

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİR DİZEL MOTORUNUN PERFORMANS VE EMİSYONLARI ÜZERİNE KATKI
MADDELERİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İlker TEMİZER**

**Anabilim Dalı: Makine Eğitimi
Programı: Otomotiv**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hanbey HAZAR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 11 Ağustos 2010

AĞUSTOS-2010

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR DİZEL MOTORUNUN PERFORMANS VE EMİSYONLARI ÜZERİNE
KATKI MADDELERİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İlker TEMİZER
(08119102)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 Temmuz 2010

Tezin Savunulduğu Tarih: 26 Ağustos 2010

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hanbey HAZAR(F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd.Doç. Dr. Halit Lütfü YÜCEL (F.Ü)

Yrd.Doç. Dr. Cengiz ÖNER (F.Ü)

AĞUSTOS-2010

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan Doç. Dr. Hanbey HAZAR ve bölüm hocalarıma tüm katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca Uz. Faruk Gür ve bölüm hocalarına şükranlarımı sunarım. Deneylerimin gerçekleşmesinde atölye imkanlarını esirgemeyen Çukurova Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Bölüm Başkanı ve tüm personeline teşekkürü etmeyi bir borç bilirim. Tez çalışmamda manevi desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

İLKER TEMİZER

ELAZIĞ-2010

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	XI
KISALTMALAR	XIII
SEMBOLLER LİSTESİ	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Ham Petrolün Rafinasyon Metodları	3
a) Pott Still Destilasyon:	4
b) Shell Still Destilasyon:	4
c) Fraksiyonlu Destilasyon:	4
1.2. Dizel Motoru ve Yakıt Özellikleri	5
1.3. Alternatif Yakıtlar ve Katkı Maddeleri	9
1.4. Alkolller ve Genel Yapısı	10
1.5. Alkol Yakıtların Avantaj ve Dezavantajları	11
1.6. Metanol	13
1.6.1. Metanol Üretimi	13
1.6.2. Ülkemizde ve Dünyada Metanol Kullanımı	16
1.6.3. Metanol Özellikleri ve Yakıt Olarak Kullanılışı	18
1.6.4. Metanolün Korozif Etkisi	22
1.6.5. Yapılan Çalışmalar ve Egzoz Emisyonları	22
1.6.6. Metanolün Benzinli Motorlarda Kullanımı	27
1.7. Etanol(Etil Alkol)	28
1.7.1. Etanolun elde edilişi	28
1.7.2. Etanolün özellikleri	28
1.7.3. Etanolün Yanma Özellikleri	29
1.7.4. Etanolün egzoz emisyonları ve yapılan çalışmalar	30
1.8. LPG (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)	32
1.8.1. LPG Yakıtının Özellikleri ve Yapılan Çalışmalar	32
1.9. Bitkisel Yakıtlar ve Biodizel	33
1.10. Hidrojen	36
1.11. Yakıt Katkı Maddeleri Ve Organometal Bileşikler	36
1.12. Tall Yağı ve Asitler	46
1.13. Motor Yağları	47
a) Yağın Kimyasal Olarak Bozulması	47
1.14. Yağ Bazları	48
1.14.1. Mineral Yağlar	48
1.14.2. Sentetik Yağlar	48

1.14.3. Yarı Sentetik Yağlar	48
2. MATERYAL VE METOT	49
2.1. Deneylerde Kullanılan Yakıtlar ve Katkı Maddeleri	49
2.2 Organometal Bileşik Sentezi	49
2.3. Metanol –Dizel Karışımları	52
2.4. Deneylere İlişkin Özellikler.....	54
2.4.1. Yakıt Analiz Cihazları ve Teknik Özellikleri.....	54
2.4.2. Parlama Noktası Tayini	54
2.4.3. Viskozite Tayini	55
2.4.4. Setan Sayısı Tayini	55
2.4.5. Donma Noktası Tayini	56
2.4.6. Deney Motoru ve Deney Seti	56
3. BULGULAR	60
3.1. Deneylerin Yapılışı.....	61
3.2. Yakıt Analizleri	61
3.2.1. Kullanılan Yakıt ve Yakıt Katkı Maddelerinin Özellikleri	64
3.3. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	62
3.3.1 CO Emisyonları.....	62
3.3.2.NO _x Emisyonları.....	66
3.3.3.Egzoz Gazlarının Sıcaklığı.....	69
3.3.4. Oksijen Miktarı.....	73
3.3.5. Karbondioksit (CO ₂) Emisyonları	75
3.3.6. Özgül Yakıt Tüketimi.....	77
3.3.7. Motor Momenti Ve Motor Gücü	79
3.3.8. Motor Yağlama Yağı	84
3.4. Kullanılan Metanol ve Katkı Maddesinin Motor Yağı Ve Motor Parçaları Üzerine Etkisi.....	86
4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	95
5.ÖNERİLER	97
KAYNAKÇA	98
ÖZGEÇMİŞ.....	100

ÖZET

İçten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılan petrol ürünlerinin sınırlı olması, yakıt özelliklerini geliştirme ve yeni alternatif yakıt arayışları, yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları azaltma düşüncesi bu çalışmanın temelini oluşturmuştur. Yapılan bu çalışmada metanol-dizel yakıtı, organometal MnO_2 -dizel yakıtları kullanılarak dizel yakıtın özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca metanol yakıtının motor yağı ve segman üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

200 bar enjektör püskürtme basıncında, 4 silindirli direk enjeksiyonlu dizel motorunda 1 litre yakıt içerisinde %5, %10 ve %15 oranlarında metanol ilave edilmiştir. Faz ayrışımını önlemek için dodekanol ilave edilmiştir. Ayrıca Mn metalinin organometalik bileşikler sentezlenerek çözeltileri hazırlanmıştır. Motorinin donma noktasını en fazla düşüren katkı maddesinin miktarı ve performans etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Deney sonuçlarına göre; karışım içerisinde metanol oranının artması ile özgül yakıt tüketim değerlerinde ve NO_x emisyonlarında artma, CO emisyonlarında azalma sağlanırken, organometal MnO_2 ile setan sayısında artış, donma noktası, viskozite ve parlama noktası değerlerinde düşüş sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Dizel Motor, Metanol, Organometal MnO_2

SUMMARY

This study is based on the assumption that there is a shortage of petroleum fuels used in internal combustion engines. After all researches for new and renewable alternative fuels, improve of properties fuel and attempts to reduce fuel consumption and exhaust emission constitute a basis for this study. In this study ;metanol-diesel fuel, organometal MnO_2 fuels has been investigated experimentally. Besides , this is study examined effect on engine oil and piston ring of metanol fuels.

At pressure value of the test engine is 200 bar, four cylinder, direct injection diesel engine using metanol-diesel fuel mixture has been addition rate %5, %10 ve %15 metanol. Dodekanol has been addition to tank prevent phase separation . Further the organo-metallic compounds of metal Mn are syntlesized to prepre their solutions. The additive which achieves the greatest fall in feezing point of the fuel, its optimum rate of dosage and performance effects were tested to determine their effects.

According to the results; it has been found that there is an efficiency incrase in the specific fuels consumption and NO_x and, a decrease in the CO, setan number incrase with organo-metal MnO_2 , viscosity, freezing point and flaming temperature.

Keyword: Diesel Engine , Metanol, Organometal MnO_2

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 Dünyada farklı sektörlerde kullanılan yakıt tüketimi	1
Şekil 1.2. Metil alkolün molekül yapısı.....	10
Şekil 1.3. Metanol Üretim Prosesi.....	15
Şekil 1.4. Dünya’da Metanol Ticareti Hareketi.....	17
Şekil 1.5. Metanol ve motor yüklemelerinin CO ve NOx emisyonları üzerine etkileri.....	23
Şekil 1.6 Değişen Metanol oranı ve Motor yükünün egzoz sıcaklığı üzerine etkisi.....	24
Şekil 1.7. Farklı benzin-metanol karışımlarının 20 ⁰ KMA avans değerinde ve sabit motor devrinde motor veriminin yükle değişimi.....	27
Şekil 1.8. Etil alkolün molekül modeli.....	28
Şekil 1.9. Etanolün- dizel karışımlarının setan sayısı değişimi.....	29
Şekil 1.10.Propan ve Bütan İçin Basınç Ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Denge Durumu.....	32
Şekil 1.11.Enjektör temizleyici katkı maddelerinin yakıt püskürtme sistemi üzerine etkisi.....	37
Şekil 1.12. Farklı oranlardaki DMC nin farklı motor güçlerinde ısı verim üzerine etkisi ..	39
Şekil 1.13. farklı oranlardaki katkı maddelerinin donma noktası düşüşü üzerine etkisi.....	40
Şekil 1.14. Mn ve Ce katkılı yakıtın fiziksel özellikleri.....	42
Şekil 1.15. Mn ve Ce katkılı yakıtın duman oluşumu üzerine etkisi.....	42
Şekil 1.16.Abietic asit.....	45
Şekil 2.1 Organometal bileşik sentezinde kullanılan reaktör.....	50
Şekil 2.2. a.60ppm, b 80ppm,c.40ppm MnO ₂	51
Şekil 2.3. hassas terazi	51
Şekil 2.4. a, b ve c sırasıyla %5, %10 ve %15 oranlarında dodekanol-metanol/yakıt karışımları	52
Şekil 2.5. Parlama noktası ölçüm cihazı.....	53
Şekil 2.6 Viskozite tayini ölçüm cihazı	54

Şekil 2.7. Setan sayısı tayini ölçüm cihazı	54
Şekil 2.8. Donma noktası tayini ölçüm cihazı	55
Şekil 2.9. Deney motoru.	56
Şekil 2.10. Deney düzeneğinin şematik yapısı.....	56
Şekil 2.11. Dinamometre ve Motor bağlantısı.	57
Şekil 2.12. Bilgisayar ünitesi (a) ve Bilgisayar programı (b)	58
Şekil 2.13. Egzoz emisyon cihazı	59
Şekil 3.1. Değişen oranlarda metanol ve devir sayısının CO Emisyonları üzerine etkisi...63	
Şekil 3.2. Değişen yakıt türleri ve devir sayısının CO Emisyonları üzerine etkisi	65
Şekil 3.3. Değişen oranlarda metanol ve devir sayısının NO _x Emisyonları üzerine etkisi..67	
Şekil 3.4. Değişen oranlarda metanol ve devir sayısının Egzoz Sıcaklıkları üzerindeki etkisi.....	69
Şekil 3.5. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının Egzoz Sıcaklıkları üzerine etkisi.....	70
Şekil 3.6. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının Egzoz Sıcaklıkları üzerindeki etkisi.....	71
Şekil 3.7. Değişen oranlarda metanol ve devir sayısının O ₂ emisyonları üzerindeki etkisi.....	72
Şekil 3.8. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının O ₂ emisyonları üzerindeki etkisi	73
Şekil 3.9. Değişen oranlarda metanol-dizel karışımlarının ve devir sayısının CO ₂ üzerindeki etkisi	74
Şekil 3.10 Değişen oranlarda yakıt karışımı ve devir sayısının CO ₂ üzerine etkisi.....	75
Şekil 3.11. Değişen oranlarda metanol-dizel karışımlarının ve devir sayısının Özgül yakıt tüketimine etkisi	76
Şekil 3.12. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının Özgül yakıt tüketimine etkisi	78
Şekil 3.13. Değişen oranlarda metanol-dizel karışımlarının ve devir sayısının Motor gücü üzerine etkisi	79
Şekil 3.13. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının Motor gücü üzerine etkisi	80

Şekil 3.14. Değişen oranlarda metanol-dizel karışımlarının ve devir sayısının Motor momenti üzerine etkisi	81
Şekil 3.15. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının Motor momenti üzerine etkisi	82
Şekil 3.15. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının Yağ sıcaklığı üzerine etkisi ...	84
Şekil 3.16. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının Yağ sıcaklığı üzerine etkisi	84
Şekil 3.17. Kül miktarı tayininde kullanılan yüksek dereceli fırın.....	86
Şekil 3.18. Dizel ve metanol yakıtı ile çalıştırılmış segmanının X 50 büyültme ile kesiti üzerinden alınan SEM fotoğrafları.....	89
Şekil 3.19. Dizel ve metanol yakıtı ile çalıştırılmış segmanının X 100 büyültme ile kesiti üzerinden alınan SEM fotoğrafları.....	89
Şekil 3.20. Dizel ve metanol yakıtı ile çalıştırılmış segmanının X 200 büyültme ile kesiti üzerinden alınan SEM fotoğrafları.....	90
Şekil 3.21. Dizel ve metanol yakıtı ile çalıştırılmış segmanının X 500 büyültme ile kesiti üzerinden alınan SEM fotoğrafları.....	90
Şekil 3.22. Dizel ve metanol yakıtı ile çalıştırılmış segmanının X 1000 büyültme ile kesiti üzerinden alınan SEM fotoğrafları.....	91
Şekil 3.23. Dizel ve metanol yakıtı ile çalıştırılmış segmanının X 1500 büyültme ile kesiti üzerinden alınan SEM fotoğrafları.....	91
Şekil 3.24. Dizel yakıtıyla 100 saatlik çalışma sonunda silindir kapağı ve supapların görünümü.....	92
Şekil 3.25. Dizel yakıtıyla 100 saatlik çalışma sonunda silindir kapağı ve supapların görünümü.	93

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No :

Tablo 1.1. Dünya fosil yakıt rezervleri	2
Tablo 1.2. Dizel yakıt tiplerine ait bazı fiziksel özellikler	6
Tablo 1.3. Propan, Bütan ve Benzinin özellikleri	9
Tablo 1.4. Çeşitli alternatif yakıtların fiziksel ve kimyasal olarak karşılaştırılması.....	10
Tablo 1.5. Türkiye'nin metanol ithalatı	16
Tablo 1.6. Metanolün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	20
Tablo 1.7. Metanolün dizel motorlarda kullanımı için geliştirilen yöntemler.....	21
Tablo 1.8. Farklı konsantrasyonlardaki Mn ve Ni katkı maddesinin TE60 yakıtın fiziksel özellikleri etkisi	41
Tablo 2.9. Organometal sentezinde kullanılan yapılar ve miktarları	50
Tablo 2.10 Test yakıtların tanımlanması	52
Tablo 2.11. Test yakıtların tanımlanması	54
Tablo 2.12.Deneylerde kullanılan motorun özellikleri	57
Tablo 2.13.Dinamometrenin teknik özellikleri.....	58
Tablo 3.14. Dizel-Metanol karışımlarında setan sayısı.....	61
Tablo 3.15.Mn'li bileşiklerin yakıt analiz sonuçları	61
Tablo 3.16. Değişen devir ve Metanol miktarı ile oluşan CO miktarı.	64
Tablo 3.17. Değişen devir ve yakıt türleri ile oluşan CO miktarı.	65
Tablo 3.18 Değişen devir ve Metanol miktarı ile oluşan NOx miktarı	68
Tablo 3.19. Değişen devir ve yakıt türleri için oluşan NOx miktarı	69
Tablo 3.20. Değişen devir ve Metanol miktarı ile oluşan Sıcaklık değerleri	70
Tablo 3.21. Değişen devir ve yakıt türleri ile oluşan Sıcaklık değerleri	71
Tablo 3.22. Değişen devir - Metanol miktarı ve O ₂ Emisyonu	73
Tablo 3.23. Değişen devir – yakıt türü ve O ₂ Emisyonu	73
Tablo 3.24. Değişen devir - Metanol miktarı ve CO ₂ Emisyonu	75
Tablo 3.25. Değişen devir – yakıt türü ve CO ₂ Emisyonu	75
Tablo 3.26. Değişen devir ve Metanol miktarı ile ÖYT değerleri	77
Tablo 3.27. Değişen devir ve yakıt türleri ile ÖYT değerleri	78
Tablo 3.28. Değişen devir ve Metanol miktarı ile Motor Gücü Değerleri	79

Tablo 3.29. Değişen devir ve yakıt türleri ile Motor güç değerleri	81
Tablo 3.30. Değişen devir ve Metanol miktarı ile Motor Gücü Değerleri	82
Tablo 3.31. Değişen devir ve yakıt türleri ile Moment değerleri	83
Tablo 3.32. Değişen devir ve Metanol miktarı ile Motor Yağ sıcaklık Değerleri.....	84
Tablo 3.33. Değişen devir ve yakıt türleri ile Motor Yağ sıcaklığı değerleri	84
Tablo 3.34. 100 saat'lik dizel ve metanol-dizel motor çalışması sonunda motor yağının viskozite değeri.....	87
Tablo 3.35. 100 saat'lik dizel ve metanol-dizel motor çalışması sonunda motor yağının kütleli küll oranı.....	88

KISALTMALAR

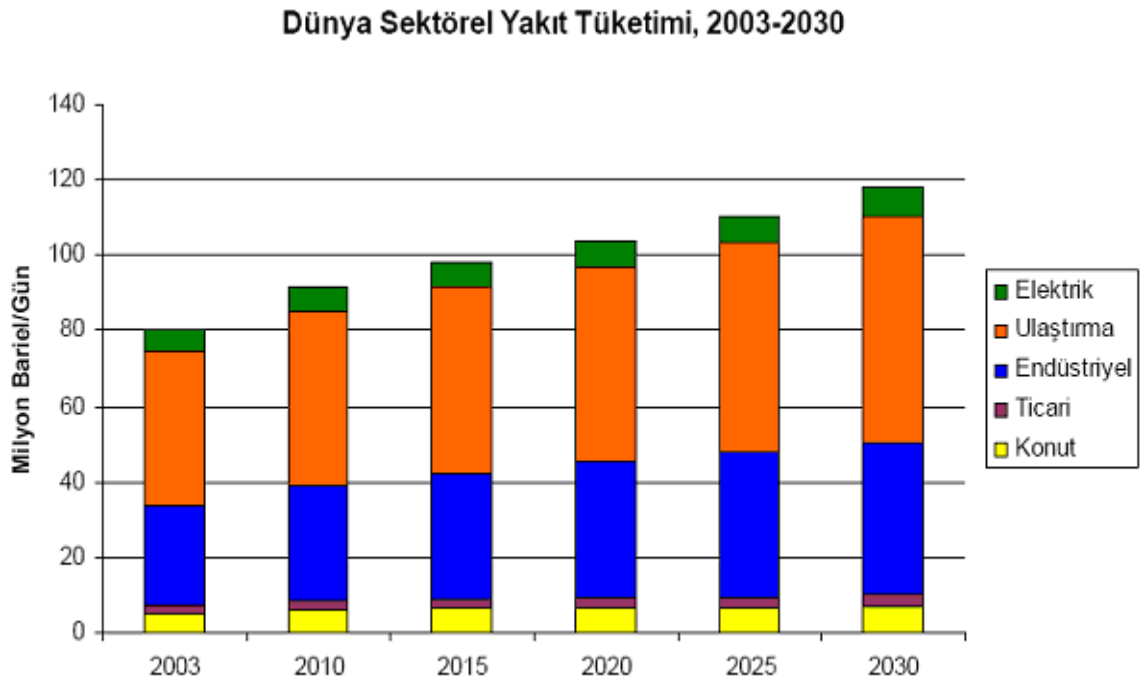
PEM	: Polimer Elektrolit Membranlı
Ü.Ö.N	: Üst Ölü Nokta
A.Ö.N	: Alt Ölü Nokta
DMCC	: Dizel-Metanol Karışımli Bileşik
DMC	: Dizel-Metanol Karışımı
Ppm	: Milyondaki Partikül Miktarı
ASTM	: Amerikan Test ve Materyal Birliğı Standartları
MPU	: Magnetik Alan Şiddeti
TG	: Tutuşma Geçikmesi
SEM	: Scanning Electron Microscope
CST	: Centistokes
APM	: Advanced Power Management
ISO	: Uluslararası Standartlar Teşkilâtı
BG	: Beygir gücü
SSU	: Second Saybolt Universal Simulated TAG modes

SEMBOLLER LİSTESİ

SO₂	: Kükürt dioksit
MnO₂	: Mangan Dioksit
Mn	: Mangan
NO_x	: Azot Oksitler
CO	: Karbonmonoksit
NaOH	: Sodyumoksit
CH₃OH	: Metanol
HC	: Hidrokarbon
Fe	: Demir
Pb	: Kurşun
Mn	: Mangan
Mg	: Magnezyum
Ca	: Kalsiyum
Cu	: Bakır
Ni	: Nikel
NiO	: Nikel Oksit
Mo	: Molipten
MgO	: Magnezyum Oksit
Hg	: Civa
MPa	: Megapaskal
Kw	: kilowatt
d/dak	: Devir/dakika

1. GİRİŞ

Artan enerji ihtiyacı, bir taraftan yeni enerji kaynaklarının araştırılmasına ve diğer taraftan mevcut enerji kaynaklarının en iyi şekilde değerlendirilmesine zorunluluk getirmektedir. Enerji talebine olan ihtiyaç, sanayileşme ve nüfusun artması ile birlikte günden güne fazlaşmaktadır. Bunun sonucunda dünyada enerji açığı meydana gelmektedir. Bu nedenle sanayileşmiş ve sanayileşmekte olan ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacı ile yeni enerji kaynaklarına yönelmektedirler. Bununla birlikte, enerji ihtiyacı ülkelerin gelişmişliğine bağlı olarak değişmektedir. Enerji üretiminde mümkün olduğu kadar yerel kaynakların kullanılması gerekir. Bunun yanında ülkelerin enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla çevre bilincinin korunması, verimliliğin artırılması, kaynak çeşitliliğinin ve sürekliliğinin sağlanması da önem kazanmaktadır. Enerji politikalarında düşünülmesi gereken temel unsur, teknolojik ve sosyal gelişmeyi destekleyecek şekilde enerji ihtiyacını karşılayan, güvenilir, kaliteli, temiz ve ekonomik enerji türlerine yönelmektir [1].



Şekil 1.1. Dünyada farklı sektörlerde kullanılan yakıt tüketimi [2].

Gelecekte petrol rezervinin azalmasıyla birlikte fosil yakıtlardan biri olan kömürün en yüksek rezerve sahip olması, kömürün daha fazla önem kazanabileceği düşüncesini yaygınlaştırmıştır. Dünya petrol rezervleri dağılımına bakıldığında 93,3 milyar ton ve %65’lik pay ile Ortadoğu en zengin bölge konumundadır. Dünyadaki petrol kullanma ihtiyacı dikkate alındığında ise bu bölge gelecekte de önemini korumaya devam edecektir [3,4].

Tablo 1.1. Dünya fosil yakıt rezervleri [3].

BÖLGE	PETROL (Milyar Ton)	Doğal Gaz (Trilyon m³)	KÖMÜR(Milyar Ton)	
			TAŞ KÖMÜRÜ	LİNYİT
KUZEY AMERİKA	8.3	7.6	120.2	137.6
ORTA VE GÜNEY AMERİKA	13.7	7.2	7.8	14
AVRUPA	2.6	4.9	47.5	77.9
ESKİ SSCB ÜLKELERİ	9.1	56.1	97.4	132.6
ORTADOĞU	93.3	55.9	1.7	
AFRİKA	10	11.2	55.2	0.2
ASYA	5.9	12.3	189.3	103.1
TOPLAM	142.9	155.1	519.1	465.4

Dünyada egzoz emisyonları için getirilen yasal sınırlamalar dizel motor emisyonlarını azaltabilmek için yapılan çalışmaları teşvik etmiştir. Yasal düzenlemelerin gerekliliklerini yerine getirmek için hem emisyon kontrol yöntemleri hem de alternatif yakıtlar üzerine yapılan çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. Kullanılacak alternatif yakıtların veya katkı maddelerinin, yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi ve

mevcut teknolojide önemli bir yapısal değişiklik getirmeden doğrudan kullanılabilmesi büyük önem taşımaktadır. Petrole alternatif olabilecek başlıca motor yakıtları; alkoller (etanol, metanol), doğalgaz, biyogaz, hidrojen ve bitkisel yağlardır. En yaygın olarak kullanılanları ise alkol, alkol-benzin ve alkol-dizel karışımlarıdır. Alkollerin (etanol, metanol) dizel yakıtına göre daha küçük moleküler yapıya sahip olmaları, yapılarında oksijen bulundurmaları ve dizel yakıtında bulunan kükürt, kanserojen maddeler ve ağır metalleri içermedikleri için egzoz emisyonlarında olumlu etkilere sebep olmaktadır [4,5].

Alkollerin, yakıt olarak motorlarda denenmesi petrol kaynaklı yakıtlara göre daha önceki tarihlere dayanır. Ancak, petrolün bulunması ve petrol ürünlerinin motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılmaya başlanması ile çalışmalar petrol üzerinde yoğunlaşmıştır. Yakıt amaçlı alkol üretim ve tüketimine yeteri kadar yatırım yapılmaması, alkolün petrol ürünlerine nazaran daha pahalıya mal olması, alkolün bünyesinde bulunan su miktarının taşıt motorlarının yakıt sistemlerinde az da olsa korozyif bir etki yapması ve ayrıca faz ayrışması gibi nedenler yüzünden alkol, yakın döneme kadar iyi bir gelişme gösterememiştir. Ancak yakıt amaçlı alkoller üzerindeki araştırmaların birçoğu enerji krizleri döneminde yapılmış, krizler atlatıldıktan sonra çalışmalar yavaşlamıştır [6].

1.1. Ham Petrolün Rafinasyon Metodları

Ham petrolün tasfiyesi, petrolün menşesine ve ihtiva ettiği diğer yabancı maddelere göre muhtelif şekillerde yapılır. Petrolün ihtiva ettiği birtakım yabancı maddelerin tasfiyesi için, bazı kimyasal metotlar sayesinde petrol içindeki yabancı maddeler uzaklaştırılır. Petrol içindeki serbest kükürdü ayırmak için kurşun asetat veya kurşun oksit çözeltisi ile NaOH çözeltisinin karışımı kullanılır. Sülfürik asit ile petrol içindeki yarı doymuş, çift bağlı hidrokarbonlar (olefinler) polimerizasyon ve oksidasyonla reçineleşip ayrışırlar. Bu metot parafinik menşeli petrole tatbik edilir. Basınç altında ham petrolün sıvı kükürt dioksit (SO_2) ile muamele edilmesi işlemine Edeleanu metodu denir. Metotta kullanılan sıvı haldeki SO_2 bütün yabancı maddeleri arındırarak destilasyonla yabancı partikülleri bünyesinden uzaklaştırır. SO_2 gaz halinde uçunca yabancı maddeler de bozulmadan geriye kalır fakat yakıtın oktan sayısı düşer. Ayrıca petrol içerisindeki arzu edilmeyen birçok maddeyi Furfurol metodu ile uzaklaştırmak mümkündür. Destilasyon metotları için 3 ayrı yöntem söz konusudur [89].

a) Pott Still Destilasyon

Bu işlemde ilk olarak ham petrol bir kaba konur ve ısıtılır. Hazne altında ateş yakılır ve kondenser kangalları etrafında su devir daim ettirilir. Petrol ısıtıldığında önce benzin buharı çıkar ve çıkan bu buhar kondenserde yoğunlaştırılır. Daha sonraki işlem tanklara pompalanmasıdır. Biraz daha ısıtıldıktan sonra gazyağı buharları çıkar ve bunlar da yoğunlaştırılarak gazyağı halinde tanklara pompalanır. Bir miktar daha ısı arttırıldığında ise motorin buharı çıkar. Bu buhar da aynı yöntemle yoğunlaştırılıp pompalanır. Isıtmaya devam edildiğinde yağlama yağı buharları çıkar, yoğunlaştırılır. Hazne içinde kalan tortuya yakıt kalıntısı denir. Oluşan yakıt kalıntısı soğutulur ve fuel oil tankına pompalanır. Bu usul artık kullanılmamaktadır.

b) Shell Still Destilasyon

Bu yöntemde yan yana olmak koşulu ile sekiz tane shell imbiği (damıtıcı) kullanılır. Bunlar numara sırasına göre sıralandıktan sonra ilk olarak ham petrol bir nolu imbiğe doldurulur ve ısıtılır. Fraksiyon neticesinde benzin buhar halinde çıkar ve bu işlem sonucunda oluşan buhar yoğunlaştırılarak tanka pompalanır. Geri kalan ürün ikinci imbiğe akar; ısı her müteakip imbikte bir diğerinden farklıdır. Burada da çeşitli benzin buharları çıkar, bunlar da kondanse edilerek tanklara pompalanır. Üçüncü imbikte son benzin buharları elde edilir ve yine kondanse işlemi yapılır. Ürünün geri kalanı tanktan tanka aktararak işlemler devam ettirilir. Gazyağı ve motorin de bu seri işlemler sonucunda elde edilir. Son imbikten yakıt tortuları akar, onlar da soğutulup tanklara pompalanır.

Ham petrolde muhtelif hidrokarbonların kaynama noktalarının değişik olması ve bu değişik grupların ısıtılması ile buhar haline geçerek destile olur. Isıtılmaya başlandığında önce düşük kaynama noktasına sahip olan yakıtlar buhar haline geçer ve sıra ile yüksek kaynama noktasına sahip olan yakıtlar buharlaşır. Bunların kondanse edilip mayi haline getirilmesi ile destilasyon işlemi tamamlanır.

c) Franksiyonlu Destilasyon

Ham petrol hiçbir zaman tabiattan elde edildiği şekilde kullanılamaz; ancak modern rafinerilerinde işlenip içinden çeşitli ürünler elde edildikten sonra esas değerini kazanmış olur.

İstihsal (üretim) sahalarda dinlendirilen ham petrol işlenmek üzere rafinerilere sevk edilir; fakat içinde önemli miktarda su ve tuz bulunduğu için ham petrol, bu şekilde işlenemez. 100°C civarına kadar ısıtılarak tuz ayırıcısından geçirilir. Bu arada içindeki serbest asitleri bertaraf etmek için bir miktar kostik (yakıcı madde) ilave etmek lazımdır. Su ve tuzdan ayrılan ham petrolün 350 °C'ye kadar ısıtılması gerekir. Bu ısıtma büyük fırınlarda yapılır. Ham petrol, fırın tüplerine fazla yük bindirmemek için fırına girmeden önce bir miktar daha ısıtılır. Bu ısıtma ile ısı değıştiricilerinde sıcak ürün elde edilir. Amaç petrolü belli bir sıcaklığa kadar ısıtıp sonra destilasyon kulesine vermektir. 350 °C'ye kadar ısıtılan petrolün krakinge uğramaması için fırın tüplerine stim (vakum) verilir. Belirli sıcaklığa erişen petrol çeşitli fraksiyonlara (benzin, gazyağı, motorin v.s.) ancak destilasyon kollarında ayrılır. Bu ayırma işlemi kaynama noktalarının farklı olmasından istifade edilerek yapılır. Destilasyon, herhangi bir sıvı karışımının buharlaşması neticesinde buhar ve bakiyenin, ayrı ayrı elde edilmesi demektir. Bu da kaynama noktası düşük olan kısımları buhar halinde uzaklaştırıp, kaynama noktası daha yüksek olanları geriye bırakmak prensibine dayanır [89].

1.2. Dizel Motoru ve Yakıt Özellikleri

Dizel motoru, içten yanmalı bir motor olup havanın sıkıştırılarak yüksek basınç ve sıcaklığa ulaşmasıyla silindir içine püskürtülen yakıtın alev alması prensibi ile çalışır. Bu nedenle benzinli motorlarda olduğu gibi ateşleme elemanı olan bujiye ve silindir dışında hava-yakıt karışımı hazırlamaya gerek yoktur. Rudolf Diesel tarafından bulunmuş ve daha sonra 23 Şubat 1893'te patentı alınmış bu süreç dizel çevrimi olarak bilinir. Diesel, motoru kömür tozu dâhil çeşitli yakıtların kullanımına yönelik olarak tasarlamıştır. Motorun sunumunu 1900'deki Dünya Fuarı'nda, yakıt olarak yer fıstığı yağı (biyodizel) kullanarak yapmıştır. Türkiye'nin ilk %100 yerli dizel motoru 1967 senesinde Yüksek Mühendis Abdülkadir Özgür seri olarak üretmiştir. İlk olarak bir silindirli üretilen bu motorlar, motopomp, jeneratör ve deniz motoru uygulamalarında kullanılmıştır [7].

Dizel yakıtları, karbon sayısı 8 ve 16 arasında değışen HC bileşenleri ihtiva eder. Düşük miktarda kükürt, azot, kül ve su ihtiva edilen dizel yakıtı, ülkemizde mazot veya motorin olarak adlandırılırlar.

Dizel motorlarında yakıt olarak kullanılan motorin, damıtılma esnasında 230 °C ile 360 °C kaynama aralığında alınan üründür. ASTM standartlarına göre dizel yakıtları üç derecede değerlendirilmektedir.

Bunlar:

No. 1-D: Petrolün damıtılmasıyla elde edilir. Değişik hızlarda ve yüklerde çalışan motorlarda kullanılan uçucu-damıtık dizel yakıtıdır.

No.2-D: Damıtık ve kraking ürünlerini ihtiva eden No.1-D'ye göre buharlaşma özelliği az olan ağır hizmet ve endüstri motorları yakıtıdır.

No.4-D: Damıtma ve kraking ürünlerinden ve bazı artıklardan oluşan düşük veya orta hız motorlarının yakıtıdır.

Tablo 1.2. Dizel yakıt tiplerine ait bazı fiziksel özellikler [8].

ÖZELLİK	1-D	2-D	4-D
Setan Sayısı-Minimum	40	40	40
Parlama Noktası	100	125	130
Viskozite saybolt, 100 (F)	30-34	33-45	45-125
%Kül, Kütlesel	0.01	0.02	0.1
% Kükürt, Kütlesel	0.5	1	2

Motorindeki kükürt içeriğinin olması gerekenden yüksek olması; korozyona, partikül oluşumuna, yanma sırasında sülfürik asit oluşumuna, böylece gömleklerin, segmanların ve yatakların kısa sürede aşınmasına neden olmaktadır. Ayrıca, pompa ve enjektörlerin de daha kısa sürede arızalanmasına sebebiyet vermektedir. Bu amaçla motorindeki kükürt miktarı önem arz etmektedir. Farklı kükürt düzeylerindeki motorinleri ayırtırmak amacıyla 50, 1000 ve 7000 gibi sayısal ifadeler kullanılmaktaydı. Ancak Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), AB'ye uyum çerçevesinde 01 Temmuz 2008 itibarıyla, motorin 1000'i “**kırsal motorin**” olarak isimlendirdi. Ayrıca motorin 7000'inin ise dolaşımdan kaldırılmasına karar verdi. Tüpraş; 15 °C'deki yoğunluğu 820-845 kg/m³, içerisinde 11-1000 mg/kg kükürt ve setan sayısı 46 olan yakıtı kırsal motorin olarak isimlendirmektedir [8].

Dizel yakıtının en önemlilerinden biri setan sayısıdır. Setan sayısı, bir dizel yakıtının tutuşma kalitesinin ifadesidir. Setan sayısı yüksek olan yakıtın tutuşma kalitesi, tutuşmaya yatkınlığı yüksek demektir. Yakıtın dizel motorunda sıkıştırma sonucu ısınan havanın içinde kendi kendine tutuşma özelliğinin belirleyen setan sayısıdır. Setan sayısının artması tutuşma eğilimi arttırmaktadır ve bu sayede yanma odasında bulunan yakıtın ani yanması ile oluşan hızlı basınç artışı önlenmektedir. Setan sayısının düşük olması yakıtın sıkıştırma zamanında erken tutuşarak yanmasına neden olacaktır. Erken tutuşma silindir içi sıcaklığın artmasına ve NOx miktarının artışı sağlayacaktır. Buradan yola çıkılarak yapılan araştırma ve deneylerde dizel yakıtının setan sayısı arttırıldığında NOx miktarında azaldığı gözlemlenmiştir [9].

Dizel yakıtının vuruntuya neden olmaması için düşük tutuşma gecikmesine sahip olması gerekmektedir. Aksi takdirde motor içerisinde biriken yakıt, vuruntuya neden olur. Yakıtın tutuşmaya yatkınlığını gösteren sayı setan olarak adlandırılır. Tutuşma süresi ne kadar kısa olursa setan sayısı o kadar yüksek olur. Ancak $SS > 70$ koşulunu sağlayan yakıtın is oluşumu arttığından ve ısı değerleri düşük olduğundan maksimum SS sınırı 70 olarak seçilmektedir. En küçük setan sayısı ise tutuşma etkinliği için 40 seçilir

Motorun ilk harekete geçebilmesi için düşük sıcaklıkta buharlaşabilen yakıtlara ihtiyaç vardır. Bu tür yakıtlar yakıt tüketiminin azalmasını da sağlar. Yakıtın buharlaşma özelliği azaldıkça kendi kendine tutuşabilme özelliği kötüleşir ve yakıtın is miktarı artar. Yakıtın viskozitesinin yüksek olması, depodan başlayarak yakıt sisteminde ve enjektörden yapılan püskürtmede olumsuz etki yaratır. Yüksek viskoziteye sahip yakıtların silindir içerisinde atomize zorluk nedeniyle yanması kötüleşir. Bu durumda enjektör yapısı zarar görerek egzoz gazları daha isli olur. Dizel yakıtlarında bulunan kükürt hem korozyona oluşumu, hem de partikül oluşumu bakımından incelendiğinde son derece olumsuz etki yaratır. Su, tuzlu su ve tortular da yakıt içerisinde istenmeyen bileşenlerdir. Yanma sonundaki kalıntı birikimi mümkün olduğunca yakıttan uzaklaştırılmalıdır. Dizel yakıtının en önemli problemlerinden biri, önemli ölçüde karbon ve kül içermesidir. Yanma sonunda oluşan bu kalıntılar silindir yüzeyinde, segman ve supaplarda birikirler. Oluşan bu birikintiler piston ve segman yapısında deformasyonlara neden olur. Yakıtın akma noktası da önemli bir parametredir. Akma ya da katılaşma noktası, motorun düşük sıcaklıklarda çalıştırılması sırasında önem kazanmaktadır. Katılaşma durumunda, gerekli yakıt akısı

sağlanamazsa motor çalışmayabilir. Akma noktası sıcaklığı, motor çalışmasını garantiye almak için, ortam sıcaklığının daha altında olmalıdır Yakıtın uçuculuk özelliği dizel motorlarında kullanılan yakıtın yanması, çalışma kolaylığı ve dumansız önemlidir. Düzenli bir yanma için gerekli olan iyi bir karışımın temin edilebilmesi için gerekli olan bir özelliktir. Uçuculuk ölçüsü olan destilasyon değeri azaldıkça yanma daha muntazam ve çabuk olur. Düşük uçuculuk özelliğine sahip olan yakıtlar, dumanı azaltmak ve en iyi güç temin edebilmek amacıyla yüksek hızlı motorlar için daha uygundur. Damıtma özellikleri uçuculuk göstergeleri vermektedir. Normal setan sayılı bir dizel yakıtının kaynama dereceleri 180–300 °C arasında değişmektedir. Anilin noktası, eşit hacimde anilin ve numunenin minimum kritik çözünme sıcaklığıdır. Anilin, aromatik hidrokarbonları her zaman, fakat parafinikleri yalnız belirli bir sıcaklıkta eritebilen bir eritkendir. Anilin ile motorin karıştırılır ve ısıtılır. Sıcaklık altında motorin, anilin içinde tamamen erir; fakat eriyik soğumaya bırakıldığında parafinlerin yavaş yavaş ayrışmaya başladığı görülür. İşte bu ayrışmanın sonuçlanıp, eriyik içinde iki ayrı tabakanın meydana geldiği sıcaklık derecesi, anilin noktası olarak tarif edilir. Yakıtların taşınması ve depolanması hususunda yakıtın alevlenme tehlikesi büyük bir önem arz eder. Özellikle hafif dizel yakıtları kapalı hacimlerde, deniz seviyesindeki sıcaklık ve basınçlarda daha kolay tutuşma özelliğine sahip olurlar. Bu nedenle sıvı yakıtlar, tanklarının üstünde patlayıcı bir ortam oluştururlar [10,11].

Donma noktası yakıtın donduğu, kristallendiği ve akmadığı sıcaklık olarak bilinir. Donma noktası, motorun soğuk olduğu durumlarda ve ilk harekete geçme esnasında yakıtın depodan motora aktarımı için oldukça önemlidir. Donma noktası ile viskozite arasında doğrudan bir ilişki olmadığı halde donma noktası ve viskozite birlikte yükselir veya birlikte azalır. Bu nedenle yüksek viskoziteye sahip veya akıcılık özelliği az olan yakıtların donma noktası yüksektir. Yakıtın yanması sonucu oluşan karbon atıkları dizel yakıtları için önemli bir parametredir. Dizel yakıtları yanma sonunda yüksek miktarda artık bırakacak şekilde madde içeriyorsa eksik yanma ile beraber motor parçalarında karbon birikintileri meydana gelecektir. Yakıtın yüksek artık vermesi pistonlar ve supaplarda karbon birikmesine sebep olur. Bu artıklar yağlama yağları ile birleşerek motor için zararlı yapışkan maddeleri oluşturur. Karbon atıkları ile birlikte yakıtın kükürt içeriği de yanma sonu için önemlidir. Kükürt yakıtla birlikte yanabilen ve aşındırıcı özelliği bir hayli fazla

olan maddeler getirir. Bu maddeler motorun hafif yüklerde çalıştığı ve sıcaklığın düşük olduğu zamanlarda su buharı ile birleşerek sülfüroz asit oluşturur. Kükürt gazları, motor aşınmalarını arttıran bir faktördür. Bu bakımdan yakıtın kükürt miktarının % 1,5 ten fazla olmasına müsaade edilmez [12].

1.3. Alternatif Yakıtlar ve Katkı Maddeleri

Petrol kaynaklarının sınırlı olması ve motor yakıtlarının da sınırlı olan petrol kaynaklarına dayanması gelecekte petrol kaynaklarına alternatif olacak yeni yakıtların bulunması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. İçten yanmalı motorlarda alternatif enerji kaynağı olarak gaz veya sıvı yakıtlar kullanılabilir. Gaz yakıt olarak sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ve doğalgaz, sıvı yakıt olarak etanol, metanol, çeşitli bitkisel ve hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel ile ilgili birçok araştırma yapılmaktadır [13, 14, 15].

Günümüzde yapılan çalışmaların bir kısmı da ilave yakıt katkı maddeleri üzerinedir. Günümüzde, motorinde setan sayısı geliştirilmesi, duman oluşumunu azaltıcı NOx oluşumunu önleyici, viskozite üzerinde etkili, hidrokarbon dallanmasını önleyici, donma noktası düşürücü katkı maddeleri üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda kullanılan katkı maddeleri ve alternatif yakıtların farklı özellikleri nedeni ile yakıt üzerinde de etkili sonuçlar vermektedir.

Tablo 1. 3. Propan, bütan ve benzinin özellikleri [16].

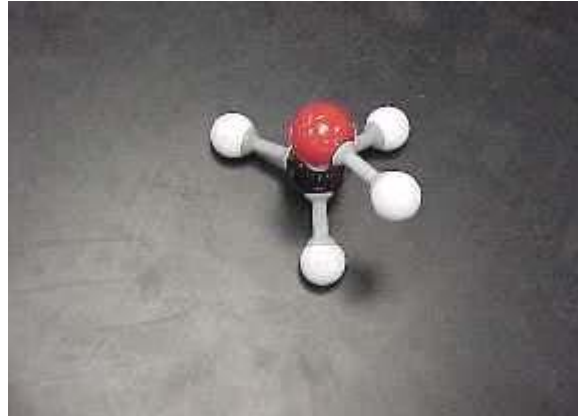
Özellikler	Propan	Bütan	Benzin
Kimyasal formülü	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₆₋₈ H ₁₄₋₁₈
Moleküler ağırlığı (kg/mol)	42	58	86-115
Özgül ağırlığı	0.51	0.58	0.73-0.78
Kaynama noktası (°C)	-43	-0.5	30-225
Alt ısı değeri(Mj/kg)	46.5	45.46	44.03
Tutuşma noktası(°C)	510	490	-
Yanma hızı (m/s)	0.4	0.4	0.35
Stokiyometrik Hava/Yakıt	15.8	15.6	14.5
Araştırma oktan Sayısı	111	103	95
Motor oktan sayısı	97	89	90

Tablo 1.4. Çeşitli alternatif yakıtların fiziksel ve kimyasal olarak karşılaştırılması [17].

	METANOL	ETANOL	DİZEL	BENZİN
C/H oranı	0.25	0.333	0.520	0.556
Molekül ağırlığı	32.04	46.07	170	91.4
Isıl değeri (Mj/kg)	20.1	26.9	43.1	43.4
Buharlaşma ısısı (Mj/kg)	1.102	0.856	0.3	0.272
Kaynama noktası (°C)	65.1	78.7	170–350	32–221

1.4. Alkoller ve Genel Yapısı

Hidrokarbonlarda, hidrojenlerden biri veya birkaçının yerine hidroksil grubunun (-OH) geçmesiyle oluşan bileşiklere alkol denir. Başka bir deyişle alkol, suyun hidrojenlerinden birinin yerine alkil grubunun geçmesiyle oluşan bileşikler olarak da tanımlanabilir.



Şekil 1.2. Metil alkolün molekül yapısı

Alkoller, içten yanmalı motorlarda yakıt olarak 19. yüzyıldan beri kullanılmaktadır. Ancak yüksek fiyatı nedeniyle geniş bir kullanım alanı bulamamıştır. Alkollerin daha temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olması ve buji ile ateşlemeli motorlarda vuruntu dayanımı alternatif yakıt olarak tercih edilebilme nedenlerinin başında gelmektedir [18].

Alkoller (metanol-etanol) dizel yakıtı göre daha küçük moleküler yapıya sahip olmaları, yapılarında oksijen bulundurmaları ve dizel yakıtında bulunan kükürtü,

kanserojen maddeleri ve ağır metalleri içermemelerinden dolayı egzoz emisyonlarında olumlu etkiler oluşturmaktadırlar. Alkoller, buji ile ateşlemeli motorların yanı sıra sıkıştırma ile ateşlemeli motorlarda da kullanılabilir. Ancak alkollerin dizel motorlarında kullanımında çeşitli mahsurlar ortaya çıkmaktadır. Etanolün dizel yakıtında çözünürlüğü sınırlıdır. Etanol-motorin karışımlarındaki faz ayrışma ve karışımdaki su miktarı önemli problemdir. Bununla birlikte etanolün setan sayısı son derece düşüktür. Dizel motorlarında kendi kendine kolayca tutuşan ve tutuşma gecikmesi azaltan yakıtların tercih edildiği dikkate alındığında yakıtın setan sayısı önem kazanmaktadır. Ayrıca motorin içerisinde etanol eklendiğinde karışımın ısı değeri azalmaktadır [19, 20, 21, 22].

Alternatif alkol yakıtlar içerisinde popülaritesi en yüksek olan yakıtın metanol olduğu kabul edilmektedir. Amerikan Senatosu, Amerikan Çevreyi Koruma Teşkilatı, Ford Motor Şirketi, General Motor, Toyota ve diğer yetkili kuruluşlara göre geleceğin yakıtı metanol olacaktır. Bunun en önemli sebepleri arasında metanolün değişik sayıda maddeden üretimi, alternatif yakıtlara göre daha ucuza mal olması ve daha temiz yanma oluşturmaya sayılabilir. Benzin ve dizel motorlarında yakıt sistemlerinde önemli bir değişiklik gerektirmemesi yine önemli bir yakıt türü olduğunu göstermektedir.

Alkollerin molekülleri arasında hidrojen bağları bulunduğu için kaynama noktaları diğer bileşiklerinkinden yüksektir. Su molekülleri arasındaki hidrojen bağları üç boyutludur, yani bütün ortaklanmamış elektron çiftleri hidrojen bağı yapmıştır. Alkollerin hidrojen bağları ise iki boyutludur, yani oksijenler üzerinde hidrojen bağı yapmamış elektron çiftleri vardır. Alkollerde moleküller arası hidrojen bağı kuvveti sudaki kadar güçlü olmadığından kaynama noktaları suyunkinden daha düşüktür. Örneğin, suyun kaynama noktası 100 °C olduğu halde daha büyük molekülü metanolün kaynama noktası 65 °C'dir.

1.5. Alkol Yakıtların Avantaj ve Dezavantajları

Alkol kullanımının yaygınlaşmasına engel teşkil eden en temel faktörler, dünya petrol üretiminin henüz talebi karşılayamayacak düzeye çıkmamış olmasının yanı sıra alkollerin birim kütlesinin ısı değerinin düşük olmasıdır. Alkollerin motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılmasının avantaj ve dezavantajlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür [23].

- Alkoller ham petrolden elde edilen yakıtların yerine geçebilirler,
- Ham petrol yataklarına sahip olmayan ülkeler enerji ihtiyaçlarını petrole bağımlı olmadan karşılayabilirler,
- Alkol üretimi (özellikle etil alkol), zirai imkânları geniş olan ülkelerin çiftçileri için iyi bir gelir kaynağı oluşturabilir,
- Alkoller oktan sayısı 90–100 olan benzin ile karıştırıldığında, 110 gibi yüksek oktan sayısına sahiptir ki; bu durumda motorlarda yüksek sıkıştırma oranlarına çıkılarak, motor performansı artırılabilir. Başka bir deyişle daha küçük hacme sahip motorlardan daha büyük güçler alınabilir,
- Yakıt olarak saf metanol kullanılan bir motorun performansında aynı motorun benzinle çalıştırmasına göre %10 daha fazla güç artışı görülmüştür,
- Alkoller benzine göre daha fakir karışımlarda çalışabilirler,
- Alkoller benzinle karıştırıldığında karışımın oktan sayısını artırıcı etki gösterirler. %10 metanol, %90 benzin karışımının oktan sayısı 95'dir,
- Alkoller özelliklerinden dolayı, benzinden alkole dönüştürülmüş olan yakıt sisteminin filtrelerinde tıkanmaya sebebiyet verebilirler,
- Eğer alkol - benzin karışımları içerisinde az miktarda da olsa su karışmış ise, soğuk havalarda faz ayrışması oluşur. Faz ayrışması daha çok metanollü karışımlarda ortaya çıkar,
- Bazı benzin yakıt sistemi parçaları alkole uyumlu değildir. Özellikle kalay-kurşun alaşımı ile kaplı tanklarda bu durum öne çıkar. Küçük miktardaki etanol-benzin karışımları için önemli olmakla beraber saf metanol yakıt sistemleri önemli hasarlara neden olur,
- İlk hareket zorluğu olabilmekte bunu önlemek için, alkoller uçucu maddeler ile karıştırılırlar. Yardımcı çalıştırma yakıtları bu karıştırma işleminde kullanılır (eter, benzin, hidrojen vs.),
- Elektrikli yakıt buharlaştırıcılar kullanılır.
- Karbüratörden daha etkin olarak yakıtı buharlaştıracak püskürtme sistemi kullanılır,

- Alkollerin yüksek gizli buharlaşmalarından dolayı aracın trafikteki seyri esnasında oluşacak güç düşmesi problemleri önlemek için emme manifoldu ısısının devamlı yüksek tutulması gerekmektedir,
- Alkoller atmosferden nem kapma özelliğine sahiptir. Bu nedenle alkol yakıt tanklarındaki yakıt filtreleri yenilenmelidir. Yakıt tankı ve karbüratörün atmosfere açık olmasının oluşturacağı alkolün nemlenmesi probleminin önüne geçilmelidir,
- Eğer alkoller benzin yerini alacak olursa, yeni alkol üretim ve dağıtım istasyonları çok büyük mali sıkıntılara sebebiyet verecektir,
- Alkollerin nem tutma özellikleri dolayısıyla taşımaları ve dağıtımı esnasında dikkat gerekmektedir.

1.6. Metanol

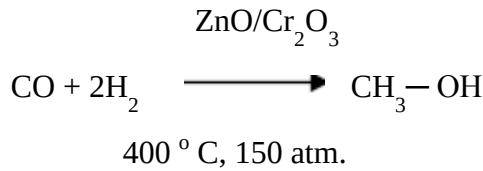
1.6.1. Metanol Üretimi

Saf metanol ilk kez 1661 yılında Robert Boyle tarafından izole edilmiştir. Boyle, bir tahta kutunun odununu distile ederek elde ettiği metanole, “kutu alkolü” adını vermiştir. Sonradan bu ismin proksilik alkole dönüştüğü bilinmektedir. 1834’te Fransız kimyacılar Jean-Baptiste Dumas ve Eugene Peligot bu kimyasal maddenin ilk kompozisyonunu elde etmiş ve Yunanca’da şarap–alkol anlamına gelen “methu” ve odun anlamına gelen “hyle” kelimelerinden oluşturulmuş “metilen” kelimesini organik kimyaya kazandırmışlardır. Yaklaşık 1840 yılında metilenden geri-oluşum ile “metil” kelimesi türetilmiş ve sonrasında da metil alkolü tanımlamada kullanılmıştır. 1892 yılında “kimyasal adlandırma” konulu uluslararası konferansta metil alkol kelimesi “METANOL” olarak kısaltılmıştır. Metil alkol, CH_3OH formülü ile gösterilen, berrak, süspansiyon halinde safsızlıklar içermeyen, su ile her oranda karışabilen sıvı bir organik bileşiktir.

CAS (Chemical Abstract Service) Numarası 67-56-1 ve UN(United Nations) Numarası UN1230 olan metanol metil alkol, karbinol, odun ruhu, odun alkolü, metilol, proksilik alkol, metil hidroksit, monohidroksimetan gibi isimlerle de anılmakta olan bir alifatik alkoldür. Molekülde ağırlıkça karbon (C) yüzdesi % 37.49, hidrojen (H) yüzdesi %12.58, oksijen (O) yüzdesi % 49.94dür. Metanol üretimi için farklı yöntemlerin

kullanıldığı bilinmektedir. Doğalgaz, metanol üretiminin en bilinen hammaddesidir. Günümüzde metanol daha çok doğalgazdan üretilmektedir. Metanol, aynı zamanda geri dönüştürülebilen odun, belediye katı atıkları, evsel atıklar gibi hammaddeler kullanılarak da üretilbilmektedir [24].

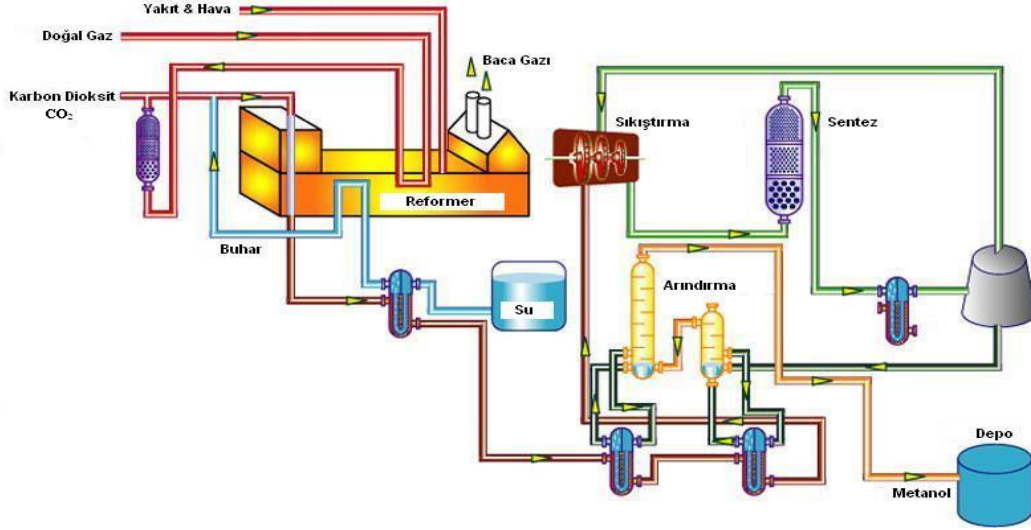
Metil alkol (metanol CH_3OH), odundan damıtma yöntemiyle elde edilebildiği gibi sentetik olarak katalizör (krom oksit Cr_2O_3 ve çinko oksit ZnO karışımı) beraberinde karbonmonoksit (CO) ve hidrojen (H_2) ile de üretilbilmektedir. Alkollerin genel elde edilme yöntemleri ile elde edilebileceği gibi, endüstride odunun kuru kuruya damıtılmasıyla da elde edilir. Bu nedenle metanole odun ruhu da denir. Odunun damıtılmasından elde edilen sıvı içerisinde metil alkol dışında, benzen (C_6H_6), aseton (CH_3COCH_3), asetik asit (CH_3COOH) ve başka organik bileşikler de bulunur. Asetik asit, kireçle nötürleştirildikten sonra metil alkol ham odun ruhundan ayrımsal damıtma ile ayrılır. Metil alkol, bugün teknikte karbon monoksit ve hidrojen gazlarının 400°C ve 150 atm basınç altında katalizör ($\text{ZnO} + \text{Cr}_2\text{O}_3$) yardımı ile tepkimeye sokulmasından elde edilir.



Ayrıca metil halojenürlerin (halinde) NaOH ile tepkimesinden de elde edilir.



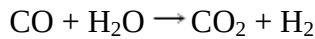
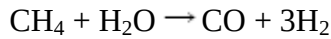
Kendi başına toksit bir madde olup, ağız veya deri yoluyla alındığı takdirde körlüğe veya ölümlere neden olabilmektedir. Metil alkol, en yaygın endüstriyel solventlerden biridir. Metanol, benzin ve motorine göre çok daha geniş alev alma limitlerine sahiptir. Bu sebeple depodaki veya taşıma tankındaki doymuş buhar çevre sıcaklıklarında patlayıcı olabilir. Metanol görünmesi zor, berrak bir alevle yanar. Stokiyometrik karışımda gerekli olan kütleli hava miktarı 6,44 kg'dır. Bu özelliği egzoz emisyonları yönünden bir avantajdır.



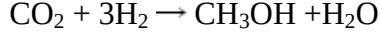
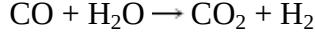
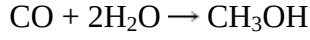
Şekil 1.3. Metanol üretim prosesi [16].

Metanol üretimi esnasında hidrojen sağlamak amacıyla doğalgaz kullanılırken (% 96 metan), oksijen sağlamak amacıyla da su kullanılır. İlk safhada kullanılan ana bileşenler su ve doğalgazın arındırılması sonucu meydana gelir. Doğalgaz düşük oranda sülfür içerdiğinden dolayı sülfürizasyonun düşürülmesi gerekir. Su için buhar dönüşümü başlamadan görünür kirliliğinin düşürülmesi gerekir. Bu arındırmalar sayesinde sistem ekipmanları üzerinde hasar oluşmaz ve bu kirliliklerin oluşturduğu ısı verimin düşmesinin önüne geçilir.

Reformasyon adımı metan gazı (CH_4) ve su buharı (H_2O) hidrojen (H_2), CO_2 ve CO 'e dönüşür.



CO_2 bu safhada besleyici gaz buharına eklenir ve bu süreç reformasyon yanması olarak adlandırılır. Reformasyondan oluşan fazla ısı alındıktan sonra metanol üretim safhası için sentez reaksiyonuna gönderilmeden önce sıkıştırılır ve reaktörde ayrılma işlemi olmadan arındırılmamış metanol su karışımı oluşur. (%68 metanol, %31 su, %5 inert gazlar)



Arındırma safhası %68 metanol solüsyonu iki farklı adımla damıtılarak %99 saflıkta metanol üretilir.

Biokütle, bitkisel ya da hayvansal tarım, ağaç ürünleri veya bunlara dayalı sanayilerin biyolojik olarak indirgenebilir artıklarının yanı sıra sanayi atıkları veya evsel atıkların biyolojik olarak indirgenebilir kısımlarıdır. Metanol üretiminde kullanılan önemli bir hammaddedir. Ağaç sanayi veya tarımsal atıkların hammadde olarak kullanıldığı proseslerde ısı kullanılmak suretiyle basınç altında gaz faza dönüşüm gerçekleştirilmektedir. Bu aşamada partiküllerine ayrılmış maddeler gaz fazda emisyonlar, kömür, kül ve sıvı atık oluşmaktadır. Şartlanma işleminden sonra ortamda katran, metan ve gaz fazda emisyonlar bulunmaktadır. Sonraki aşamada, ısı ve katalizörler eşliğinde katalitik reaksiyona başlanmaktadır. Günümüzde en geniş kullanımı olan katalizör, ilk kez 1966'da ICI tarafından kullanılan ve bakır, çinko oksit ve alumina karışımından oluşan katalizördür. Oluşan sıvı atıklar sistem dışına alınmaktadır. Sisteme buhar verilmek suretiyle distilasyon işlemi gerçekleştirilmekte ve son ürün olarak metanol elde edilmektedir [24].

1.6.2. Ülkemizde ve Dünyada Metanol Kullanımı

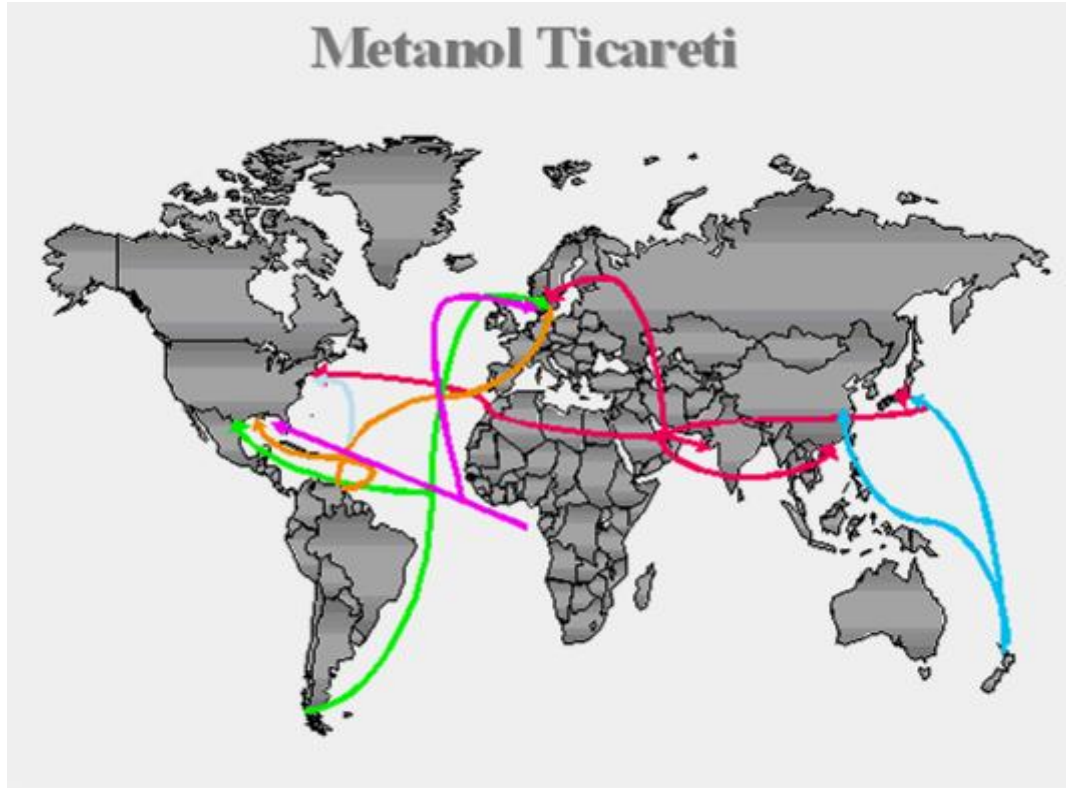
Sanayi ihtiyacını karşılayacak miktarda metanol üretimi söz konusu değildir. Fakat çeşitli üretimlerde yan ürün olarak metanol elde edildiği bilinmektedir. Örneğin kapsülden ham morfin üretimi sırasında fermentasyon süreci sonunda yan ürün olarak metanol üretiliyor. Buna ek olarak di metil tereftalat (DMT) üretiminde metanol kullanıldıktan sonra geri kazanımı da söz konusudur.

Ülkemizde metanol, formaldehit üretiminde, kimya sanayinde kimyasal madde, ilaç sanayinde veya çözücü olarak farklı alanlarda kullanılmaktadır.

Tablo 1.5. Türkiye'nin metanol ithalatı [25].

YIL	MİKTAR (Kg)	DEĞERİ (MİLYON \$)
1999	151.003.177	17.384.369
2000	164.977.258	26.824.629
2001	146.436.621	26.487.049
2002	165.498.013	26.338.199
2003	180.958.566	43.243.354
2004	232.906.218	59.615.843

Günümüzde, dünya genelinde toplam metanol ihtiyacı, yıllık yaklaşık 35-40 milyon ton civarında olup bu miktar, her yıl en azından yaklaşık % 2-3 oranında artış göstermektedir. İhtiyaç duyulan metanol miktarı değişiminin yanı sıra, metanol sektörü profilinde de belirgin değişimler yaşanmaktadır. Metanol üretmek üzere, 1980'lerin başlarında kurulmuş olan küçük tesisler yerini, daha verimli düşük-basınç teknolojisi ile üretim yapılan büyük fabrikalara bırakmıştır. Bütün bu değişimler, metanol sektörünün, bir dönem neredeyse dünya metanol ihtiyacının yarısına karşılık gelen metanolü kullanan formaldehit üreticilerinin baskısından kurtarıp, büyük, küresel anlamda yapılanmış anonim şirketlerden oluşması sonucunu doğurmuştur. Gelişen teknoloji ile metanol kullanım alanlarında da değişiklikler yaşanmaktadır. Avrupa'da metanol fiyatının akaryakıt fiyatının yarısı olduğu tarihlerde, metanol akaryakıtı karıştırılmış ancak daha sonra akaryakıt fiyatlarındaki düşüş nedeniyle bu uygulamaya son verilmiştir.



Şekil 1.4. Dünya’da metanol ticareti hareketi [24].

Şekil incelendiğinde, dünya metanol üretiminin gerçekleştiği merkezler; Trinidad ve Tobago, Suudi Arabistan, Güney Afrika, Güney Amerika ve Yeni Zelanda olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.6.3. Metanol Özellikleri ve Yakıt Olarak Kullanılışı

Toksit bir madde olan metanol, ağızdan veya deri yoluyla alındığı takdirde körlüğe veya ölümlere neden olabilmektedir. Metil alkol, yaygın bir şekilde kullanılan endüstriyel solventlerden biridir. İçten yanmalı motorlar için iyi bir yakıt olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca benzin ve motorin yakıtında olduğu gibi motorlu araçlarda kullanımı durumunda, yakıt dağıtım sistemlerinde önemli bir değişiklik gerektirmemektedir. Metanol taşıtlarda çok küçük değişikliklerle kolaylıkla kullanılır. Metanolün üç farklı yol ile taşıtlarda kullanılabilir. Bunlardan birincisi içten yanmalı motorlarda doğrudan yakıt olarak kullanımıdır. İkinci yöntem ise indirekt olarak ifade edilen metanolün bir yakıt dönüştürücüde yakılarak elde edilen hidrojenin PEM tipi yakıt pillerinde kullanıldığı

sistemdir. Üçüncü yöntem ise direkt olarak ifade edilen sistemdir. Bu yöntem ise PEM tipi yerine doğrudan metanol yakıt pillerinin kullanıldığı yakıt pilli araçlarda mümkün olmaktadır. Sonuç olarak iki farklı yakıt pili çeşidi ve içten yanmalı motorlar ile metanolün araçlarda kullanımı mümkün olmaktadır. Metanol diğer yakıt türlerine kıyasla daha temiz bir yakıt türüdür. İster içten yanmalı motorlarda ister yakıt pillerinde kullanılsın, çevreye zarar veren bileşikler ya çok az üretir ya da üretmez. Yakıt pillerinin Alkali, Fosforik Asit, Katı Oksitli, Polimer Elektrolit Membranlı (PEM), Doğrudan Metanol gibi çeşitleri bulunmaktadır. Bunların arasından sıvı içermemeleri, düşük sıcaklıklarda çalışmaları ve yüksek enerji yoğunlukları ile PEM tipi yakıt pilleri otomobiller için en uygun yakıt pili çeşididirler. Ancak bu sistemlerde enerji kaynağı olarak hidrojenin kullanılması ve hidrojenin depolama problemleri bu sistemlerde yeni arayışlara gidilmesine yol açmıştır. Araçta hidrojen yerine metanolün depolanıp bir yakıt dönüştürücü yardımıyla hidrojene dönüştürülmesi daha sonra yakıt pilinde kullanılıp elektrik elde edilmesi sağlanmaktadır [26].

Metanolün kaynama sıcaklığı 65.1°C , donma sıcaklığı -97.6°C 'dir ve su ile her oranda karışabilir. Metanolün benzine göre daha düşük alev sıcaklığının olması, yanmanın iyileşmesini ve egzoz emisyonlarında %10 mertebelerinde azalmayı beraberinde getirmektedir. Metanol sıvı bir yakıt olduğu için araçlarda benzin gibi depolanmaktadır. Ancak benzin yakıtı ile kıyaslandığında daha düşük enerji yoğunluğuna sahip bir sıvıdır. İçten yanmalı motora sahip bir araçta benzin ile katedilen bir mesafeyi metanol ile alabilmek için daha fazla metanol kullanımına ihtiyaç vardır. Bu da yakıt tanklarının daha geniş ve ağır olması demektir. Metanol, benzin ve motorine göre çok daha geniş alev alma limitlerine sahiptir. Bu sebeple depodaki veya taşıma tankındaki doymuş buhar çevre sıcaklıklarında patlayıcı olabilir. Örneğin 20°C 'de doymuş havada metanol % 13 oranında patlayıcı bölgededir. Bu buharın kıvılcım veya alevden korunması için tedbirler alınmalıdır. Metanol görünmesi zor, berrak bir alevle yanar. Metil alkolün köpük giderici özelliğinden dolayı metanol yangınlarına karşı özel yangın giderme materyalleri kullanılması gerekir. Ağırlığının % 49.9'unu yakıcı özelliği olan oksijen oluşturur. Stokiyometrik karışımda gerekli olan kütleli hava miktarı 6.44 kg 'dır. Bu özelliği egzoz emisyonları yönünden bir avantajdır. Metanol yüksek oktan sayısına sahip olmasına karşın çok düşük setan sayısına sahiptir. Bu sebeple dizel motorlarında doğrudan kullanımında

birtakım problemler vardır. Metanol yakıtı düşük setan sayısı, yüksek ateşleme sıcaklığı ve kendi kendine tutuşma direnci nedeni ile dizel motorlarında sıkıştırma sonuna doğru, silindir içerisindeki sıkıştırılmış hava içerisine püskürtülmesi ile başlayacak yanma sürecinde bazı problemler oluşturmaktadır. Bu tutuşma gecikmesi'nin uzaması ve vuruntu etkisinin ortaya çıkmasıdır. Fakat kendi kendine tutuşma direnci, Otto motorlarında sıkıştırma oranının artırılmasına olanak sağladığından metanol Otto motorlarında rahatlıkla kullanılabilir. Bu sebepten dolayı metanol dizel motorlarında ancak buji kullanılması durumunda veya dizel yakıtı ile belirli oranlarda karıştırılması durumunda kullanılabilir. Düşük setan sayısına sahip olan yakıtların dizel motorlarındaki yanmasını düzeltmek için birtakım çalışmalar yapılmaktadır. [27]

Tablo 1.6. Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri [28].

Kimyasal formülü	CH₃OH
C/H oranı	0,25
Molekül ağırlığı	32,4
Özgül ağırlığı	0,79
Isıl değeri (Mj/kg)	20,1
Buharlaştırma ısısı (Mj/kg)	1,102
Tutuşma sınırı HFK	0.24-2.22
Laminer alev hızı (m/s)	0,52
Alev sıcaklığı (K)	2151
Kaynama noktası (K)	338.1
Donma noktası (K)	175,4
Oktan Sayısı ROS	110
MOS	87
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (K)	743
Hava yakıt oranı	
(kütlesel)	6.44
(hacimsel)	7.14

Metanolün dizel motorlarında doğrudan kullanılmasını engelleyen en önemli unsur setan sayısının düşük olmasıdır. Bilindiği gibi metanolün setan sayısı CFR [2009] testine göre 3'tür. Normal benzin için bu değerin 14, motorin için ise 40-60 arasında olduğu göz önüne alınırsa saf metanolün dizel motoru yakıtı olarak kullanılmayacağı açıktır. Metanolün ateşleme sıcaklığının yüksek olması ve kendi kendine tutuşabilme problemi enjektörlerden yanma odasına püskürtülmesi esnasında tutuşma gecikmesine sebebiyet vereceğinden, dizel motorunda vuruntu meydana getirecektir. Bununla beraber dizel motorunda metanol kullanımı mümkün olmaktadır. Yapılan çalışmalar genellikle motorine metanol karıştırmak yönündedir. Aynı zamanda dizel motorlarına ateşleme bujisi ilavesiyle tutuşma gecikmesi problemini ortadan kaldırmak mümkün olmaktadır. Gerek ön yanma odalı ve gerekse de direk püskürtmeli dizel motorlarda metanol-motorin karışımları üzerinde yapılan çalışmalarda, ısı verim ve motor gücünde artışlar, NO_x ve HC emisyonlarında ise % 50'lere varan düşüşler gözlenmiştir. Gaz yağı-metanol karışımları üzerinde yapılan çalışmalarda da motor performansında önemli artışlar, NO_x emisyonlarında ise önemli düşüşler görülmüştür [27].

Metanolün benzine göre düşük entalpiye ve düşük hacimsel yakıt değerine sahip olduğu bilinmektedir. Yapılan araştırmalar metanolün sentez gazına dönüştürülerek silindirlere gönderilmesi durumunda yakıt değerinin en az %14 arttığını göstermiştir. Metanolün yanması esnasında silindir içerisinde oluşan basınç ve sıcaklıklar benzine göre daha düşük seviyelerde olacağından dolayı metanollü çalışma durumunda NO_x oluşma ihtimali azalır. Fakat bu durumda folmadehit emisyonları artmaktadır. Bunun önüne geçebilmek için metanol motorunda katalitik konvertörler sadece formaldehiti azaltmakla kalmamakta aynı zamanda HC, CO, NO_x gibi emisyonları da azaltmaktadır. Düşük setan sayısına sahip olan yakıtların dizel motorlarındaki yanmasını düzeltmek için birtakım çalışmalar yapılmaktadır. Tablo 1.7'de uygulanabilecek metotlar ve bu metotların avantaj ve dezavantajları gösterilmektedir [27].

Tablo 1.7. Metanolun dizel motorlarda kullanımı için geliştirilen yöntemler [29].

METOT	Avantajlar	Dezavantajlar
Kimyasal katkı maddeleri	Motor yapısında değişikliğe gerek kalmamak	Katkı maddelerinin pahalı olması
Metanol ve dizel enjektörünün ayrı kullanılması	Pilot enjeksiyon için az miktarda dizel gereksinimi	Karmaşık sistem
Metanolun dizel yakıtı ile birlikte kullanımı	İki ayrı enjektör kullanımından daha ucuz	İki ayrı yakıt gerektirmesi
Yüzey ateşlemesi	Tek bir yakıt gerektirmesi	Sıcak yüzey eldesi için gerekli enerjinin büyük olması
Buji ateşlemesi	Tek bir yakıt gerektirmesi	Ateşleme sisteminin fiyatı

1.6.4. Metanolün Korozyon Etkisi

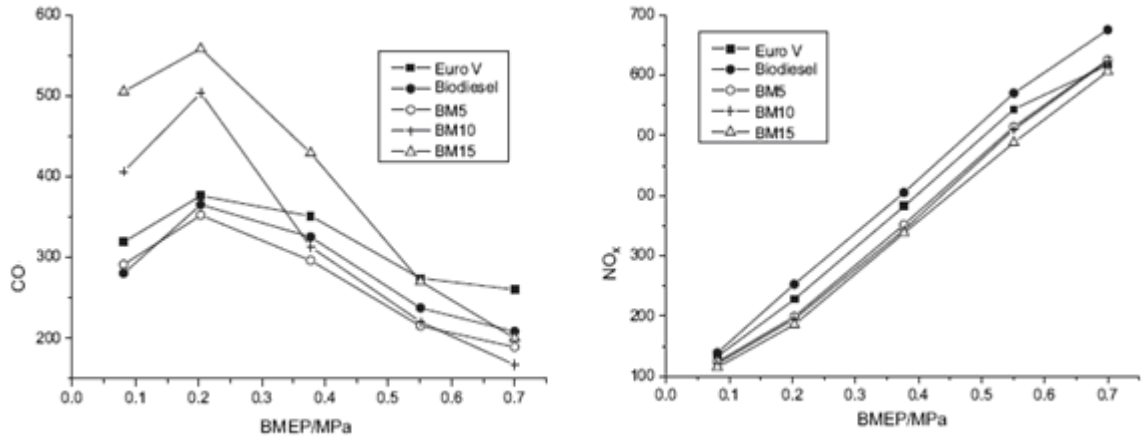
Yapılan çalışmalar gösteriyor ki metanolün motor parçaları üzerindeki aşındırıcı etkisi de oldukça fazladır. Düşük yanma odası sıcaklıklarında metanol, silindir cidarlarında piston yüzeylerinde, özellikle üst kompresyon segmanlarında aşınmalara sebebiyet vermektedir. Yanma odası cidarlarının malzemesi üzerine metanolün etkisi incelendiğinde en iyi şartları yine de dökme demirin sağladığı görülmüştür. Aynı zamanda silindir cidarlarındaki yağlama yağının etkisini de ortadan kaldırdığı için metanol yakıtının kullanıldığı motorlarda özel yağlama yağlarının kullanılmasında fayda vardır. Yapılan çalışmalar emme supaplarının martenzitik çelikten, egzoz supaplarının ise östenit çelikten imal edilmesinin uygun olacağını göstermiştir. Bunların yanında yakıt borularının nikel kaplama, yakıt tankının ise Ni-P kaplama olmasının iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir [30].

1.6.5. Yapılan Çalışmalar ve Egzoz Emisyonları

Literatürde metanolun dizel motorlarda kullanılmasına yönelik farklı çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada, dizel yakıtına farklı oranlarda metanol, dodekanol karışımını ilave etmiştir. Farklı sıkıştırma oranlarında (19, 21, 23, 25) yapılan deney sonuçlarına göre %1 dodekanol, %10 metanol ve dizel karışımı olduğunu belirlemiştir. Farklı enjektör basınçlarında farklı konsantrasyonlardaki metanol dizel yakıtı karışımları ele alınmıştır. Yapısında oksijen bulunan metanolun yakıt içerisine ilave edilmesi sonucu

egzoz emisyonunda CO, HC ve is emisyonlarında önemli ölçüde azalma, NOx emisyonlarında ise artma gözlenmiştir. Püskürtme basıncının artması ile damlacık çapının küçüldüğü ve beraberinde hava ile temas eden yüzeyin artması sonucu daha iyi bir karışımın meydana geldiği yapılan çalışmada gözlenmiştir. Püskürtme basıncının azalması ile oluşan damlacık çapı artarak, TG periyodunun uzadığı ve yanmanın kötüleştiği iddia edilmektedir [16, 87].

Euro dizel, saf biyodizel ve metanol katkılı biyozelin kullanıldığı bir başka çalışmada, metanolun motor performans karakteristikleri araştırılmıştır. Yapılan deneylerde %5, %10 ve %15 oranlarında metanol yakıtı kullanılmıştır. Biyodizel olarak kızartma yağı kullanıldı. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında biyodizel ve karışım yakıtının motorda denenmesi sonucu ısı verim ile özgül yakıt tüketiminin arttığı görülmüştür. 0.20 MPa ve 0,70 MPa arasında motor yükünün artmasıyla CO emisyonu azalmaktadır fakat 0.08 ile 0.2 MPa arasında CO emisyonu her bir karışım için artmaktadır. Saf biyodizelin CO emisyonu dizel yakıtı emisyonuna göre daha az ,% 5 karışım yakıtına göre daha fazla olduğu saptanmıştır.

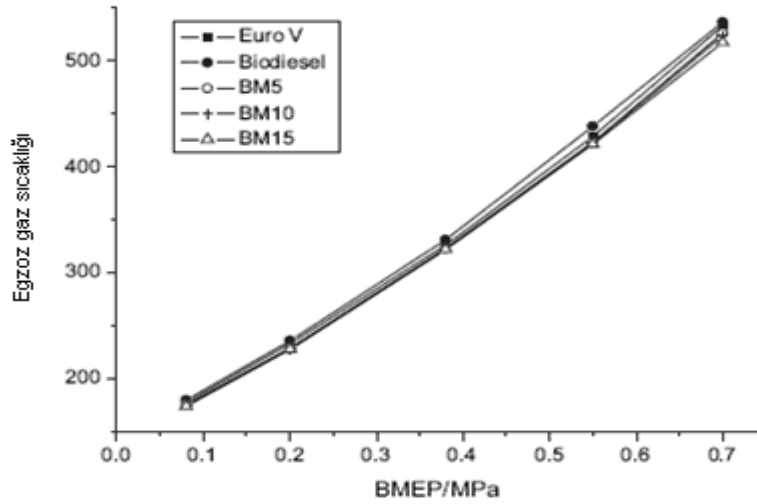


Şekil 1.5. Metanol ve motor yüklemelerinin CO ve NOx emisyonları üzerine etkileri

Dizel yakıtı ile biodizel yakıtı karşılaştırıldığında NOx miktarının biyodizel kullanılan motorda daha yüksek, metanol –biyodizel yakıt karışımları için NOx miktarlarının ise bu iki yakıt türüne kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür. Deney sonuçlarına göre karışım yakıtı içerisindeki metanol oranının artması NOx emisyonlarında

düşüşlere yol açmaktadır. NO_x miktarı ortalama %5 'lik karışım için, dizel yakıtına göre yaklaşık %6 iken biyodizel yakıtı ile kıyaslandığında ise yaklaşık %13 oranında azalmıştır [31].

Metanolun alt ısı değeri ve gizli buharlaşma ısısının yüksek oluşu egzoz gazlarında şekil 1.5'de ki değerlerin oluşmasına neden olmuştur.



Şekil 1.6. Değişen Metanol oranı ve Motor yükünün egzoz sıcaklığı üzerine etkisi [31].

Yanmamış metanol emisyonlarına bakıldığında, karışım yakıtları için 0.08 MPa ile 0.55 MPa arasında yanmamış metanol oranı azalırken, 0.55 MPa ile 0.70 MPa arasında azda olsa artar. Yanmamış metanol emisyonları içerisinde formaldehide, acetaldehide, 1,3-butadiene, benzene, toluene ve xylene bulunur. Yanmamış metanol emisyonları 0,08 MPa değeri ile 0,55 MPa değerleri arasında azaldığı, 0,55 MPa ile 0,70 MPa arasında ise az miktarda arttığı yapılan çalışmada gözlenmiştir. Yakıt içerisinde metanol miktarının artması yanmamış metanol artmasına neden olmuştur fakat yanma sıcaklığının artması yanmamış metanol miktarının azalmasına yol açmıştır [31].

3 farklı avans değerlerinde yapılan bir başka çalışmada, hacimsel olarak %5, %10 ve %15 oranlarında metanol-eurodizel karışımları denenmiştir. 2200 d/dak motor devrinde dört farklı yük kademesinde yapılan deneylerde metanol oranının artmasıyla özgül yakıt tüketiminin arttığı buna neden olarak da metanolun ısı değeri dizel yakıtından düşük olması gösterilmiştir. Ayrıca püskürtme avansının azalması ile özgül yakıt tüketiminin arttığı gözlenmiştir. Avansın azaltılması püskürtme başlangıcının geciktirilmesine

beraberinde yakıtın yanması için yeterli sürenin oluşmamasına neden olmuştur. Piston Ü.Ö.N'dan A.Ö.N'ya ilerlerken hacim artışı sıcaklık ve basınç azalmasına neden olur. Buna bağlı olarak sabit yükte motorun aynı gücü üretebilmesi için özgül yakıt tüketimi artmaktadır. Egzoz emisyonu bakımından değerlendirildiğinde dizel yakıtına göre daha az karbondan oluşması ve yapısındaki oksijen fazlalığı nedeniyle karışım içerisindeki metanol miktarının artması ile emisyon değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. NO_x emisyonları incelendiğinde, yükün artması ile silindir içerisine alınan yakıtın artmasıyla birlikte yanma sonu sıcaklığın artması ve beraberinde NO_x miktarının artması gözlenmiştir. Metanolün setan sayısının düşük olmasına bağlı olarak TG artar ve yanma sonu sıcaklık artışıyla birlikte NO_x emisyonları yükselir. Püskürtme avansına paralel olarak NO_x emisyonlarının azaldığı buna neden olarak da püskürtme avansının azalmasıyla yanma sonu sıcaklığın düşüş göstermesi ilişkilendirilmiştir [27].

Dizel motorları için alternatif yakıt olarak kullanılan bir başka yakıt türü ise isobütanol-dizel karışımlarıdır. Farklı oranlarda dizel yakıtına ilave edilen isobütanol deneylerinde, motor gücü özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları ölçülmüştür. Deneylerde, dizel yakıtına %5, %10, %15 ve %20 oranlarında ilave edilen isobütanol, dizel yakıtı ile karışımları hiçbir faz ayırımına neden olmamıştır. Kullanılan test yakıtı CO ve NO_x emisyonlarının azalmasına neden olmuştur. Motor performansı ve egzoz emisyonları incelendiğinde %10 isobütanol dizel yakıtı karışımları optimum oran olarak belirlenmiştir [32].

Cheng ve arkadaşları dört silindirli direk enjeksiyon yakıt sistemine sahip, dört zamanlı bir dizel motorunda kullanılan yakıt hacimsel olarak %10, % 20, ve %30 oranında buharlaştırılmış metanol püskürtülmesinin emisyon ve performans üzerine etkilerini incelemişlerdir. Hacimsel olarak metanolün oranının artması ile CO₂, NO_x ve partikül emisyonlarında azalma NO₂, HC, ve CO emisyonlarında artma olduğunu belirtmiştir [33].

Katalitik konvantörlü ve katalitik konvantörsüz doğal tabii emişli bir dizel motorunda dizel metanol karışımı yakıtlardan ölçümler yapılmıştır. DMCC sistemi adı verilen yanma modülünde iki farklılık göze çarpmıştır. Bu modüllerden ilki dizel yakıtı ile yanmanın difüzyonudur. İkinci modül ise ön karışımı hava/metanol karışımlarının dizel yakıtıyla yanmasıdır. Deney sonuçları incelendiğinde DMCC ile is ve NO_x emisyonlarında

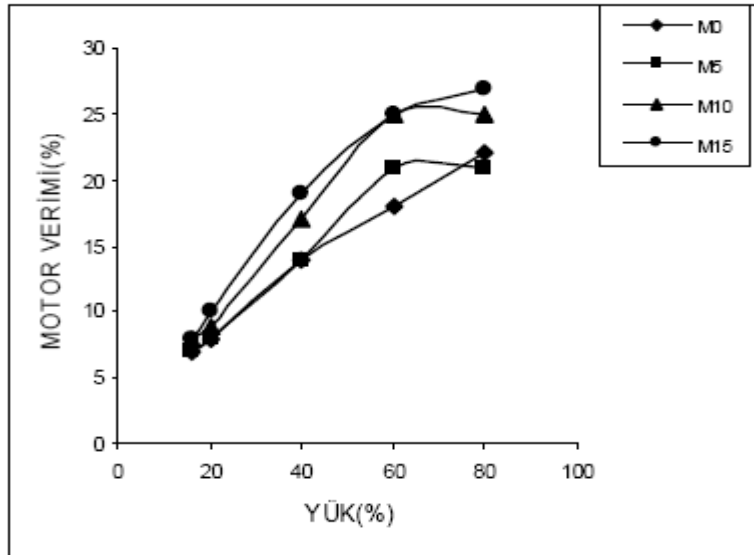
azalma HC ve CO emisyonlarında ise dizel motorlara kıyasla artış gözlenmiştir. Dizel metanol karışımlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı yanma esnasında açığa çıkan ısının yapısında da değişiklikler meydana gelmiştir. DMCC sisteminde enjekte edilen metanol ve emilen hava ön karışımı oluşturur. Silindir içerisine alınan bu ön karışım sayesinde, metanol düşük silindir sıcaklıklarına neden olmuştur. Bu da ısının absorbe edilmesine ve dizel yakıtının tutuşma gecikmesi neden olmaktadır. Metanolün yanma hızının yüksek olması ısı enerjisinin hızlı bir şekilde açığa çıkmasına neden olur. DMCC motorlarında silindir sıcaklıkları, orijinal dizel motorlarına kıyasla daha düşüktür. Bu sıcaklık düşüşünü iki farklı şekilde izah etmek mümkündür. İlk olarak emilen metanolün erken buharlaşması karışım sıcaklığını düşürmüştür. İkinci olarak metanolün ısıl değerinin düşük olmasıdır [34].

Yapılan bir başka çalışmada %5, %10 ve %15 oranlarında metanol içeren dizel yakıtının performans ve emisyonları, farklı krank açıları ve enjektör basınçlarında denenmiştir. Motor deneyleri 180, 200, 220 bar enjektör basınçlarında 15, 20 ve 25 krank açıları 20 Nm motor yükü 2200 rpm motor devrinde ölçümler yapılmıştır. Yakıt karışımı içerisinde metanol oranının artması ile duman, HC ve CO emisyonlarında azalma gözlenmiştir. Özgül yakıt tüketimi metanolün enerji içeriğinin düşük olması nedeniyle dizel yakıtına kıyasla yakıt tüketimi artar. Metanol yoğunluğu ve ısıl değerinin düşük olması yine bu artışın nedenleri içerisinde sayılmıştır. CO miktarı yakıt cinsi, motor hızı, motor yükü, enjektör basıncı ve krank açısı, ateşleme zamanı, yanma odasının şekli gibi farklı parametrelere göre değişebilen bir değerdir. Bu parametreler içerisinde en önemlisi hava/yakıt oranıdır. CO oranının düşmesinin sebeplerinden biri metanol içerisinde C/H oranının düşük olabilmesidir. İkinci ise metanolün içerisinde oksijen içeriğinin yanmayı tam gerçekleştirmesidir. NO₂ ve NO için nitrojenin oksidasyonu, ard arda reaksiyonların başlaması ve oksijen atomlarının yüksek sıcaklıklarda ayrışmasından oluşmaktadır. Yerel sıcaklık oksijen konsantrasyonları ve nitrojen atomları NO_x oluşumunda etkilidir. Düşük setan sayısı ve oksijen içeriği silindir içerisinde sıcaklık artışına neden olmaktadır. M5 ve M10 yakıtlarının kullanıldığı deneylerde ısı verim az miktarda düşüş sağlamıştır. %10'un üzerindeki karışımlarda ısı verim değerlerindeki azalma daha yüksek olur [35].

1.6.6. Metanolun Benzinli Motorlarda Kullanımı

Metanolun benzin motorlarında direkt kullanılması ile pratikte birçok problem ortaya çıkabilmektedir. Bu problemlerin ana sebebi yanmanın tam olarak sağlanmamasıdır. Saf metanolün kullanımı sonucu, karbüratör ayarlarının bozulması, aşırı motor birikintisi, yağlama yağı seyrelmesi, segman sıkışması, silindir yüzeylerinde aşını ve motorda yağlama yağının bozulması gibi arızalar görülebilir. Bu sebeplerle birlikte soğuk havada zor çalışması, kötü ateşleme, ateşleme yapılamaması gibi faktörlerde uzun bir süre sonunda benzinli motorlarda görülen sonuçlardır [36].

Benzin yakıtına metanolün belirli oranlarda karıştırılması da benzin yakıtına yakın özellikte bir yakıtın elde edilmesi durumunu ortaya çıkarır. Bu nedenle yapılan çalışma sonuçlarında NO_x değerlerinin arttığı ve CO ve HC değerlerinin azaldığı görülmüştür. Yapılan bir başka çalışmada yine motor performansında artışlar yaşanmıştır. Yüksek metanol oranlı karışımlar kullanıldığında, motoru ilk harekete geçişinin zorlaştığı, yüksek devirlerde düzensiz motor çalışmalarının yanında motor torkunda artışlar gözlenmiştir. Metanolün ilave edilmesi ile sıcaklık düşüşü ve beraberinde yoğunluğun artması verimi arttırmıştır.



Şekil 1.7. Farklı benzin-metanol karışımlarının 20° KMA avans değerinde ve sabit motor devrinde motor veriminin yükle değişimi [37].

1.7. Etanol(Etil Alkol)

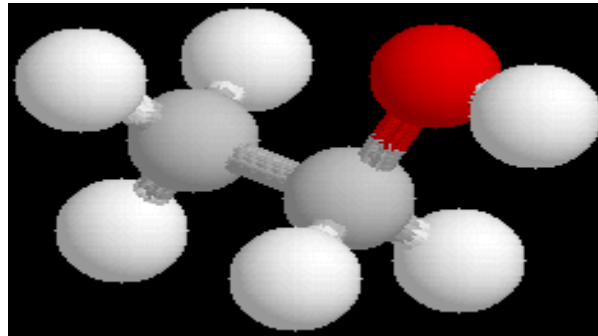
1.7.1. Etanolun elde ediliŖi

Etil alkol dünyada en çok kullanılan alkoldür. Etil alkol, alkollerin genel elde ediliŖ yöntemleri ile elde edilir. Bunlardan baŖka, etil alkolün, en önemli elde ediliŖ yöntemi alkolik fermantasyondur. Selüloz ve kağıt fabrikalarında ele geçen sülfat alkali çözeltisinden de alkol elde edilir. Kısacası;

1. Ŗeker içeren ürünler (seker pancarı, seker kamıŖı, hayvan pancarı, yas ve kuru meyveler v.b.)
2. NiŖasta kapsayan ürünler (tahıl, mısır, patates v.b.)
3. Gıda sanayi artıkları (peynir suyu, narenciye)
4. Sel lozlu maddeler (Ŗehir atıkları, çiftlik atıkları, odun ve artıkları v.b.)
5. Tarımsal kökenli olmayan bazı gazlar (etilen, asetilen, tabi gaz, kömür gazı, sanayi artığı gazlar v.b.) oluŖmaktadırlar [35, 38].

1.7.2. Etanolün  zellikleri

Renksiz, güzel kokulu kaynama noktası 78°C , donma noktası -117.3°C ve yoğunluğı 0.789 g/cm^3 olan sıvıdır. BuharlaŖma gizli ısısı dizel yakıtından 1.5 kat daha fazladır. Bunun anlamı, buharlaŖma esnasında yanma odasından daha fazla ısı çekilmesidir. Bu nedenle ilk hareket dizel yakıtına göre biraz daha zor olmaktadır



Ŗekil 1.8. Etil alkolün molekül modeli [39].

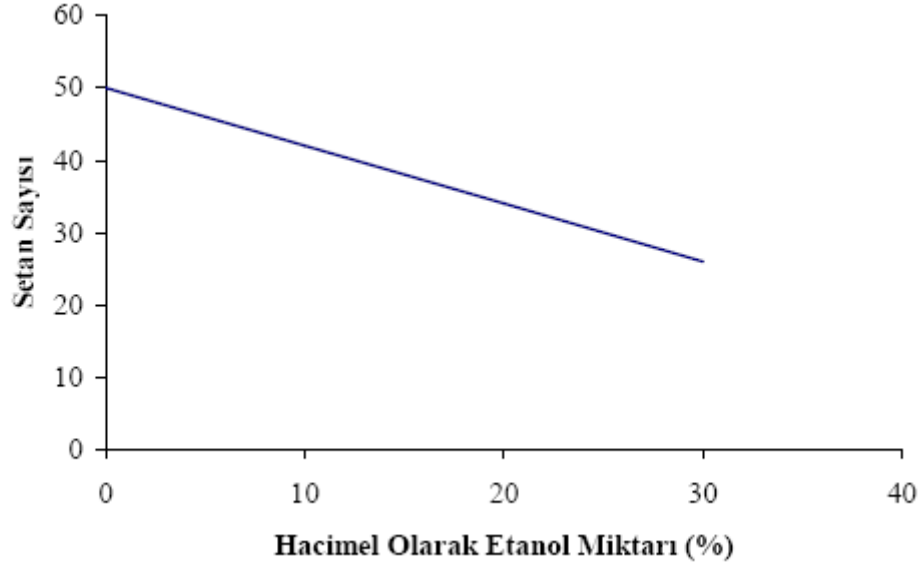
Yoğunluk bakımından incelendiğinde dizel yakıtının 15°C 'deki yoğunluğı 0,820-0,860 kg/l arasındadır. Dizel yakıtına göre etanolün yoğunluğı daha az olduğından dolayı

karışım miktarının artmasıyla birlikte yoğunluğu da düşecektir. Motorda ideal şartların sağlanması için de hacimsel olarak daha fazla yakıt enjeksiyonu gerekli olmaktadır. Yine etanolün alt ısı değerinin dizel yakıtının %62'si kadar olması nedeniyle, etanollü çalışmalarda ÖYT karışımındaki etanol miktarı ile orantılı olarak artmaktadır. Dizel yakıtının kaynama noktaları yaklaşık 190 °C ile 280 °C arasında değişen farklı yapılara sahip hidrokarbon moleküllerinden meydana gelmiş bir maddedir. Etanol ise tek bir sıcaklıkta kaynayan ve aynı yapıya sahip moleküllerden oluşmuş bir maddedir. Buna göre etanol dizel yakıtına göre daha iyi buharlaşır ve temiz yanar. Etanol-dizel yakıtı karışımları ile motor çalıştırılmasında karşılaşılan problemlerden birisi de, dizel ve etanol aynı tank içerisinde bulundurulursa karışım oranına, ortam sıcaklığına, karışımı oluşturan dizel yakıtının kimyasal yapısına bağlı birkaç nedenden ötürü faz ayrışması meydana gelir. Faz ayrışmasında etanol deponun üst tarafında, dizel yakıtı ise deponun alt tarafında toplanmaktadır.

1.7.3. Etanolün Yanma Özellikleri

Etanolün sahip olduğu özelliklerinden dolayı alternatif yakıtlar içinde önemli bir yere sahiptir. Etanol dizel yakıtından daha yüksek sıcaklıkta yandığı için sıkıştırma oranının artışına izin verir. Bu yaklaşım ise daha yüksek ısı verim oluşturur. Etanol dizel yakıtına göre yüksek alev sağlamaması adyabatik alev sıcaklığının düşük olmasından ileri gelmektedir. Bu sebepten dolayı daha parlak ve daha kısa sürede bir yanma sağlanır. Bu nedenden ötürü yanma odasından motor soğutma sistemlerinden daha az ısı kaybedilir. Dizel enjeksiyon sisteminin temel elemanlarının yağlanması yakıt tarafından gerçekleştirildiğinden dolayı viskozitenin belirli bir değerden düşük olması istenmemektedir. Yakıt enjeksiyon pompası elemanı arasına giren yakıtın viskozitesinin düşük olması, yakıt pompası ve enjektörde kaçakları meydana gelmesine neden olmaktadır. Sonuç olarak viskozitesi çok düşük yakıtların pompalama kayıplarında da artış görülmektedir. Motor gücünün azalmasında etanolün düşük ısı değerlerinden baksa viskozitesinden doğan pompalama kayıpları ile bir azalma meydana gelmekte ve düşük viskozite nedeniyle yakıt pompasının elemanlarının aşınması da hızlanmaktadır. [40]

Setan sayısının etanol miktarına bağılı olarak değişimi görülmektedir. Şekil 1.9’da görüldüğü gibi % 12–12.5 olan etanol-dizel yakıtı karışımının setan sayısı 40 olmaktadır ve % 10 kadar etanol ilavesi karışımının setan sayısı üzerinde az bir etki oluşturmaktadır.



Şekil 1.9. Etanolün- dizel karışımlarının setan sayısı değişimi [41].

Tutuşturmaya geliştirici katkı maddelerinde kullanılan nitrat bazlı bileşikler etanolün setan sayısını dizel yakıtı setan sayısı seviyesine çekerek motorda herhangi bir yapısal değişiklik yapılmadan doğrudan ve tamamen kullanılabilmesi sağlanabilmektedir. Nitrat esaslı setan sayısı artırıcı katkı maddelerinin pahalı olması ve NO_x emisyonlarını arttırması nedeniyle kullanımı tercih edilmemektedir [42].

1.7.4. Etanolün egzoz emisyonları ve yapılan çalışmalar

Dört silindirli direk enjeksiyon sistemine sahip, kompresyon oranının 19 olduğu bir dizel motorda yapılan çalışmada %6.1, %12.2, %18.2 ve %24.2 oranlarında dizel yakıtı içerisine etanol ilavesi yapılmıştır. Faz ayrışımının önüne geçmek amacıyla çözücü dodekanol %1 oranında ilave edilmiştir. 1800 ile 2400 d/dak yapılan deneylerde karışım içerisinde bulunan oksijen miktarları sırasıyla %2, %4, %6 ve %8’dir. Yapılan deney sonuçlarına göre motor hızında ki artış ve karışım içerisinde ki etanol oranının artışı duman

ve partikül emisyonlarında önemli etkilere sahiptir. Karışım içerisindeki oksijen yoğunluğunun artması ve karbon içeriğinin azalmış olması ise emisyonlarında iyileşme yapmıştır [43].

Yapılan bir başka çalışmada %5 ve %10 metanol dizel yakıt karışımı ile %5-%10 etanol dizel yakıt karışımlarının motor performansı ve emisyonları üzerine etkileri araştırılmıştır. 1000-1800 rpm devir aralıklarında gerçekleşen deneylerde duman oranı, CO ve HC emisyonlarında azalma gözlenirken NO_x miktarında artışın olduğu gözlenmiştir [44].

Yapılan bir çalışmada yine farklı püskürtme avanslarında dizel yakıtı ve etanol kullanımının egzoz emisyonları üzerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmada avansın artırılması ya da azaltılması tutuşma gecikmesi süresini uzatmakta ve buna bağlı olarak silindir içerisine alınan yakıtın yanma kalitesi azalmakta ve ısı verim düşmektedir. Emisyon değerlerine bakıldığında avans değerinin artması yanma sonu sıcaklıklarını arttırmakta ve aynı zamanda yakıt içerisindeki karbon atomlarının oksijen ile reaksiyon süresinin uzamasına neden olmaktadır. Bu da CO ve HC emisyonlarının azalmasının temel nedenidir. NO_x emisyonlarına bakıldığında avans değerinin azaltılması ile sıcaklığın düşmesi NO_x miktarını azaltmasına neden olmaktadır [45].

Başka bir çalışmada ise etanol-dizel yakıtı karışımlarını farklı sıkıştırma oranlarında karıştırılarak motorda optimum performansı sağlaması amaçlanmıştır. Deneylerde % 2, 4, 6 oranında etanol dizel yakıtı ile karıştırarak 19:1, 21:1, 23:1 sıkıştırma oranlarında denemiş ve motor performansındaki olumsuz etkinin minimum düzeyde kalmasını sağlayabilecek optimum sıkıştırma oranı araştırılmıştır. Deneyler sonucunda en optimum etanol miktarının % 4 oranında olduğu gözlemlenmiştir [46].

Bir çalışmada yine Dizel yakıtına etanol eklenmesinin (%10 ve %15 oranında) dört zamanlı, dört silindirli ön yanma odalı turbo dizel motorda ve farklı püskürtme basınçlarında (150, 200 ve 250 bar) kullanılmasının motorun performansı ve egzoz emisyonu üzerine etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışmalar göstermiştir ki etanol eklenmesi ile CO, is ve SO₂ emisyonlarında azalma olmuştur. Buna karşın NO_x emisyonlarında ise %12,5 (%10 etanol içeren karışımda) ve %20 (%15 etanol içeren karışımda) artış olmuştur. Püskürtme basıncının artması ise özellikle 1500–2500 d/d

aralığında CO ve is emisyonlarında azalmaya ve bir miktar motor gücünün düşmesine sebep olmuştur [47].

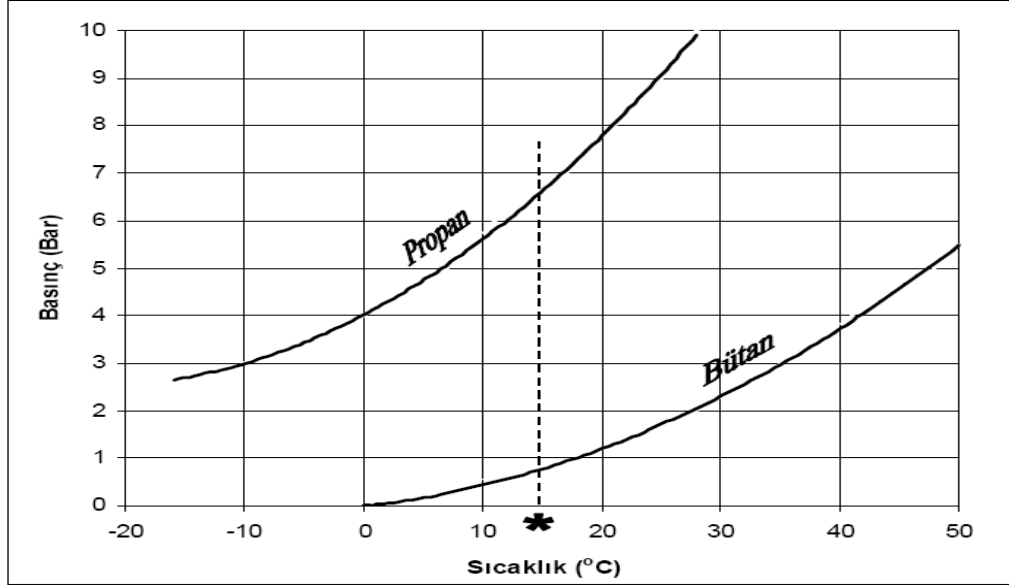
Farklı tarım ürünlerinden elde edilen etanol alternatif bir yakıt türüdür. Etanol yakıtının dizel motorunun yapısında herhangi bir değişiklik yapılmadan kullanılması önemli bir özelliğidir. Ön karışimli 4 silindirli bir dizel motorunda %10 ve %15 oranlarında dizel yakıtına etanol katılmıştır. Faz ayrışımını engelleyerek homojen bir karışım oluşması için isopropanol %1 oranında ilave edilmiştir. Yapılan bu çalışma sonuçları gösteriyor ki etanolun belirli oranlarda dizel yakıtına ilave edilmesi sonucu CO, is ve SO₂ emisyonların azalma gözlenmiştir. %10 etanol-dizel karışımlarında %12.5, %15 etanol-dizel karışımlarında ise %20'lere varan bir güç azalması gözlenmiştir [90].

1.8. LPG (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)

1.8.1. LPG Yakıtının Özellikleri ve Yapılan Çalışmalar

Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ham petrol veya türevlerinden elde edilen propanın ve (C₃H₈) ve bütanın (C₄H₁₀) belirli oranlardaki karışımından oluşmaktadır. LPG ayrıca doğal gazdan da elde edilmektedir. Yüksek kalitede bir enerji kaynağı olan LPG, çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bunlar arasında inşaat, endüstri, tarım ve otomotiv alanları sayılabilir. LPG'nin en önemli özelliklerinden biri buhar basıncıdır. Bu basınç değerine bağlı olarak yakıt tankında bulunan yakıtın sıvı ve buhar fazları arasındaki denge durumu sağlanmaktadır (Şekil 1.10). Örneğin bütan için buhar basıncı 0 °C sıcaklıkta 0.005 bar iken, propan için aynı sıcaklıkta 4 bar olmaktadır. 15 °C sıcaklıkta ise bütan için 0.8 bar, propan için ise 6.5 bar olur. Görüldüğü gibi karışımın bütan/propan oranına bağlı olarak LPG'nin buhar basıncı değişmektedir. Artan sıcaklıkla birlikte sıvı fazındaki propan ve bütanın hacmi hızla değişmekte ve basınç değerlerinde artış görülmektedir. Bu husus yakıt tanklarında emniyet açısından önem taşımaktadır [48].

Propan ve bütan arasındaki diğer bir farklılık da kaynama noktasıdır. Kaynama noktası, atmosfer basıncı altında, gaz fazından buhar fazına geçiş sıcaklığını vermektedir. Propan -43 °C sıcaklıkta sıvı fazında bulunmaktadır. Bu nedenle özellikle soğuk iklim ortamlarında LPG bünyesindeki propan daha fazla tutularak sıvı fazından gaz fazına geçiş kolaylaştırılmaktadır.



Şekil 1.10. Propan ve Bütan için basınç ve sıcaklığa bağlı olarak denge durumu

Propan ve bütanın bir diğer özelliği de yağ, boya gibi maddeleri eritmesidir. Ayrıca kauçuk hortumlarında da deforme olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle LPG hortumları sentetis malzemeden yapılmaktadır. Yakıt tankı ile regülatör arasında yer alan basınç altındaki LPG hatları için ise özel bakır veya çelik boru kullanılmaktadır. Normal benzin ile LPG arasında bazı farklılıklar vardır. LPG, motoru gaz olarak besleyen bir propan-bütan karışımıdır. Böylece optimal karışım hazırlanış, basitleşmekte bunun yanında emilen hava ile karışımı kolaylaşmaktadır. Normal sıvı yakıtların aksine LPG emme zamanı esnasında tamamen buharlaşır ve böylece daha büyükçe hacme yayılır. Ayrıca gizli buharlaşma ısısı motordaki termodinamik işlemi etkilemez. Bunun sebebi soğutma suyunun gaz karıştırıcıya girmeden önce buharlaştırıcıyı ısıtmasıdır [49].

Soğuk iklime sahip bölgelerde LPG içerisindeki propan oranının arttırılarak sıvı fazdan gaz faza geçişi kolaylaştırılmalıdır. Tabi değişen propan /bütan oranı beraberinde yakıtın alt ısı değerini değiştirecektir. Dizel ve benzin yakıtıyla kıyaslandığında birim kütle hesabına göre alt ısı değeri daha yüksektir.

1.9. Bitkisel Yakıtlar ve Biodizel

Bitkisel yağlar ve bunlardan elde edilen metil esterler (biyodizel) motorlarda alternatif yakıtlar arasında büyük bir ilgi görmektedir. Bunun en önemli nedeni fiziksel,

kimyasal ve yanma özellikleri bakımından dizel yakıtına benzer özellik göstermesidir. Bitkisel yağların alternatif dizel motor yakıtı olarak kullanımı dizel motor kullanımıyla başlamıştır. 1900 yılından itibaren 30'dan fazla bitkisel yağın uygunluğu araştırılmış ve bu bitkisel yağlardan kısa süreli motor testlerinde olumlu sonuçlar alınmıştır. Uzun süreli testler yapıldığında enjektör uçlarının tıkanması sonucu yakıt atomizasyonunun kötüleşmesi, yanma odalarının kurum ile kaplanması, kötü atomizasyon nedeniyle yanmayan yakıtın kartere inerek yağlama yağını bozması ve segmanların silindirlere yapışması, bitkisel yağların yüksek basınç ve sıcaklıktaki ısı polimerizasyonu ve depolama sırasındaki oksidasyonu sonucu tortu oluşması gibi ciddi problemlerle karşılaşmıştır. Oluşan bu motor problemlerinin en büyük nedenleri; bitkisel yağların yüksek viskoziteleri (motorinin yaklaşık 15–20 katı), düşük uçuculukları ve kötü soğuk akış özellikleridir. Yüksek viskozite yakıtın enjeksiyon işlemini zorlaştırmakta ve kötü atomizasyona neden olmaktadır. Bununla birlikte, yakıtın hava ile yetersiz bir şekilde karışması eksik yanmaya yol açmaktadır. Eksik yanma, silindir içinde kurum oluşumuna ve enjektörlerin tıkanmasına sebep olmaktadır [50].

Seyreltme yönteminde, bitkisel yağlar belirli oranlarda dizel yakıtı ile karıştırılarak seyreltilmekte, bu sayede viskozite değeri bir miktar düşürülmektedir. Seyreltme yöntemi uygulamalarında en çok tercih edilen bitkisel yağlara örnek olarak, ayçiçek yağı, soya yağı, aspir yağı, kanola yağı, yer fıstığı yağı, kullanılmış kızartma atık yağları sayılabilir. Transesterifikasyon, bitkisel yağın küçük molekül ağırlıklı alkolle bir katalizör eşliğinde gliserin ve yağ asiti oluşturmak üzere reaksiyona girmesidir. Yani metanol (odun alkolü), sodyum hidroksitle karıştırılır ve sodyum metoksit elde edilir. Bu tehlikeli sıvı bitkisel yağla karıştırılıp dinlenmeye bırakılınca, gliserin dibeye çöker ve metil ester üstte kalır. Yapılan bu reaksiyonlar sonucunda biyodizel elde edilmektedir. Bitkisel yağların, dizel yakıtına alternatif olarak kullanılmasında izlenen en önemli kimyasal yöntemdir [51].

Zehirli olmayan biyodizel, temel olarak sülfürsüz olduğundan asit yağmurlarına neden olmaz. Biyodizel hammaddesi olan yağlı tohum bitkilerinin oluşumları sırasında atmosferden çektikleri CO₂ miktarı ile biyodizel yandığında atmosfere salınan CO₂ miktarı hemen hemen eşit olduğundan; biyodizel dünyanın toplam CO₂ emisyonu miktarını artırmamakta ve böylece küresel ısınmaya yol açmamaktadır. Biyodizel yakıtların belirli oranlarda motorin içerisine katılması sonucu egzoz emisyon değerlerinde birtakım

iyileşmelerin olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. %50 oranında ayçiçek yağı metil esteri kullanılan deney yakıtı ile motorine yakın güç ve moment alındığı, emisyon değerlerinde ise düşüş olduğu gözlenmiştir. Maksimum moment devrinde CO miktarı %2, NOx miktarı %11, maksimum güç devrinde ise CO %7, NOx'in %12 azaldığı görülmüştür [52].

Çeşitli deney yakıtlarının araştırıldığı bir çalışmada kanola yağı ve soya yağı metil esterinin performans değerlerine bakılmıştır. Performans açısından bakıldığında en yüksek değeri sırasıyla dizel, kanola ve soya yağı metil esteri vermiştir. En düşük duman ve CO emisyonunu veren yakıt kanola yağı metil esteri olup NOx değerinde dizel yakıtındaki değer kanola ve soya metil esterinkinden daha düşük çıkmıştır. İlk olarak, Kanola yağının motor performansı üzerine etkilerini gösteren bir başka çalışmada ilk olarak, dizel yakıtına hacimsel olarak %20, 40, 60, 80 oranlarında kanola yağı karıştırılarak seyreltilmiştir. İkinci kısımda ise denemelerde transesterifikasyon ile kanola yağı metil esteri elde edilmiştir. Kanola yağı kullanımı ile motor momenti ve gücünde dizel yakıtına göre az bir azalma olsa da, yağ asidi metil esteri kullanımı ile moment ve gücün ham kanola yağlarına oranla daha yüksek olduğu ve dizel yakıtına daha yakın olduğu tespit edilmiştir.

Kağıt fabrikalarında üretim esnasında yan ürün olarak ortaya çıkan tall yağından elde edilen biyodizelin motor performansı ve emisyonları incelendiğinde, hacimsel olarak %90 tall yağı biyodizel ve %10 dizel yakıtı karışımından B90 yakıtı karıştırılmıştır. Yapılan incelemelerde, B90 yakıtının dizel yakıtına göre daha düşük oranlarda kükürt içermesi, setan sayısının ve parlama noktasının daha yüksek olması en önemli avantajlarıdır. Ayrıca bulutlanma noktası, parlama noktası ve soğuk filtre tıkanma noktası değerlerine bakıldığında B90 yakıtının ılıman iklime sahip bölgelerde kış aylarında bile problemsiz kullanılabileceğini göstermektedir. Tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda tam yük şartlarında 1800–3200 d/dak aralığında yapılan deneylerde dizel yakıtına göre, tork ve güç değerleri sırasıyla %2.99 ve %2,94 oranlarında azalmıştır. Karışım yakıtının kullanılması ile CO emisyonu %35.44, duman emisyonlarında %13,27 azalırken NOx emisyonlarında %13,29 oranında artışlar görülmüştür [53].

1.10.Hidrojen

Hidrojen, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan, güneş enerjisi ve nükleer enerjiden, su gibi sonsuz bir kaynaktan elde edilebilir. Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasında, yanma ürünü olarak su buharı açığa çıkarması nedeniyle çevreye hiçbir zararı yoktur. İçten yanmalı motorlarda kullanımı 1900’lü yılların başlarındadır.

Hidrojenin en önemli avantajlarından biri çok fakir karışımlardan, çok zengin karışımlara kadar uzanan hava/yakıt karışım oranı aralığı içerisinde tutuşabilir olmasıdır. Hava fazlalık katsayısının 0.15–4.35 değerleri arasında tutuşma sağlanabilmektedir. Hidrojenin kendi kendinde tutuşma sıcaklığının oldukça yüksek olması ve oktan sayısının yüksek olması otto motorlarında kullanımda avantaj teşkil etmektedir. Dizel motorlarından çok otto çevrimine göre göre çalışan motorlar için daha uygun bir yakıt olacağı açıktır. Hidrojenin yanma sonucunda elde edilen alev hızı oldukça yüksektir. Bu değer stokyometrik karışımlar için benzin-hava karışımlarındaki alev hızının yaklaşık 4 katıdır.

Hidrojen yakıtının taşıtlarda alternatif bir yakıt olarak kullanılmasında karşılaşılan en önemli problemlerden biri hidrojenin depolanmasıdır. Depolama yöntemleri;

- 1.Basınçlı gaz şeklinde depolama
- 2.Sıvı olarak depolama
- 3.Metal hidritler şeklinde depolama [90].

1.11. Yakıt Katkı Maddeleri ve Organometal Bileşikler

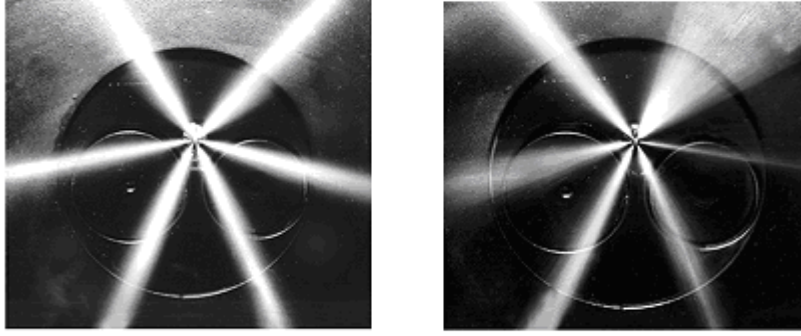
Enerji ihtiyacının artması araştırmaları yeni enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Bununla birlikte yakıt özelliklerinin geliştirilmesi de büyük önem kazanmıştır. Ham petrolden elde edilen dizel yakıtı motorlarda kullanıldığında bazı problemleri de beraberinde getirmiştir. Dizel yakıtı olan motorinin özelliklerini geliştirmek ve ortaya çıkabilecek sorunları ortadan kaldırmak amacıyla motorlarda yakıtla birlikte yakıt katkı maddeleri kullanılmaktadır.

Akaryakıtın kalitesini belirleyen etkenlerin başında, kullanılan katıklar gelir. Bu katıklar, yakıtta çeşitli özellikler kazandırmak amacıyla üretilmiş olan yakıt içerisine belirli oranlarda katılan kimyasal maddelerdir. Ana hatlarıyla bu katıkları şöyle sıralayabiliriz

- Vuruntu önleyici katıklar
- Oksidasyon önleyici katıklar
- Pas önleyici katıklar
- Buzlanma önleyici katıklar
- Ateşlemeyi düzenleyici katıklar
- Deterjan ve Gom önleyici katıklar
- Üst piston-segman yağlayıcı katıklar
- Metal aktifliğini önleyici katıklar
- Setan artırıcı katıklar
- Donma noktasını düşürücü katıklardır.
- Enjektör temizliği sağlayan katıklar

Yakıtta ilave edilen bu katıklar motor üzerinde koruyucu etkilere sahiptir. Motora sağladığı yararları;

1. Motorun yakıt sisteminde ve motor parçaları üzerinde koruyucu bir tabaka oluşumunu sağlar.
2. Silindir yüzeylerinde, manifold ve enjektörlerde oluşan karbon birikintilerini ve tortular parçalayıp temizler. Buna bağlı olarak motorun ömrü uzar ve yakıt tasarrufu sağlanır.
3. Motorun hava ile temas eden yüzeyleri üzerinde koruyucu bir tabaka oluşmasını sağlar ve temas sonucu ortaya çıkması muhtemel paslanmaları önler.
4. Hidrokarbon kökenli kimyasal maddelerin zaman içerisinde motorun metal yüzeyleri üzerinde oluşturacağı aşınmayı büyük ölçüde engeller.
5. Akaryakıt, pompa tabancasından araç deposuna hızla pompalanırken köpürme meydana getirir; bu durum ise akışın kesilmesine sebep olur. Ancak kullanılan katıklar köpürmeyi engelleyerek yakıtta hava kabarcıklarının oluşmasına engel olur.
6. Motorun temiz kalmasını korunmasını ve performansının artmasını sağlar. Uzun süreli kullanımlardan sonra bile motorun temiz kalmasına yardımcı olur.
7. Egzoz gazlarının olumsuz etkilerini minimum seviyede tutmaya yardımcı olur, şeklinde sıralayabiliriz [54].



a.) Temiz enjektör ile düzenli püskürtme b.) Birikinti oluşmuş düzensiz püskürtme

Şekil 1.11. Enjektör temizleyici katkı maddelerinin yakıt püskürtme sistemi üzerine etkisi [55].

Enjektör kirlenmesi motorda yanma kalitesini yağ bileşimini ve çalışma koşullarını değiştirebilen bir etmendir. Enjektör uçundaki kirlenme püskürtme yapısını resim’de olduğu gibi etkilediği için araçlarda yakıt ekonomisi ve emisyon artışı meydana gelebilir.

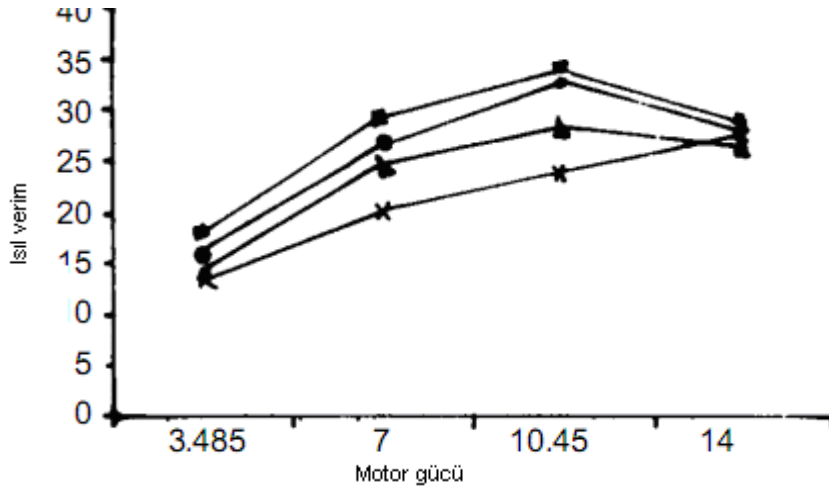
Setan sayısı üzerinde etkili birçok yakıt katkı maddesi bulunur. Etilheksil nitrat en yaygın olarak kullanılan setan arttırıcı katkı maddesidir. Bu katkı maddesi oktil nitrat diye de adlandırılır. Yüksek sıcaklıklarda yanma odasında kararsız bir şekilde hızla parçalanır. Bu katkı maddesi genellikle %0.05 ve 0.4 konsantrasyonlarında kullanılır ve yakıtın setan sayısını 3–8 aralığında arttırır. Diğer alkil nitratlar gibi eter nitratlar da yakıtın setan sayısı üzerinde etkilidir. Di-terciyer bütül peroksit kullanımı yine setan arttırıcı katkı maddesi olarak piyasada yakın zamanda yerini alacaktır. Motorin içine katılan nitrat ve peroksit esaslı katkı maddeleri motorinin setan sayısını arttırır. Setan sayısının artmasıyla birlikte yanma sonucu oluşan NO_x miktarında azalma olmuştur. Nitrat esaslı katkı maddeleri yanma sonucunda NO_x oluşturmaz ve bu katıklar setan sayısını 45 ten 55 değerlerine kadar yükseltir. Yanma sonucunda NO_x gazlarında ki azalma %30–20 den %10–5 değerlerine düşmüştür [56].

Dizel yakıtına farklı oranlarda etanol, izopropanol ve karışımın setan sayısını geliştirici katkı maddesi ilave edilerek motor performans ve emisyonlarının gözlemlendiği bir çalışmada hacimsel olarak ilave edilen etanol miktarı %5, %10 ve %15 ‘dir. Faz ayrışımının önüne geçilmesi amacıyla %1, %2 ve %3 oranlarında izopropanol ilave edilmiştir. Hazırlanan test yakıtlarına %0.4 setan geliştirici ilave edilerek dizel yakıtı ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Elde edilen veriler karşılaştırıldığında dizel yakıtına göre

etanol-dizel karışımli yakıtlarda motor torku ve güçleri azalmakta özgül yakıt tüketimleri ise artmaktadır. Emisyon oranları incelendiğinde % duman ve CO oranları azalmakta, özgül yakıt tüketimleri ise artmaktadır. Setan geliştiricilerin katılması motor performans ve emisyonları üzerinde belirgin farklılıklar yaratmamıştır [57].

Farklı enjeksiyon basıncının ve farklı setan sayılarının dizel motorlarının performans ve emisyonları üzerine etkisi üzerine birçok yöntem araştırılmaktadır. Deneysel yapılan bir çalışmada setan sayısı olarak 65, 54.5, 51, 46 sayılarında yakıtlar kullanılmıştır. 4 zamanlı 4 silindirli bir dizel motorunda yapılan bu çalışmada enjektör basınçları 100, 150, 200 ve 250 olarak ayarlanmıştır. 150 bar olan standart enjektör basıncının üzerindeki basınçlarda NO_x, CO ve SO₂ emisyonları %15 ile %5 oranlarında azalmıştır. 45 'den 54.6 doğru artan setan sayısı ile birlikte motor torkunda %5, motor gücünde ise %4'lere varan bir artış gözlemlenmiştir. Ancak setan sayısının 54.6 değerinin üzerine çıkmasıyla birlikte motor performansında önemli değişiklikler gözlenmemiştir [58].

Yapılan bir başka çalışmada oksijenli katkı maddeleri dizel motorlarda denenmiştir. Kullanılan katkı maddesi sayesinde motor performansı ve egzoz emisyon değerlerinde iyileşmeler amaçlanmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmada %5,%10 ve %15 oranlarında dimetil karbonat katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Duman miktarına bakıldığında uygun değer olan %5 lik DMC katkılı yakıtın kullanılması sonucu yaklaşık %52 lik bir azalma gözlenmiştir. Şekil 1.12 incelendiğinde %5 oranında DMC katkı maddesi sayesinde motor veriminde artışlar tespit edilmiştir. Partikül miktarlarında azalma ve motor performansındaki bu artışlar yüksek yanma sonucunda oluştuğu belirtilmiştir [59].



Şekil 1.12. Farklı oranlardaki DMC nin farklı motor güçlerinde ısı verim üzerine etkisi [59].

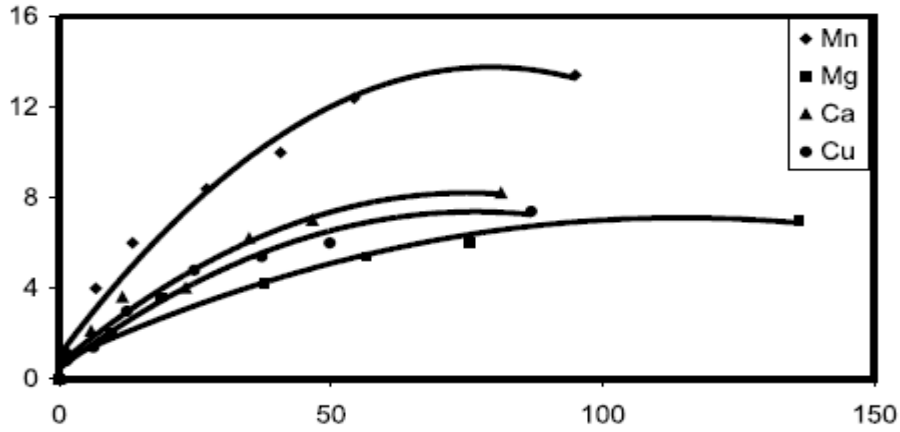
Dizel motorlarında emisyon ve yanma performansı yakıt özelliklerinin değişmesiyle iyileşebilir. Bu amaçla kullanılan katkı maddeleri oksijenli bileşik olarak metoksi etil eter ve nitrojenli bir bileşikler olan Nitroetan ile Nitromethan'dır. %10 luk bir karışım halinde dizel yakıtlarında kullanılan bu katkı maddeleri sayesinde setan indeksinde artış, vizkosite de azalma gözlenmiştir. En fazla setan indeksini metoksi etil eter kullanılan dizel yakıtı göstermiştir. Nitroetan deney sonuçlarında diğer iki katkı maddesine kıyasla yakıt için daha verimli olduğu ve nitrojenli katkıları yardımıyla ısı veriminde artışlar duman oranında ise Nitroetan sayesinde %44 oranlarında azalma gözlemiştir. Dimetileter (DME) temiz bir dizel yakıtı için önemli bir potansiyele sahiptir. Methenolden üretilen bu bileşik dizel yakıtı ile kıyaslandığında düşük viskoziteye sahiptir. Yakıt özelliklerini iyileştirici özelliği sayesinde daha temiz bir yanma sağlar ve belirli oranlarda yakıtı ilave edilir. %50 den daha az DME içeren yakıt karışımlar vizkositenin artmasına katkı sağlar [60,61].

Organometalik bileşikler, karbon hidrojen atomlarının bir metale bağlı olduğu bileşiklerdir. 1900 yılında V.grgnard, organik halojenleri susuz eter içinde magnezyum ile reaksiyona çok yönlü bir kimyasal ürün olan 'grignard bileşiği'ni (R-MgX) elde etti. Elde edilen bu ürün bir çok alanla birlikte yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaktadır [62].

Organometalik bileşikler içeren benzin yakıtı ile standart benzin yakıtının karşılaştırıldığı bir çalışmada katkı maddeleri olarak Pb, Mn, Fe kullanılmıştır. Mn ve Fe

eşit miktarlarda ilave edilirken Pb daha düşük oranlarda ilave edilmiştir. Kullanılan yakıt katkıları sayesinde emisyon değerlerinde iyileşmelerin olduğu görülmüştür [63].

Yakıt özelliklerini geliştirmek amacıyla Mn, Mg, Cu ve Ca metallerinin organik bileşikleri sentezlendiği çalışmada, dizel yakıtının donma noktasının büyük oranda azaldığı katkı maddeleri aracılığıyla sağlanmıştır. En büyük donma noktasını düşürücü katkı maddesi Mn olarak tespit edilmiştir. İlave edilen 54.2 mikromol Mn/1 en ideal oran olarak belirlenmiş olup, büyük donma noktası düşüşü 12,4 °C dir. Katkısız dizel yakıtının setan sayısı 46.22 iken katkılı dizel yakıtının setan sayısı 48.24 olarak belirtilmiştir [12].



Şekil 1.13. Farklı oranlardaki katkı maddelerinin donma noktası düşüşü üzerine etkisi [12].

Soğuk havalarda motorlarda yakıt sisteminde ki filtrenin, yakıt hattının donması gibi sebepler yakıt akışını engeller. Düşük molekül ağırlıklara sahip alkoller veya glikoller yakıt içerisine ilave edilmeleri bu problemlerin ortadan kalkmasına neden olabilir [64]

Yakıt özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılan Mn ve Ni katkı maddeleri ile tall yağından elde edilen biodizel yakıtının motor performans ve emisyonları üzerinde etkisi inceleyen bir başka çalışmada ilk olarak ham tall yağından distilasyon yöntemiyle resinik asit ve yağ asitleri elde edilmiştir. 328 ile 340 °C arasında resin asitler elde edilmiştir. Yağ asitlerinden tall yağı metil ester (biodizel) üretilmiştir. Metalik yakıt katkı maddelerinin üretimi için belirli oranlarda MnO₂ ve NiO ile resinik asitler reaksiyona girmiştir. Oluşan metal bileşiklerin tortu kısımlarının çözülmesi için etil alkol kullanılmıştır. Metalik yakıt katkı maddeleri 8 mikromol/ 1 ve 12 mikromol/ 1 miktarlarında , %40 dizel %60 biodizel

yakıtı içerisinde eklenmiştir. TE60 yakıtı olarak adlandırılan bu yakıtın farklı miktarlarda Mn ve Ni için fiziksel özellikleri tabloda verildiği gibidir [65].

Tablo 1.8. Farklı konsantrasyonlardaki Mn ve Ni katkı maddesinin TE60 yakıtın fiziksel özellikleri etkisi

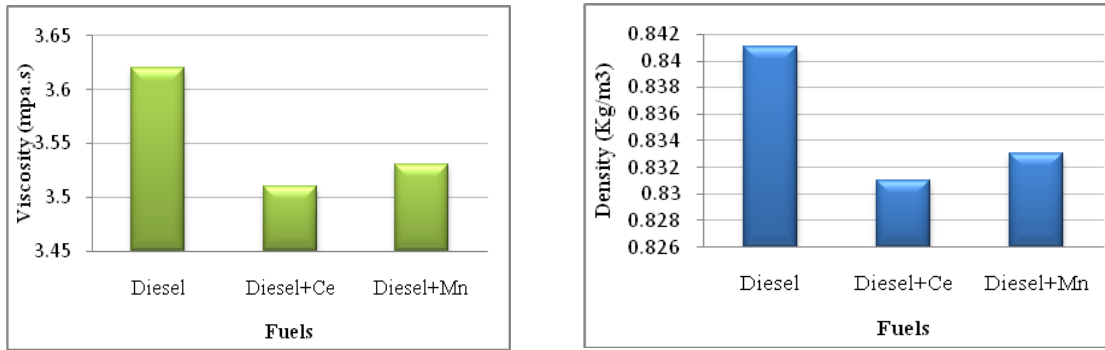
	TE60	TE60-8Mn	TE60-12Mn	TE60-8Ni	TE60-12Ni
Donma noktası (°C)	-14	-20	-23	-20	-22
Viskozite 40 °C (CST)	5.3	4.8	4.3	4.9	4.8
Alevlenme noktası (°C)	88	81	80.5	85	79

Yapılan çalışmada metalik katkı maddeleri test yakıtının viskozite ve akma noktası düşürdüğü ve sonuç olarak Mn katkı maddesinin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Kullanılan biyodizel yakıtı ile özgül yakıt tüketiminin %6 ile %3,22 oranlarında artışı kullanılan katkı maddeleri yardımıyla bu değerin düşük oranlarda azaldığı gözlenmiştir. CO emisyonu incelendiğinde 2400 devirde TE60-12Mn kullanılan deneyde , %64.28 oranında azalma ile en iyi düşüş sağlanmıştır [65].

Dünyada oluşan enerji krizleri ve petrole olan bağımlılıkların artması nedeni ile alternatif yenilenebilir enerji kaynakları alanında araştırmalar devam etmektedir. Bunlardan bir tanesi de dizel yakıtına alternatif olan biyodizeldir. Kağıt fabrikalarında üretim esnasında yan ürün olarak ortaya çıkan tall yağının, biyodizel ve yakıt katkı maddesi üretiminde kullanımı bilinmektedir. Ham tall yağının distilasyonu sonucu reçine ve yağ asitleri oluşur. Tall yağı yağ asitlerinden metil ester (Biyodizel) üretilip, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirleir. Tall yağı reçine asitleri MoO₃ ve MgO bileşikleri ile reaksiyona sokularak metalik yakıt katkı maddelerinin elde edilmesi mümkündür. Yapılan çalışmada tall yağı metil esterinin dizel yakıtı ile %60 oranındaki karışımına, metalik yakıt katkı maddeleri 4 µmol/l, 8 µmol/l ve 12 µmol/l oranlarında dozlanarak deney yakıtları elde edilmiştir. Katkı maddeleri biyodizel yakıtların yakıt özelliklerinde iyileşmeler sağlamıştır. Deney yakıtları tek silindirli modifiye edilmemiş bir dizel motorunda tam yük şartlarında denenerek performans ve emisyon değerleri belirlenmiştir. Deney yakıtları tork ve güç değerlerinde dizel yakıtı ile kıyaslandığında artış eğilimleri göstermiştir. Özgül

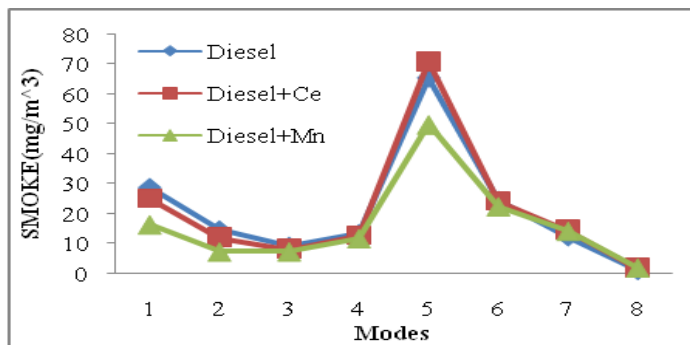
yakıt tüketimim değerleri büyük oranda deney yakıtlarının ısıl değerlerine bağlı olarak artışlar göstermiştir. Emisyon değerlerinde önemli ölçüde iyileşmeler tespit edilmiştir. Deney yakıtları fiziksel ve kimyasal özelliklerinin dizel yakıtı değerlerine yakın olması ile birlikte motor performans ve emisyon sonuçlarındaki iyileşmeler nedeni ile dizel yakıtına alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır [66].

Yoğunluk, vizkosite ve setan indeksi gibi yakıtın fiziksel özellikleri yakıt katkı maddeleri yardımıyla iyileştirilebilir. Yapılan çalışmada yakıt katkısı olarak Mn ve Ce seçilmiştir. Dizel yakıtına 100 mg/kg miktarında ilave edilen katkı maddeleri yardımıyla yoğunluk ve vizkosite değerlerinde azalma kaydedilmiştir.



Şekil 1.14. Mn ve Ce katkılı yakıtın fiziksel özellikleri

Kullanılan katkı maddeleri ile dizel yakıtına kıyasla daha az duman oluşumu şeklinde olduğu gibi görülmüştür. Duman oluşumundaki bu azalma iki farklı şekilde yorumlanmıştır. Bunlardan ilki metallerin is oksidasyonunu arttıran kararlı hidroksiller oluşturmak için su ile reaksiyonu ikinci ise karbon atomları ile reaksiyona girmesidir [67].



Şekil 1.15. Mn ve Ce katkılı yakıtın duman oluşumu üzerine etkisi

Ham tall yağı kullanılan biyodizel yakıtının özelliklerini değiştirmek amacıyla yapılan çalışmada kullanılan Mg ve Mo bileşikleri elde etmek amacıyla ilk olarak ham tall yağından resinik asitler ve yağ asitler destilasyon yöntemiyle elde edilmiştir. 75 °C’ de 3 saat süren reaksiyonda cam reaktör içinde 1000 g tall yağı asidi, 200 g metil alkol ve 50 g sülfürik asit karıştırılmıştır. %40 dizel ile elde edilen biyodizel yakıtı %60 oranında karıştırılarak BE60 yakıtını oluşturdu. Oluşan bu yakıt türünün özelliklerini geliştirmek amacıyla metal bileşikler sentezlendi. 110 °C de metal bileşikler kurutulduktan sonra 225 °C’de 1000 ml cam reaktör içerisinde elde edilerek 4, 8 ve 12 mikromol oranlarında test yakıtına ilave edildi. Kullanılan biyodizel yakıtı dizel yakıtı ile kıyaslandığında egzoz emisyon değerlerinde iyileşmelerin olduğu söylenebilir. CO ve duman emisyonlarında sırasıyla %56 ve %30 lara varan bir azalma kaydedilmiştir. Diğer taraftan NO_x ve CO₂ değerlerin ise biyodizel yakıtlara kıyasla düşüşler ölçülmüştür. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında yüksek özgül yakıt tüketimi olduğu söylenir. Biyodizel yakıtının kalorifik değerinin düşük olması muhtemel bir neden olarak gösterilmiştir [66].

Rusya fedarasyonunda, metal bileşiklerin düşük emisyon değerleri üzerine etkisini arttırmak amacıyla antismoke yani duman öneyici katkı maddelerinin seçimi yeni bir görüş olarak önerilmiştir. Dizel yakıtı veya sıvı kazan yakıtlarına belirle değerlerde metalokompleksler veya organik tuzlardan metaller ilave edilmiştir. Bu katkı maddelerinin duman ve PAH emisyonları üzerinde önemli oranlarda etkili olduğu söylenebilir. Yakıt içerisindeki mevcut yakıt katkı maddeleri ile yanma sonucunda oluşan duman miktarında %45–50 oranlarında azalmalar sağlanmıştır. Demir, manganez, seryum ile di-tert-butyl peroksit ve allyl tert butyl peroksit yanma periyodu boyunca yanma katalizörü görevinde olup kimyasal etkileşim halindedir [68].

Dizel yakıtının setan sayısını artırma yöntemleri iki farklı yöntemle gerçekleştirilebilir. Bunlar, yakıtın aromatik içeriğini azaltma yada setan arttırıcı katkı maddeleri kullanma yöntemleridir. Genellikle kullanılan yöntem aromatik azaltma yöntemine alternatif olarak, düşük maliyetli setan geliştirici katkı maddelerinin kullanılmasıdır. Dizel yakıtları için setan arttırıcı olarak peroksitler değerlendirilmiştir. Etil-heksil nitrat (EHN) ile di- tersiyer - bütül peroksit (DTBP) performansı arasında kıyaslama yapılmıştır. EHN günümüzde setan arttırıcı olarak petrol pazarında kullanılmaktadır. DTBP’nin yüksek maliyeti EHN

kadar yaygın bir hale gelmesine engel oldu. Gelişen teknoloji yardımıyla DTBP'nin maliyetinde önemli ölçüde azalma yapılacaktır. Nitrojen içermeyen bu bileşik NOx emisyonunu azaltacağı söylenebilir [69].

Biyodizel yakıtının özelliklerini geliştirmek amacıyla tıpkı dizel yakıtında olduğu gibi belirli oranlarda katkı maddelerinin kullanılması yakıt özellikleri geliştirmiştir. Bu amaçla hayvansal yağlardan elde edilen trimetil esterin kullanma şartlarını geliştirmek amacıyla nikel ve magnezyum katkıları motorlarda denenmiştir. Biyodizel yakıtını geliştirmek amacıyla sentezlenen NiO ve MgO ile tall yağı resinik asitlerden abiyetik asitler reaksiyona sokularak organik yapıdaki metal bileşikler oluşturuldu. Deney yakıtı için 12 mikromol değerinde kullanılan iki katkı maddesi ve % 20 biyodizel içeren dizel yakıtı karışımları için kullanılmıştır. 1800 ve 3000 d/dak devir aralıklarında yapılan deneylerde magnezyum katkılı hayvansal yağlı yakıt karışımı ile standart dizel yakıtının motor performans değerlerinde önemli bir farklılık bulunmamaktadır [70].

Mangan esaslı katkı maddelerinin hidrokarbonlarda dallanmayı meydana getiren reaksiyonları önlediği ve dallanmış yapıdaki karbon bağlarını kırarak düz hale getirdiği belirtilmektedir. Daha hafif yapıda hidrokarbonlar meydana getirdiğinden dip tortusunu önleyerek deponun içinde yakıtın homojen dağılmasını sağlar. Ayrıca, vanadyum korozyonu adı verilen yüksek sıcaklık korozyonu oluşumu önüne geçilmiştir [71].

Duman oluşumunu azaltıcı motor katkı maddeleri olarak organometalik bileşikler kullanılmaktadır. Eksik yanma sonucu oluşan siyah dumanı azaltabilmek amacıyla kullanılırlar. 1960'lerden önce belirli baryum organometalikleri duman oluşumunu engellemek için kullanılıyorlardı, fakat baryum sağlık açısından tehlikeli olduğu anlaşıncı yasaklandı. Duman önleyiciler olarak demir, seryum gibi maddeler kullanılmaktadır. Köpük engelleyici bileşikler olarak Organosilicone bileşikler diye adlandırılan maddeler genellikle 10 ppm veya daha düşük konsantrasyonlarda araçlarda kullanılırlar [72].

Spindle oil, Açık renkli düşük vizkoziteli organik yapıda bulunan bir yağ cinsidir. Üstün oksidasyon kararlılığı sürdüren bu yağ yağlanan parçaların korozyonunu önlemek için genellikle kullanılır. Yüksek sıcaklıklara maruz kalan tekstil tezgahlarında etkili yağlama yağı görevi yapar. Düşük aşınma, oksidasyon kararlılığı, pas ve korozyona karşı

koruma, düşük viskoziteye sahip olması en önemli özellikleridir. Alevlenme noktası 180 °C olan bu yağın vizkozite indeksi 94 olarak Tüpraş Rafinerileri tarafından belirlenmiştir [78,79].

Spindle oil aynı zamanda katık olarak da kullanılmaktadır. Temizleme, koruma, bakım ve yakıt ekonomisi sağlayan bu katıklarda, performansı negatif etkilemeyecek çözücüler kullanılır [80]

Dizel yakıt katığı formülü;

Light neutral : % 40 - 80

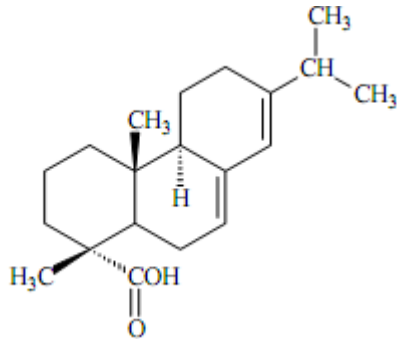
Spindle oil : % 40 - 80

Solventler (White Spirit, soğuk işlem yağı) : % 5 - 40

Katkı maddeleri : % 1 - 20

1.12.Tall Yağı ve Asitler

Temel olarak asidik bileşiklerin karışımıdır. Kağıt üretimi, lastik üretimi gibi çoğu endüstride reçine olarak kullanılır. Tall yağı distilasyonu resin asitler elde edilir. Tall yağı içerisinde %40 oranında bulunan resin asitler kozalaklı ağaçlar, meşe ve çam terpenlerinin polimerizasyonu ve oksidasyonundan elde edilmiş organik asitlerin karışımıdır. Temel olarak reçine asitleri abietic asitlerdir [88].



Şekil 1.16. Abietic asitin molekül yapısı

1.13. Motor Yağları

Madeni yağlar motor gibi mekanik ekipmanlarda yağlama görevini yerine getiren petrol ürünleridir. Ham petrolden elde edilen yağlara madeni yağ veya makine yağı denir. Madeni yağlardan istenilen özellikler, madeni yağ içine karıştırılan katkı maddeleriyle elde edilir. Genel olarak, iki katı cismi birbirinden ayırmak ve sürtünme gücünü en aza indirerek kolay hareket etmesini sağlamak için kullanılan maddelerdir. Bir parçanın yüzeyi ne kadar hassas işlenirse işlensin, işlenen yüzeye bir büyüteç ile bakıldığında girinti ve çıkıntılar (pürüzler) görülür. Birbirine temas ederek hareket eden parçaların yüzeylerinde bulunan pürüzler, hareketi zorlaştırır. Harekete karşı zorlanma olayına sürtünme denir. Sürtünme sonucu parçalar hem ısınır ve hem de aşınır. Parçaların ısınması genişlemesine ve mekanik dayanımının azalmasına sebep olur. Birbirine temas ederek çalışan parçalar, yağlandıkları zaman sürtünen yüzeyler arasında yağ filmi meydana gelir. Yağ, parça yüzeyinde bulunan pürüzlerin arasına dolarak sürtünmeyi en aza indirir. Sürtünme en aza inince de aşınma ve ısınma da en aza iner. Motor yağının bozulmasının iki temel nedeni vardır. Bunlar yağın fiziksel ve kimyasal değişimleşiridir [73].

a) Yağın Kimyasal Olarak Bozulması: Motor yağ sıcaklığı, motor çalıştığında yükselir. Yağın içindeki mineraller, yüksek sıcaklıklarda hava içindeki oksijenle birleşerek oksitlenir. Ayrıca iş zamanında yanma sonucu oluşan diğer kimyasal maddeler, yağla birleşerek organik asitler meydana getirir. Oksitlenme ve asit etkisiyle motor yağı özelliğini kaybederek parçaların üzerinde aşınma, oksitlenme ve sakızlaşma (reçine) meydana getirir.

b) Yağın Fiziksel Olarak Bozulması: Emme zamanında silindire giren havanın içindeki tozlar, yanma sonu meydana gelen kurumlar ve diğer maddeler, parçaların aşınmasından doğan talaşlar, kartere kaçan gazların içindeki benzin veya dizel yakıtı yağın kirlenmesine ve özelliğinin bozulmasına sebep olur. Gerçi yağ filtresi, yağın içindeki parçacıkların bir kısmını temizlese bile zaman içinde yeterli olamaz. İşte, yukarıda ana hatlarıyla açıklanan sebeplerden dolayı motor yağı bozulur.

1.14. Yağ Bazları

1.14.1. Mineral Yağlar

Mineral yağlar yıllardır kullanılmakta olan klasik yağlardır. Yeraltındaki bildiğimiz petrolün distile edilmesinden sonra deterjan, viskozite geliştirici ve aşınma önleyici birtakım katkıları eklenmek suretiyle üretilirler. Fiyatları genelde ucuzdur ve ortalama bir performans sunarlar.

1.14.2. Sentetik Yağlar

Sentetik yağlar laboratuvarlarda çeşitli kimyasal işlemler sonucunda kimyagerler tarafından üretilen yağlardır. Fiyatları mineral yağlara oranla daha pahalıdır ancak hem daha iyi performans, hem daha uzun süreli kullanım sunarlar. Termal dayanıklılıkları fazladır. Yağlama görevlerini daha uzun süreler yerine getirirler ve çok daha fazla ısıya dayanabilirler.

1.14.3. Yarı Sentetik Yağlar

Yarı sentetik yağlar bu ikisinin karışımıdır ve hem fiyatları, hem de sundukları performans bu iki yağın arasındadır. Genellikle %70–80 mineral yağa %20–30 sentetik yağ karıştırılmak suretiyle elde edilirler.

Viskozite basit şekliyle bir yağın kalınlığının ölçüsüdür. Belirli bir sıcaklıkta yağın ne kadar akıcı olduğunu göstermek için de Viskozite Endeksi kullanılır. Genellikle bir yağ kalınsa viskozitesi yüksek, ince ise viskozitesi düşüktür. Viskozite endeksi bize bir yağın ısıya maruz kaldığında ne kadar inceleşeceğini gösterir. Rakam ne kadar yüksekse, ısıya maruz kaldığında yağ o kadar az incelir. Rakam düşükse yağın viskozitesi düşük, yüksekse viskozitesi yüksektir. Viskozite indeksi aynı zamanda bir yağın belirli koşullar altında nasıl davranacağını da gösterir. Çok yüksek viskoziteli bir yağ (Ör: 50) özellikle düşük sıcaklıklarda motorun belirli kısımlarına ulaşamayabilir, hatta yüksek devirlerde silindir ile motor arasındaki film kopabilir. Çok düşük viskoziteli bir yağ ise (Ör:0) özellikle aşırı yüksek sıcaklıklarda çok fazla incelerken koruma özelliğini yitirebilir [73].

Viskozite indeksi, sıcaklık değişiminin yağ viskozitesi üzerindeki etkisini gösteren bir değerdir. Düşük viskozite indeksi sıcaklığın viskozite üzerinde yüksek bir değişim yaptığına, yüksek bir viskozite indeksi ise viskozitenin sıcaklık miktarıyla değiştiğine işaret eder.

Yağlama yağlarında kül tayini, bakiye karbon testinden sonra geri kalan karbon üzerinden yapılır. Yüzde olarak alınan neticede az olması istenilen bir durumdur. Yüksek verimli ve hızlı motorlarda kullanılan yağlar katıktır ve kül miktarları yüzde olarak değişir. Kül düşüşü bazen yağlara takviyeli ürünlerin katılması sonucu olabilir, fakat bu arada su birikmesi yağın bozulması da aynı neticeyi verebilir.

Bilindiği gibi yağlar ısınca incelir, soğuyunca kalınlaşır. Bazı yağların sıcaklıklarının biraz yükselmesi veya azalması ile aniden inceldikleri ya da kalınlaştıkları halde bazıları ısı değişimleri ile viskozitelerini pek çabuk değiştiremezler. Bir yağın sıcaklık etkisi ile incelme ya da kalınlaşma kabiliyetlerini viskozite indeksi ile tarif edilir. Dizel motorlarında metanolün neden olduğu aşınmayı belirlemek için laboratuvarlarda motor parçaları inceleme altına alınmıştır. Yapılan motor testlerinde dizel ile kıyaslandığında metal aşınmalarının metanol kullanılan yakıtlarda daha fazla olduğu görülmüştür. Oluşan bu yüksek aşınma metanolün yağlama yağına karışarak özelliğini bozmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yüksek miktarlarda oluşan bu karışma yağlama yağının özelliklerini daha fazla etkilemektedir. Motor testlerinden oluşan metal birikintiler aşınma hakkında bizlere iyi bir bilgi vermektedir [74].

Bir başka çalışmada ise metanol dizel karışımları ile katkısız dizel yakıtı uygulanan motorlarda segman aşınmaları incelenmiştir. Testler tam yüklerde düşük ceket sıcaklıklarında yapılmıştır. Segman yapısındaki aşınma, ısıtma bujisi ile desteklenmiş püskürtme ile ateşlemeli bir motorda saf metanol dizel yakıtından daha düşük bulunmuştur. Çift yakıtlı dizel metanol yakıtı, saf metanol ve saf dizel yakıtları ile kıyaslandığında maksimum piston aşınmaları meydana gelmiştir. Bu durumun oluşmasına neden olarak da yüksek yanma basıncı gösterilmiştir [75].

Dayanıklılık testlerinin yapıldığı bir başka deneysel çalışmada %85 oranında kullanılan etanol yakıtı ile motor performansında azalma ve yağ tüketiminde artma tespit edilmiştir. Silindir içerisine püskürtülen yakıtın bir kısmının silindir yüzeylerinde yerini alması silindir yüzeylerinde aşınmaları beraberinde getirir. Gelişen kaplama yöntemleri yardımıyla oluşan bu aşınmaların azaltılması mümkündür. CVD (Chemical vapor deposited), DLC (diamond-like-carbon) kaplamalar motor parçalarını aşınmalardan korumak için uygulanan yöntemlerdir [76].

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Deneylerde Kullanılan Yakıtlar ve Katkı Maddeleri

Deneyler 4 aşamada oluşturulmuştur. Bunlar; deneylerde katkı maddesi olarak kullanılacak organometal bileşik olan MnO_2 sentezi, motor performans ve emisyon deneyleri, yakıt analizleri, kullanılan yakıt türlerinin motor yağı ve parçaları üzerindeki etkisini göstermek amacıyla segman yapısının incelendiği SEM analizi ve çalışma yağının testleridir. Deneysel çalışmaların tamamında aynı cins motorin kullanılmıştır ve kullanılan dizel yakıtı Elazığ'daki ticari petrol istasyonundan satışı yapılan bir ticari yakıt türüdür. Dizel motorlarında iyi bir yanma, yakıtın özellikleriyle yakından ilgilidir. Bu özellikler yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleridir. Yakıtın bu özelliklerini iyileştirmek amacıyla deneylerimizde kullandığımız motorin içerisine ilave edilecek olan katkı maddelerinin ilkinin organometal Mn oluşturmuştur. İnorganik yapıda bulunan Mn doğada, pirolusit adı verilen ve siyah renkte bulunan MnO_2 minareli ile en önemli yapısını teşkil eder. MnO_2 oksidi bazik olup zayıf asitlerde mangan tuzlarını verecek şekilde çözünür [79].

Motorin özelliklerini geliştirmek amacıyla deneylerde motorin içerisine farklı konsantrasyonlarda katkı maddeleri ilave edilmiştir. Bu amaçla ilk olarak MnO_2 'in reaktif olarak kullanıldığı organometal bileşik sentezlendi. Sentezlenen bu bileşik farklı miktarlarda motorin içerisine ilave edilerek en iyi fiziksel özellikleri veren miktarı tespit edilmiştir. Bu çalışmada katkı maddeli dizel yakıtı ile birlikte dizel motorlarında yakıt olarak kullanılan metanolun da katkı maddeleri yardımıyla geliştirilmesi amaçlanmıştır. Orgaometal MnO_2 sentezi için kullanılan yapılar spindle oil ve reçine asitleridir.

2.2 Organometal Bileşik Sentezi

Kimyasal deneyler Fırat Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünde yapılmıştır. Bu çalışmada motorin içerisine organometalik Mn bileşiği katılarak motorinin özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak MnO_2 nın reaktif olarak kullanıldığı bileşik elde edilmiştir. Organometal bileşik sentezi için 1000 ml'lik bir reaktör

kullanılmıştır. Reaktör içerisine organik yapıdaki spindle oil, abiyetik asit tuzu oluşumu için MnO_2 resinik asitlerden abiyetik asitler ile reaksiyona girmiştir. Toplam 2 saat boyunca 180°C 'de reaksiyon şartları oluşturulmuştur.

Tablo 2.9. Organometal sentezinde kullanılan yapılar ve miktarları

Spindle oil	250 g
MnO₂	45 g
Reçine asidi	100 g
Toplam	395 g



Şekil 2.17. Organometal bileşik sentezinde kullanılan reaktör.

Organometalik bileşik MnO_2 sentezinde kullanılan düzenek şekildeki gibidir. Geri soğutucu karıştırıcı termometre sistemin elemanlarıdır. Elde edilen organometal bileşik kütlece % 11.3 MnO_2 içermektedir. Tortu kısımlarının çözülmesi amacıyla %2 etanol ilave edilmiştir.



Şekil 2.18. Sırasıyla ilk sıradan 60 ppm MnO_2+D , 80 ppm MnO_2+D ve 40 ppm MnO_2+D yakıtları

Hazırlanan organometal MnO_2 bileşiği motorin içerisine 20, 40, 60 ve 80 ppm miktarlarında ilave edilmiştir. Motor deneylerine başlamadan 8 saat önce sözü edilen katkı maddeli yakıt karışımları hazırlanıp bekletilmiştir. Ppm cinsinden hazırlanan numuneler seyreltme işlemi yapılarak hazırlanmıştır. 1 litre yakıt içerisine ilave edilen 1000 mg katkı maddesi içersisinden istenilen miktarlar alınıp üstü 1 litre olacak miktarda tamamlanmıştır. Deney numunelerinin ölçümünde kullanılan resimde ki terazi mg mertebesinde ölçümler yapabilmektedir.



Şekil 2.19. Ölçümler için kullanılan Hassas terazi

2.3. Metanol –Dizel Karışımları

Deneylerde Sigma Aldrich marka %99 saflıkta metil alkol ve dodekanol kullanılmıştır. 1 litre Motorin içerisine %5 %10 ve %15 oranlarında metanol ilave edilerek test yakıtları oluşturulmuştur. Hazırlanan test yakıtında metanolün faz ayrışmasını önlemek amacıyla farklı yöntemler kullanıldığı bilinmektedir. Yakıt–alkol karışımları için depo

içerisine bırakılan elektikli fan, düşük oranlarda ilave edilen isopropanol ve bir başka yöntem ise dodekanoldür. Bu yöntemlerde biri olan metanole oranla yapısında daha fazla C bulunduran lauril alkol'ün (dodekanol) ilave edilmesidir. Yapısal formülü $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_2\text{OH}$ olup erime noktası 26 °C, kaynama noktası 259 °C ve yoğunluğu 0,8309 olan alkol türüdür. Her bir metanol motorin karışımı için %1 oranında ilave edilen dodekanol sayesinde faz ayrışımının önüne geçilmiştir.

Tablo 2.10. Test yakıtların tanımlanması

Yakıtın Kısaltılması	Yakıt İçeriği
D	%100 Dizel yakıtı
%5M +D	% 5 Metanol + 1 litre Dizel yakıtı
%10M+D	% 10 Metanol + 1 litre Dizel yakıtı
%15M+D	% 15 Metanol + 1 litre Dizel yakıtı



a.)



b.)



c.)

Şekil 2.20. a, b ve c sırasıyla %5, %10 ve %15 oranlarında dodekanol-metanol/yakıt karışımları

Tablo 2.11. Test yakıtların tanımlanması

Yakıtın Adlandırılması	
D+20Mn	1 litre dizel yakıtı içinde 20ppm Organometalik mangan katkılı yakıt.
D+40Mn	1 litre dizel yakıtı içinde 40ppm Organometalik mangan katkılı yakıt
D+60Mn	1 litre dizel yakıtı içinde 60ppm Organometalik mangan katkılı yakıt
D+80Mn	1 litre dizel yakıtı içinde 80ppm Organometalik mangan katkılı yakıt.

2.4. Deneylere İlişkin Özellikler

2.4.1. Yakıt Analiz Cihazları ve Teknik Özellikleri

Yakıt analiz cihazları Çukurova Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği bölümü yakıt analiz laboratuvarlarında yapılmıştır. Yapılan analizlerde çeşitli yakıt türleri için parlama noktasını, viskozite tayinini, setan sayısını ve donma noktası belirlenmiştir.

2.4.2. Parlama Noktası Tayini

Pensky-Martens kapalı kap metoduna uygun olarak ölçüm yapabilen APM-7 modelinde bir cihazdır. ISO 2719, ASTM D93, IP 34 ölçüm standartlarına uygun çalışır. Ölçüm genişliği ortam sıcaklığı ile 370 °C arasındadır. ASTM D93 (ISO 2719, IP 34) A+B, Special (Fast Search), Simulated TAG modes standartlarına göre ölçümler yapılmıştır.



Şekil 2.21. Parlama noktası ölçüm cihazı

2.4.3. Viskozite Tayini

ASTM D88 standartlarına uygun Ubbelohde ölçüm tüpünden üretilen cihazda ,Saybolt Universal viskozite ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler saniye olarak kaydedildi. TS EN 14214 standartlarına göre 40 °C’de ölçümler yapıldı.



Şekil 2.22. Viskozite tayini ölçüm cihazı

2.4.4. Setan Sayısı Tayini

Zeltex ZX440 tip cihaz tarafından setan numarası ve setan indeksi ölçüldü. Yakın kızılötesi spektrometre prensibi altında çalışır. Daha çok kalite kontrolü amacıyla kullanılan bir cihazdır. ASTM standartlarına uygun numunelerle kalibre edilmiştir. Yapılan çalışmada ölçümler 3 kez alınarak ortalama değerleri tespit edilmiştir. %3 hataya sahip bu cihaz yardımıyla setan numarası ölçümleri hızlı ve daha ucuz ölçümlerle yapılmaktadır.



Şekil 2.23. Setan sayısı tayini ölçüm cihazı

2.4.5. Donma Noktası Tayini

Donma ve parlama noktalarını otomatik belirleyen Tanaka MPC-102 cihazı ölçümlerde kullanılmıştır. Test aralıkları 1,2,5 yada 3 °C'dir. -35°C ile -65°C aralığında soğutma suyu, 20 °C ile +51°C aralığındaki musluk suyu sıcaklığına sahip cihaz, +51 °C ile -40 °C arasında ölçüm yapabilmektedir. ASTM D6749/D97, ISO 3016 (PP), ASTM D2500, ISO 3015 (CP) standartlarına göre ölçümler yapar.



Şekil 2.24. Donma noktası tayini ölçüm cihazı

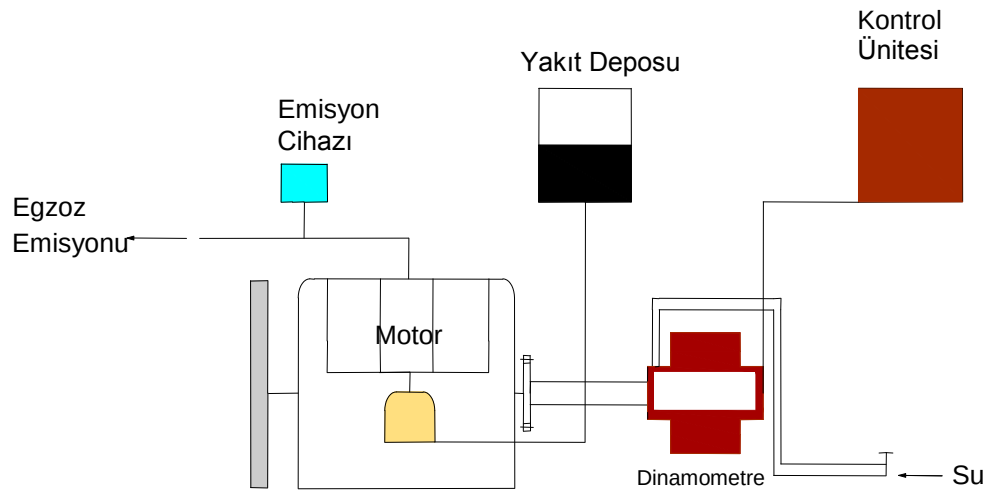
2.4.6. Deney Motoru ve Deney Seti

Deney seti 4 silindirli dizel motoru (Mitsubishi Canter), hidrolik dinamometre, test paneli(bilgisayar ekranı) ve egzoz emisyon ünitesinden oluşmaktadır.

Deneyler Mitsubishi Canter model 4 silindirli dizel motorunda gerçekleştirilmiştir. 1500 devirde 320 Nm maksimum torka sahip bu motor için teknik özellikler Tablo 2.12’de verilmiştir.



Şekil 2.25. Deney motoru.



Şekil 2.26. Deney düzeneğinin şematik yapısı

Tablo 2.12. Deneylerde kullanılan motorun özellikleri

4 Silindirli Dizel Motor	
Silindir sayısı	4
Enjeksiyon Tipi	Direkt
Strok (mm)	105
Soğutma sıvısı	Su Soğutmalı
Maximum Tork (1500-1600 d/dak) (Nm)	320
Maximum Motor Gücü (1800 d/dak) (kW)	80
Max. Hız (d/dk)	3000

Dinamometre, sıvının atalet ve viskozitesi kullanılarak tork ölçme işlemini sağlayan cihazdır. Disk içerisinde her iki tarafta paletler bulunur. Su verildiğinde dönen yüzgeçler (motor miline bağlı) tarafından sabit yüzgeçlere kuvvet uygulanır. Büyüklük, kuvvetin etkisini göstermek için ayarlanmıştır ve uygulanan kuvvet disk dışında bir noktada ölçülmüştür. Bu sistemde, bilgisayarlı test düzeneği tarafından tork değerleri okunmuştur.

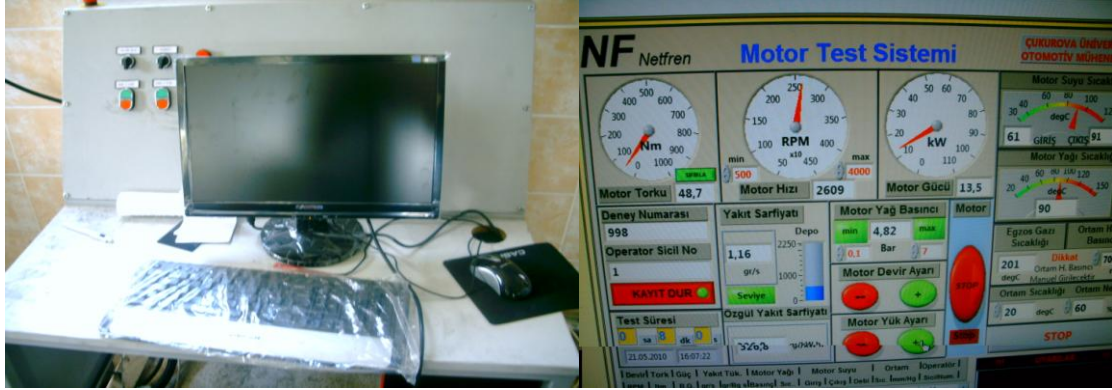


Şekil 2.27. Dinamometre ve Motor bağlantısı.

Tablo 2.13. Dinamometrenin teknik özellikleri

Tork Aralığı	0–1700 Nm $\pm$ 1
Hız Aralığı	0- 7500 rpm
Ağırlığı	45 kgf
Toplam Ağırlığı	110 kgf
Gövde Çapı	350 mm
Tork Kol Uzunluğu	350 mm

Hızı belirlemek için manyetik pickup adı verilen MPU sensörü kullanılmıştır. S tipi yükleme ünitesi 1/3000 duyarlılığa sahip olup IP66 paslanmaz çelikten üretilmiştir. Dinamometre kontrol ünitesi özgül yakıt tüketimi, yakıt tüketimi, motor hızı, tork değerlerini ölçen bilgilerin tamamını bilgisayar ekranına aktarmaktadır.



Şekil 2.28. Bilgisayar ünitesi (a) ve Bilgisayar programı (b)

Daha önceden belirtildiği gibi deneyler 4 silindirli dizel bir motorda yapılmıştır. Deneylerde A Testo 354 model egzoz emisyon test cihazı kullanılmıştır. Egzoz sistemine bağlanan cihaz ölçümler yapılmadan önce 30 dk kalibrasyon süresine bırakılmıştır. Motordan alınan veriler bilgisayar ünitesine bağlı cihaz tarafından alınarak dijital kaydedilmiştir.



Şekil 2.29. Egzoz emisyon cihazı

3.BULGULAR

3.1.Deneylerin Yapılışı

Motor deneyleri ve yakıt analizleri Çukurova Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği laboratuvarlarında yapılmıştır. Deneylerde ortam sıcaklığı ortalama 20  C ve atmosferik basınç 750 mm Hg olarak ölçülmüştür. Deneylerde kullanılan motorun standart püskürtme basıncı 200 bar'dır. Yakıt katkı maddeleri hazırlandıktan sonra yapılan deneylerde, ilk olarak motor 15 dakika boşta yüksüz çalıştırılarak motorun çalışma sıcaklığına gelmesi amaçlanmıştır. Bu süre sonunda sistem gözden geçirilerek herhangi bir arızanın olmadığı tespit edilmiştir. Düşük devirde motor çalıştırıldıktan sonra ölçümler belirli devir aralıklarda alınmıştır. Motorun püskürtme basıncı ve avansında yakıt farklılıklarına göre herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Bu sayede modifikasyon gerçekleşmeden yakıt katkı maddelerinin kullanılması durumunda oluşabilecek sonuçlara yaklaşılması amaçlanmıştır. Ölçümler yapılırken motordan alınan değerler bilgisayar tarafından toplanmış ve kaydedilmiştir. Standart dizel yakıtı ile yapılan ilk denemelerin ardından metanol +dodekanol+dizel yakıtlı testlere geçilmiştir. %1 dodekanol her bir deney yakıtına ayrı ayrı ilave edilerek %5, %10 ve %15 oranlarındaki metanol+ dizel yakıtı deneyleri tamamlanmıştır. Metanole oranla moleküler düzeyde daha ağır alkol olan dodekanol ilave edilerek karışımın stabilizesinin sağlaması amaçlanmıştır.

İkinci olarak yapılan yakıt deneylerinde en iyi donma noktası düşüşünü veren 40 ppm'lik organometal MnO₂ katkısı ile setan sayısının en yüksek ölçüldüğü 80 ppm'lik katkı maddesi 1 litre yakıt içerisine ilave edilerek deneyler yapılmıştır. Elde edilen veriler karşılaştırıldığında %10 metanol + dizel yakıtına, en iyi sonuçları veren organometal MnO₂ katkı maddesi ilave edilerek bu karışımın geliştirilmesi amaçlanmıştır. Oluşturulan bu yakıt türü, motor performansını belirlemek amacıyla tam yükte değişik devirlerde emisyon değerleri tespit edilmiştir.

Motorun alışma aralıklarında egzoz değerleri ve sıcaklığı, motor yağı sıcaklığı, su giriş ve çıkış sıcaklığı, yağ basıncı motor devri motor torku, yakıt tüketimi, gücü ve özgül yakıt tüketimi değerleri okundu ve kaydedildi. Bu parametreler geliştirilen program yardımıyla alınmıştır. Verilerin elde edilişi, Çukurova Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği

bölümü tarafından hazırlanan bilgisayar program sayesinde gerçekleştirilmiştir. Tüm deney yakıtları için tam yükte 200 bar enjektör basıncında maksimum 2250 d/d kadar motor devri çıkarılmıştır.

3.2 Yakıt Analizleri

3.2.1. Kullanılan Yakıt ve Yakıt Katkı Maddelerinin Özellikleri

Yakıt analizleri Çukurova Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Yakıt Analiz laboratuvarlarında yapılmıştır. Yapılan yakıt analizleri incelendiğinde metanolun yakıt içerisine ilave edilmesi yakıtın setan sayısını önemli ölçüde azaltmıştır. Yapılan deneylerde kullanılan yakıtın donma noktası ortalama -24°C olarak ölçülmüştür. Farklı miktarlarda ilave edilen katkı maddesiyle donma noktasında önemli düşüşlerin elde edildiği görülmüştür.

Tablo 3.14. Dizel –Metanol karışımlarında setan sayısı

Yakıt Cinsi	İndeks (ort)	Setan Sayısı (ort)
%10 Metanol + Dizel yakıtı	36.5	40
%10Metanol + 40Mn yakıtı	38	41,6

Yapılan analiz sonuçları incelendiğinde dizel yakıtına metanol ilave edilmesi sonucu yakıtın setan sayısı önemli ölçüde azalmıştır. Organometal MnO_2 katkı maddesinin ilave edilmesi ile dizel yakıtında olduğu gibi karışımın setan sayısında artma tespit edilmiştir.

Tablo 3.15. Mn'lı bileşiklerin yakıt analiz sonuçları

YAKIT CİNSİ	İndeks	Setan sayısı	Viskozite (SSU)	Parlama noktası (°C)	Donma noktası düşüşü (°C)
Dizel	Ölçüm 1: 46.2 Ölçüm 2: 46,5 Ölçüm 3: 46.2 Genel: 46.3	Ölçüm 1: 46,5 Ölçüm 2: 47 Ölçüm 3: 47,5 Genel: 47	36	73	0
D+20Mn	Ölçüm 1: 46.7 Ölçüm 2: 46 Ölçüm 3: 46 Genel: 46.2	Ölçüm 1: 46,5 Ölçüm 2: 47,4 Ölçüm 3: 48,6 Genel: 47,5	35	71.5	4,2
D+40Mn	Ölçüm 1: 46 Ölçüm 2: 47.1 Ölçüm 3: 47.1 Genel: 46	Ölçüm 1: 49 Ölçüm 2: 48,3 Ölçüm 3: 48,7 Genel: 48,6	34.1	70	7,5
D+60Mn	Ölçüm 1: 46.8 Ölçüm 2: 46.4 Ölçüm 3: 46.7 Genel: 46.3	Ölçüm 1: 48,8 Ölçüm 2: 48,6 Ölçüm 3: 48,5 Genel: 48,63	34.	69.8	8.2
D+80Mn	Ölçüm 1: 46.7 Ölçüm 2: 46 Ölçüm 3: 46 Genel: 46.2	Ölçüm 1: 48,9 Ölçüm 2: 48,7 Ölçüm 3: 49,6 Genel: 49	33	69.3	8,5

Çizelge incelendiğinde ilave edilen katkı maddesi artışı ile donma noktası üzerinde önemli düşüşler elde edilmiştir. İlave edilen katkı maddesi 40ppm değerinden sonra donma noktası üzerinde büyük oranlarda değeri değiştirmemektedir. En ideal donma noktası düşüşü 40 ppm de gözlenmiştir. Çünkü bir çözücünde uçucu olmayan bir maddenin çözünmesi onun buhar basıncını düşürür. Bu durum çözücünün zor buharlaşmasına neden olur. Çözelti içindeki tanecik sayısı toplamı artıka kaynama noktası yükselir, donma noktası ise düşer.

3.3. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

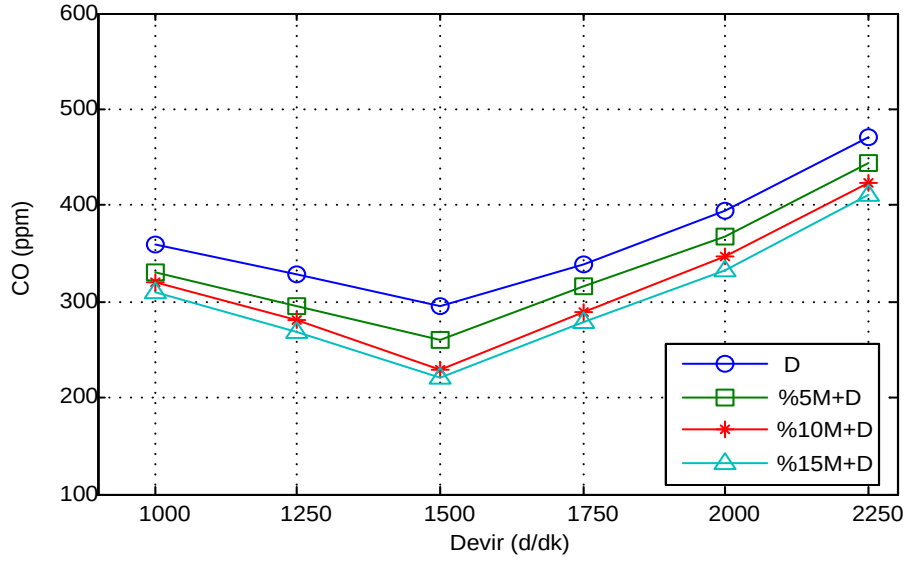
3.3.1. CO Emisyonları

CO (karbon monoksit) silindir içerisinde meydana gelen yanma kalitesini belirleyen özelliklerin başında gelmektedir. Genellikle C ve H ihtiva eden karbonların oksidasyonu ile bazı ara ürünler meydana gelir. Meydana gelen bu ürünlerin parçalanması sırasında oluşan emisyonlardan biri de CO gazıdır. Bu gazın oluşumu birkaç farklı nedene bağlanabilir. Bunlar; karışım oranının ve yakıtın özelliklerinin değişmesi ile motorda yapısal farklılıklar şeklinde açıklayabiliriz. Bunlarla birlikte dizel motorlarında yanma ürünleri arasında CO bulunmasının temel nedeni oksijen yetersizliğidir. Hava/yakıt oranının azalması, yakıt bünyesinde bulunan karbonun tümüyle CO₂ ye dönüşmeyerek CO olarak kalmasına neden olur. Hava/yakıt oranına bağlı olarak değişen CO gazı silindir içerisinde yeterli oksijen bulunmasıyla CO₂ gazına dönüşür. Hava/yakıt oranının düşük olduğu karışımlarda CO gazının CO₂ dönüşüm hızı azalmaktadır. Hava/yakıt oranının yüksek olduğu karışımlarda ise söz konusu dönüşüm hızlı olmakta ve CO gazının miktarı azalmaktadır [52].

Yapılan deneylerde bütün test yakıtları için orta devirlere kadar CO gazının artan devir ile azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum motor devrinin artışının yanma verimi üzerindeki olumlu etkisiyle izah edilebilir. Yapılan çeşitli çalışmalarda silindir içerisinde hava hareketliliğinin yaşanmasının homojen bir karışım oluşturduğu bunun da CO emisyonlarını azalttığı bildirilmiştir [81].

Şekil 3.30'a bakıldığında karışım içerisinde metanol oranının artması CO emisyonlarının azalmasına neden olduğu görülmüştür. Tablo 1.6'da görüldüğü gibi metanol yakıtının C/H oranı dizel yakıtından daha azdır. Bu özellik silindir içinde daha fazla havanın olması yani oksijen fazlalığı anlamına gelir böylece daha iyi bir yanma ve düşük CO emisyonu beklenir. Bununla birlikte dizel ve metanol yakıtının viskozite değerleri incelendiğinde metanol yakıtının viskozitesi 0.59 iken dizel yakıtında bu değer 2,8 mPa s'dir. Metanol yakıtının viskozitesinin düşük olması yanma için önemli avantajlar sağlar. Püskürtme anında yakıtın daha iyi atomize olması ile yanmanın olumlu yönde etkilendiği düşünülmektedir. Tüm devir sayıları için deney sonuçları incelendiğinde dizel yakıtına kıyasla %5M yakıtı için %7,6 oranında bir azalma gözlenirken, %10 ve %15M+D yakıtlarında ise bu değer sırasıyla % 12,6 ve %15,3 olarak kaydedilmiştir. En büyük

azalma %15M+D yakıtında tespit edilmiştir. Şekil 3.30’da Değişen oranlarda metanol ve devir sayısının CO Emisyonları üzerine etkisi görülmektedir.



Şekil 3.30. Değişen oranlarda metanol ve devir sayısının CO mmisyonları üzerine etkisi

Tablo 3.16. Değişen devir ve metanol miktarı ile oluşan CO miktarı

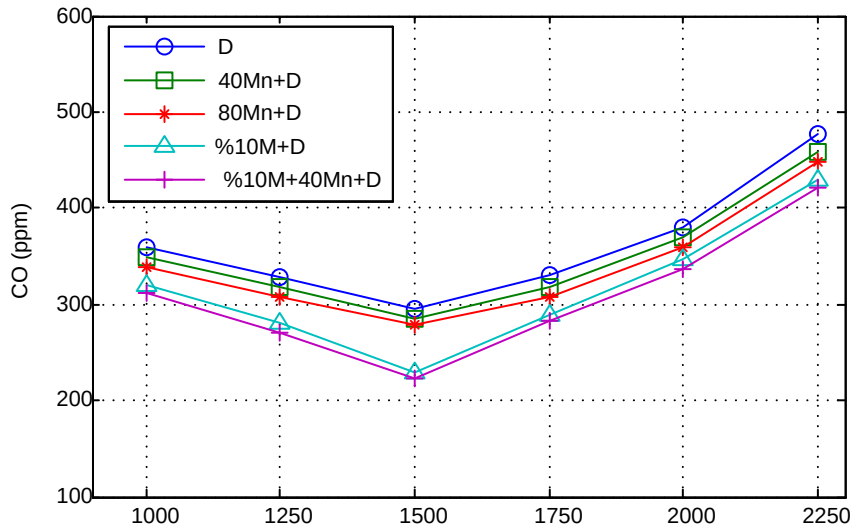
Devir	D (ppm)	%5 M+D (ppm)	%10M+D (ppm)	%15 M+D (ppm)
1000	360	330	320	309
1250	329	295	280	275
1500	295	260	230	220
1750	330	315	290	279
2000	380	361	346	333
2250	477	445	430	421

Çalışma şartlarında silindir içerisindeki yakıt enjeksiyonunun zengin olduğu bölgelerde metanolun yapısındaki oksijen, silindir içerisindeki oksijen/yakıt oranı artırarak yanmanın daha verimli geçmesine yardımcı olmaktadır.

Şekilde 3.30’da görüldüğü gibi maksimum momentin elde edildiği devire kadar CO oranı azalmaktadır. En düşük CO emisyonu 1500 d/dak ‘da elde edilmiştir. Bu devirde yanma için yeterli sürenin olması silindir içerisindeki yanma kalitesini arttırmaktadır. Silindir içerisinde emme zamanında alınan hava miktarı ile yanma süresindeki artış, yanmayı olumlu yönde etkileyerek CO değerini azalttığı düşünülmektedir. Şekil 3.30’da

görüldüğü gibi orta devirden sonraki devirlerde yanma için ayrılan sürenin kısılması ve silindir içerisine alınan havanın yetersizliği yanmayı kötüleştirerek CO değerini arttırmıştır.

Yakıtta organometal MnO_2 ve metanol ilave edilmesi ile elde edilen test yakıtları için CO emisyon değerleri Şekil 3.31’de görülmektedir.



Şekil 3.31. Değişen yakıt türleri ve devir sayısının CO emisyonları üzerine etkisi.

Tablo 3.17. Değişen devir ve metanol miktarı ile oluşan CO miktarı.

Devir	D (ppm)	40Mn+D (ppm)	80Mn+D (ppm)	%10M+D (ppm)	%10M+40Mn+D (ppm)
1000	360	348	339	320	312
1250	329	318	308	280	271
1500	295	285	279	230	222
1750	330	318	308	290	282
2000	380	369	360	346	336
2250	477	459	448	430	422

Şekil 3.31’de görüldüğü gibi bütün test yakıtları için CO emisyonun orta devirlerde yanmanın iyileşmesiyle azaldığı, yüksek devirlerde ise yanma için ayrılan sürenin kısılmasıyla kötüleştiği görülmektedir.

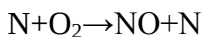
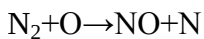
Yakıt içerisine Mn katkısının ilave edilmesi CO emisyonunu azaltmıştır. Katkı maddesinin katalitik kraking etkisiyle hidrokarbon moleküllerinin daha küçük moleküllere parçalandığı alevlenme noktasının düşmesi ile paraleldir. Dizel yakıtında 73 olarak ölçülen

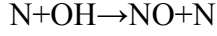
parlama noktası 40Mn+D yakıtında 70, 80Mn+D yakıtında ise 69.3 olarak tespit edilmiştir. Yakıtın daha küçük moleküllere parçalanması yanmayı kolaylaştırmıştır. Yakıt içerisine ilave edilen organometal MnO_2 yakıtın setan sayısını arttırmaktadır. Setan sayısının artması ile vuruntusuz ve daha iyi yanma meydana gelir. Yakıtın içerisine ilave edilen organometal MnO_2 yakıtın setan sayısını arttırdığı için tutuşma gecikmesinin azalmasına ve yanma verimini iyileştirerek CO değerinin azalmasına neden olduğu düşünülmektedir. Deney sonuçları incelendiğinde D yakıtına göre 40Mn+D yakıtında %3.4 oranında, 80Mn+D yakıtında ise %5.9 oranında bir azalma tespit edilmiştir. Şekil 3.31 için bütün test yakıtları incelendiğinde %10M+40Mn+D yakıtının CO değerindeki azalma en fazla olmuştur. Bunun nedenin yakıtın içerisindeki %10'luk metanol'ün yakıtın oksijen içeriğini arttırması ve 40Mn katkısının ise yakıtın setan sayısını geliştirmesi ile izah edilebilir. Çünkü daha önce ifade edildiği gibi metanol'ün içerisindeki oksijen miktarının fazlalığı yanmayı iyileştirme yönünde etki sağlamaktadır. Ayrıca %10M+40Mn+D yakıtındaki 40Mn'ın setan sayısını arttırdığı böylece CO emisyonunu azalttığı düşünülmektedir. Bu yakıt için CO değerleri incelendiğinde dizel yakıtına göre % 15 , %10M+D yakıtına göre %2.6'lık bir iyileşme tespit edilmiştir.

3.3.2. NO_x Emisyonları

NO_x oluşumunda ana neden yakıt hava oranı ve sıcaklıktır. NO_x, havanın içerisinde bulunan azotun yüksek sıcaklıklarda oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu oluşan zararlı bir gazdır. NO_x emisyonlarını azaltmak için silindir içi sıcaklığın azaltılması gerekir [50, 14]. Yanma sonucunda oluşan NO_x emisyonlarını belirleyen birden çok parametre vardır. Bunlar hava/yakıt oranı, karışımın oksijen içeriği, tutuşma gecikmesi, yanma odasının tasarımı, yanma bölgesinin soğuma hızı bunlardan bir kaçıdır. Yanma esnasında silindir içerisine yeterli havanın alınmaması CO gazının miktarını arttırsa da NO_x emisyonlarının azalmasına neden olur.

Yüksek yanma sıcaklıklarında yanma odasında N₂ ve O₂ gazlarının yanma reaksiyonuna katılmaları ve atomlarının birleşmesi meydana gelecektir. Zeldovich mekanizması yüksek sıcaklıklarda meydana gelen reaksiyonları şöyle tanımlar;



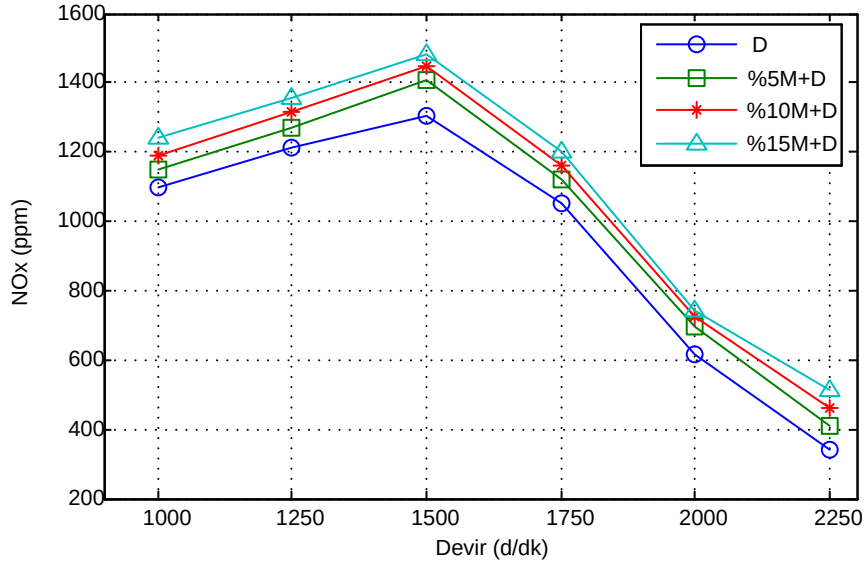


Mekanizma çoğu alkol karışımları içinde geçerlidir. İlk olarak yakıtın oksijen içeriği NO_x miktarını değiştirir. İkinci olarak gizli yanma ısısı nedeniyle yanma sıcaklığı düşebilir ve NO_x miktarı azalır. Üçüncü olarak düşük setan sayısıdır. Karışım içerisinde alkol oranının artması ekzoz gazlarının sıcaklıklarını artırır [82]

NO_x, 1600°C ve üzerindeki sıcaklıklarda oluşan zincirleme reaksiyonlardan meydana gelir. Nitrojen oksitler en zor kontrol edilen emisyon gazlarıdır. Dizel motor için emisyon içeriğinin oksijen bakımından zengin olması, oksijenin NO_x'ten katalitik bir reaksiyon yardımı ile indirgenme işlemini güçleştirir. Karışımın iyileşmesi NO_x oluşumunu hızlandırmaktadır [83].

Karışım içerisinde metanol oranının artması tutuşma gecikmesi süresinin uzamasına neden olur. Silindir içerisinde yanma sonucunda oluşan NO_x emisyonları ile ilgili iki farklı görüş yaygındır. Bunlardan ilki metanolün setan sayısının düşük olması sonucu silindir içerisinde tutuşma gecikmesinin uzamasına neden olmuştur. Bundan dolayı silindir içerisinde ani basınç oranı artarak maksimum sıcaklığın yüksek olur ve NO_x emisyonları da artar. Bir başka görüş ise dizel yakıtı ile kıyaslandığında gizli buharlaşma ısısının yüksek olmasından dolayı yanma esnasında alev sıcaklığını düşürmesi ve NO_x emisyonlarında düşüş olmasıdır [45,27].

Şekiller incelendiğinde karışım içerisindeki metanol oranının artması sonucu NO_x emisyonlarının arttığı görülmektedir. Metanolün yapısında bulunan oksijen fazlalığı ve metanolün yakıtın 47 olan setan sayısını ortalama 40 seviyelerine çekmesi tutuşma gecikmesinin artmasının temel nedenidir. Şekil 3.32'de değişen oranlarda metanol ve devir sayısının NO_x emisyonları üzerine etkisi görülmektedir.



Şekil 3.32. Değişen oranlarda metanol ve devir sayısının NOx emisyonları üzerine etkisi.

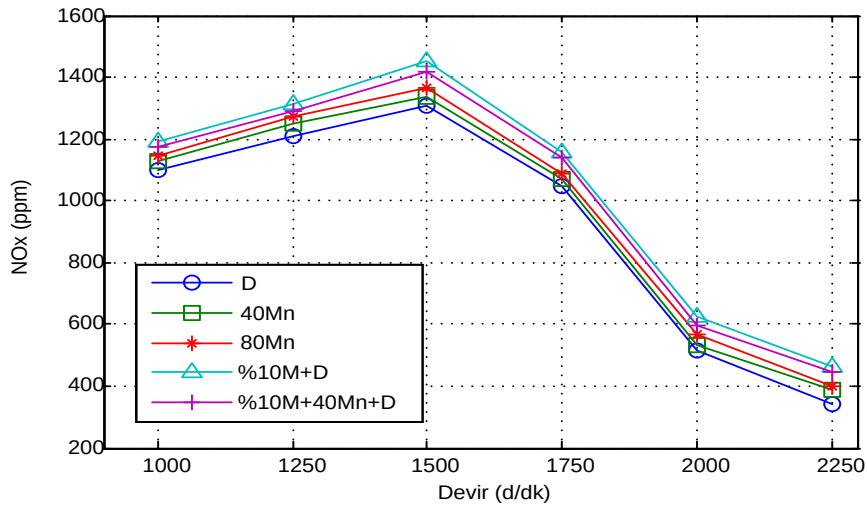
Düşük devirlerde yanma odası sıcaklığının düşük olması, bütün test yakıtları için NOx emisyonunun düşük çıkmasına neden olmuştur. Devrin artmasıyla birlikte bütün test yakıtları için NOx değerinde de artışlar gözlenmiştir. Test yakıtları incelendiğinde metanol içeren yakıtların C/H oranının düşük olması silindir içerisindeki sıcaklığın artmasına neden olmuştur. Maksimum devrin elde edildiği 1500 d/dak devrinde NOx miktarı en yüksek seviye ulaşmıştır. Bu devirden sonra devrin artmasıyla birlikte yanma için yeterli sürenin azalmasına bağlı olarak da NOx değerlerinin azaldığı görülmüştür

Tablo 3.18. Değişen devir ve metanol miktarı ile oluşan NOx miktarı.

Devir	D (ppm)	%5M+D (ppm)	%10M+D (ppm)	%15M+D (ppm)
1000	1100	1150	1190	1239
1250	1210	1270	1315	1355
1500	1305	1407	1450	1480
1750	1050	1121	1160	1200
2000	616	698	725	744
2250	340	410	463	512

Dizel yakıtı ile kıyaslandığında tüm devir sayıları için %5M+D yakıtında %7,7 oranında bir artma gözlenirken bu değer %10M+D için %12,1 ve %15M+D yakıtında ise

%16,1 olarak tespit edilmiştir. Yanma sonu sıcaklığı NO_x emisyonu için önemli bir parametredir. NO_x emisyonları incelendiğinde organometal katkı maddesi (MnO₂) NO_x emisyonlarını arttırmıştır. Yanma üzerinde katalizör etkisi yaptığı düşünülen katkı maddesi, maksimum sıcaklığın artmasına da neden olmuştur. Yakıtın viskozite ve parlama noktasındaki azalmanın yanmayı olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Burada metanol yatkına setan arttırıcı Mn ilave edilmesi %10M yakıtına kıyasla NO_x değerini azda olsa düşürmüştür. Tüm devirlerde elde edilen sonuçlar için dizel yakıt ile kıyaslandığında 40Mn yakıtı yaklaşık %3.5, 80Mn yakıt ise %5 oranında bir artış sağlamıştır. Burada esas olan %10M+D yakıtı için Mn'nin olumlu etkisidir. Metanol oranının artmasıyla orantılı bir şekilde artan NO_x değerini, ilave edilen 40Mn katkı maddesi %2 oranında azaltmıştır..



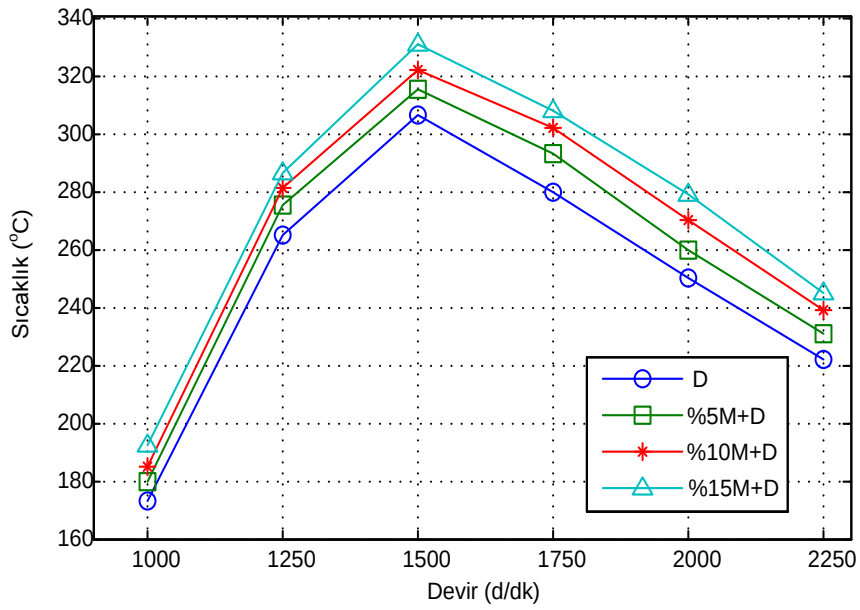
Şekil 3.33. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının egzoz sıcaklıkları üzerine etkisi

Tablo 3.19. Değişen devir ve yakıt türleri için oluşan NO_x miktarı

Devir	D (ppm)	40Mn+D (ppm)	80Mn+D (ppm)	%10M+D (ppm)	%10M+40Mn+D (ppm)
1000	1100	1126	1145	1190	1175
1250	1210	1250	1275	1315	1293
1500	1305	1338	1367	1450	1420
1750	1050	1070	1090	1160	1141
2000	616	635	666	725	698
2250	340	388	400	463	444

3.3.3 Egzoz Gazlarının Sıcaklığı

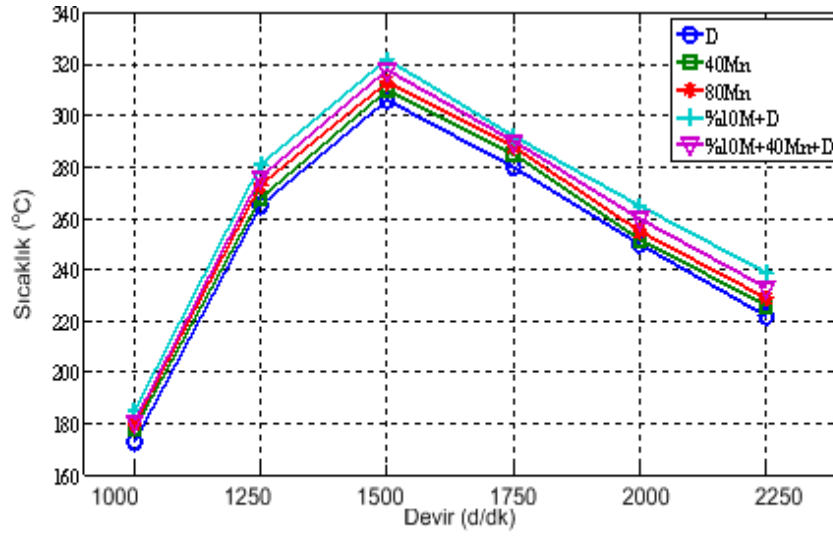
Silindir içerisinde hava miktarının artması yanmayı iyileştirir ve silindir içi sıcaklığın yükselmesine neden olur. Şekil 3.34’de değişen oranlarda metanol ve devir sayısının egzoz sıcaklıkları üzerindeki etkisi görülmektedir. Deney sonuçları incelendiğinde ilave edilen metanol miktarları egzoz gaz sıcaklıklarını arttırmaktadır. Sıcaklık artışındaki artma oranı dizel yakıtına kıyasla %5M+D yakıtında yaklaşık %4, %10M+D yakıtında % 6,8 ve %15M+D yakıtında %9,6 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.34. Değişen oranlarda metanol ve devir sayısının egzoz sıcaklıkları üzerindeki etkisi.

Tablo 3.20. Değişen devir ve metanol miktarı ile oluşan sıcaklık değerleri

Devir	D (°C)	%5M+D (°C)	%10M+D (°C)	%15M+D (°C)
1000	173	181	185	192
1250	265	275	281	286
1500	306	315	322	331
1750	280	293	302	308
2000	250	260	270	279
2250	222	231	239	245



Şekil 3.35. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının egzoz sıcaklıkları üzerindeki etkisi

Tablo 3.21. Değişen devir ve yakıt türleri ile oluşan sıcaklık değerleri

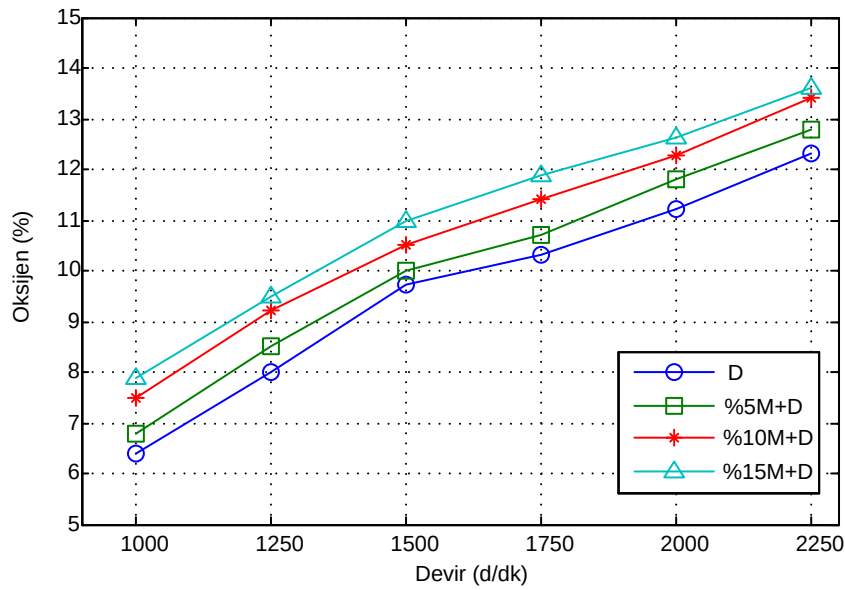
Devir	D (°C)	40Mn+D (°C)	80Mn+D (°C)	%10M+D (°C)	%10M+40Mn+D (°C)
1000	173	178	180	185	181
1250	265	268	273	281	276
1500	306	310	313	322	318
1750	280	285	288	292	290
2000	250	252	255	265	260
2250	222	226	229	239	233

Maksimum momentin elde edildiği devir aralıklarında yanmanın iyileşmesi sıcaklığında artmasına neden olmaktadır. Devir artışı ile birlikte yanma için ayrılan zamanın azalması yakıtın tam yanmamasına neden olur. Bu olay bazı egzoz emisyonlarını artırırken NO_x emisyonlarını azaltır. Sıcaklık düşüşü ile birlikte NO_x gazlarında da azalma olmuştur. Tüm devirlerde alınan veriler hesaplandığında Mn katkı maddeli yakıtlar için sıcaklık değerleri D yakıtı ile kıyaslandığında azsa olsa bir miktar artış göstermektedir. Yakıtın setan sayının artmasının, metanolün oluşturduğu tutuşma gecikmesi süresinin azalmasına ve yanma sonu sıcaklığının düşmesine neden olduğu düşünülmektedir

3.3.4. Oksijen Miktarı

Hava ve yakıtın içerisinde bulunan oksijen miktarı motorda yanma sonucunda oluşan emisyon ürünlerinden biridir. Dizel-metanol, dizel-organometal Mn ve deney yakıtlarının motorda kullanılması sonucu oluşan oksijen emisyonları değerleri şekilde görülmektedir. Düşük ve orta devirler için oksijen miktarının azalması yanma işlemi için yeterli oksijenin reaksiyona girmesinden kaynaklanmaktadır.

Metanolun kimyasal yapısında oksijen bulundurması oksijen miktarının dizel yakıtına göre yüksek çıkmasına neden olmuştur. Şekil 3.36'da değişen oranlarda metanol ve devir sayısının O_2 emisyonları üzerindeki etkisi görülmektedir.

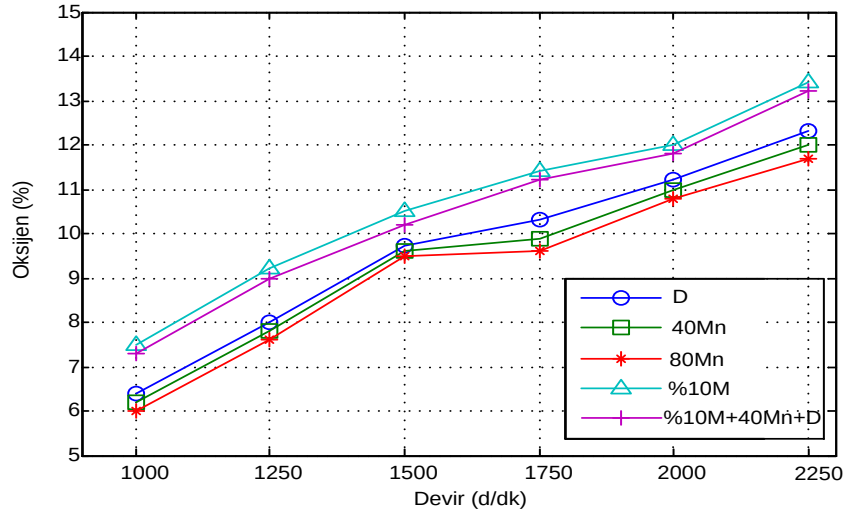


Şekil 3.36. Değişen oranlarda metanol ve devir sayısının O_2 emisyonları üzerindeki etkisi

Şekilde görüldüğü gibi artan devir sayısı ile birlikte oksijen miktarının yükseldiği görülmektedir. Yüksek devirlerde yanma için ayrılan sürenin azalması yeterli miktarda oksijenin reaksiyona girmemesine neden olur. Karışım içerisinde metanol oranının artışıyla birlikte emisyon değerleri içerisinde oksijen miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Metanolun yapısında bulunan oksijen fazlalığının bu artışta önemli olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3.22. Değişen devir - metanol miktarı ve O₂ emisyonu

Devir	D (%)	%5M+D (%)	%10M+D (%)	%15M+D (%)
1000	6.4	6.8	7.5	7.9
1250	8	8.5	9.2	9.5
1500	9.4	9.9	10.5	11
1750	10.3	10.7	11.4	11.9
2000	11.2	11.8	12.3	12.6
2250	12.3	12.8	13.4	13.6



Şekil 3.37. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının O₂ emisyonları üzerindeki etkisi

Tablo 3.23. Değişen devir – yakıt türü ve O₂ emisyonu

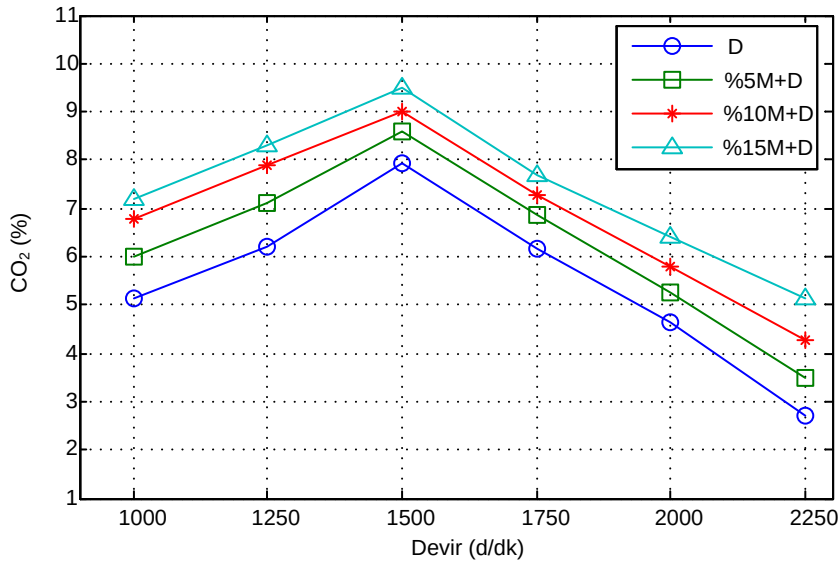
Devir	D (%)	40Mn+D (%)	80Mn+D (%)	%10M+D (%)	%10M+40Mn+D (%)
1000	6.4	6.2	6	7.5	7
1250	8	7.8	7.6	9.2	8.7
1500	9.4	9.4	9.3	10.5	10.2
1750	10.3	10	9.8	11.4	11.2
2000	11.2	11	10.8	12.3	11.8
2250	12.3	12	11.9	13.4	13.2

3.3.5. Karbondioksit (CO₂) Emisyonlari

Karbondioksit emisyonları doğrudan yanma ile ilgili olduğundan motorun düşük devirlerinde yanma kötüleştiği için düşük olmaktadır. Karbondioksit emisyonlarının motor hızına göre değişimi şekil 3.38’de verilmiştir.

Şekil 3.38’de görüldüğü gibi düşük devirlerde yanma odası sıcaklığı düşük olması, bütün test yakıtları için CO₂ emisyonu düşük çıkmasına neden olmuştur. Bunun sonucu olarak düşük sıcaklıklarda CO’nin CO₂’e dönüşümünün azaldığı söylenebilir.

Şekil 3.38’de görüldüğü gibi maksimum momentin elde edildiği 1500 devir sayısında yanmanın iyileşmesiyle orantılı olarak CO₂ oranı da yükselmiştir. Egzoz çıkış sıcaklıkları incelendiğinde en yüksek sıcaklık orta devirlerde elde edilmiştir. Buna göre en yüksek CO₂ miktarı da yine bu devirlerde elde edilmiştir. Şekil 3.38 incelendiğinde, karışım içerisinde metanol oranının artması ile elde edilen CO₂ miktarının arttığı görülmüştür. Maksimum CO₂ miktarı %15 metanol-dizel yakıtında elde edilmiştir [84].

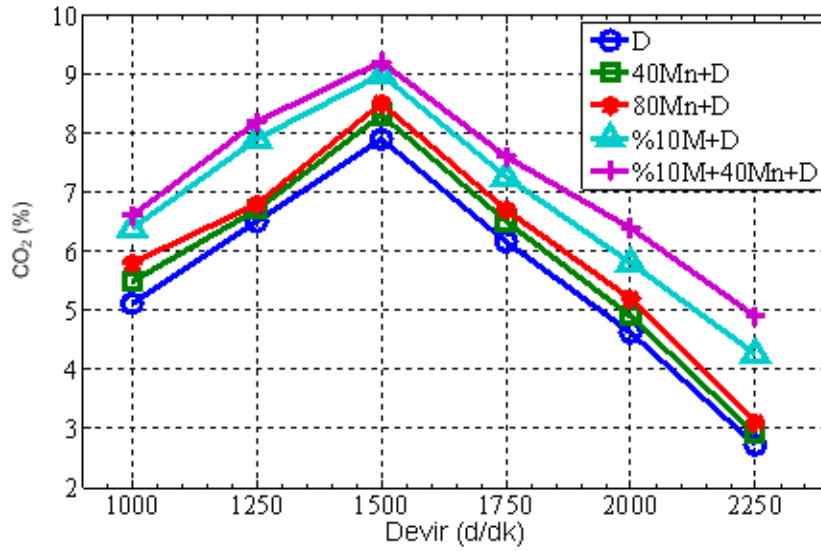


Şekil 3.38. Değişen oranlarda metanol-dizel karışımlarının ve devir sayısının CO₂ üzerindeki etkisi.

Tablo 3.24. Değişen devir - metanol miktarı ve CO₂ emisyonu

Devir	D (%)	%5M+D (%)	%10M+D (%)	%15M+D (%)
1000	5.12	5.8	6.4	7.2
1250	6.5	7.1	7.9	8.3
1500	7.9	8.5	9	9.5
1750	6.17	6.77	7.26	7.9
2000	4.63	5.24	5.8	6.4
2250	2.72	3.5	4.27	4.9

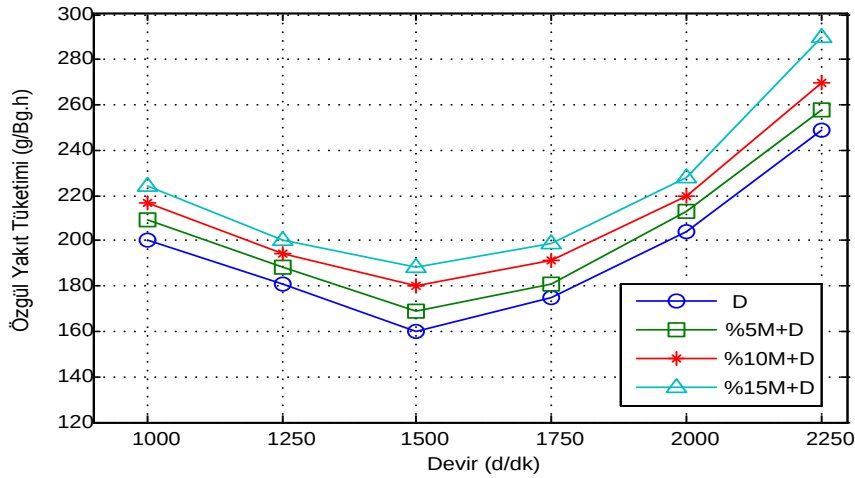
Bu sonuçlara bakıldığında, yanma esnasında metanolün yapısında bulunan oksijenin CO ile reaksiyona girerek CO₂ gazını oluşturduğunu ve sonucunda CO₂ miktarını arttığını söyleyebiliriz. Tüm devir aralıkları için hesaplandığında dizel yakıtına kıyasla %5M+D yakıt ile %11.8 , %10M+D yakıtında %23 ve %15M+D yakıtında ise %33 oranında bir artış sağlamıştır.

**Şekil 3.39.** Değişen oranlarda yakıt karışımlarının ve devir sayısının CO₂ üzerindeki etkisi.**Tablo 3.25.** Değişen devir – yakıt türü ve CO₂ emisyonu

DEVİR	D (%)	40Mn	80Mn	%10M+D (%)	%10M+40Mn +D (%)
1000	5.12	5,5	5,8	6.4	6,6
1250	6.5	6,7	6,8	7.9	8,2
1500	7.9	8,3	8,5	9	9,2
1750	6.17	6,5	6,7	7.26	7,6
2000	4.63	4,9	5,2	5.8	6,4
2250	2.72	2,9	3,1	4.27	4,9

3.3.6. Özgül Yakıt Tüketimi

Özgül yakıt tüketimi birim güç başına tüketilen yakıt miktarı olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.40 ve Şekil 3.41 incelendiğinde devir sayısının artması ile bütün test yakıtları için özgül yakıt tüketiminin azaldığı, motorun maksimum torku ürettiği 1500 devirde ise özgül yakıt tüketiminin minimum değere ulaştığı görülmüştür. Motor devrinin artmasıyla birlikte oluşan volümetrik verimdeki azalma, özgül yakıt tüketiminin artmasına neden olmuştur. Bütün motor devirleri göz önüne alındığında dizel yakıtındaki metanol oranının artışıyla birlikte özgül yakıt tüketiminde artış tespit edilmiştir. Dizel yakıtı ile kıyaslanırsa, %5M+D yakıtında %4.5, %10 M+D yakıtında %8.8 ve %15 M+D yakıtında ise yaklaşık %13 oranında bir artış tespit edilmiştir. Metanol içeren test yakıtları için özgül yakıt tüketimindeki artışın nedenlerinin başında metanolün ısıl değerinin düşük olması gelmektedir. Metanolün dizel yakıtı ile aynı performansı sağlayabilmesi için silindirde daha fazla yakıtı ihtiyaç duymaktadır. Bu durum da özgül yakıt tüketiminin yükselmesine neden olduğu düşünülmektedir.

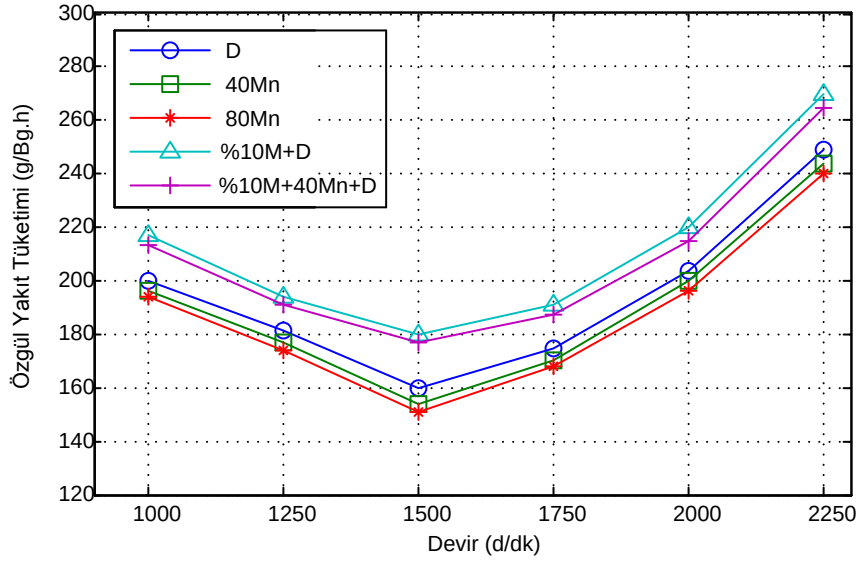


Şekil 3.40. Değişen oranlarda metanol-dizel karışımlarının ve devir sayısının özgül yakıt tüketimine etkisi.

Tablo 3.26. Değişen devir ve metanol miktarı ile ÖYT değerleri.

Devir	D (g/BG.h)	%5 M+D (g/BG.h)	%10M+D (g/BG.h)	%15 M+D (g/BG.h)
1000	200	209	217	224
1250	181	188	194	200
1500	160	169	180	188
1750	175	181	191	199
2000	204	213	220	228
2250	249	258	270	282

Şekil 3.41’de Organometal katkı maddeleri yakıt karışımları için tespit edilen özgül yakıt tüketimleri görülmektedir. Şekil 3.41 incelendiğinde organometal katkı maddeleri yakıt ilave edilen Mn miktarıyla birlikte özgül yakıt tüketimi azalmıştır. Organometal Mn katkı maddesinin yakıtların viskozite ve parlama noktalarını düşürmesinden dolayı yanmayı olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Organometal Mn’nin yanma esnasında katalizör olarak görev yapması, egzoz emisyon değerleri incelendiğinde daha iyi sonuçlar oluşturmuştur. Özgül yakıt tüketimleri, motor gücü ve moment değerlerine bakıldığında katkı maddesinin çok fazla bir değişiklik oluşturmadığı açıktır. Tüm devir sayıları için referans dizel yakıtı ile kıyaslandığında 40Mn katkı maddesi %2.4 oranında, 80Mn katkı maddesi ise %3,9 oranında bir azalma sağlamıştır. Özgül yakıt tüketimindeki bu küçük azalma yakıtın setan sayısının artması, yakıtın viskozitenin ve parlama noktasının düşmesi ile açıklanabilir [65]



Şekil 3.41. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının özgül yakıt tüketimine etkisi

Tablo 3.27. Değişen devir ve yakıt türleri ile ÖYT değerleri

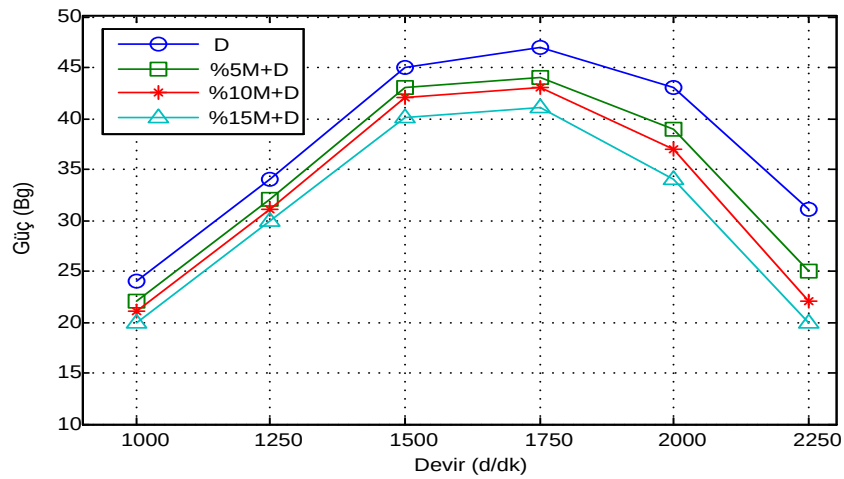
Devir	D (g/BG.h)	40Mn+D (g/BG.h)	80Mn+D (g/BG.h)	%10M+D (g/BG.h)	%10M+40Mn+D (g/BG.h)
1000	200	196	194	217	213
1250	181	177	174	194	191
1500	160	154	151	180	177
1750	175	170	168	191	187
2000	204	200	196	220	215
2250	249	244	240	270	265

3.3.7. Motor Momenti ve Motor Gücü

Motorun krank mili ucundaki kasnak veya volanından bir fren düzeneği ile ölçülen güce fren gücü denilir. Elde edilen bu güç motorun efektif gücüdür. Motorun iç gücünden düşüktür. Nedeni iç gücün bir kısmının sürtünme, pompalar ve dinamolar için ayrılmasıdır. Güç ölçümünde kullanılan cihazlar genellikle dinamometrelerdir. Ancak dinamometre sadece gücü değil gücün hesaplanmasını sağlayan moment veya kuvveti ölçer. Deney motorlarında okunan güç net efektif güçtür. Motorların silindirlerinde bir çevrimde elde edilen güç indike güç olarak adlandırılır. İndike güç motorlarda oluşan mekanik kayıpları içermemektedir.

Yüksek viskozite ve yoğunluk yakıtın enjektörden istenilen şekilde atomize olarak püskürtülmemesine neden olmaktadır. Bu durum yanmayı etkileyen tutuşma gecikmesinin süresini uzatmakta ve yanmanın kötüleşmesine neden olmaktadır. Motorda güç hesaplanması yapılırken yanma sonunda meydana gelen en yüksek basınç dikkate alınmaz. Çünkü bu basınç iş zamanında hacim büyümesi sonucunda hızla düşer. Bu nedenle motor gücünün hesaplanmasında ortalama indike basınç kullanılır [83].

Dizel yakıtına metanol ilave edilmesi motor gücünün azalmasına neden olmuştur. Karışım içerisinde metanol oranının artmasıyla bu azalma daha fazladır. Tüm motor devirleri için motor gücünde %5M+D yakıtı için %9, %10M+D yakıtında %12 ve %15M+D yakıtında ise %17,1 oranında bir azalma tespit edilmiştir.



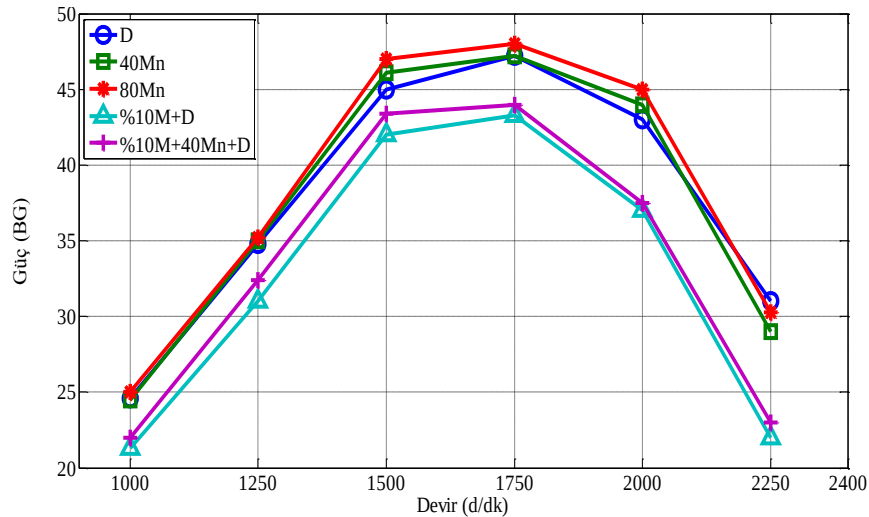
Şekil 3.42. Değişen oranlarda metanol-dizel karışımlarının ve devir sayısının motor gücü üzerine etkisi.

Tablo 3.28. Değişen devir ve metanol miktarı ile motor gücü değerleri

Devir	D (BG)	%5 M+D (BG)	%10M+D (BG)	%15 M+D (BG)
1000	24,6	22	21,3	20,2
1250	34,8	32,2	31	30,1
1500	45	43,7	42	40
1750	47,2	44,8	43,3	41,6
2000	43	39	37	34,8
2250	31	25	22	20

Çalışma içerisinde söz edilen yakıtların belirli oranlarda dizel yakıtına ilave edilmesi ile elde edilen moment verilerine göre motor gücü, moment devir bağlantısından hesaplanmıştır. Motor gücü belirli bir devir sayısına kadar artmış ve ortalama 1800d/dak motor devrinde azalmaya başlamıştır. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının Motor gücü üzerine etkisi şekil 3.42’de verilmiştir. Bu azalma yanma için ayrılan sürenin kısılması ve volümetrik verimin düşmesiyle açıklanabilir.

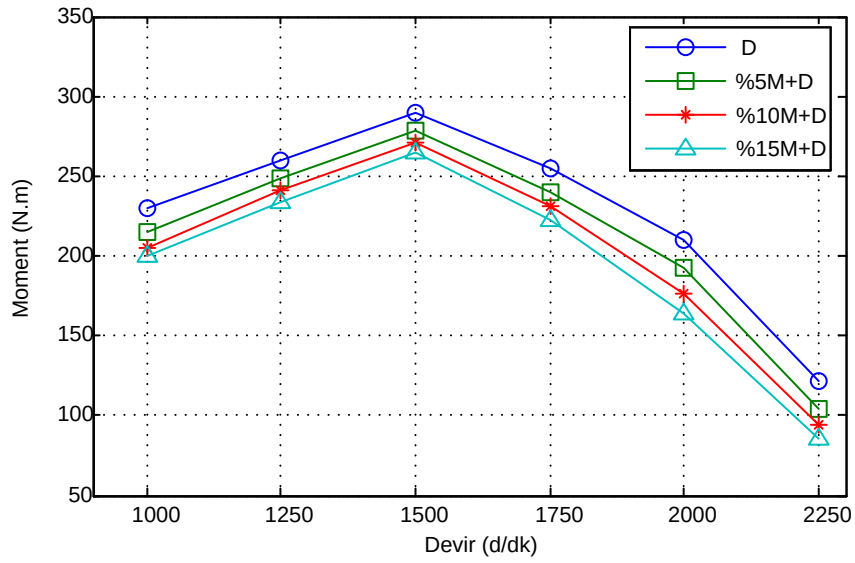
Şekil 3.42 incelendiğinde motor gücünün düşük devirlerde yanma veriminin kötü olmasından dolayı düşük çıktığı tespit edilmiştir. Orta devirde yanmanın iyileşmesinden dolayı bütün test yakıtları için motor gücü artış göstermiştir. Ancak orta devirden sonraki devirler için bütün test yakıtlarında motor gücü düşüş göstermiştir. Bu durum artan devirle birlikte yanma için ayrılan sürenin azalması, volümetrik verimin düşmesi ve sürtünmelerdeki artışla izah edilebilir. Bu yükselme maksimum gücün elde edildiği motor devrine kadar olmaktadır. Organometal Mn katkılı dizel yakıtında motor güç değerlerine bakıldığında çok az bir artış sağlanmıştır. Düşük oranlarda da olsa motor gücünde oluşan bu artış yakıtın setan sayının yükselmesi ve viskozitesinin düşük olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Katkı maddesi yardımıyla yakıtın yanması için yeterli sürenin olması ve silindir içerisinde daha iyi atomize olması nedeniyle yanmayı olumlu yönde etkileyerek motor gücüne katkı sağlamıştır.



Şekil 3.43. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının motor gücü üzerine etkisi

Tablo 3.29. Değişen devir ve yakıt türleri ile motor güç değerleri

Devir	D (BG)	40Mn+D (BG)	80Mn+D (BG)	%10M+D (BG)	%10M+40Mn+ D (BG)
1000	24,6	24,5	25	21,3	22
1250	34,8	35	35,2	31	32,4
1500	45	46,1	47	42	43,4
1750	47,2	47,2	48	43,3	44
2000	43	44	45	37	37,5
2250	31	29	30,3	22	23



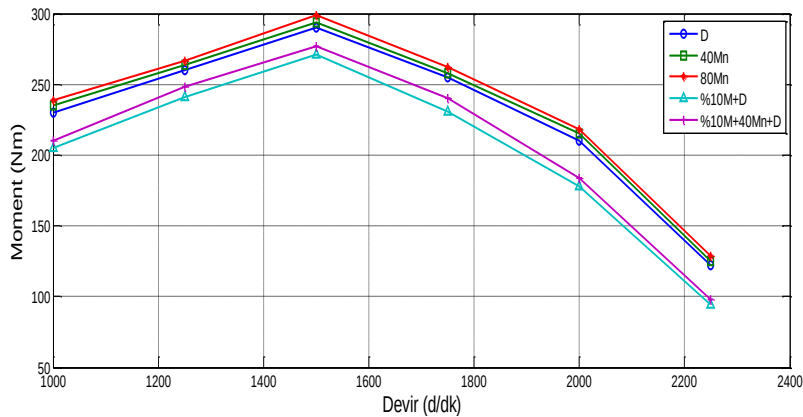
Şekil 3.44. Değişen oranlarda metanol-dizel karışımlarının ve devir sayısının motor momenti üzerine etkisi.

Tablo 3.30. Değişen devir ve metanol miktarı ile motor gücü değerleri

Devir	D (N.m)	%5 M+D (N.m)	%10M+D (N.m)	%15 M+D (N.m)
1000	230	215	205	200
1250	260	249	241	233
1500	290	279	271	265
1750	255	240	231	223
2000	210	193	176	164
2250	122	104	94	85

Şekillerde motorun tam yüklenmesi durumunda bütün motor hızında farklı oranlarda metanol dizel karışımlarının motor momentine etkisi görülmektedir. Metanolün alt ısı değeri ve setan sayısının düşük olması referans dizel yakıtına oranla tüm metanol/dizel karışımlarında motor momentinin düşük çıkmasına neden olmuştur. Setan sayısındaki azalma TG artışına ve beraberinde yanma için yeterli zamanın oluşmamasına neden olmuştur. Karışım içerisinde metanol oranı hacimsel olarak arttığı sürece motor momentinin azaldığı görülmüştür.

1000-2250 d/dak aralığında yapılan ölçümlerde en düşük motor momenti %15M+D yakıtında elde edilmiştir. Motor moment değerlerinde %5M+D yakıtında %6.3, %10M+D yakıtında %10 ve %15M+D yakıtında %14.3 oranında bir düşüş kaydedilmiştir. Metanolün silindir içerisindeki sıcaklığı düşürmesi TG süresini uzatmaktadır ve setan sayısının düşük olmasıyla birlikte motor vuruntusu artar. Buna bağlı olarak yakıtın yanma kalitesi azalarak ısı verim düşer.



Şekil 3.45. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının motor momenti üzerine etkisi

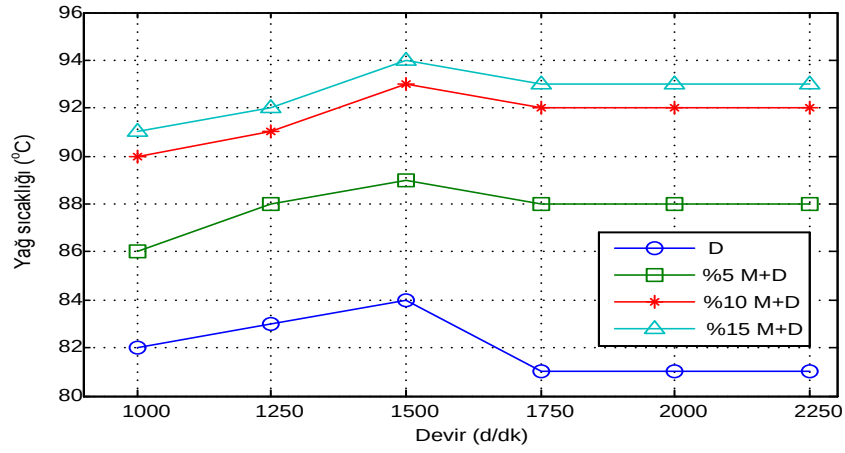
Tablo 3.31. Değişen devir ve yakıt türleri ile moment değerleri

DEVİR	D (N.m)	40Mn+D (N.m)	80Mn+D (N.m)	%10M+D (N.m)	%10M+40Mn+ D (N.m)
1000	230	235	239	205	210
1250	260	264	267	241	248
1500	290	294	299	271	277
1750	255	258	262	231	240
2000	210	215	218	178	184
2250	122	125	129	94	98

Deney sonuçları incelendiğinde Organometal Mn ilave edilmesi sonucu motor performans değerlerinde önemli değişiklikler gözlenmemiştir. Metanol dizel yakıtı karışımlarına 40Mn katkı maddesinin ilave edilmesi %10M+D yakıtına oranla % 3 arttırmıştır.

3.3.8. Motor Yağlama Yağı

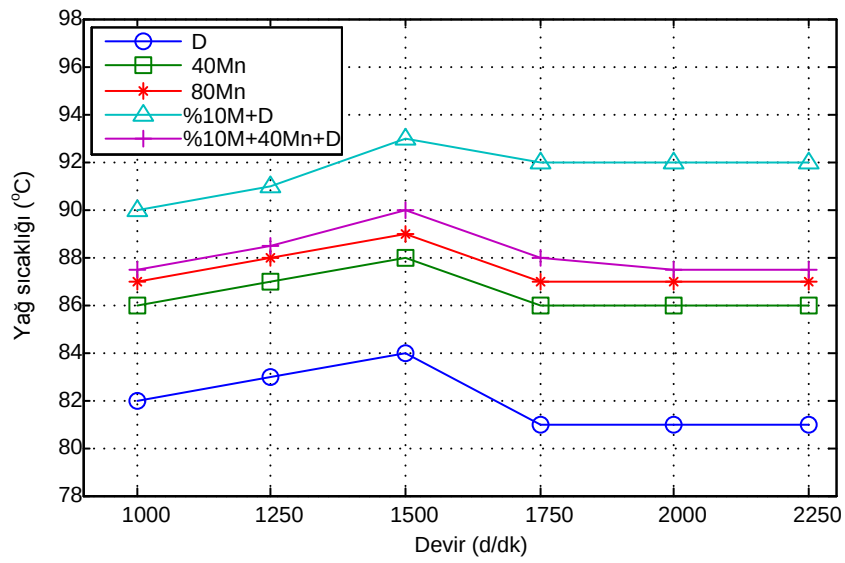
4 zamanlı 4 silindirli dizel motorunda dizel yakıtına ilave edilen metanolun motorda yağlama yağının sıcaklığını arttırdığı görülmüştür. Bütün devir aralıkları için D yakıtına kıyasla %5M+D yakıtında %7.1, %10M+D yakıtında %11.7 ve %15M+D yakıtında ise %13 oranında motor yağı sıcaklığı artmıştır. Metanol yakıtının yanma sıcaklığını arttırması ile beraber motor yağındaki artış paralellik göstermiştir. Motor orta devirlerine kadar artan yağın sıcaklığı artan devir ile birlikte bir miktar azalmıştır. Şekil 3.46 incelendiğinde en yüksek yağ sıcaklığı %15 metanol-dizel karışımlarında tespit edilmiştir.



Şekil 3.46. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının yağ sıcaklığı üzerine etkisi

Tablo 3.32. Değişen devir ve metanol miktarı ile motor yağ sıcaklık değerleri

Devir	D (°C)	%5 M+D (°C)	%10M+D (°C)	%15 M+D (°C)
1000	82	86	90	91
1250	83	88	91	92
1500	84	89	93	94
1750	81	88	92	93
2000	81	88	92	93
2250	81	88	92	93



Şekil 3.47. Değişen yakıt türlerinin ve devir sayısının yağ sıcaklığı üzerine etkisi

Tablo 3.33. Değişen devir ve yakıt türleri ile motor yağ sıcaklığı değerleri

Devir	D (°C)	40Mn+D (°C)	80Mn+D (°C)	%10M+D (°C)	%10M+40Mn+ D (°C)
1000	82	86	87	90	87.5
1250	83	87	88	91	88.5
1500	84	88	90	93	90
1750	81	86	88	92	88
2000	81	86	87	92	87.5
2250	81	86	87	92	87.5

Şekil 3.47 incelendiğinde organometal mangan katkı maddesinin yanma esnasında katalizör etkisi yaptığı düşünülerek yanma sıcaklığını arttırmıştır. Motor yağındaki bu sıcaklık artışı silindir içerisindeki sıcaklık ile paralellik göstermektedir. Sıcaklık artışı ile beraber artan yağın sıcaklığı en yüksek 1500 d/dak motor devrinde alınmıştır. Setan sayının artmasıyla yakıtın tutuşma yeteneğinin artması tutuşma gecikmesini kısaltır. Motor performans ve emisyon değerlerinin alındığı 4 silindirli dizel motorunda devir aralıklarıyla birlikte yağ sıcaklığındaki değişim şekildeki gibidir. D yakıtı ile kıyaslandığında 40Mn yakıtı yağ sıcaklığını yaklaşık %5, 80Mn yakıtı ise %6.7 oranında arttırmıştır.

3.4. Kullanılan Metanol Ve Katkı Maddesinin Motor Yağı Ve Motor Parçaları Üzerine Etkisi

Metanolun motor yağı ve parçaları üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, deneylerde yağlama yağı olarak Petrol Ofisine ait 20/50 dizel motor yağı kullanılmıştır. Motor yağı, 6LD 400 Lombardini tek silindirli dizel motorunda yük verilmeden, oda şartlarında 100 saatlik çalışmaya tabi tutulmuştur. Deneme sonunda yağ üzerinde oluşan değişimleri görebilmek amacıyla motorda bulunan yağ analizler için uygun bir kaba alınmıştır. Ayrıca motorda yağlama yağının etkisini göstermek amacıyla birinci kompresyon segmanı sökülerek SEM analizleri için hazır hale getirilmiştir. Motor özellikleri aynı olan bir başka motor aynı deney şartlarında 100 saat %10M+D yakıtı ile çalıştırılmıştır.

Etüv’de 2 saat bekletilerek kurutulanan krozelere ağırlıkça belirli oranlarda iki farklı motor yağı konularak ASTM stantarlarına göre şekil 3.48’de ki fırında 1200 °C’de bekletilip krozeler hassas terazide tartılmıştır. Bu işlem ile birlikte 100 saatlik motor deneyleri sonucunda %10 metanol+dizel yakıtıyla çalışan motor yağının kül oranı %2.08, dizel yakıt kullanılan motorda yağlama yağının kül yüzdesi ağırlıkça %1,3 oranında tespit edilmiştir.



Şekil 3.48. Kül miktarı tayininde kullanılan yüksek dereceli fırın

Motor yağları, motorun mekanik ekipmanlarında yağlama görevini yerine getiren sıvılardır. Yağlama yağları, motor parçaları üzerinde sürtünme yoluyla oluşan aşınmaları önleme özelliğinin yanında, motor parçalarının soğutulmasına ve temizlenmesine de yardımcı olur. Motor yakıtına ilave edilen alkoller, araçlarda bir takım sorunları da beraberinde getirmektedir. Yanma odasındaki aşınma birikintisi, yakıt sisteminde ki ayar bozulmaları, yağlama yağının seyrelmesi, piston segman sıkışması, silindir yüzeylerinde aşınma ve motorda yağlama yağının bozulması gibi bir takım problemlerin de ortaya çıkması mümkündür [85].

Sürtünme aşınması aşırı ısınmış motor, kirli yağ, piston segman yapısı gibi nedenler silindir duvarıyla piston arasındaki yağ filminin kaybolmasından oluşmaktadır. Yüksek tutuşma sıcaklığı, tutuşma gecikmesini uzatarak dizel vuruntusunu arttırmaktadır. Silindir duvarındaki yakıt zerrecikleri pistonun hareketi esnasında segman bölgesine ulaşarak

segmanların arasında dolar. Yanma esnasında metanolün yüksek sıcaklık oluşturması ile oluşan kısmen oksitlenme, segmanların yuvalarında sıkışmalara neden olur. Oluşan bu sıkışma sonucunda, segman-silindir duvarı arasında ki aşınmada artar. Yüksek tutuşma sıcaklığı tutuşma gecikmesi süresini uzatmakta ve ani yanma safhasında meydana gelen basınç artış oranı normalin üzerine çıkarak dizel vuruntusunun artmasına neden olmaktadır. Yanma odasında oluşan vuruntunun şiddetine bağlı olarak piston üzerine ve yanma odasında deformasyonlar oluşmaktadır [86].

Yapılan bir çalışmada, motor testlerinde dizel ile kıyaslandığında metal aşınmalarının metanol kullanılan yakıtlarda daha fazla olduğu görülmüştür. Oluşan bu yüksek aşınma metanolün yağlama yağına karışarak özelliğini bozmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yüksek miktarlarda oluşan bu karışma yağlama yağının özelliklerini daha fazla etkilemektedir. Motor testlerinden oluşan metal birikintiler aşınma hakkında bizlere iyi bir bilgi vermektedir [74].

İçten yanmalı motorlarda Ü.Ö.N’da yanma boyunca minimum yağ kalınlığı oluşmaktadır. Segman üzerindeki gaz basıncı ile birlikte yağ filmi kalınlığını azaltmakta ve genişleme zamanında ise artan piston hızı yağ filmi kalınlığını artmaktadır. Silindir içerisinde gaz basıncının artması segmana gelen yükü arttırır. Bu basınç artışı yağ sıcaklığını arttırarak yağın viskozitesini düşürür. Yapılan deneylerde hem yakıtın içerisine metanolün ilave edilmesi hem de metanolün yanma odası sıcaklığını arttırması yağlama yağının viskozitesini düşürmüştür. Engler viskozimetresinde yapılan analizlere göre 32 °C’de yapılan ölçümler sonucunda %10 oranında metanol kullanılması sonucu yağın viskozitesinin %6,03 oranında azaldığı tespit etmiştir.

Tablo 3.34. 100 saat’lik dizel ve metanol-dizel motor çalışması sonunda motor yağının viskozite değeri

100 saat çalışma sonunda	Yağın Viskozite Değerleri (32 °C) SSU(Saybolt Universal)
Diesel Yakıtı ile çalışan yağlama yağı	116
%10 Metanol+Dizel Yakıtı ile çalışan yağlama yağı	109

Aşınmada sıcaklık önemli bir faktördür. Yakıt içerisine ilave edilen metanolün yanma odası sıcaklığını arttırması, yağlama yağının viskozitesini düşürerek aşınmayı arttırıcı bir etki sağladığı düşünülmektedir. Çalışma sonunda ölçülen test yağlarının kül miktarlarına bakıldığında %10 Metanol+Dizel Yakıtı ile çalışan yağlama yağının kül miktarının dizel yakıtı yağlama yağına göre %60 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu artış oranına göre metanolün yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı yağlama yağının özelliğini bozduğu ve böylece yağlama yağındaki tortu miktarını arttırdığı söylenebilir. Yapılan çeşitli çalışmalarda.[92] benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 3.35. 100 saat’lik dizel ve metanol-dizel motor çalışması sonunda motor yağının kütleli kül oranı

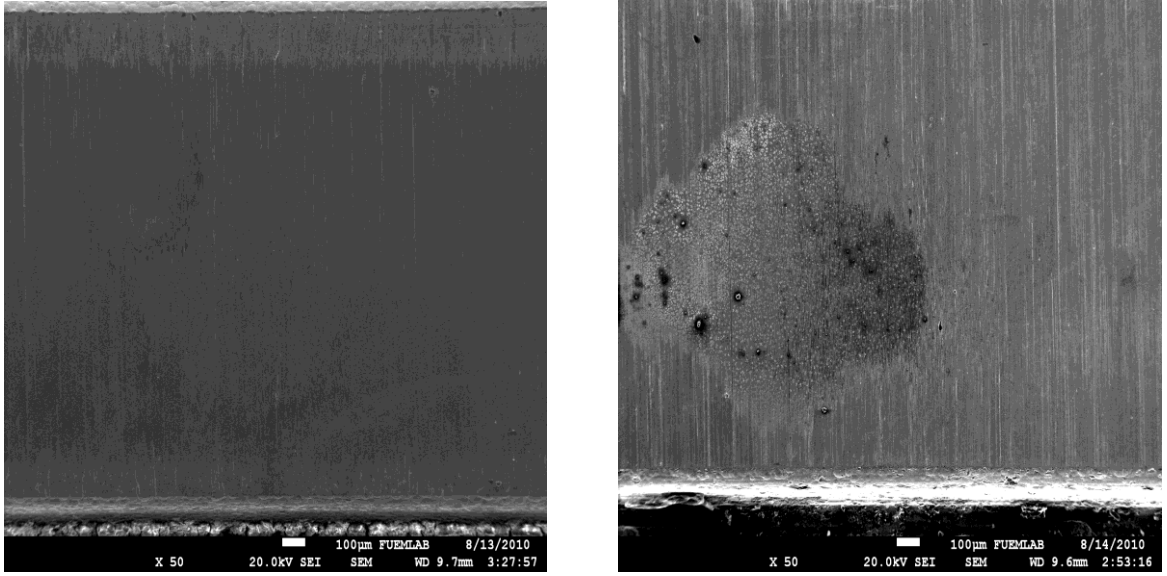
100 saat çalışılan Yakıt	Yağın Kül oranı (%)
Dizel Yakıtı	1.3
%10 Metanol+Dizel Yakıtı	2.08

Yanma sırasında ham petrol içindeki metalik partiküller, karbonatlar ve sülfatlar küllere dönüşür. Sodyum ve vanadyum tuzlarının belirli oranlardaki bileşikleri dizel motorlarında yanma odası sıcaklıklarında erir ve yüzeylere karışarak korozyona neden olur. Bu nedenle türlü petrol ürünlerinin kül miktarları sınırlandırılmaktadır. Motor yağı ASTM D 2270 standartlarına göre ağırlıkça kül miktarı %0,52 olarak tespit edilmiştir [12,92].

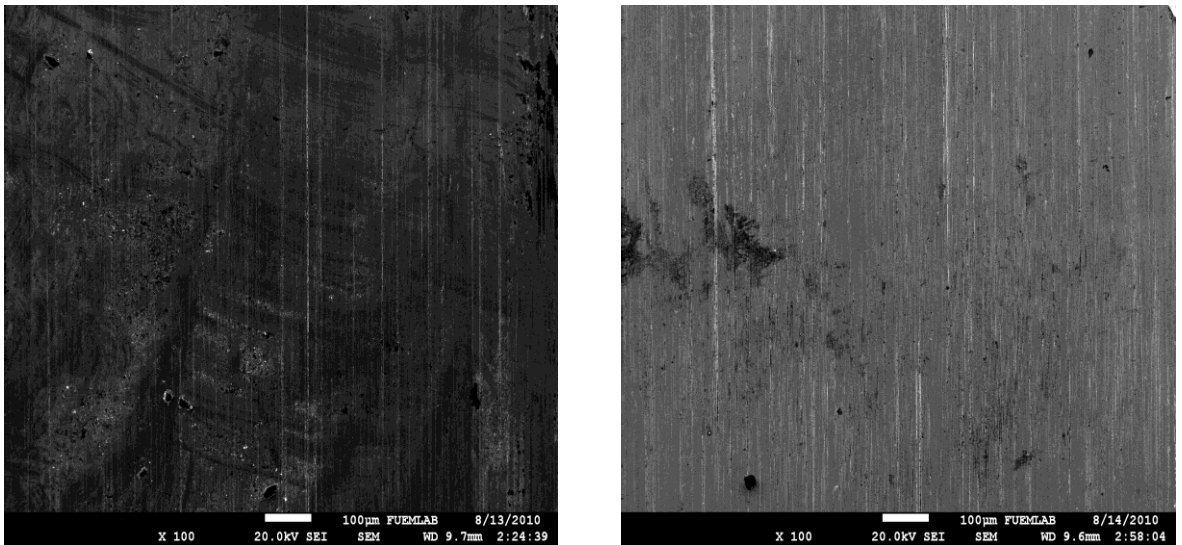
Motorlarda piston segmanlarının görevi yanma odasını karter bölgesine karşı bir conta gibi kapatmaktır. Böylece pistonun iki ölü nokta arasındaki hareketi sırasında gazların kartere kaçışını önlemiş olur. Ayrıca emme ve güç zamanında da yağlama yağının silindir çevresine dağılımını sağlayarak tekrar kartere doğru sıyrılmasını temin eder. Böylece yağlama yağının yanma odasına geçmesine engel olur. Segmanlar ile silindir arasında oluşan sürtünme kuvveti, motorun toplam sürtünme kuvvetinin yaklaşık %20’ sine denk gelmektedir. Segmandaki aşınmayı hızlandıran etkenlerden bir tanesi de soğuk motorun çalıştırılmasıdır [93, 94].

Özellikle düşük sıcaklıklarda motor silindirlerinden süzülen yağ kartere ulaşmış ve yağ filmi aşağıya doğru biriken yakıt ilavesiyle yıkanmıştır. Motor ilk çalıştırılmaya başlandığı

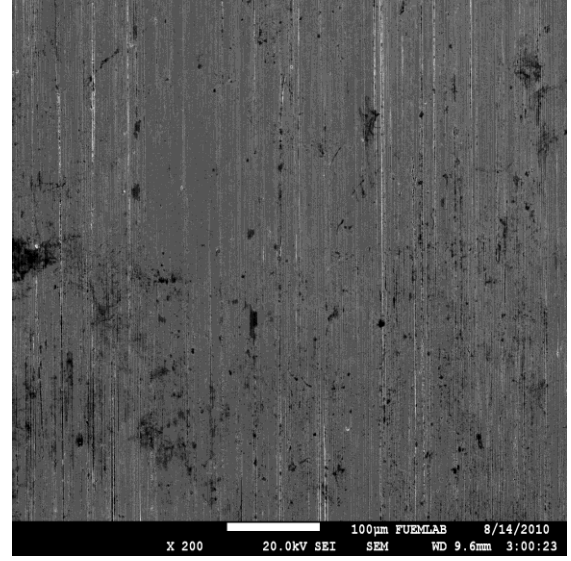
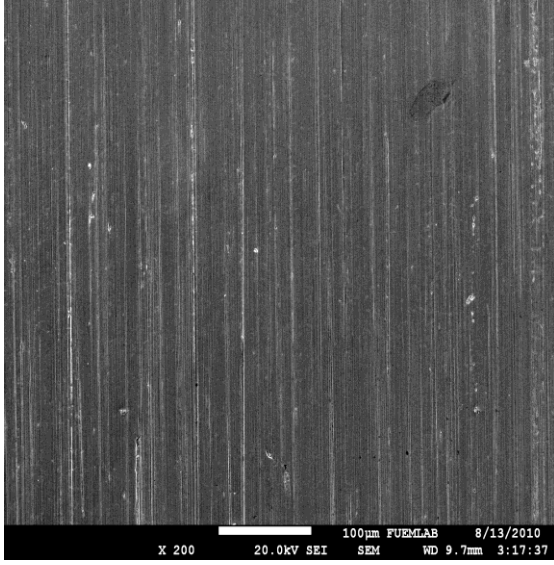
zaman yağ pompasının yağı karterden çekip, kanallar vasıtasıyla silindir- segman ve pistonu ulaştırması belirli bir zaman alacaktır. Buna yağlama gecikmesi denmektedir. Bu süreye kadar motor çalıştığı için silindir- segman ve piston yüzeyi yetersiz yağlanmaktadır. Bu durum segman-piston ve silindirin normalden daha fazla aşınmasına neden olur. Şekillerde dizel ve metanol yakıtı ile çalışmış segmanların yüzeyleri üzerinden alınan SEM fotoğrafları verilmiştir [95].



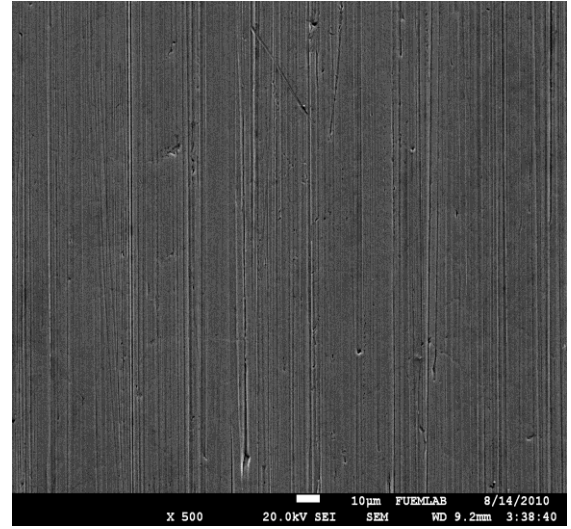
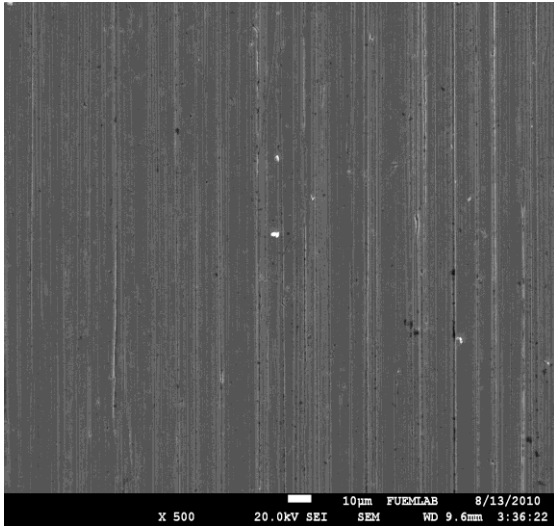
Şekil 3.49. Dizel ve metanol yakıtı ile çalıştırılmış segmanın X 50 büyültme ile kesiti üzerinden alınan SEM fotoğrafları



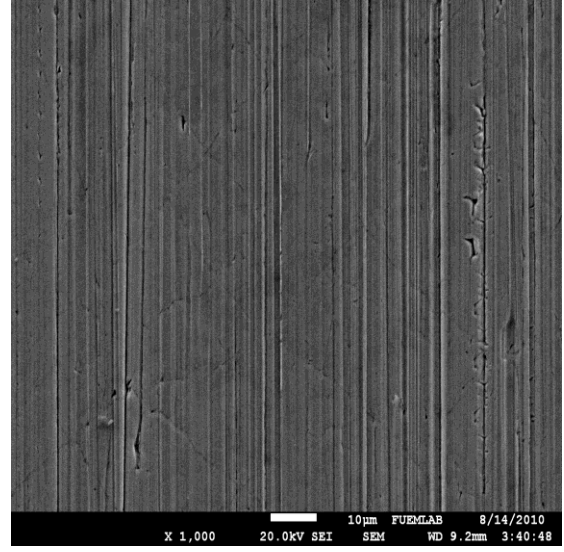
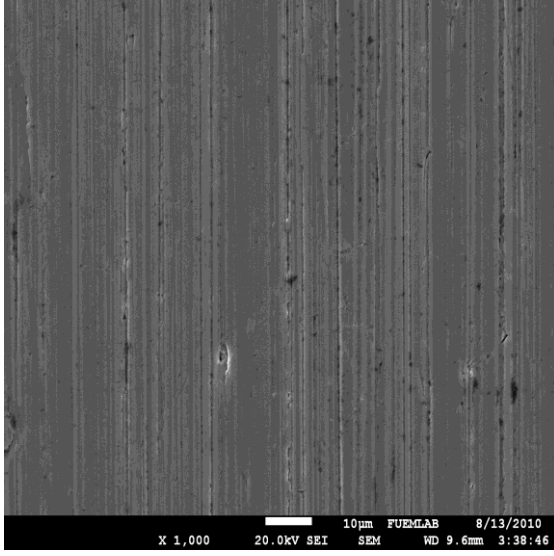
Şekil 3.50. Dizel ve metanol yakıtı ile çalıştırılmış segmanın X 100 büyültme ile kesiti üzerinden alınan SEM fotoğrafları



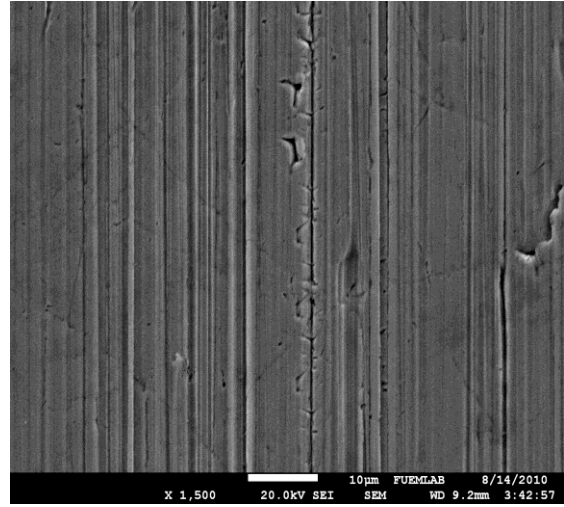
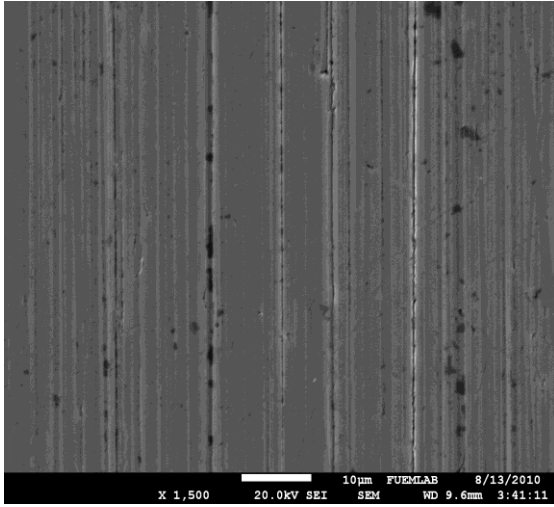
Şekil 3.51. Dizel ve metanol yakıtı ile çalıştırılmış segmanın X 200 büyültme ile kesiti üzerinden alınan SEM fotoğrafları



Şekil 3.52. Dizel ve metanol yakıtı ile çalıştırılmış segmanın X 500 büyültme ile kesiti üzerinden alınan SEM fotoğrafları



Şekil 3.53. Dizel ve metanol yakıtı ile çalıştırılmış segmanın X 1000 büyültme ile kesiti üzerinden alınan SEM fotoğrafları



Şekil 3.54. Dizel ve metanol yakıtı ile çalıştırılmış segmanın X 1500 büyültme ile kesiti üzerinden alınan SEM fotoğrafları

Motorlarda aşınmanın en fazla meydana geldiği yer olan segman-silindir ve piston aşınma mekanizmasında normalde yağlama yapılmaktadır. Ancak kompresyon ve yağ segmanları yağlama yağını sürekli silindir cidar yüzeyi üzerinde kazımaktadır. Bu da aşınma mekanizmasında yağ filminin kısmi yırtılmasına neden olarak abrasiv aşınmayı başlatmaktadır. Genel olarak dizel ve metanol yakıtı kullanılan segmanların SEM fotoğraflarına bakıldığında metanol yakıtı ile çalışan segmanların yüzeyi üzerinde daha

derin aşınma çizgilerinin olduğu görülmektedir. Bu durum metanolün kimyasal yapısındaki çözücülerin yağlama yağının viskozitesini düşürmesi sonucu aşınmayı arttırmasıyla izah edilebilir. Metanol yakıtı ile çalışan segmanların yüzeyi üzerinde kayma yönünde daha fazla abrasiv yarıklar da görülmektedir. Şekiller incelendiğinde dizel yakıtı kullanılan segmanın yüzeyinin daha düzgün bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Özellikle motor sıcaklığının artmasıyla birlikte yağlama yağının viskozitesi düşer. Yağlama yağının viskozitesinin düşmesi aşınmayı arttırıcı bir etki sağlamaktadır. Metanolün yağlama yağının viskozitesini düşürmesi etkisi, özellikle yüksek motor sıcaklıklarında aşınmayı arttırıcı bir etki sağladığı düşünülmektedir.

Metanol yakıtı kullanılan motorda yağlama yağı içerisindeki birikinti dizel yakıtı kullanılan motora oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Yakıt içerisine %10 metanol ilave edilmesi sonucu motor ekipmanlarında ve silindir kapağı yüzeyindeki deformasyonlar ve birikintiler şekil 3.55 ve şekil 3.56’da gösterilmiştir.



Şekil 3.55. Dizel yakıtıyla 100 saatlik çalışma sonunda silindir kapağı ve supapların görünümü



Şekil 3.56. Dizel yakıtıyla 100 saatlik çalışma sonunda silindir kapağı ve supapların görünümü

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

1. Metanolun dizel yakıtına oranla daha az C atomu oluşturması, yapısında oksijen bulundurması ve dizel yakıtına göre daha küçük moleküler yapıya sahip olması yanmayı olumlu yönde etkilemiştir.

2. Yakıt içerisine ilave edilen metanol CO emisyon değerlerinde iyileştirme sağlamıştır. Bu iyileşme %5 M+D yakıtı için 7.6, %10 M+D yakıtında 12.6 ve %15 M+D yakıtında ise bu değer %15.3 olarak belirlenmiştir.

3. Metanolun yapısındaki oksijen fazlalığı yanma sıcaklığını arttırmaktadır.

4. Metanol'un yanma sıcaklığını arttırmasına bağlı olarak NO_x emisyonunu en fazla %15 M+D yakıtında ölçülmüştür.

5. Metanolun alt ısı değerinin dizel yakıtı ile kıyaslandığında düşük olması özgül yakıt tüketimini arttırmakta motor performansını düşürmektedir.

6. Kullanılan organometal katkı maddesi MnO₂ en uygun dozlama miktarında yakıtın donma noktasını düşürmüştür.

7. Kullanılan katkı maddesinin motorin içerisine ilave edilmesi alevlenme noktası ve viskozite değerini düşürmüştür.

8. Viskozitede ki azalma , motorinin katkı maddesi ile katalitik krakinge uğradığını ve parafin gibi maddelerin çözüldüğünü göstermektedir.

9. Organometal MnO₂ yakıtın setan sayısı üzerinde olumlu etki yapmaktadır

10. Metanolun alt ısı değeri ve setan sayısının düşük olması normal dizel yakıtına göre daha düşük moment değeri vermiştir. Çünkü setan sayısının düşük olması TG süresinin artışına ve dolayısıyla performans kaybına sebep olmaktadır.

11. Yakıt içerisine ilave edilen metanol motorun yağlama yağını inceltmiştir. 100 saat çalışma sonunda dizel yakıtının kullanıldığı motor yağı metanol yakıtının kullanıldığı yağlama yağı ile kıyaslandığında %6.03 oranında azalmıştır.

12. Metanolun motor yağını inceltmesi motor aşınmalarını arttırmıştır.

13. Metanolun yapısındaki oksijen, silindir içerisindeki oksijen/yakıt oranı arttırarak yanmanın daha verimli geçmesine yardımcı olmaktadır.

14. Dizel yakıtına metanol ilave edilmesi motor gücünün azalmasını sağlamaktadır. Tüm motor devirleri için motor gücünde %5M+D yakıtı için %9, %10M+D yakıtında %12 ve %15M+D yakıtında ise %17,1 oranında bir azalma tespit edilmiştir.

15. Kül miktarlarına bakıldığında %10 Metanol+Dizel Yakıtı ile çalışan yağlama yağının kül miktarının dizel yakıtı yağlama yağına göre %60 daha fazla olduğu görülmüştür.

16. Yanma esnasında metanolün yüksek sıcaklık oluşturması ile oluşan kısmen oksitlenme, segmanların yuvalarında sıkışmalara neden olmuştur. Oluşan bu sıkışma sonucunda segman yapısında ki aşınmalar artmıştır.

5. ÖNERİLER

Günümüzde yapılan çalışmalar başlıca; motor performansı artırma, yakıt ekonomisi sağlama, yakıt çeşitliliği oluşturma ve egzoz emisyon değerlerini azaltarak çevreye duyarlı motorlar üretme üzerine yoğunlaşmıştır. Metanol bitkisel kökenli yakıtlardan elde edilmesi sebebiyle petrol kökenli yakıtlara alternatif olarak, yerli kaynaklardan üretilabilir ve kullanılabilir. Bu bakımdan metanol yakıtı tarım ülkesi olan Türkiye için oldukça önemlidir. Metanol üretiminin ülke ekonomisine önemli bir gelir kaynağı oluşturabilmesi için devlet tarafından çeşitli projeler uygulanarak ve teşvik oluşturularak desteklenmelidir.

Yapılan bu deneysel çalışma ile içten yanmalı motorların yapısal özelliklerinde çok büyük değişikliklere gerek duyulmadan metanol yakıtının kullanılması belirlenmiştir. Ayrıca organometal MnO_2 bileşiği yardımı ile yakıtın donma noktasında önemli düşüşler kaydedilmiştir. Kullanılan organometal MnO_2 katkı maddesinin emisyon değerlerini düşürdüğü ve yanmayı olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir. Yakıt içerisine organometal MnO_2 ilave edilmesi ile kış aylarında karşılaşılan yakıtın donma sorununun önüne geçileceği görülmüştür. Dizel yakıtına metanol ilave edilmesi ile egzoz emisyon değerlerinin iyileştiği görülmüştür. Yakıt içerisine %5 ve %10 oranlarında metanolun ilave motorun daha sarsıntısız çalışmasına neden olmuştur. Metanol yakıtının yanma sıcaklığını artırması ve yağlama yağına karışarak yağı inceltmesi motorda aşınmaları arttırmıştır. Bu konuda yapılacak araştırmalar, metanol yakıtının yağlama yağı üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak suretiyle, motor performans değerlerinin artırılması üzerine yoğunlaşabilir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, ısı transferi, basınç değişimleri, yağ katkı maddeleri ve yanma analizleri gibi farklı çalışma parametrelerinin incelenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

1. İçingür, Y., Yamık, H.: “Metil ve Etil Esterlerin Dizel Yakıtı olarak Kullanılma İmkanlarının Deneysel Olarak Araştırılması”, *Politeknik Dergisi*, 2 (2003) 459-464.
2. Energy information administration(Eia), International Energy Outlook 2006, www.Eia.Doe.Gov/İea
3. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, “2002 Türkiye Enerji Raporu”, *Poyraz Ofset*, Ankara, 6-8, 11, 15, 18, 19, 22, 24, 43, 45, 59 (2003).
4. Borat, O., Balcı, M. ve Sürmen A., “İçten Yanmalı Motorlar”, *Teknik Eğitim Vakfı Yayınları*, Ankara, 69, 70, 77, 78, 152, 207, 235, 236, 240-250 (1995).
- 5.Can, Ö.; Çelikten, _.; Usta, N.: “Etanol Karışımli Motorin Yakıtın Dizel Motoru Egzoz Emisyonlarına Etkisi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2 (2005) 219-224.
- 6.Uslu, K.; Sayın, C.; Çanakçı, M.: “Dizel Motorlarında Çift Yakıt (Etanol - Dizel) Kullanımının Performans ve Emisyonlara etkisi”, *9. Uluslar arası Yanma Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, (2006) 273-282.
7. http://tr.wikipedia.org/wiki/Dizel_motor, 25.04.2006.
8. http://www.otomotivbilgi.com/haberdetay/147-Kirsal-motorinin_ozellikleri.
9. Kutlar, O.A., Ergeneman, M., Arslan H. ve Mutlu, M. (1998), *Taşıt Egzozundan Çıkan Kirleticiler*, Birsan Yayınevi, İstanbul., s. 13-14.
10. Karakus, N., “Yakıt Özelliklerinin Dizel Motor Performansına ve Emisyonlarına Etkisi, Doktora Tezi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 98 s. (2000).
11. Sönmez, İ., “Dizel Motorlarına İlave Oksijen Verilmesinin Motor Performansı Ve EgzozEmisyonlarına Etkisi”, Bilim Uzmanlığı Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Haziran 2006.
12. Karakaya, U., “Motorinin Özelliklerinin Katkı Maddeleriyle Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği*, Ankara 2000.

13. **Yücesu, H.S.; Altın, R.; Çetinkaya, S.:** “Experimental Investigation of Vegetable Oil Usage as Alternative Fuel in Diesel Engines”, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 25 (2001) 39-49.
14. **Hazar, H.**, ‘Effects of biodiesel on a low heat loss diesel engine’’. *Renewable. Energy* 34 (2009) 1533–1537.
15. **Hazar, H.,**”Cotton methyl ester usage in a diesel engine equipped with insulated combustion chamber, *Appl Energy* 87 (2010),
16. **Kulakoğlu T.,** Dizel-Metanol Karışımı Kullanılan Bir Dizel Motorda Püskürtme Basıncının Performans Ve Emisyonlara Etkisi, Marmara Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Programı, İstanbul 2009.*
17. **Tüter B.,** “Alternatif Yakıtların Dizel Motorlarda Kullanımının Teknik Ve Ekonomik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Programı, İstanbul 2007.*
18. **Hsieh, W. D., Chenb, R. H., Wub, T. L., Lina, T. H.,** 2002, “Engine performance and pollutant emission of an SI engine using etanol–gasoline blended fuels, *Atmospheric Environment*”, 36,403–410.
19. **Xing-cai, L., Jian-guang, Y., Wu-gao, Z. and Zhen, H.,** “Effect of cetane number improver on heat release rate and emissions of high speed diesel engine fueled with etanol-diesel blend fuel”, *Fuel*, 83 (14-15): 2013-2020 (2004).
20. **Hansen, A. C., Zhang, Q. and Lyne, P. W. L.,** “Etanol-diesel fuel blends – areview” *Bioresource Technology*, 96, (3): 277-285 (2005).
21. **Caro, P. S., Mouloungui, Z., Vaitilingom, G. and Berge, J. C.,** “Interest of combining an additive with diesel-etanol blends for use in diesel engines”, *Fuel*, 80 (4): 565-574 (2001).
22. **He, B., Shuai, S., Wang, J., and He, H.,** “The effect of etanol blended diesel fuels on emissions from a diesel engine”, *Atmospheric Environment*, 37 (35): 4965-4971 (2003).
23. **Knowles, D.,** 1984, *Alternative Fuels*. Reston Publishing Company Inc. Virginia.
24. **Altınay B.,** Metanol Hakkında Genel Bilgi, TAPDK Uzman Yardımcısı Bilge Altınay’ın Uzmanlık Tezi.

25. <http://www.tapdk.gov.tr/alkol/dokuman/> (15.12.2007).
26. **Benli, M., Taymaz, İ.,** ‘‘Metanolün Taşıtlarda Enerji Kaynağı Olarak Farklı Kullanım Yöntemlerinin İncelenmesi’’. TMMOB Makine Mühendisleri Odası 11. Otomotiv Sempozyumu (2009).
27. **İlhan, M.,** ‘‘Çift Yakıtlı (Dizel ve Metanol) Bir Dizel Motorda PüskürtmeAvansının Performans ve Emisyonlara Etkisi’’, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2007) 12.
28. **Güleç, E.,** ‘‘Alternatif Yakıt Sistemlerinin Emisyona Etkisi’’, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2004).
29. **Kahraman, N., Akansu, S.O.:** ‘‘Motorlu Taşıtlarda Alternatif ve Yenilenebilir Yakıt Kullanımının İncelenmesi’’, *Makine Mühendisleri Odası, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, Kayseri, Türkiye, (2003) 81-89.
30. **Qissek, F.; Barbera, E.; Hulak, K.:** ‘‘Development and Optimization of Alcohol Fueled SI Engines For Passenger Cars For The Bresilian Market ’’, *SAE Paper No: 911730*, (1991).
31. **Cheung, C.S., Zhu,L.,Huang,Z.,** ‘‘Regulated and unregulated emissions from a diesel engine fueled with biodiesel and biodiesel blended with metanol’’, *Atmospheric Environment* 43 (2009) 4865–4872.
32. **Karabektaş, M., Hosoz, M.,** ‘‘Performance and emission characteristics of a diesel engine using isobutanol–diesel fuel blends’’, *Renewable Energy* 34 (2009) 1554–1559.
33. **Cheng, C.H.; Cheung, C.S.; Chan, T.L.; Lee, S.C.; Yao,C.D.:** ‘‘Experimental Investigation on the Performance, Gaseous and Particulate Emissions of A Metanol Fumigated Diesel Engine’’, *Science ofThe Total Environment*, 389 (2008) 115-124.

34. Yao, C., Cheung, C.S., Cheng, C., Wang, Y., Chan, T.L., Lee, S.C., “ Effect of Diesel/metanol compound combustion on Diesel engine combustion and emissions”, Energy Conversion and Management 49 (2008) 1696–1704.
35. Sayın, C., Ozsezen, A.N., Çanakcı, M., “ The influence of operating parameters on The performance and emissions of a DI diesel engine using metanol-blended-diesel fuel”, Fuel 89 (2010) 1407–1414.
36. Gündoğan, K.,” Alternatif Yakıtların Benzinli Motor Performansı Üzerine Etkisinin İncelenmesi”. Temmuz, 2005.
37. Çalışır, A., Gümüş, M.,”Buji Ateşlemeli Bir Motorda Benzin Metanol Karışımlarının Motor performansı ve Egzoz Emisyonları Üzerine Etkisi”, Uluslararası ileri teknolojileri sempozyumu,13-15 Mayıs (2009), Karabük.
38. Gardiner, D.P., Mallory, R. W., Pucher, G.R., Todesco, M. K., Bardon, M. F., Markel, T. J. And Ohi, J. M., “Improving the fuel efficiency of light-duty etanol vehicles-an engine dynamometer study of dedicated engine strategies”, SEA, 1999-01-3568, (1999).
39. M.E.B Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi.,”Alkoller ve Eterler”, Ankara, 2008.
40. Hansen, A. C., Hornbaker, R. H., Zhang, Q., “Etanol-Diesel Blends: A Step Towards A Bio- Based Fuel for Disel Engines”, ASAE, Paper No: 01-6048, (2001).
41. Eugene, E. E., Bechtold, R. L., Timbaro, T. C., McCallom, P. W., “State of Art Report on The Use of Alcohols in Disel Engines”, SAE, Paper No:840118, (1984).
42. Likos, B., Callahan, T. L., “Performance and Emissions of Etanol and Etanol-Diesel Blends in Direct-Injected and Pre-Chamber Diesel Engines”,SAE, Paper No:821039, (1982).
43. Di, Y., Cheung, C.S., Huang, Z.,” Experimental study on particulate emission of a diesel engine fueled with blended etanol–dodecanol–diesel”, Aerosol Science40(2009)101—112.
44. Sayın, C.,” Engine performance and exhaust gas emissions of metanol and etanol–diesel blends”, Fuel , (2010) .

- 45. Uslu, K.,**'' Bir Dizel Motorunda Farklı Püskürtme Avanslarında Dizel Yakıtı+Etanol Kullanımının Performans Ve Emisyonlara Etkisi'', Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2006).
- 46.Tüter, B.,**'' Alternatif yakıtların dizel motorlarda kullanımı teknik ve ekonomik analizi'', Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,(2007).
- 47.Ejder, S,B.,**'' Etanol - dizel, biyodizel - dizel yakıt karışımlarının kullanımının motor performansına etkilerinin deneysel araştırılması'', İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007).
- 48. H.Menrad., R.Wegener., H. Loeck.,** Sociecity of Automotive Engineers, 1, 1985.
- 49. B.M.Çeviköz.,** ''Alternatif Motor Yakıtları Ve Lpg'nin Motor Yakıtı Olarak Benzinle Deneysel Olarak Karşılaştırılması'', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi,1996.
- 50. Karabektaş, M.,Ergen, G.,**'' Soya Yağı Metil Esterinin Motor Performans Karakteristikleri Ve Nox Emisyonları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi'' , Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 21-26, (2007.)
- 51. Alpgiray, B.,**'' Kanola Yağının Diesel Motorunun Performansına Ve Emisyon Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi'', yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2006).
- 52. İlkılıç, C., Öner,C.,** '' Bir Dizel Motorunda Ayçiçek Yağı Metil Esteri ile Motorin Karışımı Kullanarak Egzoz Emisyonlarının İncelenmesi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(4), s579-588, (2003).
- 53. Keskin, A., Gürü, M., Altıparmak, D.,** Tall Yağı Biyodizelinin Dizel Yakıtı İle %90 Oranındaki Karışımının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak İncelenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 22(1), 57-63, 2007.
- 54.** <http://cozumotomotiv.com>, 02. 03.2010.
- 55.** <http://www.itow.org/fueladd.htm>
- 56. Xiaobin, L., Wallace, L.,** 'Effects of Cetane Enhancing Additives And İgnition Quality On Diesel Engine Emissions'', Society of Automotive Engineers, 125-136, 1997.
- 57.Çelikten, İ., Topgül, T., Şahin,F.,**'' Dizel Yakıtına Etanol-İzopropanol Ve Setan

Geliştirici Katkısının Performans Ve Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin İncelenmesi'', Gazi Üniversitesi, Makine Eğitimi, 06500

58. **İçingür, Y., Altıparmak, D.,**'' Effect of fuel cetane number and injection pressure on DI Diesel engine performance and emissions'', *Energy Conversion and Management*, 44, 389–397, (2002).
59. **Dr .C. G. Saravanan., S. Sivaprakasam., A. P. Sathiyagnanam., T. Nibin.,** '' Investigation on Emission Characteristics of a Diesel Engine using Oxygenated Fuel Additive'', *IE (I) Journal.MC*.
60. **V.Pirozfar., M. Saei Moghadam., A. Zaringhalam Moghadam.,**'' Comparing the influence of nitrogenated and oxygenated additives on diesel fuel properties, combustion performance and emissions'', Tarbiat Modarres University, Tehran.
61. **Elana M. Chapman., Andre Boehman., Kimberly Wain., Wallis Lloyd., Joseph M. Perez., Donald Stiver., Joseph Conway.,**'' Annual Technical Progress Report for Project Entitled "Impact of DME-Diesel Fuel Blend Properties on Diesel Fuel Injection Systems", The Pennsylvania State University The Energy Institute University Park, PA 16802, (2003).
62. <http://www.bibilgi.com/ansiklopedi/ORGANOMETALİK-BİLEŞİKLER>.
63. **Jeremy, T, Gidney., Marty, V, Twigg., David, B, Kittelson.,**'' Effect of Organometallic Fuel Additives on Nanoparticle Emissions from a Gasoline Passenger Car'', *Environ. Sci. Technol.* **2010**, 44, 2562–2569.2010.
64. <http://www.itow.org/fueladd.htm>.
65. **Keskin, A., Gürü,M., Altıparmak.,**'' Biodiesel production from tall oil with synthesized Mn and Ni based additives: Effects of the additives on fuel consumption and emissions'', *Fuel* 86 (2007) 1139–1143, (2006).
66. **Keskin, A., Gürü,M., Altıparmak.,**'' Influence of tall oil biodiesel with Mg and Mo based fuel additives on diesel engine performance and emission'', *Bioresource Technology* 99 (2008) 6434–6438, (2008).
67. **V.Pirozfar., M. Saei Moghadam., A. Zaringhalam Moghadam.,**'' Investigation on

effect of Mn and Ce metal additives on diesel fuel properties and emissions'', Department of Chemical Engineering, Tarbiat Modarres University, Tehran

- 68. R, G, Fazliakh., G, S, Shpiro., I, V, Sal nikova., E, V, Parfenov.,''**Antismoke Additives Manish, K, Nandi.,'' The Performance Of Dctertiary-Butyl Peroxide As Cetane Improver In Diesel Fuels'', ARCO Chemical Company, Newtown Square, PA 19073.
- 69. Gürü, M., Artukoğlu, D, B., Keskin, A., Koca, Atilla.,''** Biodiesel production from waste animal fat and improvement of its characteristics by synthesized nickel and magnesium additive''Energy Conversion and Management 50 (2009) 498–502.
- 70. İleri,A.,''** Sıvı yakıtlarda kullanılan katkı maddesi Petroyak F üzerine yapılan Deneysel Çalışma Buluşları''Sağlık ve Sosyal yardım Bakanlığı Hıfzısıha Okulu raporu No.15, Ankara,1980.
- 71.** <http://www.itow.org/fueladd.htm> .
- 72.** <http://www.katremadeniyag.com/genelbilgi.htm>.
- 73. D.S. Shukla, A.K. Gondal, P.C. Nautiyal.,''**Effect of metanol fuel contaminants in crankcase oils on wear'' *Volume 157, Issue 2, 15 September 1992, Pages 371-380.*
- 74. P.C. Nautiyal, A.K. Gondal, D. Kumar.,''**Wear and Lubrication Characteristics of a Metanol-Fuelled Compression İgnition Engine –A comparison With Pure Diesel and bifuel Operation'', *Volume 135, Issue 1, December 1989, Pages 67-78.*
- 75. Simon C. Tung, Hong Gao, ''** Tribological characteristics and surface interaction between piston ring coatings and a blend of energy-conserving oils and etanol fuels'', *Wear 255 (2003) 1276–1285.*
- 76.**<http://www.bibilgi.com/ansiklopedi/mangan>.
- 77.** http://www.dkv.com.vn/upload/tailieu/Cataloge_Dau_truc_chinh.pdf
- 78.** www.tupras.com.tr
- 79.** www.tobb.org.tr.
- 80. Uslu,K.,''** Dizel Motorlarında Farklı Püskürtme Avanslarında Dizel Yakıtı + Etanol

- Kullanımının Performans Ve Emisyonlara Etkisi'', Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2006).
81. Sayın,C.,''Engine performance and exhaust gas emissions of metanol and etanol–diesel blends'', Department of Automotive Engineering Technology, Marmara University, 34722 Istanbul, Turkey, (2010).
82. Bölük, E ., '' Diesel Motorlarda Emme Havaının Nemlendirilmesiyle NOx EmisyonununAzaltılması ve Nemlendirme İçin Tüketilen Enerji ile Egzoz Enerjisinin Karşılaştırılması'' Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi, (2006).
83. Sayin , C., İlhan, M., Canakci, M., Gumus M., ''Effect of injection timing on the exhaust emissions of a diesel engine using diesel–metanol blends'' Renewable Energy 34 (2009) 1261–1269, (2008).
84. Safgönül, B., Ergeneman, M., Arslan, H.E., Soruşbay, C., ''İçten Yanmalı Motorlar, Birsen Yayınevi, İstanbul,(1995).
85. Uyaroğlu A, Yücesu H,S., Çıtak,R., ''Piston Arızalarının Analizi'', Journal of Technical –Online volume 9, number 2-2010.
86. Bayraktar, H., ''An Experimental study on the performance parameters of an Experimental CI engine fueled with diesel-metanol-dodecanol blends'', Fuel 87, (2008).
87. Sürmen,A., Karamangil M,İ, Arslan,R., Motor Termodinamiği,Aktüel Yayınları, 2004.
88. Grant, Roger and Grant, Claire., Grant and Hockh's Chemical Dictionary (5th ed.), McGraw-Hill Book Company; 1987.
89. Can, Ö., Çelikten, İ., Usta, N., ''Effects of Etanol Addition on Performance And Emissions of A Turbocharged İndirect İnjection Diesel Engine Running At Different İnjection Pressures'', Energy Conversion And Management 45 (2004), 2429-2440.
90. Temizer, İ., '' Benzinli Motorlarda Katkı Maddeleri Ve Alternatif Yakıtlar'', Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Semineri, (2010).
91. Cesur, İ., Ayhan, V., Parlak, A., ''Farklı Yakıt Karışımlarının Segman-Silindir Çifti

Arasındaki Sürtünme Aşınma Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi'', Kayra
Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi'', (2005)

92. www.secpet.com.tr/uploads/products/files/mobil_pegasus705.pdf.

93. **Yardıı M.H.**,'' Motor Teknolojisi. Nobel YayınDağıtım'', 1. Basım. Mart. 2008.

94.**Hazar,H.**,''Characterization of MoN coatings for pistons in a diesel engine

Materials and Design, Volume 31, Issue 1, January 2010, Pages 624-627.

95. **Hazar, H.**,'' The experimental investigation of wear behaviour of a diesel engine with
cylinder having ceramic coated surface''. PhD thesis, Fırat University,
2004.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Elazığ'da tamamladı. 2008 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Otomotiv Öğretmenliği bölümünü bitirdi. 2008 yılında Muş Alparslan Üniversitesinde 1 yıl geçici Öğretim Görevliliği yaptı ve aynı zamanda Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi A.B.D' da yüksek lisansa başladı.