olan çalışmaların, farklı motor devirlerinde gerçekleşen motor momenti değişimleri görülmektedir. Maksimum torkun elde edildiği 2500 dev/dk’da benzin 29.08 Nm, ETNL05 yakıt 27.6 Nm, ETNL10 yakıt 27.7 Nm, ETNL15 yakıt 27.9 Nm ve MTNL20 yakıt 27.9 Nm elde edilmiştir. Yüzde değişimlerine bakılırsa etanol ilavesiyle elde edilen tüm yakıt karışımlarında benzine göre güç tork değerlerinde düşüş görülmüştür. ETNL05 yakıtında %4.9, ETNL10 yakıtında %4.6, ETNL15 yakıtında %3.83 ve ETNL20 yakıtında %3.7 oranlarında düşüş gerçekleşmiştir.



Şekil 7.19. Benzin ve Etanol Devir-Tork Grafiği

Şekil 7.20'de benzin ve ETNL05, ETNL10, ETNL15 VE ETNL20 karışımların devire bağlı güç değişimleri gösterilmektedir. Motor gücü maksimum noktayı birim zamanda içeri alınan maksimum yakıt hava karışımının olduğu devir aralığında yakalar. Grafik incelendiğinde bu çalışmada maksimum gücün 3400 dev/dk'da olduğu görülmektedir. Test sonuçlarına bakıldığında benzinli yakıtta güç değerleri 9.53 kw değere etanol ilavesiyle ETNL05 yakıtında 8.5 kw, ETNL10 yakıtında 8.03 kw, ETNL15 yakıtında 7.95 kw ve ETNL20 yakıtında 8.58 kw değerleri elde edilmiştir. Buna göre benzinli yakıtta göre etanol ilavesi sırasıyla karışimli yakıtlarda ETNL05 yakıtında %10.8, ETNL10 yakıtında %15.2, ETNL15 yakıtında %16.5 ve ETNL20 yakıtında %9.6 oranında düşüş gerçekleşmiştir.

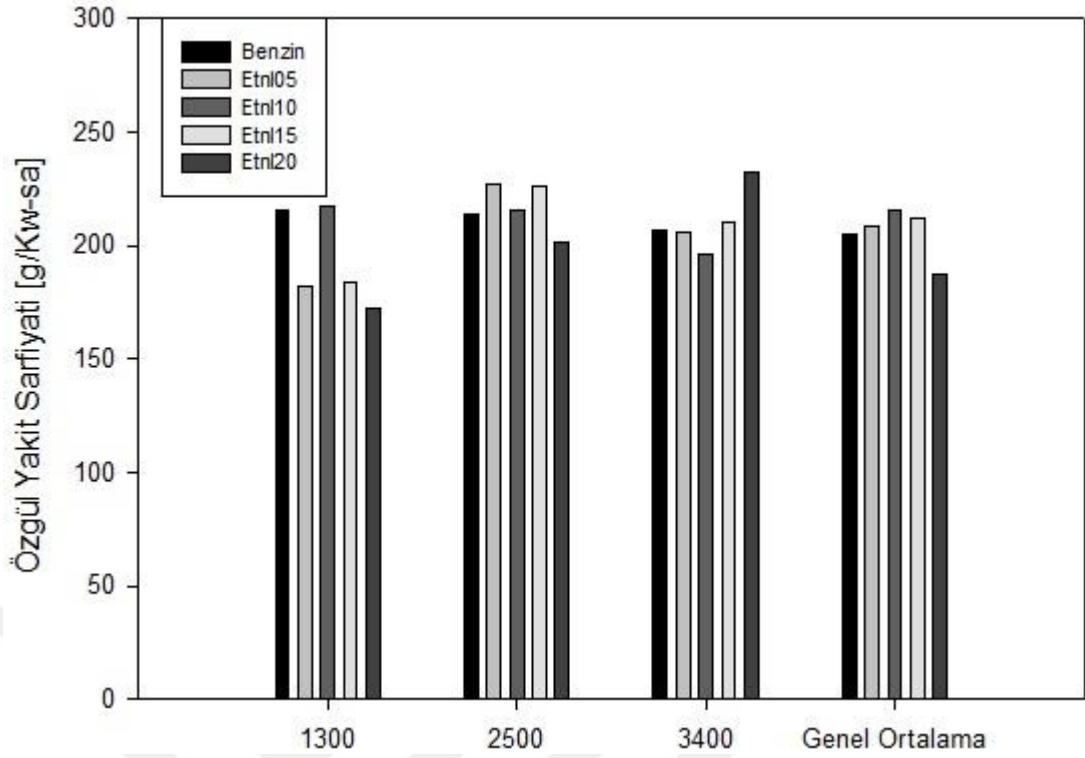


Şekil 7.20. Benzin ve Etanol Devir-Güç Grafiği

Şekil 7.21.'de farklı devir aralıklarında oluşan özgül yakıt tüketimleri verilmiştir. Grafikler incelendiğinde 1300 dev/dk'da en fazla özgül yakıt tüketimi 217.02 g/kw-sa ile ETNL10 yakıtında, en düşük tüketim ise 172.66 g/kw-sa ile ETNL20 yakıtında gerçekleşmiştir. Maksimum motor momentinin elde edildiği 2500 dev/dk'da ise en fazla özgül yakıt tüketimi 227.09 g/kw-sa ile ETNL05 yakıtında, en düşük tüketim ise 201.3 g/kw-sa ile ETNL20 yakıtında gerçekleşmiştir. Maksimum torkun elde edildiği 3400 dev/dk'da ise en fazla özgül yakıt tüketimi 232.06 g/kw-sa ile ETNL20 yakıtında, en düşük tüketim ise 195.68 g/kw-sa ile ETNL10 yakıtında olmuştur. Ortalama özgül yakıt tüketim değerlerine bakıldığında genel olarak etanol ilavesi arttıkça benzine göre artış gerçekleşmiş olup, ETNL20 yakıtında ise %8.7 oranında düşüş gerçekleşmiştir.

Tablo 7.15. Benzin-Etanol Karışım Yakıtları Özgül Yakıt Tüketim Değerleri

	Benzin	ETNL05	ETNL10	ETNL15	ETNL20
1300 dev/dk	215.091	182.394	217.027	187.730	172.666
2500 dev/dk	213.477	227.097	215.157	226.421	201.304
3400 dev/dk	206.764	205.730	195.685	209.766	232.063
Genel Ortalama	205.148	208.352	215.124	211.779	187.208

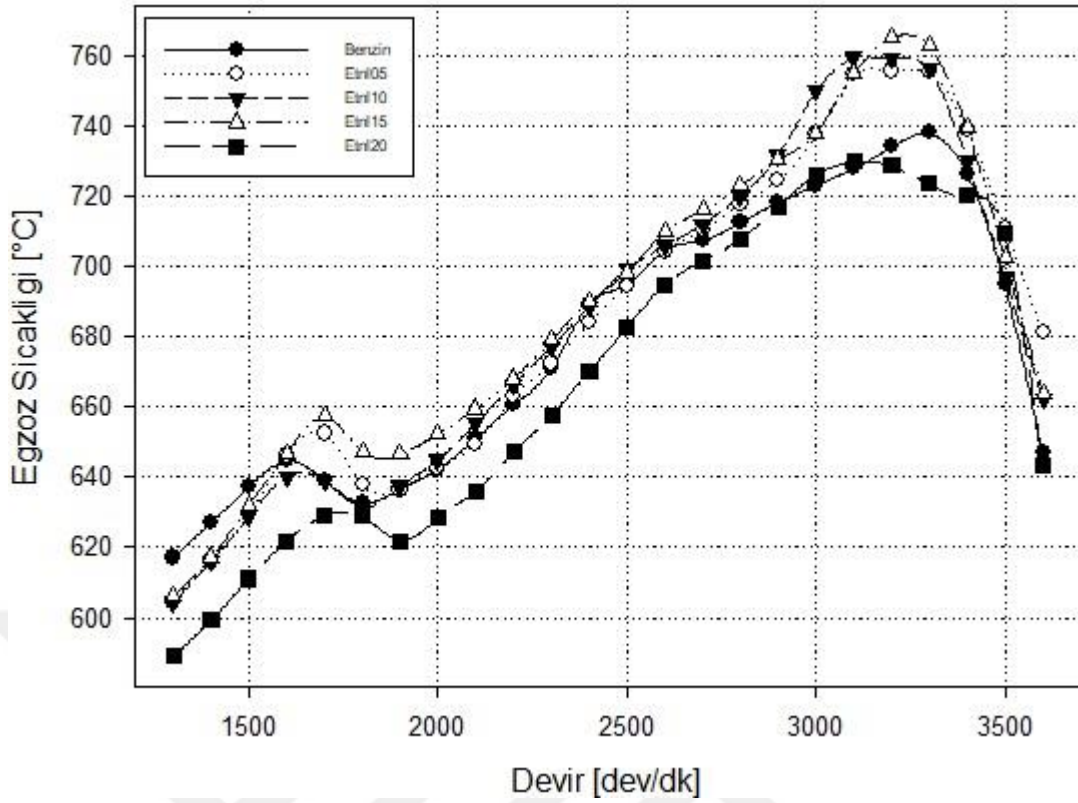


Şekil 7.21. Benzin ve Etanol Devir-Özgül Yakıt Sarfıyatı Grafiği

Şekil 7.22.'de etanol ilavesiyle benzinli yakıtların motor devrine bağlı egzoz sıcaklıklarının değişim grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde motor devri arttıkça egzoz sıcaklığının arttığı fakat maksimum torkun elde edildiği 3400 dev/dk'dan sonra bütün karışım yakıtlarının egzoz sıcaklıkları düştüğü görülmüştür. Ortalama egzoz sıcaklıkları göz önüne alındığında ETNL20 yakıtında %1.5 oranında düşüş olduğu görülmüştür.

Tablo 7.16. Benzin-Etanol Karışım Yakıtları Egzoz Sıcaklığı Değerleri

	Benzin	ETNL05	ETNL10	ETNL15	ETNL20
1300 dev/dk	617.1587	604.3482	604.4803	606.0716	589.0791
2500 dev/dk	694.7716	694.4442	699.3125	698.2374	682.578
3400 dev/dk	726.477	738.8597	759.3546	739.4816	720.0517
Ortalama	678.238	684.1633	683.8936	687.7401	667.735



Şekil 7.22. Benzin ve Etanol Devir-Egzoz Sıcaklığı Grafiği

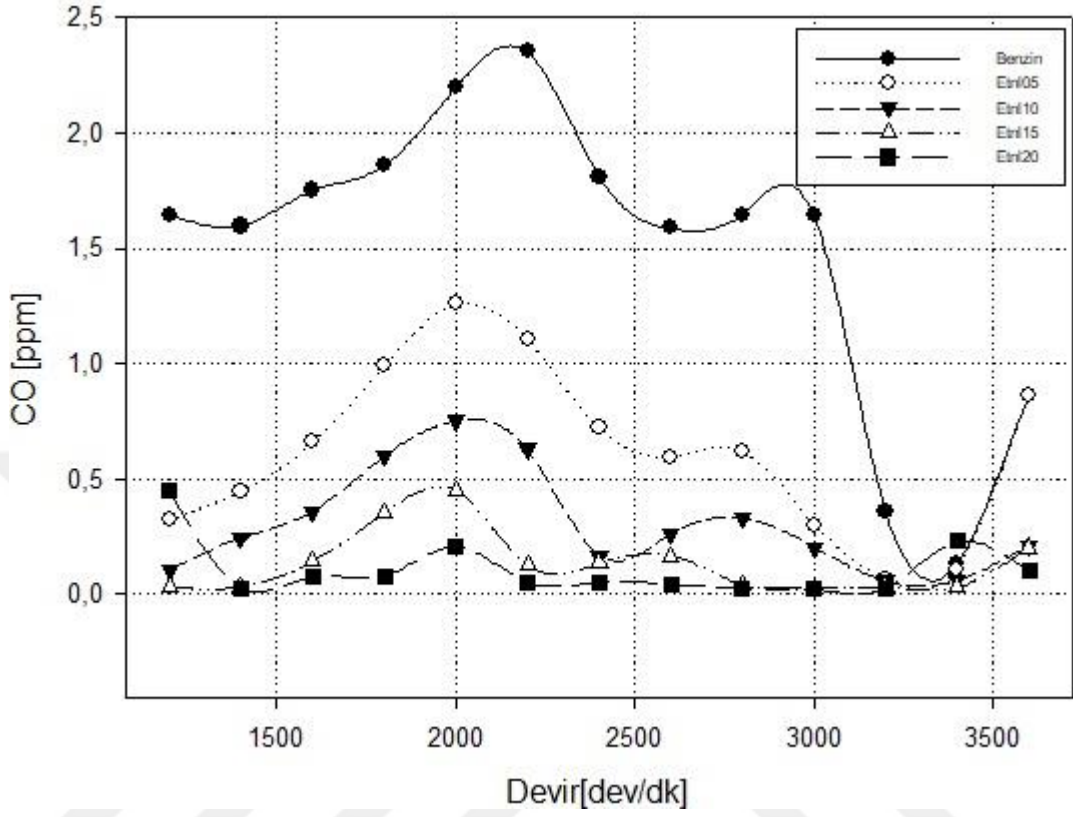
7.2.4. Etanol İle Yapılan Deneysel Egzoz Emisyon Sonuçları

Şekil 7.23.'de benzine hacimsel olarak %5, %10, %15, %20 oranlarında etanol ilave edilerek motor devrine bağlı olarak CO emisyonunda değişimler grafik şeklinde gösterilmiştir. ETNL05, ETNL10, ETNL15, ETNL20 karışımlarında benzine göre CO emisyonlarında bir azalma gözlenmiştir. Deneysel veriler incelendiğinde benzine etanol ilavesinin artması ve aynı zamanda motor devirlerindeki artması CO emisyonlarını düşürdüğü gözlemlenmiştir. Ortalama CO emisyon değerlerine bakıldığında benzin yakıtında 1.4 ppm, ETNL05 yakıtında 0.6 ppm, ETNL10 yakıtında 0.3 ppm, ETNL15 yakıtında 0.13 ppm ve ETNL20 yakıtında 0.10 ppm değerleri elde edilmiştir. Bu değerler incelendiğinde karışım yakıtları benzine göre ETNL05 yakıtında %58.5, ETNL10 yakıtında %79.5, ETNL15 yakıtında %90.9 ve ETNL20 yakıtında %92.8 oranlarda düşüş gerçekleşmiştir.

Tablo 7.17. Benzin-Etanol Yakıtları CO Değerleri

	Benzin	ETNL05	ETNL10	ETNL15	ETNL20
1300 dev/dk	1.595	0.445	0.245	0.032	0.027

2500 dev/dk	1.809	0.722	0.165	0.133	0.053
3400 dev/dk	0.134	0.110	0.059	0.028	0.231
Genel Ortalama	1.494	0.619	0.305	0.135	0.106

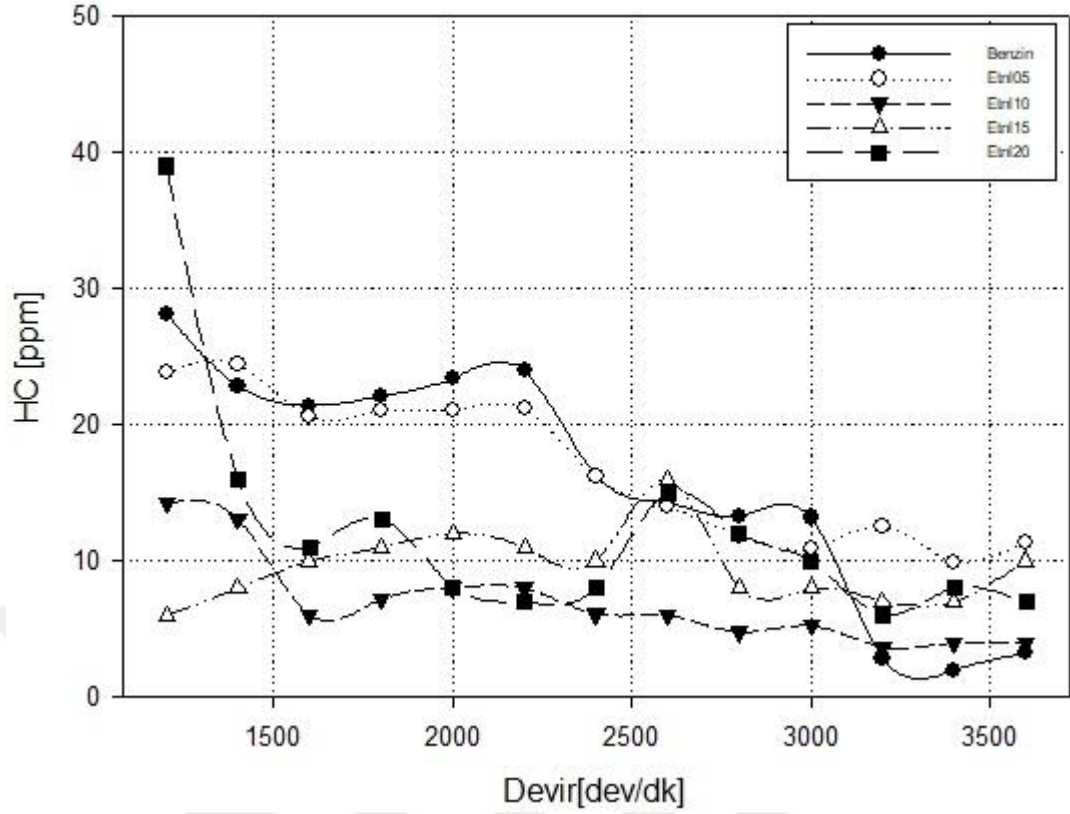


Şekil 7.23. Benzin ve Etanol CO Grafiği

Şekil 7.24.'de motor hızına bağlı olarak hidrokarbon emisyonlarındaki değişim verilmektedir. Grafik incelendiğinde HC emisyon değerleri motor devri arttıkça azalmakta olduğu görülmektedir.

Tablo 7.18. Benzin-Etanol Yakıtları HC Değerleri

	Benzin	ETNL05	ETNL10	ETNL15	ETNL20
1300 dev/dk	22.840	24.429	13.067	8.000	16.000
2500 dev/dk	16.200	16.133	6.100	10.000	8.000
3400 dev/dk	2.000	9.933	4.000	7.000	8.000
Genel Ortalama	15.916	16.833	6.942	9.538	12.308

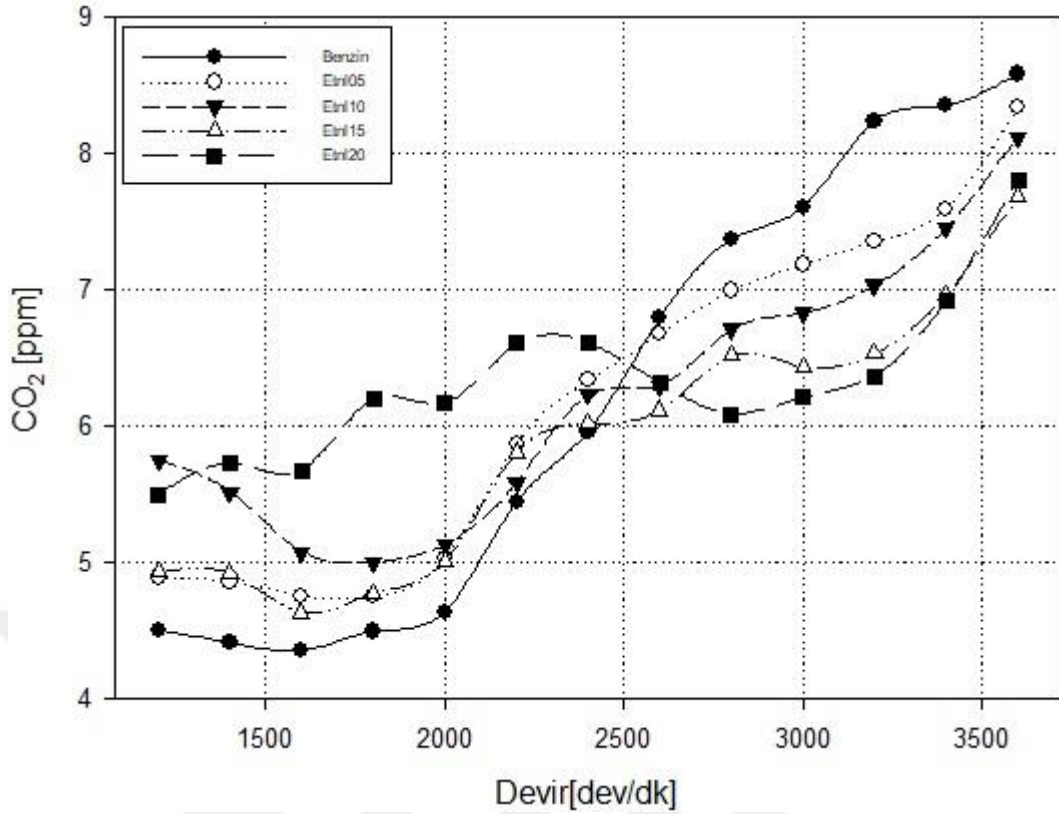


Şekil 7.24. Benzin ve Etanol HC Grafiği

Şekil 7.25.'teki grafikte etanol ilavesiyle birlikte benzin yakıtının motor hızına bağlı olarak elde edilen CO₂ emisyonu değerlerini vermektedir. Deneysel değerler incelendiğinde benzin yakıtı ile etanol ilaveli karışım yakıtlarının motor hızı arttıkça CO₂ emisyon değerleri arttığı gözlemlenmiştir. Ortalama emisyon değerleri benzinli yakıt ile karışım yakıtları benzer değerler elde edildiği görülmüştür.

Tablo 7.19. Benzin-Etanol Yakıtları CO₂ Değerleri

	Benzin	ETNL05	ETNL10	ETNL15	ETNL20
1300 dev/dk	4.414	4.861	5.517	4.917	5.731
2500 dev/dk	5.961	6.337	6.233	6.020	6.611
3400 dev/dk	8.352	7.593	7.450	6.963	6.919
Genel Ortalama	6.212	6.203	6.211	5.871	6.325

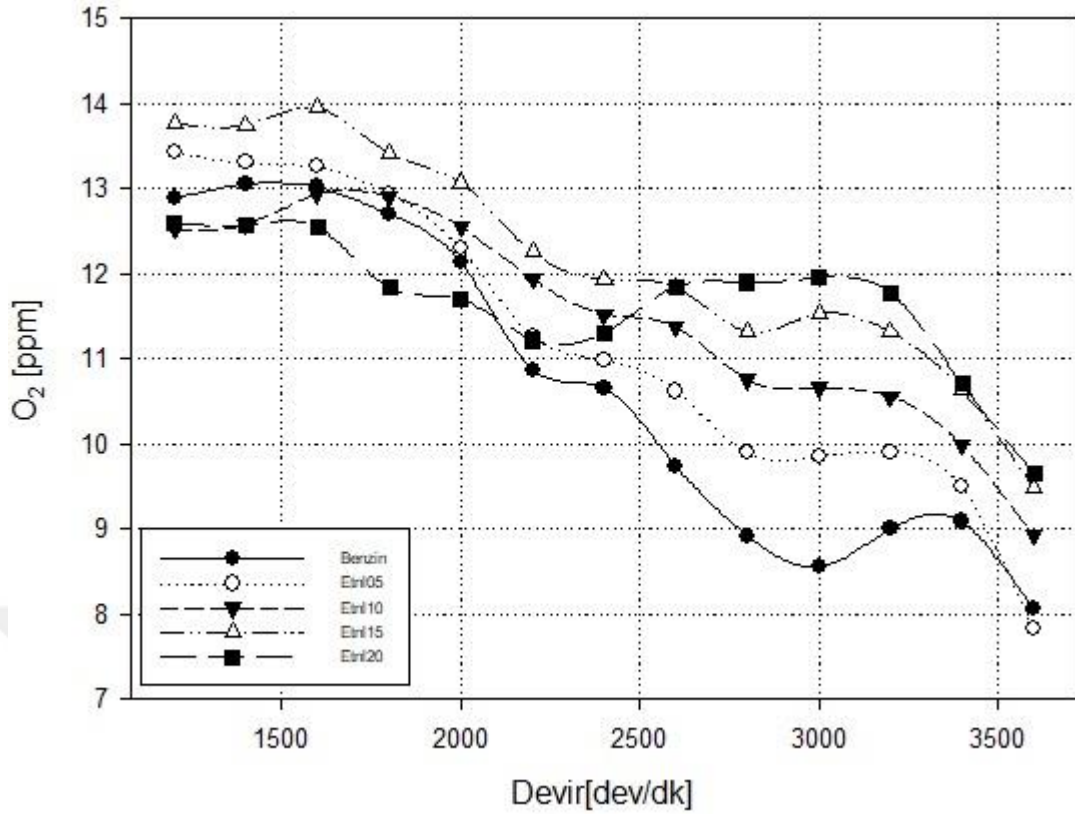


Şekil 7.25. Benzin ve Etanol CO₂ Grafiği

Şekil 7.26.'da motor hızına bağlı olarak benzin-etanol yakıtlarının O₂ emisyon değerlerinin değişim grafiği yer almaktadır. Deneyle elde edilen veriler incelendiğinde motor devri arttıkça O₂ emisyon değerleri azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte ortalama O₂ değerleri benzinli yakıtı göre ETNL05 yakıtında %4.5, ETNL10 yakıtında %7.5, ETNL15 yakıtında %14.1 ve ETNL20 yakıtında %9.3 oranlarında artış gerçekleşmiştir.

Tablo 7.20. Benzin-Etanol Yakıtları O₂ Değerleri

	Benzin	ETNL05	ETNL10	ETNL15	ETNL20
1300 dev/dk	13.054	13.301	12.583	13.750	12.570
2500 dev/dk	10.660	10.987	11.523	11.930	11.310
3400 dev/dk	9.085	9.493	9.982	10.640	10.710
Genel Ortalama	10.667	11.158	11.478	12.174	11.665

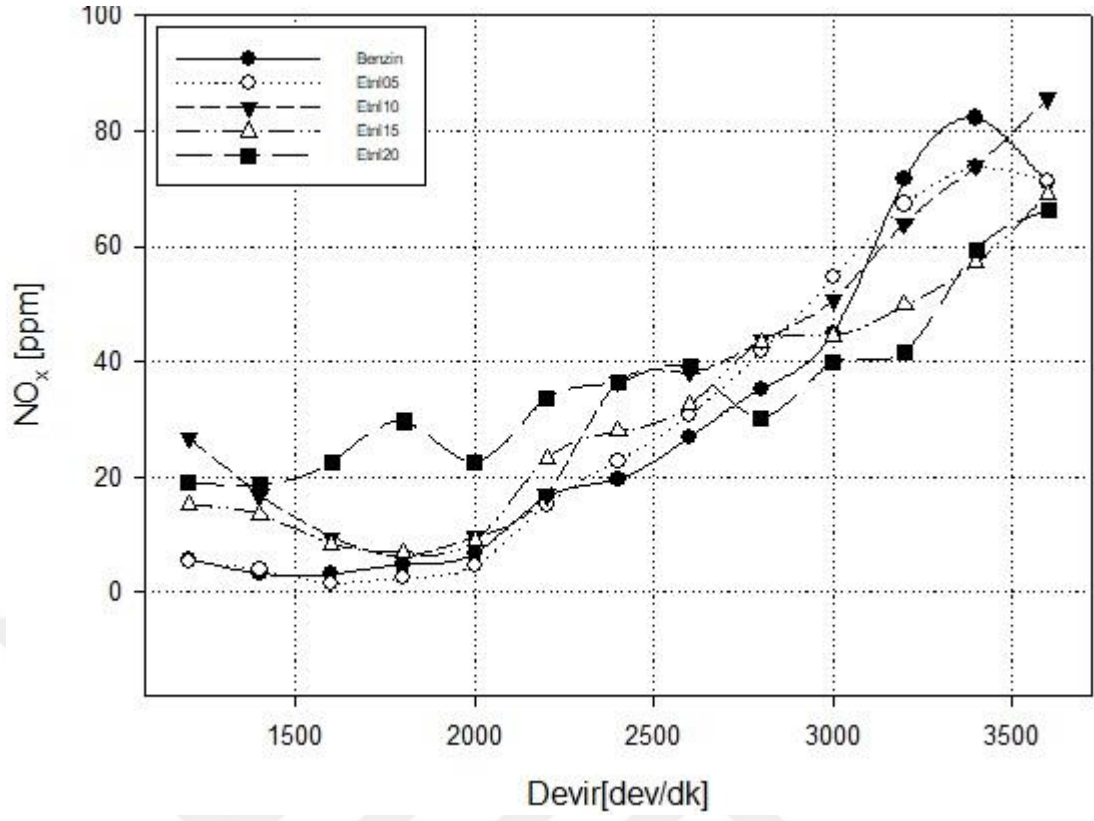


Şekil 7.26. Benzin ve Etanol O₂ Grafiği

İçten yanmalı motorlarda NO_x emisyonları yüksek silindir içi sıcaklığına bağlı olarak gerçekleşmektedir.. Şekil 7.27.'de benzine hacimsel olarak ETNL05, ETNL10, ETNL15, ETNL20 oranlarında etanol ilavesinin NO_x egzoz emisyonlarına etkisi görülmektedir. Motor devri arttıkça benzin ve karışım yakıtlarının NO_x emisyon değerleri artmaktadır. Ortalama NO_x egzoz emisyon değerlerine bakıldığında benzin ile ETNL05 ve ETNL15 yakıtları benzer değerler çıkmıştır. Fakat ETNL10 yakıtında %22.1 ve ETNL20 yakıtında %17.2 oranlarında artış gerçekleşmiştir.

Tablo 7.21. Benzin-Etanol Yakıtları NO_x Değerleri

	Benzin	ETNL05	ETNL10	ETNL15	ETNL20
1300 dev/dk	3.245	3.807	16.829	13.408	18.780
2500 dev/dk	19.568	22.717	36.397	27.831	36.383
3400 dev/dk	82.170	73.593	73.947	57.013	59.382
Genel Ortalama	30.105	30.362	36.773	30.712	35.287



Şekil 7.27. Benzin ve Etanol NO_x Grafiği

8. SONUÇLAR

Küresel iklim değişikliği yaşanması, kullanılan petrol türevli kaynaklarının gün geçtikçe azalma meydana gelmesi, petrol fiyatlarının yükselmesi ve devamlı artan dünya nüfusuyla beraber artan enerji ihtiyacı araştırmacıları alternatif enerji kaynakları üzerinde çalışmalara yöneltmiştir. Son yıllarda bitkisel ve hayvansal kaynaklı yağlardan elde edilen, doğa dostu ve yenilebilir kaynaklardan üretilen biyodizel, petrol kökenli dizel yakıtlara en önemli alternatif enerji kaynağı olmuştur.

Yapılan çalışmada, zeytinyağı üretimi esnasında arda kalan atık posadan elde edilen prina yağının motorin yakıtına çeşitli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) karıştırılması ile dizel bir motorda kullanımı etkilerinin incelenmesinin yanısıra benzin yakıtına çeşitli alkoller (etanol ve metanol) belirli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) ilave edilerek motor performans ve egzoz emisyonları üzerinde olan etkileri araştırılmıştır. Elde edilen yakıt karışımları dört zamanlı, tek silindirli, hava soğutmalı, elektrik dinamometresi ile yüklenebilen dizel ve benzinli motorlar üzerine test edilmiş ve sonuçlar ilgili referans yakıtlarla kıyaslanmıştır.

İlk olarak dizel motora ham prina yağını belirli oranlarda motorin ile karıştırılarak numuneler hazır hale getirilmiştir. Ardından motor performans ve egzoz emisyonlarını karşılaştırılması için deneyler yapılmıştır.

Ham Prina Yağı-Motorin yakıtı karışımları ve motor hızına bağlı yapılan deney sonuçları incelendiğinde; Maksimum tork devrinde motorine göre elde edilen karışım yakıtlarında PRN05 yakıtında %0.84, PRN10 yakıtında %0.48, PRN15 yakıtında %1.55 ve PRN20 yakıtında %0,77 oranında tork değerlerin düşüş gerçekleşmiştir. Maksimum güç devirlerinde ise motorine yakın güç değerleri elde edildiği tespit edilmiştir. Ortalama özgül yakıt tüketim değerlerinde motorine göre PRN10 yakıtında %9.6 oranında düşüş gerçekleşirken diğer yakıtlarıda motorine yakın değerler elde edilmiştir. Ortalama egzoz sıcaklığı değerlerinde motorine göre en yüksek değer PRN15 yakıtında 619.4 °C ile %4.2 oranında artış gerçekleşirken PRN20 yakıtında 557.9 °C ile %6 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Ham prina yağı karışımı yakıtın emisyon değerlerine bakıldığında genelde emisyon değerlerinde azalma eğiliminde olduğu görülmüştür.

Alkol-Benzin yakıtı karışımları ve motor hızına bağlı yapılan deney sonuçları incelendiğinde; Benzin-Etanol karışımlarında; maksimum tork devrinde ETNL05 yakıtında %4.9, ETNL10 yakıtında %4.6, ETNL15 yakıtında %3.83 ve ETNL20 yakıtında %3.7 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Aynı şekilde maksimum güç devrinde sırasıyla sırasıyla karışimli yakıtlarda %10.8, %15.7, %16.5 ve %9.9 oranlarında düşüş meydana gelmiştir. Ortalama özgül yakıt tüketim değerlerine bakıldığında genel olarak etanol ilavesi arttıkça benzine göre artış gerçekleşmiş olup, ETNL20 yakıtında ise %8.7 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Etanol ilaveli benzin yakıtlarının egzoz emisyon değerleri incelendiğinde CO emisyonları benzin yakıtına göre ciddi oranlarda düşme gerçekleşmiştir. Bu değerler incelendiğinde sırasıyla karışım yakıtları benzin yakıtına göre ETNL05 yakıtında %58.5, ETNL10 yakıtında %79.5, ETNL15 yakıtında %90.9 ve ETNL20 yakıtında %92.8 oranlarda düşüş görülmüştür. Ayrıca HC emisyon değerleri motor devri arttıkça azalmakta olduğu görülmektedir. O₂ değerleri benzinli yakıtı göre sırasıyla ETNL05 yakıtında %4.5, ETNL10 yakıtında %7.5, ETNL15 yakıtında %14.1 ve ETNL20 yakıtında %9.3 oranlarında artış gerçekleştiği görülmüştür. NO_x egzoz emisyon değerlerine bakıldığında benzin ile ETNL05 ve ETNL15 yakıtları benzer değerler çıkmıştır. Fakat ETNL10 yakıtında %22.1 ve ETNL20 yakıtında %17.2 oranlarında artış gerçekleşmiştir.

Benzin-Metanol karışımlarında ise; maksimum tork değeri elde edilen 2500 dev/dk'da benzin 29.08 Nm, MTNL05 yakıt 28 Nm, MTNL10 yakıt 29.95 Nm, MTNL15 yakıt 28.09 Nm ve MTNL20 yakıt 30.1 Nm elde edilmiştir. Yüzde değişimlerine bakıldığında MTNL05'te %3.78 ve MTNL15'te %3.39 oranlarında düşüşler gerçekleşmiştir. Buna rağmen MTNL10 ve MTNL20'de sırasıyla %3 ve %3.5 oranlarında tork artışı gerçekleşmiştir. Maksimum güç değeri elde edilen 3400 dev/dk'da ise karışım yakıtları benzin yakıtına göre MTNL05 yakıtı %12, MTNL15 yakıtı %8.9 ve MTNL20 yakıtı %2.7 oranlarında düşüş yaşanırken MTNL10 yakıtında %1.1 oranında güç artışı gerçekleşmiştir. Ortalama özgül yakıt tüketim değerlerinde motorine göre MTNL05 yakıtında %5 ve MTNL15 yakıtında %3.9 oranında artış görülürken, MTNL10 yakıtında %4, MTNL20 yakıtında ise %11.2 oranında düşüş gerçekleşmiştir.

Genel olarak emisyon değerlerinde metanol karışımı yakıtlarda benzine göre azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. Ortalama HC emisyonlarına bakıldığında benzine göre MTNL05 yakıtı yakın değerleri vermekle beraber MTNL10 yakıtı %72.4, MTNL15 yakıtı %49.7 ve MTNL20 yakıtı %27.9 düşüş göstermektedir. Ortalama NO_x emisyon değerlerin metanol ilavesi artmasıyla birlikte benzinli yakıtta göre azaldığı görülmüştür. Benzin yakıtında 30.1 ppm, MTNL05 yakıtında 14.8 ppm, MTNL10 yakıtında 9.5 ppm, MTNL15 yakıtında 1.3 ve MTNL20 yakıtında eser miktarda NO_x emisyon değerleri çıkmıştır.

Yapılan bu deneysel çalışma göz önüne alarak öneri olarak;

Yapılan çalışmada biyoyakıtların emisyonları düşürdüğü tespit edilmiştir.

Farklı biyoyakıtlarla çalışmalar genişletilebilir.

Ham pirinanın yoğunluğu motorine göre yüksektir. Transesterifikasyon yöntemleri geliştirilerek elde edilecek biyoyakıt özellikleri motorin özelliklerine yaklaştırılabilir.

Biyoyakıt kullanımlarında özellikle soğuk havalarda yakıtın akıcılığını artırmak için ön ısıtma ek sistemlerine ihtiyaç duyulabilir.

Farklı atık maddelerden elde edilecek alkol esaslı yakıtlarla çalışmalar yapılabilir.

Biyoyakıtlı araçlar ile ilgili emisyon azaltıcı ek sistemler üzerinde çalışmalar geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=637
- [2] Behçet, R., ve Çakmak, A. V., “ Bir dizel motorda yakıt olarak kullanılan balık yağı metil esteri karışımlarının motor performans ve emisyonlarına etkisi” 6th International Advanced Technologies Symposium, (IATS’11), Elazığ, 161-165 (2011)
- [3] Balki, M.K. (2013). Metanol ve Etanolün Buji Ateşlemeli Bir Motora Uygulanmasında Performans Ve Emisyon Parametrelerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 81-86.
- [4] Ciniviz M., Köse H., Canlı E., And Solmaz Ö., 2011, An experimental investigation on effects of methanolblended dieselfuels to engine performance and emissions of a diesel engine, Scientific Research And Essays, Vol. 6(15), Pp. 3189-3199, Academic Journals, Issn 1992-2248.
- [5] Sayın, C. (2012). Diesel engine emissions improvements by the use of Sunflowermethyl ester /dieselblends. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 33(2), 83-88.
- [6] Behçet, R., Çakmak, A. V., Aydın, S., İlkılıç, C., ve Aydın, H., “Atık kızartma yağı metil esterinin bir dizel motorunda motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisinin araştırılması”, 6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Elazığ, 72-76 (2011).
- [7] İcingür Y., Koçak M. S. 2006. Fındık Yağı Metil Esterinin Dizel Yakıtı Alternatifi Olarak Performans ve Emisyon Parametrelerinin İncelenmesi, Politeknik Dergisi 9(2):119-124.
- [8] Türköz, N. (2012). Etanol-Benzin Karışımlarının Motor Performansı ve Emisyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 105- 110.
- [9] Erkal, G., 2010, Comparison of engine performance and emissions for conventional petroleum diesel fuel and diesel-ethanol blends, Master of Science in Mechanical Engineering Department Middle East Technical University, Ankara.
- [10] Altun, Ş., Lapuerta, M., 2014, Properties and emission indicators of biodiesel fuels obtained from waste oils from the Turkish industry, Fuel, 128, 288–295.
- [11] Behçet, R., Oktay, H., Çakmak, A., Aydın, H., 2015, Comparison of exhaust emissions of biodiesel–diesel fuel blends produced from animal fats, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 46, 157–165
- [12] Rakopoulos, C.D., Giakoumis, E.G., Dimaratos, A.M., Founti, M.A., 2011, Comparative environmental behavior of bus engine operating on blends of diesel fuel with four straight vegetable oils of Greek origin, Sunflower, cottonseed, corn and olive, Fuel, 90, 3439-3446.
- [13] Alptekin, E., Hayvansal atık yağlardan biyodizel üretimi ve bir dizel motorda kullanımının incelenmesi. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2013, Sayfa:182.
- [14] Valente, O.S., Pasa, V.M.D., Belchior, C.R.P., Sodr , J.R., 2012, Exhaust emissions from a diesel power generator fuelled by waste cooking oil biodiesel. Fuel, 431, 57– 61.
- [15] Paulo, A.A., Costa, R.S., Rahde, S.B., Vecchia, F.D., Seferin, M., Santos, C.A.D., 2016, Performance and emission evaluations in a power generator fuelled with Brazilian diesel and additions of waste frying oil biodiesel, Fuel, 98, 288–297.
- [16] Masum, B. M., Maşjuki, H. H., Kalam, M. A., Palash, S.M., Habibullah, M., Effect of Alcohol-Gasoline Blends Optimization on Fuel Properties, Performance and Emissions of a SI Engine. Journal of Cleaner Production, 86: 230-237, 2015

- [17] Qi D.H., Chen H., Geng L.M. and Bian Y.Z., (2011) "Effect of diethyl ether and ethanol additives on the combustion and emission characteristics of biodieseldiesel blended fuel engine", *Renewable Energy*, 36 (4): 1252-1258.
- [18] Kannan, K. T. and Marappan, R., "Comparative study of performance and emission characteristics of a diesel engine fueled by emulsified biodiesel/diethyl ether blended biodiesel", *Journal of Applied Sciences*, 11 (6): 2961-2967 (2011).
- [19] Dhar, A. and Agarwal, A. K., "Performance, emissions and combustion characteristics of Karanja biodiesel in a transportation engine", *Fuel*, 119: 70-80 (2014).
- [20] Wail M. A. and Khaled S. A., "Performance of diesel engine fuelled by a biodiesel extracted from a waste cooking oil", *Energy Procedia*, 18: 1317–1334 (2012).
- [21] Chauhan, B. S., Kumar, N., Cho, H. M. and Lim, H. C., "A study on the performance and emission of a diesel engine fueled with Karanja biodiesel and its blends", *Energy*, 56: 1-7 (2013).
- [22] Hossain, A. K., Ouadi, M., Siddiqui, S.U., Yang, Y., Brammer, J., Hornung, A., Kay, M. and Davies P. A., "Experimental investigation of performance, emission and combustion characteristics of an indirect injection multi-cylinder CI engine fuelled by blends of de-inking sludge pyrolysis oil with biodiesel", *Fuel*, 105: 135–142 (2013).
- [23] Özener, O., Yüksek, L., Ergenç, A. T., and Özkan, M., "Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics", *Fuel*, 115: 875–883 (2014).
- [24] Can, Ö., "Combustion characteristics, performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with a waste cooking oil biodiesel mixture", *Energy Conversion and Management*, 87: 676-686 (2014).
- [25] Parthasarathi, R., Gowri, S., & Saravanan, C. G., "Experimental Investigation Of Performance, Emission And Combustion Characteristics Of Kirloskar TVI DI Diesel Engine Using Diesel-Ethanol-Surfactant As Fuel". *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7 (11): 1468-1472 (2012).
- [26] Çelik, M. B., Özdalyan B., Alkan F. (2011). The use of pure methanol as fuel at high compression ratio in a single cylinder gasoline engine, *Fuel* 90, 1591-1598.
- [27] Ozsezen, N.& Canakci M. (2011). Performance and combustion characteristics of alcohol gasoline blends at wide-open throttle, *Fuel*, Vol. 36, pp. 2747- 2752
- [28] Elfasakhany, A. (2015). Investigations on the effects of ethanol-methanol-gasoline blends in a spark-ignition engine: Performance and emissions analysis, *Engineering Science and Technology, an International Journal* 18, 713-719
- [29] Turner, J.W.G., Pearson R.J., Dekker E., Iosefa B., Johansson K., Bergstrom K., (2013). Extending the role of alcohols as transport fuels using isostoichiometric ternary blends of gasoline, ethanol and methanol, *Appl. Energy* 102
- [30] Sileghem, L., Coppens A., Casier B., Vancoillie J., Verhelst S. (2014). Performance and emissions of iso-stoichiometric ternary GEM blends on a production SI engine, *Fuel* 117 286-293
- [31] D. Koçtürk ve A. O. Avcıoğlu "Benzin motorlarında biyoetanol kullanımının çevresel etkilerinin belirlenmesi," *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, c. 4, s. 2, ss. 65-74, 2012.
- [32] A. Şenbahçe, "Alkol yakıtların buji ile ateşlemeli motorlarda kullanımının performans ve emisyonlara etkisinin incelenmesi," *Yüksek lisans tezi, İstanbul, Türkiye*, 2013.
- [33] Streva, E.R., Pasa, V.M.D. and Sodr , J.R. (2011). Aging effects on gasoline–ethanol blend properties and composition. *Fuel*, 90, 215–219.

- [34] Lemaire, R., Therssen, E. and Desgroux, P. (2010). Effect of ethanol addition in gasoline and gasoline–surrogate on soot formation in turbulent spray flames. *Fuel*, 89, 3952–3959.
- [35] Costa, R.C. and Sodré, J.R. (2010). Hydrous ethanol vs. gasoline-ethanol blend: Engine performance and emissions. *Fuel*, 89, 287–293.
- [36] Wang, X., Chen, Z., Ni, J., Liu, S. and Zhou, H. (2015). The effects of hydrous ethanol gasoline on combustion and emission characteristics of a port injection gasoline engine. *Case Studies in Thermal Engineering* 6, 147–154.
- [37] Zhuang, Y. and Hong, G. (2013). Primary investigation to leveraging effect of using ethanol fuel on reducing gasoline fuel consumption. *Fuel*, 105, 425–431.
- [38] Bayraktar, H. ve Durgun, O., “Buji ateşlemeli motorlar için alternatif yakıtların teorik değerlendirilmesi ve pratik kullanılabilirliği”, *Mühendis ve Makine*, 48 (533): 48-56 (2004).
- [39] Albayrak, B. (2009). Hidrojen-Doğalgaz Karışımlarının İçten Yanmalı Motorlarda Kullanılması, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, 1-17, 21-28.
- [40] Akyaz, S. (2007). Benzin-Tersiyer Bütil Alkol ve Benzin-Naftalin Karışımlarının Buji Ateşlemeli Motorun Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 8-16.
- [41] Karabektaş, M., Ergen, G. (2009). Taşıtlarda Doğalgaz Kullanım Teknolojileri, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 1-3.
- [42] Doğan, H.E. (2013). Lpg Dönüşümü Yapılmış Bir Dizel Motorunda Azotoksit oluşumunun Teorik ve Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 19-22.
- [43] Mohamed, Y., Selim, E. (2004). Sensitivity of duel fuel engine combustion and knocking limits to gaseous fuel combustion, *Energy Conversion and Management*, 45:411-425
- [44] Özertaş, Z. (2014). LPG’ye Hidrojen İlavesinin Buji İle Ateşlemeli Bir Motorun Performans ve Emisyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 4-10.
- [45] Deviren, Halis. (2012). Kümes Hayvanı Atıklarından Elde Edilen Biyogazın Benzinli Motorlarda Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 16-25.
- [46] Calam, A. (2010). Fuzel Yağının Buji İle Ateşlemeli Bir Motorda Yakıt Karışımı Olarak Kullanılmasının Motor Performansı ve Emisyonlara Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 53-56.
- [47] Vezir, A., “Metanol benzin karışımlarının MgO-ZrO₂ termal bariyer çemberli bir motorda performans ve emisyonlara etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 16-20 (2006).
- [48] Dere, M.A. (2012). Çift Yakıtlı (Dizel+Hidrojen) Bir Dizel Motorunda Enerji ve Ekserji Analizi,
- [49] Bayraktar, H. (1997). Benzin Etanol Karışımlarının Benzin Motorlarında Yanma ve Motor Çevrimi Üzerindeki Etkilerinin Teorik Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 3-6, 127-130.
- [50] Gök, C. (2008). Biyodizel Olarak Çeşitli Bitkisel Yağların Etil Ester Metoduyla Üretilerek Karakteristiklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 5-18.

- [51] Kaplan, C. (2001). Ayçiçek Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli,26-42.
- [52] Kulakoğlu, T., “Dizel-metanol karışımı kullanılan bir dizel motorda püskürtme basıncının performans ve emisyonlara etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2009).
- [53] Şener, Ö., “Buji ateşlemeli motorlarda alternatif yakıt kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, (2016).
- [54] Altınar, U., “Doğrudan metanollü yakıt pili için çift kutuplu plaka geliştirilmesi ve performans incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, Türkiye, 21-25 (2006).
- [55] Acaroğlu, M., “Alternatif Enerji Kaynakları”, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, Temmuz (2003).
- [56] İnternet: TAPDK, “Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurulu”, <http://www.tapdk.gov.tr/alkol/dokuman> (15.12.2007).
- [57] Yağcıoğlu, E., “Biyokütle enerjisi”, EİE Bülteni (1984).
- [58] Kahraman, N. ve Akansu, S. O., “Motorlu taşıtlarda alternatif ve yenilenebilir yakıt kullanımının irdelenmesi”, Makine Mühendisleri Odası, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Kayseri, Türkiye, 81-89 (2003).
- [59] Bayraktar, H., “Experimental and theoretical investigation of using gasoline ethanol blends in spark ignition engines”, Renewable Energy, 30: 1733-1747 (2005).
- [60] İlker, Ö., Necmettin, T. ve Murat, C., “Etanol-benzin karışımı yakıtların taşıt performansına ve egzoz emisyonlarına etkisi”, 10. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Sakarya (2008).
- [61] Al-Fareyedhi, A. (2002) Effects of octane number on exhaust emissions of a spark ignition engine, International Journal of Energy Research, 26(4): 279-289.
- [62] Fanick, E. R., Whitney, K. A. And Bailey, B. K. (1996). Particulate characterization using five fuels, SAE Paper, 961089:1-9.
- [63] Şenveli, E. (2008). Etanol Katkılı Yakıt Kullanımının Motor Performansına ve Emisyonlara Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 15-25.
- [64] Taşçı, M. (2013). Motor Emisyonlarının Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 7-18
- [65] Atılğan, İ. (2000). Türkiye'nin Enerji Potansiyeline Bakış. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15(1), 31-47.
- [66] I. López, C.E. Quintana, J.J. Ruiz, F. Cruz-Peragón, M.P. Dorado, Effect of the use of olive-pomace oil biodiesel/diesel fuel blends in acompression ignition engine: Preliminary exergy analysis, Energy Conversion and Management, Volume 85, 2014, Pages 227-233,

EK A

A.1 Motorin ile çalışmada elde edilen performans değerleri

MOTORİN				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfiyatı [g/kw-sa]	Egzoz Sıcaklığı [°C]
1000	27,06	2,87	263,29	501,55
1100	27,88	3,21	208,68	516,71
1200	29,50	3,86	191,53	537,38
1300	30,26	4,23	207,67	545,57
1400	30,97	4,60	190,87	550,74
1500	31,36	4,85	171,82	559,51
1600	32,07	5,45	182,78	583,37
1700	32,27	5,80	180,66	592,36
1800	32,51	6,19	177,43	602,33
1900	33,00	6,65	179,58	606,76
2000	32,85	6,91	187,79	614,31
2100	32,54	7,19	185,38	619,56
2200	32,83	7,72	172,08	625,77
2300	32,53	7,89	151,78	631,58
2400	32,15	8,13	209,23	637,78
2500	31,66	8,33	204,06	645,99
2600	31,51	8,62	219,36	652,34
2700	30,54	8,72	205,21	656,81
2800	30,14	8,96	198,94	661,64
2900	29,31	9,05	196,22	663,19
3000	28,58	9,01	214,43	665,06
3100	27,53	9,02	223,52	663,66
3200	26,38	8,92	228,22	640,17
3300	25,15	8,79	220,54	544,51
3400	20,90	7,16	162,98	334,94

A.2 %5 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri

PRN05				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfiyatı [g/kw-sa]	Egzoz Sıcaklığı [°C]
1000	28,95	3,07	236,18	498,23
1100	30,11	3,62	220,30	521,10
1200	32,01	4,34	215,48	542,28
1300	32,41	4,60	204,87	550,50
1400	33,42	5,07	207,53	555,87
1500	33,42	5,34	227,25	565,06
1600	33,67	5,79	167,44	574,96
1700	34,28	6,27	164,74	578,47
1800	34,55	6,58	172,81	564,58
1900	34,65	6,99	186,05	556,10
2000	34,02	7,33	174,36	617,42
2100	33,13	7,50	183,30	625,48
2200	33,65	7,93	167,48	634,52
2300	33,15	8,10	184,50	642,60
2400	32,46	8,33	220,54	655,10
2500	31,99	8,53	165,40	664,14
2600	31,00	8,65	195,43	673,56
2700	30,60	8,81	202,31	680,00
2800	29,69	8,83	191,88	685,93
2900	29,50	9,08	176,14	689,45
3000	28,10	8,93	192,41	691,61
3100	27,50	9,07	202,60	689,00
3200	26,29	8,96	219,91	669,32
3300	25,86	9,06	205,45	602,21
3400	22,66	7,96	166,01	398,99

A.3 %10 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri

PRN10				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfıyatı [g/kw-sa]	Egzoz Sıcaklığı [°C]
1000	30,04	3,15	188,26	513,57
1100	30,18	3,53	189,70	528,19
1200	30,40	3,97	205,63	547,28
1300	32,63	4,52	180,08	561,70
1400	32,98	4,96	194,89	571,64
1500	33,68	5,58	181,98	591,50
1600	33,61	6,05	174,85	604,85
1700	33,84	6,25	186,20	610,23
1800	34,12	6,56	175,94	618,86
1900	34,53	6,91	146,53	627,33
2000	34,25	7,11	168,51	630,94
2100	33,60	7,37	160,57	632,73
2200	33,49	7,89	171,85	646,81
2300	33,27	8,19	151,55	650,07
2400	33,12	8,27	170,80	646,28
2500	30,20	7,92	162,24	638,48
2600	30,60	8,36	167,22	680,49
2700	29,74	8,52	156,61	687,35
2800	29,26	8,67	182,00	691,03
2900	29,05	8,88	191,10	693,68
3000	28,35	8,96	185,22	698,25
3100	27,31	9,00	195,52	695,48
3200	26,76	9,03	208,71	680,78
3300	26,19	9,09	203,09	611,42
3400	18,67	6,51	160,51	374,15

A.4 %15 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri

PRN15				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfıyatı [g/kw-sa]	Egzoz Sıcaklığı [°C]
1000	26,25	2,73	126,23	484,03
1100	28,19	2,99	120,30	525,81
1200	28,21	3,53	156,30	545,66
1300	31,77	4,33	214,06	553,87
1400	33,57	4,92	215,31	566,22
1500	33,53	5,25	210,06	585,74
1600	34,09	5,70	200,37	601,25
1700	33,83	6,03	202,69	611,49
1800	33,81	6,37	189,77	619,89
1900	34,37	6,89	185,19	631,17
2000	34,21	7,32	186,96	637,67
2100	33,49	7,49	183,87	641,39
2200	33,30	7,80	192,25	649,19
2300	32,50	7,96	200,43	658,90
2400	31,91	8,18	197,62	671,49
2500	31,32	8,31	191,82	679,28
2600	30,72	8,44	201,01	686,57
2700	29,67	8,47	197,01	693,43
2800	27,84	8,27	219,68	698,55
2900	28,33	8,73	226,06	700,23
3000	27,97	8,87	236,14	701,25
3100	27,17	8,92	233,20	699,50
3200	26,24	8,95	238,97	679,09
3300	25,60	8,96	223,95	597,52
3400	16,67	5,78	238,87	365,67

A.5 %20 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri

PRN20				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfıyatı [g/kw-sa]	Egzoz Sıcaklığı [°C]
1000	26,69	2,67	183,46	492,22
1100	28,27	3,58	174,12	533,71
1200	29,03	3,22	192,56	526,17
1300	30,97	3,40	194,33	525,53
1400	32,15	4,20	157,34	542,10
1500	32,44	4,93	162,40	549,51
1600	33,58	5,27	163,16	569,94
1700	33,99	5,29	181,57	558,69
1800	32,63	5,81	175,84	568,32
1900	33,41	6,34	186,80	581,77
2000	34,92	6,78	195,56	583,62
2100	34,94	7,79	142,11	588,10
2200	34,84	8,16	168,44	597,52
2300	34,88	8,30	185,74	598,32
2400	33,99	8,31	152,84	598,29
2500	31,63	8,24	195,65	598,69
2600	30,60	8,36	174,67	596,58
2700	30,30	8,40	188,96	593,95
2800	28,73	8,92	219,54	598,66
2900	28,87	8,92	231,53	600,48
3000	27,70	8,94	235,40	601,87
3100	26,92	9,01	234,67	599,38
3200	26,85	9,08	239,81	579,94
3300	24,98	8,97	229,91	497,27
3400	18,95	6,15	227,78	265,99

A.6 Motorin ile çalışmada elde edilen emisyon değerleri

MOTORİN					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1000	0,06	16,00	1,80	18,16	244,54
1200	0,07	16,56	1,81	18,12	204,82
1400	0,09	16,24	1,83	18,08	146,24
1600	0,08	16,33	1,88	17,99	153,28
1800	0,07	16,00	2,01	17,82	186,24
2000	0,07	16,69	2,07	17,74	188,12
2200	0,07	15,94	2,21	17,56	176,37
2400	0,07	15,79	2,31	17,39	174,03
2600	0,08	16,00	2,52	17,11	176,82
2800	0,08	17,16	2,67	16,88	170,15
3000	0,09	18,71	2,94	16,49	159,84
3200	0,08	18,70	3,45	15,77	206,71
3400	0,09	20,00	3,69	15,42	187,83

A.7 %5 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri

PRN05					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1000	0,07	16,65	1,67	18,15	203,04
1200	0,08	17,43	1,71	18,06	164,44
1400	0,09	14,80	1,67	18,16	121,44
1600	0,08	15,54	1,73	18,10	137,42
1800	0,07	15,76	1,85	17,93	161,10
2000	0,07	15,13	1,94	17,82	174,20
2200	0,06	15,00	2,08	17,62	181,94
2400	0,06	14,33	2,19	17,41	195,71
2600	0,06	14,92	2,36	17,22	195,73
2800	0,06	14,93	2,61	16,80	201,27
3000	0,06	15,62	2,84	16,48	190,30
3200	0,07	15,77	3,12	15,96	193,98
3400	0,09	18,84	3,40	15,68	161,84

A.8 %10 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri

PRN10					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1000	0,06	8,42	1,61	18,37	192,12
1200	0,07	8,48	1,59	18,31	179,82
1400	0,07	10,00	1,61	18,33	140,87
1600	0,07	10,06	1,71	18,21	156,90
1800	0,07	9,21	1,84	18,09	168,05
2000	0,06	9,00	1,90	17,90	182,34
2200	0,05	8,19	2,03	17,77	180,71
2400	0,06	8,94	2,16	17,53	184,12
2600	0,06	9,71	2,40	17,27	175,88
2800	0,06	9,95	2,54	16,98	181,00
3000	0,07	11,00	2,98	16,46	169,97
3200	0,07	11,71	3,14	16,11	166,14
3400	0,09	15,00	3,57	15,59	140,28

A.9 %15 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri

PRN15					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1000	0,06	8,06	1,64	18,42	237,56
1200	0,07	8,58	1,67	18,39	203,82
1400	0,07	9,13	1,72	18,31	184,01
1600	0,07	9,50	1,79	18,23	187,89
1800	0,06	9,30	1,84	18,12	198,65
2000	0,06	9,05	1,93	17,96	198,06
2200	0,06	9,14	2,08	17,78	190,66
2400	0,06	9,41	2,23	17,53	185,84
2600	0,05	10,32	2,40	17,28	183,41
2800	0,06	10,00	2,65	16,95	176,24
3000	0,06	10,62	2,92	16,48	170,49
3200	0,07	11,47	3,15	16,14	168,12
3400	0,10	14,14	3,44	15,69	146,80

A.10 %20 Ham prina ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri

PRN20					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1000	0,06	8,00	1,65	18,39	232,96
1200	0,07	8,94	1,69	18,39	190,25
1400	0,07	9,00	1,72	18,31	183,19
1600	0,07	9,53	1,81	18,20	186,45
1800	0,06	9,38	1,84	18,12	199,62
2000	0,06	9,00	1,94	17,95	195,01
2200	0,06	9,25	2,08	17,78	189,91
2400	0,06	9,40	2,24	17,52	184,46
2600	0,05	10,36	2,40	17,29	183,20
2800	0,06	10,17	2,71	16,85	174,86
3000	0,06	10,73	2,94	16,47	170,38
3200	0,07	11,80	3,20	16,12	164,01
3400	0,10	14,41	3,48	15,65	143,36

A.11 Benzin ile çalışmada elde edilen performans değerleri

BENZİN				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfıyatı [g/kw-sa]	Egzost Sıcaklığı [°C]
1300	26,87	3,79	215,09	617,16
1400	29,03	4,47	170,64	627,15
1500	27,45	4,40	170,13	637,24
1600	28,65	4,90	186,48	644,68
1700	28,80	5,27	179,94	639,25
1800	28,80	5,56	214,27	632,51
1900	28,69	5,81	215,82	636,63
2000	28,45	6,00	215,51	642,21
2100	29,07	6,34	212,59	651,02
2200	28,72	6,47	195,30	660,53
2300	28,82	6,83	231,37	670,92
2400	32,26	8,18	212,14	689,44
2500	29,08	7,63	213,48	694,77
2600	29,42	8,13	226,61	704,77
2700	28,92	8,26	201,23	707,38
2800	28,80	8,51	203,44	712,51
2900	28,61	8,75	198,56	718,18
3000	27,85	8,83	213,10	723,12
3100	27,72	9,11	208,45	728,08
3200	27,58	9,32	206,69	734,11
3300	26,83	9,39	177,56	738,04
3400	26,43	9,53	206,76	726,48
3500	20,33	7,49	210,52	694,71
3600	11,67	4,33	237,87	646,82

A.12 %5 metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri

METOL				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfıyatı [g/kw-sa]	Egzost Sıcaklığı [°C]
1300	26,35	3,76	184,03	593,90
1400	25,58	3,81	207,62	600,71
1500	25,99	4,05	202,34	609,09
1600	27,33	4,54	191,97	622,32
1700	27,19	4,92	207,71	630,74
1800	26,91	5,16	212,33	620,49
1900	27,42	5,55	211,64	622,20
2000	26,59	5,47	243,64	627,53
2100	26,83	5,95	248,80	637,14
2200	29,13	6,81	208,16	648,69
2300	28,29	6,89	210,08	657,95
2400	30,78	7,83	213,83	668,95
2500	28,01	7,33	222,84	677,01
2600	26,29	7,24	210,05	684,91
2700	27,46	7,85	216,68	691,37
2800	27,43	8,08	216,17	697,39
2900	27,20	8,28	214,38	705,31
3000	26,74	8,51	213,52	715,97
3100	26,04	8,56	212,38	731,69
3200	25,97	8,81	198,34	737,10
3300	25,44	8,89	203,58	734,15
3400	23,44	8,39	208,47	715,92
3500	15,88	5,80	213,08	695,27
3600	7,74	2,88	298,85	656,90

A.13 %10 metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri

MET10				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfıyatı [g/kw-sa]	Egzost Sıcaklığı [°C]
1300	28,46	3,93	211,22	593,93
1400	27,24	4,03	171,78	605,37
1500	29,19	4,68	180,93	617,67
1600	26,29	4,37	206,95	628,11
1700	28,97	5,16	173,35	634,89
1800	29,85	5,66	183,87	630,15
1900	29,78	5,95	209,08	624,71
2000	29,94	6,27	205,63	629,68
2100	29,28	6,37	217,27	636,83
2200	29,05	6,66	211,87	647,92
2300	30,37	7,31	216,98	660,77
2400	27,02	6,91	195,97	674,71
2500	29,96	7,90	188,83	685,20
2600	30,23	8,43	208,54	690,93
2700	29,69	8,55	199,55	696,60
2800	29,51	8,77	200,19	704,72
2900	29,57	9,06	192,47	711,75
3000	29,16	9,22	193,67	721,47
3100	28,62	9,39	180,28	737,74
3200	28,55	9,64	183,40	739,12
3300	27,60	9,64	186,25	737,03
3400	26,93	9,64	179,02	723,99
3500	19,52	7,18	182,94	699,56
3600	9,35	3,48	243,19	645,98

A.14 %15 metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri

MET15				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfıyatı [g/kw-sa]	Egzost Sıcaklığı [°C]
1300	25,41	3,50	224,80	607,45
1400	25,03	3,63	184,65	617,14
1500	26,52	4,11	183,89	624,41
1600	26,40	4,20	189,65	635,08
1700	27,51	4,81	186,92	642,80
1800	27,20	5,11	214,33	634,91
1900	27,81	5,66	217,62	637,42
2000	28,26	5,99	208,36	644,09
2100	27,82	6,25	218,99	652,07
2200	28,20	6,61	228,18	663,02
2300	28,11	6,97	221,76	674,82
2400	28,07	7,16	227,03	684,69
2500	28,10	7,41	223,23	692,22
2600	27,70	7,59	215,08	700,79
2700	27,78	7,88	214,71	711,72
2800	27,46	8,14	214,49	720,76
2900	27,42	8,39	209,09	727,41
3000	27,18	8,61	204,31	740,78
3100	26,49	8,66	198,01	756,88
3200	26,38	8,93	192,56	758,00
3300	25,93	8,97	201,23	755,28
3400	24,23	8,68	205,69	740,64
3500	16,77	6,11	202,50	693,38
3600	6,43	2,38	330,17	656,26

A.15 %20 metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri

MET20				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfiyatı [g/kw-sa]	Egzost Sıcaklığı [°C]
1300	27,27	3,76	164,18	618,57
1400	28,23	4,18	155,86	631,58
1500	28,76	4,58	169,47	642,41
1600	29,30	4,91	161,50	651,04
1700	29,47	5,26	165,87	657,25
1800	29,71	5,58	168,48	654,34
1900	30,63	6,04	188,33	647,38
2000	30,43	6,42	196,59	652,11
2100	31,22	7,06	194,97	664,35
2200	30,49	7,21	193,72	674,33
2300	30,96	7,58	189,33	680,72
2400	30,61	7,73	231,14	686,34
2500	30,10	7,93	200,16	700,30
2600	30,90	8,48	183,33	709,77
2700	30,91	8,78	187,67	716,88
2800	30,73	9,03	175,99	725,84
2900	30,84	9,38	187,13	735,55
3000	30,57	9,68	177,80	746,05
3100	29,74	9,80	167,58	763,94
3200	29,08	9,87	178,12	766,68
3300	28,62	10,06	174,06	758,19
3400	26,11	9,26	182,49	736,31
3500	18,66	6,83	171,25	710,52
3600	8,36	3,04	203,19	682,52

A.16 Benzin ile çalışmada elde edilen emisyon değerleri

BENZİN					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1200	1,65	28,17	4,50	12,88	5,78
1400	1,59	22,84	4,41	13,05	3,25
1600	1,75	21,40	4,35	13,02	3,14
1800	1,86	22,11	4,49	12,70	4,76
2000	2,20	23,41	4,64	12,14	6,73
2200	2,35	24,00	5,44	10,87	16,55
2400	1,81	16,20	5,96	10,66	19,57
2600	1,59	14,32	6,79	9,74	26,74
2800	1,64	13,21	7,38	8,92	35,29
3000	1,64	13,19	7,61	8,55	44,91
3200	0,35	2,82	8,24	9,00	71,60
3400	0,13	2,00	8,35	9,09	82,17
3600	0,86	3,24	8,58	8,06	70,90

A.17 %5 Metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri

Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1200	0,25	14,00	5,79	12,14	0,00
1400	0,77	19,00	5,47	12,27	0,00
1600	1,03	23,00	5,20	12,57	0,00
1800	1,51	25,00	5,67	11,18	0,00
2000	1,16	23,00	6,44	10,49	0,00
2200	0,84	19,00	6,94	10,02	0,34
2400	0,85	17,00	7,02	9,95	4,95
2600	0,71	16,00	7,25	9,83	9,06
2800	0,70	16,00	7,54	9,26	16,05
3000	0,18	12,00	7,63	9,58	29,04
3200	0,09	11,00	7,73	9,77	38,95
3400	0,11	12,00	7,96	9,38	43,39
3600	0,21	11,00	8,59	8,33	51,60

A.18 %10 Metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri

MET10					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1200	0,20	7,00	4,74	10,77	28,90
1400	0,24	5,00	5,89	11,87	14,87
1600	0,72	6,00	5,79	11,56	9,13
1800	0,82	7,00	5,49	12,02	8,28
2000	1,11	9,00	6,18	10,59	11,66
2200	0,43	4,00	7,24	9,92	19,61
2400	0,27	4,00	7,37	9,89	19,78
2600	0,44	3,00	7,77	9,11	1,18
2800	0,35	3,00	8,06	8,92	2,37
3000	0,06	1,00	8,31	8,85	3,21
3200	0,07	2,00	8,73	8,25	1,18
3400	0,07	1,00	8,71	8,35	1,68
3600	0,28	5,00	8,18	8,92	1,87

A.19 %15 Metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri

MET15					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1200	0,14	17,00	4,24	11,89	1,17
1400	0,15	9,00	5,47	12,91	1,01
1600	0,36	7,00	5,24	13,14	1,18
1800	0,51	8,00	5,30	12,77	1,53
2000	0,46	11,00	5,97	11,82	2,04
2200	0,16	6,00	4,64	11,26	1,70
2400	0,10	9,00	6,73	11,28	1,53
2600	0,13	9,00	7,12	10,65	0,84
2800	0,07	6,00	7,45	10,51	1,70
3000	0,03	9,00	7,35	10,49	1,18
3200	0,03	5,00	7,74	9,94	1,35
3400	0,04	3,00	8,27	9,21	0,17
3600	0,20	5,00	8,99	8,12	2,54

A.20 %20 Metanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri

MET20					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1200	0,03	26,00	4,92	13,77	0,00
1400	0,05	21,00	5,16	13,44	0,00
1600	0,18	9,00	4,98	13,54	0,00
1800	0,20	8,00	5,02	13,55	0,00
2000	0,11	6,00	5,59	12,81	0,00
2200	0,05	6,00	5,91	12,48	0,00
2400	0,06	6,00	6,15	12,12	0,00
2600	0,06	11,00	6,31	11,85	0,00
2800	0,03	20,00	6,08	12,27	0,00
3000	0,05	12,00	6,28	12,02	0,00
3200	0,05	12,00	7,24	10,77	0,00
3400	0,06	6,00	7,57	10,17	0,00
3600	0,09	6,00	7,89	9,77	0,00

A.21 %5 etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri

ETNL05				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfıyatı [g/kw-sa]	Egzost Sıcaklığı [°C]
1300	25,92	4,78	182,39	604,35
1400	25,49	5,10	191,69	615,94
1500	26,49	5,63	186,59	629,55
1600	26,67	6,20	191,24	646,17
1700	27,97	6,88	175,06	652,46
1800	27,44	7,05	197,96	637,87
1900	27,52	7,45	217,02	636,21
2000	27,07	7,70	224,76	642,38
2100	27,24	8,15	220,05	649,51
2200	27,91	8,88	214,54	663,22
2300	28,18	9,50	239,04	672,37
2400	27,03	9,35	200,81	684,26
2500	27,65	9,88	227,10	694,44
2600	27,53	10,40	221,08	704,17
2700	27,43	10,69	209,74	710,22
2800	27,08	10,88	213,58	717,87
2900	27,07	11,21	205,61	724,35
3000	26,80	11,42	208,09	737,45
3100	26,37	11,74	199,55	754,99
3200	25,87	11,86	195,53	755,62
3300	25,09	11,91	205,85	755,39
3400	23,55	11,41	205,73	738,86
3500	14,31	7,04	221,22	711,09
3600	10,34	5,07	246,24	681,19

A.22 %10 etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri

ETNL10				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfıyatı [g/kw-sa]	Egzost Sıcaklığı [°C]
1300	25,14	4,78	217,03	604,48
1400	25,54	5,06	179,08	616,09
1500	25,81	5,52	184,74	628,95
1600	26,28	6,09	230,66	640,20
1700	27,16	6,60	200,16	639,08
1800	27,65	7,24	251,57	631,33
1900	27,06	7,46	227,66	637,45
2000	26,95	7,75	234,76	644,89
2100	26,78	8,14	241,98	655,43
2200	27,83	8,71	243,32	666,43
2300	26,90	9,02	242,15	677,14
2400	28,04	9,50	214,68	688,76
2500	27,74	10,06	215,16	699,31
2600	27,42	10,20	205,07	705,83
2700	27,24	10,45	216,99	712,05
2800	27,11	10,84	213,23	719,95
2900	26,81	11,06	209,48	731,50
3000	26,31	11,31	189,30	749,84
3100	25,90	11,49	183,59	759,41
3200	25,79	11,87	196,35	759,35
3300	25,04	11,81	211,29	756,17
3400	22,29	10,78	195,68	730,32
3500	15,60	7,64	211,41	697,03
3600	5,87	2,84	247,63	662,44

A.23 %15 etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri

ETNL15				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfıyatı [g/kw-sa]	Egzost Sıcaklığı [°C]
1300	26,34	4,90	183,73	606,07
1400	26,83	5,28	195,90	617,26
1500	25,81	5,41	196,58	632,03
1600	26,86	6,25	186,57	646,85
1700	27,20	6,70	191,45	657,50
1800	27,16	7,04	197,91	647,25
1900	27,60	7,51	217,38	646,59
2000	28,04	8,01	221,28	652,26
2100	27,14	8,09	231,83	659,44
2200	29,40	9,14	207,48	668,07
2300	28,00	9,07	222,02	679,03
2400	28,89	9,76	245,39	690,13
2500	27,97	10,04	226,42	698,24
2600	28,68	10,74	223,71	709,87
2700	27,61	10,70	211,44	715,97
2800	27,30	10,91	197,13	722,83
2900	27,24	11,22	223,41	730,32
3000	26,91	11,45	207,61	737,96
3100	26,54	11,61	205,89	754,69
3200	25,67	11,69	197,79	765,22
3300	24,93	11,79	204,22	762,66
3400	22,05	10,68	209,77	739,48
3500	14,19	7,02	223,41	702,34
3600	6,10	2,97	254,37	663,72

A.24 %20 etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen performans değerleri

ETNL20				
Devir [dev/dk]	Tork [Nm]	Güç [kw]	Özgül Yakıt Sarfıyatı [g/kw-sa]	Egzost Sıcaklığı [°C]
1300	32,14	6,13	172,67	589,08
1400	32,09	6,58	168,96	599,29
1500	32,84	7,07	166,57	611,21
1600	33,24	7,81	175,52	621,94
1700	33,92	8,39	139,63	628,93
1800	33,95	8,75	176,70	628,98
1900	34,30	9,17	169,70	621,91
2000	34,43	9,65	178,64	628,32
2100	34,09	10,06	164,74	636,05
2200	34,48	10,70	186,11	647,14
2300	34,37	11,10	193,08	657,67
2400	34,49	11,77	197,89	670,33
2500	34,73	12,37	201,30	682,58
2600	34,28	12,87	210,73	694,91
2700	34,37	13,31	197,50	701,54
2800	34,13	13,61	178,87	707,85
2900	34,09	13,98	177,72	716,98
3000	33,56	14,37	177,53	726,21
3100	32,76	14,53	192,30	729,81
3200	32,48	14,75	195,47	728,63
3300	32,17	15,12	207,39	723,67
3400	31,22	15,07	232,06	720,05
3500	25,46	12,65	236,87	709,40
3600	11,86	6,03	195,03	643,18

A.25 %5 Etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri

ETNL05					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1200	0,32	23,84	4,89	13,43	5,30
1400	0,44	24,43	4,86	13,30	3,81
1600	0,66	20,57	4,75	13,26	1,56
1800	0,99	21,06	4,75	12,94	2,46
2000	1,26	21,11	5,03	12,29	4,57
2200	1,10	21,15	5,87	11,26	15,22
2400	0,72	16,13	6,34	10,99	22,72
2600	0,59	13,94	6,68	10,62	30,72
2800	0,62	11,86	7,00	9,89	41,68
3000	0,30	10,89	7,19	9,85	54,59
3200	0,06	12,56	7,35	9,91	67,25
3400	0,11	9,93	7,59	9,49	73,59
3600	0,86	11,36	8,34	7,82	71,24

A.26 %10 Etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri

ETNL10					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1200	0,11	14,22	5,75	12,52	26,83
1400	0,24	13,07	5,52	12,58	16,83
1600	0,36	6,00	5,08	12,94	9,49
1800	0,60	7,22	5,00	12,91	6,21
2000	0,75	8,00	5,13	12,55	9,56
2200	0,63	8,00	5,59	11,94	16,83
2400	0,17	6,10	6,23	11,52	36,40
2600	0,26	6,00	6,30	11,38	38,10
2800	0,33	4,76	6,71	10,75	43,67
3000	0,20	5,25	6,83	10,66	50,63
3200	0,06	3,69	7,04	10,56	63,98
3400	0,06	4,00	7,45	9,98	73,95
3600	0,21	3,94	8,12	8,93	85,56

A.27 %15 Etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri

ETNL15					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1200	0,03	6,00	4,93	13,77	15,10
1400	0,03	8,00	4,92	13,75	13,41
1600	0,15	10,00	4,63	13,95	8,32
1800	0,35	11,00	4,77	13,41	6,79
2000	0,45	12,00	5,01	13,07	8,83
2200	0,13	11,00	5,81	12,25	23,09
2400	0,13	10,00	6,02	11,93	27,83
2600	0,17	16,00	6,12	11,84	32,41
2800	0,04	8,00	6,52	11,32	43,41
3000	0,02	8,00	6,44	11,54	44,46
3200	0,03	7,00	6,53	11,31	49,71
3400	0,03	7,00	6,96	10,64	57,01
3600	0,20	10,00	7,68	9,48	68,90

A.28 %20 Etanol ilavesiyle yapılan çalışmada elde edilen emisyon değerleri

ETNL20					
Devir	CO	HC	CO ₂	O ₂	NO _x
1200	0,45	39,00	5,50	12,60	18,96
1400	0,03	16,00	5,73	12,57	18,78
1600	0,08	11,00	5,68	12,55	22,51
1800	0,07	13,00	6,20	11,83	29,62
2000	0,21	8,00	6,17	11,70	22,51
2200	0,05	7,00	6,61	11,22	33,67
2400	0,05	8,00	6,61	11,31	36,38
2600	0,04	15,00	6,32	11,85	39,09
2800	0,03	12,00	6,09	11,90	30,12
3000	0,02	10,00	6,21	11,96	39,94
3200	0,02	6,00	6,37	11,78	41,62
3400	0,23	8,00	6,92	10,71	59,38
3600	0,10	7,00	7,81	9,66	66,15

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Korcan FIRAT
Doğum Yeri ve Yılı : Manisa, 1987
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : korcanfirat@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Akhisar Adnan Menderes Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi, 2005
Lisans : Uşak Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 2010

Mesleki Deneyim

Aksa Manisa Doğalgaz Dağıtım A.Ş.	2011-2012
Yıldız Entegre Akhisar Tesisi	2013-2018
Kırkağaç Belediyesi	2018-2019
Ng Afyon Wellness&Convention	2019-Halen