



MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YAKITLARDA FARKLI KATALİZÖRLERİN KULLANIMI ile
İÇTEN YANMALI MOTORLARDA PERFORMANS ve EMİSYON
DEĞİŞİMLERİ

MUSTAFA KAN BALTACIOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya / HATAY

Ocak-2012

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAKITLARDA FARKLI KATALİZÖRLERİN KULLANIMI ile İÇTEN
YANMALI MOTORLARDA PERFORMANS ve EMİSYON DEĞİŞİMLERİ**

Mustafa Kaan BALTACIOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Prof. Dr. Ergül YAŞAR danışmanlığında hazırlanan bu tez, 03 / 01 / 2012 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Ergül YAŞAR

Başkan

Yrd. Doç.Dr. Enver YILDIZ

Üye

Yrd. Doç.Dr. Serdar YILDIRIM

Üye

Bu tez Enstitümüz Makine Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Hüseyin GÖZÜBENLİ

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	I
ABSTRACT	II
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Etil Benzoat, Metil Benzoat ve Anisol Katkı Maddelerinin Özellikleri	9
3.1.2. Dizel Yakıtının Fiziksel Özellikleri	11
3.1.3. Katkı Maddeleri ile Dizel Yakıt Karışımının Hazırlanması	11
3.2. Yöntem	13
3.2.1. Dizel Motor Deney Düzenegi	13
3.2.2. Egzoz Emisyon Ölçümleri	15
3.2.3. Yoğunluk Ölçümü	16
3.2.4. Viskozite Ölçümü	16
3.2.5. Setan Sayısı Ölçümü	17
3.2.6. Parlama Noktası Ölçümü	18
3.2.7. Akma Noktası Ölçümü	18
3.2.8. Isıl Değer Ölçümü	19
3.2.9. Bakır Korozyon Ölçümü	20
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	21
4.1. Etil Benzoat Katkılı Dizel Yakıtlar	21
4.1.1. Yakıt Özellikleri	21
4.1.2. Motor Performansı	23
4.1.3. Egzoz Gazı Emisyonları	25
4.2. Metil Benzoat Katkılı Dizel Yakıtlar	28
4.2.1. Yakıt Özellikleri	28
4.2.2. Motor Performansı	29
4.2.3. Egzoz Gazı Emisyonları	32
4.3. Anisol Katkılı Dizel Yakıtlar	34
4.3.1. Yakıt Özellikleri	34
4.3.2. Motor Performansı	36
4.3.3. Egzoz Gazı Emisyonları	38
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR	43
TEŞEKKÜR	45
ÖZGEÇMİŞ	46

ÖZET

YAKITLARDA FARKLI KATALİZÖRLERİN KULLANIMI ile İÇTEN YANMALI MOTORLARDA PERFORMANS ve EMİSYON DEĞİŞİMLERİ

Bu çalışmada anisol ($\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_5$), etil benzoat ($\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$) ve metil benzoat ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOCH}_3$), standart dizel yakıtları ile hacimsel olarak %1,5, % 3 ve %5 oranlarında karıştırılarak dizel motorlarda kullanılmasının motor performans ve egzoz emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmada katkı olarak kullanılan anisol, etil benzoat ve metil benzoatın dizel yakıt özelliklerine etkileri analiz edilmiş ve bu etkiler grafiklerle karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır. Katkı maddelerinin motor performansına etkileri sebepleriyle ortaya konmuştur. Ayrıca çevreye zararlı olan NO_x , CO_2 ve CO gibi emisyon gazlarının salınımını en aza indirmiş katkı maddesi optimum karışım oranı ile tespit edilmiştir. Çalışmalar esnasında yanma analiz motoru tam yük ve değişik devirlerde yüklere tabi tutulmuştur. Motor gücü, tork, özgül yakıt tüketimi, karbon monoksit, azot oksit ve karbon dioksit salınımları grafikler halinde karşılaştırmalı olarak sunulmuş ve yorumları yapılmıştır.

2012, 46 sayfa

Anahtar Kelimeler:Egzoz Emisyonları, Dizel Motor Performansı, Yakıt Özellikleri, Yakıt Tüketimi, Katkı maddeleri

ABSTRACT**PERFORMANCE AND EMISSION CHANGES ON INTERNAL COMBUSTION ENGINES BY USING DIFFERENT ADDITIVES**

In this study, anisole ($\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_5$), ethyl benzoate ($\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$) and methyl benzoate ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOCH}_3$) were blended with standard diesel fuel at the volumetric ratio of %1,5, %3, %5 to research the effects of additives to performance and emissions on diesel engines. In the present study, effects of using anisole, ethyl benzoate and methyl benzoate as additives to diesel fuel properties have examined, these effects have been interpreted as comparative graphs. Effects of additives to the engine performance has presented with reasons. Also with optimum mixing ratio, additive is determined which minimize release of emission gases such as NO_x , CO_2 and CO that are harmful to the environment. During studies combustion test engine worked with full load, subjected to different cycle loads. Engine power, torque, specific fuel consumption, carbon monoxide, nitrogen oxide, carbon dioxide emissions are presented by graphics with comparison and commented.

2012, 46pages

KeyWords: Emissions, Performance, Fuel Properties, Fuel Consumption, Additives

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A	Anisol
API	Amerikan Petrol Enstitüsü
$C_6H_5COOCH_3$	Metil benzoat
$C_9H_{10}O_2$	Etil benzoat
$CH_3OC_6H_5$	Anisol
CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbon dioksit
D	Dizel
DI	Dizel motor
DPF	Dizel partikül filtre
EB	Etil benzoat
EGR	Ekzoz gaz resirkülasyonu
FÖYT	Fren özgül yakıt tüketimi
GKK	Gaz kolu konumlarında
HC	Hidrokarbon
MB	Metil benzoat
MEA	Metoksietil asetat
Nm	Newton metre
NO _x	Azot oksit
ÖYT	Özgül yakıt tüketimi
PM	Partikül madde
SCR	Seçici katalitik indirgeme

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Otomobiller için euro standartları	2
Çizelge 3.1. Etil benzoatın kimyasal ve fiziksel özellikleri	10
Çizelge 3.2. Metil benzoatın kimyasal ve fiziksel özellikleri	10
Çizelge 3.3. Anisolün kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	10
Çizelge 3.4. Dizel yakıt özellikleri.....	11
Çizelge 3.5. Yakıt karışımlarının katkı maddesi içerikleri	12
Çizelge 3.6. Mitsubishi canter 4d34-2a motor özellikleri.....	13
Çizelge 3.7. Dinamometrenin teknik özellikleri	14
Çizelge 4.1. Etil benzoat katkılı dizel yakıt özellikleri	21
Çizelge 4.2. Metil benzoat katkılı dizel yakıt özellikleri	28
Çizelge 4.3. Anisol katkılı dizel yakıt özellikleri.....	35

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Euro standartlarına bağlı NO _x ve PM azalımı	3
Şekil 3.1. Katkı maddeleri.....	9
Şekil 3.2. Karışımların hazırlanışı.....	12
Şekil 3.3. Deney düzeneği (Mitsubishi Canter 4d34-2a)	14
Şekil 3.4. Deney düzenek şeması.....	15
Şekil 3.5. Testo 350 XL	15
Şekil 3.6. Kyoto elektronik DA-130 yoğunluk ölçüm cihazı	16
Şekil 3.7. Tanaka AKV-202 kinematik vizkozite ölçüm cihazı.....	17
Şekil 3.8. Zeltex ZX 440 setan ve indeks ölçüm cihazı	17
Şekil.3.9. Tanaka otomatik pensky-martens kapalı kap parlama noktası ölçüm cihazı.....	18
Şekil 3.10. Tanaka MPC-102 L.....	19
Şekil 3.11. IKA-Werke C2000 kalorimetre (a) ve cihaz aparatları (b).....	20
Şekil 3.12. Koehler K25330 bakır korozyon tayin cihazı (a) ve Bakır çubuk ASTM korozyon standartları (b)	20
Şekil 4.1. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için Motor Hızı-Güç değişimi.....	23
Şekil 4.2. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için Motor Hızı-Tork değişimi.....	24
Şekil 4.3. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için Motor Hızı-ÖYT değişimi	25
Şekil 4.4. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için Motor Hızı-CO değişimi.....	26
Şekil 4.5. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için Motor Hızı-NO _x değişimi	27
Şekil 4.6. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için Motor Hızı-CO ₂ değişimi	27
Şekil 4.7. Metil benzoat (MB)-dizel karışımı için Motor Hızı-Güç değişimi.....	30
Şekil 4.8. Metil benzoat (MB)-dizel karışımı için Motor Hızı-Tork değişimi	31
Şekil 4.9. Metil benzoat (MB)-dizel karışımı için Motor Hızı-ÖYT değişimi	31
Şekil 4.10. Metil benzoat (MB)-dizel karışımı için Motor Hızı-CO değişimi.....	32
Şekil 4.11. Metil benzoat (MB)-dizel karışımı için Motor Hızı-NO _x değişimi	33

Şekil 4.12. Metil benzoat (MB)--dizel karışımı için Motor hızı-CO ₂ değişimi	34
Şekil 4.13. Anisol (A)--dizel karışımı için Motor Hızı-Güç değişimi	36
Şekil 4.14. Anisol (A)-dizel karışımı için Motor Hızı-Tork değişimi	37
Şekil 4.15. Anisol (A)-dizel karışımı için Motor Hızı-ÖYT değişimi	38
Şekil 4.16. Anisol (A)-dizel karışımı için Motor Hızı-CO değişimi	39
Şekil 4.17. Anisol (A)-dizel karışımı için Motor Hızı-NO _x değişimi	40
Şekil 4.18. Anisol (A)-dizel karışımı için Motor Hızı-CO ₂ değişimi	40

1. GİRİŞ

Enerji ihtiyacına olan talep, enerji kaynaklarının araştırılmasını ve mevcut enerji kaynaklarının en iyi şekilde değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu nedenle sanayileşmiş ve sanayileşmekte olan ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacı ile yeni enerji kaynaklarına yönelmektedirler. Bunun yanında ülkelerin enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla çevre bilincinin korunması, verimliliğin artırılması, kaynak çeşitliliğinin ve sürekliliğinin sağlanması da önem kazanmaktadır. Özellikle motorlu taşıtlardan çevreye yayılan egzoz emisyonlarını azaltmak için hazırlanan yasal sınırlamalar egzoz 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 (Hazar, 2011).

Mevcut enerji kaynaklarının hızla tükenmekte olması, taşıtlarda kullanılacak alternatif yakıt tipleri konusunda araştırmalar yapılmasını gerektirmiştir Hidrokarbon esaslı yakıtların yanması sonucu açığa çıkan; CO, HC, NO_x ve partikül emisyonları atmosferi kirleterek ciddi sağlık problemleri oluşturmaktadırlar. Karbon ihtiva eden yakıtları yakan sabit motorlar, endüstriyel motorlar ve evsel kazanlar gibi kaynaklardan çıkan atık gazların hava kirliliği oluşturmadaki katkıları her ne kadar büyükse de, yapılan istatistikler sonucunda büyük şehirlerde motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğinin toplam hava kirliliği içindeki payının %50'lere ulaştığı bilinmektedir (Sayın ve diğerleri, 2005).

Atmosferde sera gazına neden olan emisyon kaynaklarından biri de içten yanmalı motorlardır. İçten yanmalı motorların çoğunda ham petrolden elde edilen sıvı yakıtlar kullanılmaktadır. 1970 yılına kadar üretilen motorlar fosil kökenli yakıtlarla çalışacak şekilde geliştirilmiştir. Özellikle 1973 petrol krizi ve 1991 körfez savaşından sonra dünya petrol fiyatları aşırı derecede yükselmiştir. Petrol fiyatları ve taşıt sayısının artmasıyla birlikte yakıt temininde karşılaşılan güçlüklerde giderek artmıştır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirletici emisyonların azaltılması için 2008 yılına kadar Avrupa

otomobil firmaları, 140 g/km'den daha az CO₂ emisyonu açığa çıkaran taşıt üretimine zorlanmaktadır. Bu yaklaşım 1990 yılı ile kıyaslandığında %25 azalmayı öngörmektedir. Geçmiş yıllarda motor üreticileri için motorun gücünün artırılması ve motorun düzenli çalışması yeterli görülürken son 30 yıl içerisinde motor tasarımında yapılan çalışmalarda, egzoz emisyonlarına getirilen düzenlemeler ve petrol rezervlerinin yakın gelecekte bitecek olması da dikkate alınmıştır(Eyidoğan, 2009).

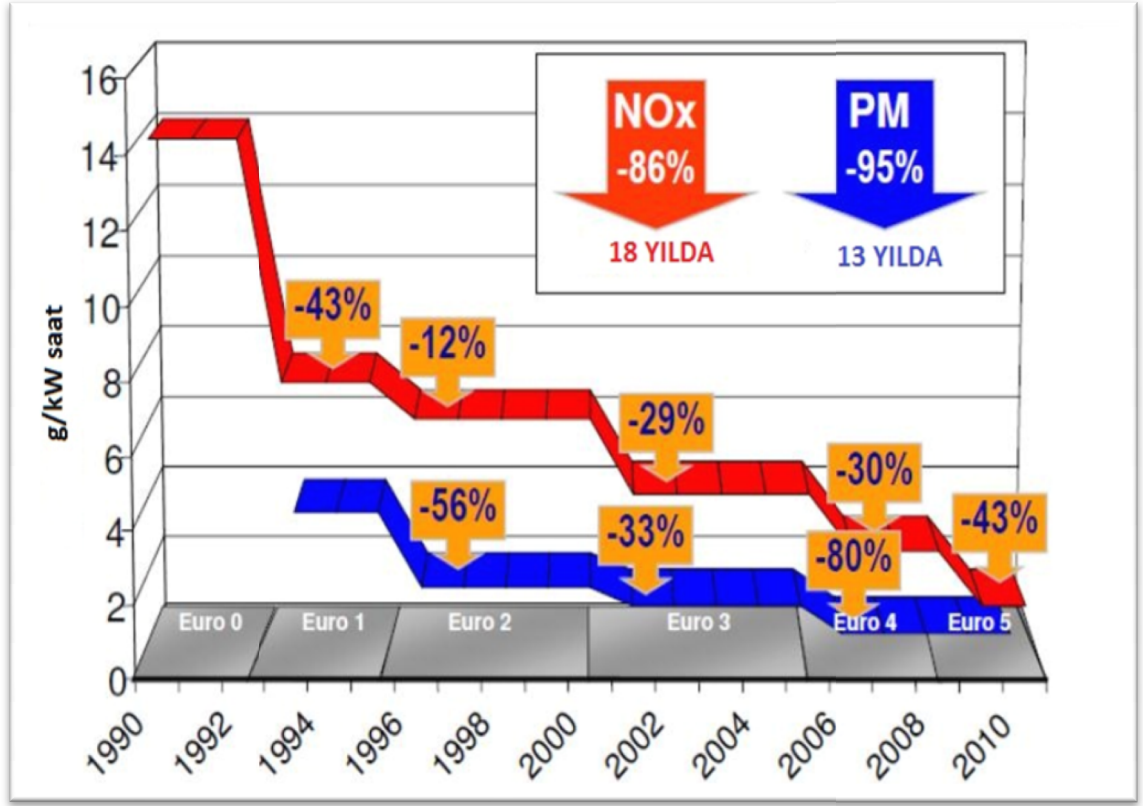
Yapılan çalışmalar ve teknolojiye kaydedilen gelişmeler ışığında çeşitli katkı maddelerini yakıtlarla karıştırılarak istenilen değerleri elde etmeye yönelik olmuştur. Bu çalışmanın en önemli katkılarından biride daha çevreci ve geri dönüşüm niteliği taşıyan biyodizel yakıtların olumsuz yanı olan NO_x emisyon artış eğilimini değiştirme özelliğidir. Bu durum alternatif yakıtların temel problemlerindedir. Dolayısı ile dizelde sağlanan CO ve NO_x salınımı düşüşü, katkı maddelerinin biyo yakıtlarda da uygulanabilir olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Yapılan düzenlemeler ile Avrupa ülkeleri için otomobil euro standartları Çizelge 1.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 1.1. Otomobiller için euro standartları (en.wikipedia.org)

Otomobiller	CO(g/km)		HC(g/km)		NO _x (g/km)		PM(g/km)	
	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin
Euro 1	2,72	2,72	-	-	-	-	0,14	-
Euro 2	1	2,2	-	-	-	-	0,08	-
Euro 3	0,64	2,3	-	0,2	0,5	0,15	0,05	-
Euro 4	0,5	1	-	0,1	0,2	0,08	0,025	-
Euro 5	0,5	1	-	0,1	0,18	0,06	0,005	0,005
Euro 6	0,5	1	-	0,1	0,08	0,06	0,005	0,005

Şekil 1.1.'de Euro standartlarına bağlı NO_x ve partikül madde(PM) emisyonlarının 20 yıl içerisindeki değişimi gösterilmiştir. Görülmektedir ki emisyon gazlarının global ısınmanın ozon tabakasına verdiği zarar ve oluşturduğu sera etkisini azaltmak amacıyla, gelişen teknolojinin yardımları ile %85-95 gibi çok yüksek oranlarda indirgemeler sağlanmıştır.



Şekil 1.1. Euro standartlarına bağlı NO_x ve PM azalımı (Dönmez, 2009)

Emisyonları minimize edebilmek için başlıca 2 yöntem vardır.

1. Yanma esnasında oluşan emisyonların, motor içerisinde engellenmesi.
2. Yanma esnasında oluşan emisyonların motor dışında egzoz borusuyla atmosfere bırakılmadan önce azaltılması.

Yanma esnasında motor içerisinde emisyonları engellemek için,

- Hava/Yakıt oranının uygun olması,
- Üretim aşamasında yanma odası boşluk hacimlerinin minimize edilmesi,
- Silindir, piston ve emme manifoldunda oluşan tortuların engellenmesi,
- Yakıt enjeksiyon sisteminde gelişmeler,
- Egzoz gazı resirkülasyonu(EGR)
- Silindir içi hava hareketlerinin (türbülans, swirl ve thumbev.s.) uygun olması gereklidir.

Yanma sonrası emisyonları gidermek için birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlar;

- 3 yollu katalitik konvertörler,
- Seçici katalitik indirgeme (SCR),
- Dizel Partikül Filtre (DPF),
- Oksidasyon katalizörü,
- De-NO_x katalizörü

yöntemleridir.

Bu çalışmadaki genel amaç kullanılan katkı maddelerinin, sanayi, ulaşım ve diğer sektörlerde yaygın tüketim alanına sahip dizelin çevreye olan zararını azaltmak ve ekonomik yönden daha avantajlı hale getirmektir. Katkı maddeleri %1,5, 3 ve 5 hacimsel oranlarında dizel yakıtı ile karıştırılmıştır. Yoğunluk, parlama noktası, donma noktası, viskozite, setan sayısı, ısıl değer ve bakır korozyon gibi yakıt özellikleri testlerine tabi tutulmuştur. Çalışmalar EN 590 ve ASTM standartlarına uygun cihazlarla yapılmıştır. Yakıt özelliklerine ek olarak motor performans ve ekzozemiyon analizleri tüm oranlardaki katkılı yakıtlar için gerçekleştirilmiştir.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sönmez (2006) yaptığı çalışmada, tek silindirli bir dizel motorunun emme havası içerisine değişik miktarlarda saf oksijen vererek karışımı zenginleştirmiştir. Değişik yüzdelerde (%22, %23, %24) oksijence zenginleştirilmiş karışımın motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Sabit devir ve yükte yapılan deneyler sonucunda emme havasının oksijence zenginleştirilmesiyle bütün Gaz Kolu Konumlarında (GKK) güç ve momentte bir artış, özgül yakıt tüketiminde iyileşme olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca is emisyonu, hidrokarbon ve karbon monoksit emisyonları önemli ölçüde azalırken, NO_x emisyonlarında artış gözlemlenmiştir.

Türkcan (2006) içten yanmalı motorlar üzerine yaptığı araştırmada, motor performansını arttırmak, yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarının azaltmak aynı zamanda alternatif yakıt kullanımını geliştirmeye yöneliktir. Bu araştırmada çok hızlı değişen silindir gaz basıncı ve yakıt enjeksiyon hattı basıncı gibi bazı değişkenlerin gözlemlenmesi ve kaydedilmesi gerektiğini ve bu durumun motor testleri için oldukça önemli olduğunu ifade etmiştir. Bu durum motor testleri için oldukça önemlidir. Çalışmasında; içten yanmalı bir dizel motorun tork, güç ve fren özgül yakıt tüketiminin ölçülmesi ve yanma analizinin yapılabilmesi için bir motor test sistemini kurmuş ve yüksek örnekleme oranına sahip bir veri toplama sistemi ile silindir ve enjeksiyon hattı basınç verileri 0,25° krank açısı çözünürlüğünde toplamıştır. Yanma analizi için elli çevrimin ortalamasını hesaplamıştır. Bununla birlikte silindir ve enjeksiyon hattı basınçlarını kullanarak ısı dağılımı ve tutuşma gecikmesinin analizlerini yapmıştır.

Yanfeng (2006) çalışmasında 2-metoksietil asetatı, (MEA) oksijenli katkı maddesi olduğundan dolayı dizel egzoz dumanını azaltmaya yönelik çalışmalar yapmak üzere kullanmıştır. %10, 15 20 MEA içeren yakıt karışımlarını hazırlamış ve analizlerini yapmıştır. İncelemelerini tek silindirli bir dizel motorda yapmış, MEA' nın motor gücüne, yakıt ekonomisine, emisyon ve yanma özelliklerine etkilerini belirlemiştir. Katkılı karışımların, aynı motor hızı ve yükleme koşulları altında değerlendirildiğinde, silindir basıncının en yüksek değerinin düştüğü, ateşleşmesinin geciktiği ve yanma süresinin kısaldığını belirlemiştir. MEA katkılı yakıt kullanıldığında egzoz emisyonu hidrokarbon ve karbon monoksit salınımlarında azalma, bunun yanında

NO_x emisyonu az miktarda artış tespit etmiştir. Ayrıca MEA katkılı yakıt kullanıldığında motor gücünün %5 azaldığı, ısı veriminin %2 arttığı sonucuna ulaşmıştır. MEA15 yakıtı ile duman yoğunluğunda %50 azalma sağlayabilmiştir.

Kızıltan (2008) yaptığı deneylerde, sıkıştırma oranı değiştirilebilir, tek silindirli, su soğutmalı Farryman1977 tipi bir CFR Dizel motor kullanmıştır. Öncelikle normal dizel yakıtla çeşitli sıkıştırma oranlarında performans ve emisyon deneyleri yapmış, daha sonra aynı sıkıştırma oranlarında biyodizel/dizel karışımı ile aynı deneyi tekrarlamıştır. Bu iki yakıt için elde etmiş olduğu deney sonuçlarını birbirleriyle karşılaştırılarak, sıkıştırma oranının ve yakıt tipinin motor performansına ve diğer emisyon değerlerine etkisine ait sonuçlar elde etmiştir. Deney sonucunda elde ettiği sonuçları performans ve emisyon sonuçları olarak gruplandırmıştır. Performans sonuçlarında sıkıştırma oranı 17,13 haricinde hemen tüm sıkıştırma oranlarında ve tüm yüklerde B15 yakıtı ile daha iyi güç, moment ve özgül yakıt sarfiyatı değerleri elde etmiştir. Ancak hem B15 hem de dizelin performansları artan sıkıştırma oranıyla birlikte azalmakta olduğu sonucuna ulaşmıştır. Her iki yakıt içinde en iyi performans değerlerini sıkıştırma oranı 17,13' te elde etmiştir. Çalışmasında, B15' in HC emisyonu değerleri tüm sıkıştırma oranlarında dizele kıyasla daha iyi olduğunu belirlemiştir. NO_x emisyonu miktarının ise sıkıştırma oranı 17,13 hariç tüm sıkıştırma oranlarında dizele kıyasla daha kötü olduğunu tespit etmiştir. CO ve CO₂ emisyonları için kesin bir şey söyleyememektedir. Her iki yakıt için de sıkıştırma oranı arttıkça CO ve HC emisyonlarının artmış; NO_x emisyonu miktarının azalmış olduğuna değinmiştir.

Sayın (2010) yapmış olduğu çalışmada metanol ve etanolün %5 ve %10 oranlarında dizel yakıtlarla karışımının performans ve emisyon etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Bu çalışmada tek silindirli, dört zamanlı dizel motor kullanmıştır. Testlerini 1000-1800 dev/dak, 30Nm sabit tork değerlerinde yapmıştır. Elde ettiği sonuçlarda, özgül yakıt tüketimi ve azot oksit emisyonları artarken ısı verim, karbon monoksit emisyonları ve toplam hidrokarbon değerlerinin azalmış olduğunu belirlemiştir. Katkı maddesi olarak alkollerin seçilmesinin belirli sebepleri ve avantajları mevcuttur. Başlıca faydaları aşağıdaki maddeler halinde sunmuştur,

- Dizele yakıtlara kıyasla daha düşük viskoziteye sahiptir. Bu sayede enjeksiyonu, yanması ve hava ile karışım oluşturması kolaydır,

- Yüksek stokiyometrik hava-yakıt oranı, yüksek oksijen içeriği, H/C oranının yüksek olması ve düşük sülfür ihtivasi daha az emisyon salınımı sağlar,
- Buharlaştırma sırasında yüksek soğutma etkisine sahiptir ki bu özellik yanma odasına alımda ve sıkıştırma sırasında yardımcı olur. Motorun hacimsel verimini arttırırken, sıkıştırma sırasında harcanacak işi azaltır,
- Alev yayılma hızı daha yüksek olduğundan dolayı yanma işleminin daha kısa sürede tamamlanmasını sağlar ki bu durum ısı verimin artmasını sağlar.

Özcanlı ve ark. (2011) çalışmasında 3 silindirli, dört zamanlı dizel motor ile tam yükleme ile yapmıştır. Çalışmasında kullandığı yakıtı, terementiyağından üretilen biyodizel yakıtı, dizel yakıt ile karıştırarak oluşturmuştur. Elde etmiş olduğu sonuç, gücütüm biyodizel katkı oranları için yüksek motor hızlarında azalmış olduğudur. Özgül yakıt tüketimi, yakıttaki biyodizel oranına bağlı olarak yükselmiştir. Genel biyodizelekzozemisyon eğilimi sağlamayı başarmıştır. Deneyler sonucunda CO ve CO₂ emisyonları sırası ile %34,54 ve 10,69 oranlarında azaldığını, NO_x emisyonunun ise %32,97 oranında artmış olduğunu tespit etmiştir.

Özer ve ark. (2011) çalışmalarında, kanola yağı metil esteri standart dizel yakıtı karışımlarının, tek silindirli sıkıştırma ile ateşlemeli direk püskürtmeli hava ile soğutmalı bir motorda alternatif yakıt olarak kullanılmasının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemiştir. Standart dizel yakıtının içerisine hacimsel olarak %25, %50, %75 oranında kanola yağı metil esteri koyarak, tam yük, değişik devir testlerine tabi tutmuş; motor gücü, motor momenti, fren özgül yakıt tüketimi (FÖYT), karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), ve duman yoğunluğunu grafikler halinde karşılaştırmalı olarak sunmuştur. Çalışmanın standart dizel yakıtının içerisine katılan kanola yağı metil esteri arttıkça; motor gücünde ve motor momentinde azalma, fren özgül yakıt tüketiminde artma olduğu, CO ve HC emisyonunda azalma, NO_x emisyonlarında ve duman yoğunluğunda artma olduğu sonuçlarını gözlemlemiştir.

Demirci ve ark. (2011) biyodizel, petrol kaynaklı motorin ile her oranda karıştırılabildiğini ve bu özelliğin, petrol kaynaklı motorinin kalitesini yükselttiğini belirtmişlerdir. Yanma sonucu oluşan çevreye zararlı emisyon değerlerini azalttığını, motordaki yağlanma derecesini arttırdığını ve motor gücünü azaltan birikintileri çözebildiği sonucuna ulaşmışlardır. Biyodizeli; temiz, kuru, karanlık bir ortamda depolanması, aşırı sıcaktan korunması ve saklanması gerektiğini, depo tankı malzemesi

olarak, yumuşak elik, paslanmaz elik, florlanmış polietilen ve florlanmışpolipropilenin seebilebileceğini,depolama, taşıma ve motor malzemelerinde, bazı elastomerlerin, doğal ve butil kauçukların kullanımının sakıncalı olduğunu; sebebinin ise biyodizelin bu malzemeleri parçalaması olduğunu belirtmiştir. Biyodizel ve dizel karışımları, dizelden daha yüksek akma ve bulutlanma noktasına sahip olduğundan dolayı yakıtların soğukta kullanımında sorun teşkil ettiğini,uygun katkı maddeleri kullanımı ile biyodizelin akma ve bulutlanma noktaları düşürülebileceğini çalışmasında paylaşmıştır. Biyodizel-dizel yakıtı +4  C derecede harmanlanması gerektiğini,harmanlama işlemi yapılırken, soğumaya bağlı kristal yapılar oluşursa, bulutlanma noktası üzerine ısıtılması ve karıştırılması gerektiğine vurgu yapmaktadır.

Cılvınız (2011)alışmasında yeni üretilen dizel motorların egzoz emisyonlarına getirilen sıkı kısıtlamaları göz önüne alarak, bu çalışmada, metanol ve dizel yakıt karışımları, sıkıştırma ateşlemeli, dört silindirli, dört zamanlı, direkt enjeksiyonlu, turbo şarjlı dizel motor kullanarak, motor performansı ve egzoz emisyonları deneysel olarak test etmiştir. Hacimsel olarak %0, 5, 10 ve 15 oranlarında metanol içeren dizel yakıtlar kullanmıştır. Testlerini 1000-2700 dev/dak aralığında değişen farklı motor hızlarında, motor test dinamometresi ile gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak, ısıl verim, karbon monoksit ve hidrokarbon değerlerinin katkısız dizele göre azalırken, yakıttaki katkı oranı arttıķa özgül yakıt tüketimi ve azot oksit emisyonlarının azalmış olduğunu gözlemlemiştir

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Deneylerde kullanılan materyaller, dizel yakıt içerisine konulan biyoyakıt yapıcı, yakıtın fiziksel parametrelerini değiştiren anisol ($\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_5$), etil benzoat ($\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$) ve metil benzoat ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOCH}_3$) kimyasallarıdır(şekil 3.1).



şekil 3.1. Katkı maddeleri

Bu materyaller, deney esnasında dizel yakıtı içerisine farklı hacimlerde konularak, hacim değişikliklerinin yakıtta, performans ve emisyonla etkileri incelenecektir.

3.1.1. Etil Benzoat, Metil Benzoat ve Anisol Katkı Maddelerinin Özellikleri

Dizel motorlarda kullanılan yakıtların belirli özelliklere sahip olması istenir, katkı maddeleri aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurularak tercih edilmiştir. Bunlar,

- Uygun viskoziteli,
- Yeterli buharlaşma enerjili,
- Vuruntuya karşı mukavemetli,
- Egzoz emisyonları az,

- Çinkoya karşı aktivitesi az,
- Akma noktası kullanım şartlarına uygun ve donmaya karşı dayanıklı,
- Tutuşma noktasının düşük olmalarıdır.

Ayrıca yakıt ve yanma ürünleri korozyona sebep olmamalıdır.

Etil benzoat, metil menzoat ve anisolkatki maddelerinin kimyasal ve fiziksel özellikleri sırası ile Çizelge 3.1., 3.2. ve 3.3. 'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Etil benzoatın kimyasal ve fiziksel özellikleri(www.thegoodscentcompany.com)

Kimyasal Formül	$C_9H_{10}O_2$
Kaynama Noktası (@760.00mm Hg)	212.00-214.00°C
Buhar Basıncı (@25°C)	0,267mm/Hg
Parlama Noktası	87,78°C
Erime Noktası	-35°C

Çizelge 3.2. Metil benzoatın kimyasal ve fiziksel özellikleri(www.inchem.org)

Kimyasal Formül	$C_6H_5COOCH_3$
Kaynama Noktası (@760.00mm Hg)	198.00-200.00°C
Buhar Basıncı (@39°C)	1mm/Hg
Parlama Noktası	83°C
Erime Noktası	-12°C

Çizelge 3.3. Anisolün kimyasal ve fiziksel özellikleri (J.T.BakerMaterialSafety Data Sheet)

Kimyasal Formül	$CH_3OC_6H_5$
Kaynama Noktası (@760.00mm Hg)	156°C
Buhar Basıncı (@42°C)	10mm/Hg
Parlama Noktası	52°C
Erime Noktası	-37°C

3.1.2. Dizel Yakıtın Fiziksel Özellikleri

Çalışmaların dizel motor ve yakıtta denenmesinin başlıca sebepleri gün geçtikçe artan akaryakıt fiyatları göz önünde bulundurulduğunda, dizelin benzine kıyasla daha ucuz olması, %30 daha az yakıt harcaması, yangın tehlikesinin daha az olması, motor verimi ortalama %15 daha iyi olması, egzoz gazlarının daha çevreci olması gösterilebilir. Yakıt ekonomisi ön planda tutulduğu takdirde petrol içermemesine rağmen biyodizel yakıtlar saf olarak veya her oranda petrol kökenli dizelle karıştırılıp yakıt olarak kullanılabilir. Biyodizel yakıtların, dizelle benzer koşullarda taşınabilir, kullanılabilir ve depolanabilir olmaları buna olanak sağlamaktadır. Dikkat çeken dezavantajı NO_x emisyon değerini arttırmalarıdır. Bu çalışmada kullanılan katkı maddeleri biyo yakıtların bu dezavantajını da ortadan kaldırmayı hedeflemektedir. Başarılı olunması halinde ileride yapılacak diğer çalışmalara yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Çizelge 3.4.' de deneyler sırasında kullanılmış olan dizel yakıtın fiziksel özellikleri sunulmuştur.

Çizelge 3.4. Dizel yakıt özellikleri

Analizler	Dizel
Yoğunluk 15°C'de (kg/m ³)	0.830
Setan Sayısı	56.003
Isıl değer (cal/g)	11008
Akma noktası (°C)	-33
Parlama noktası (°C)	63
Viskozite 40°C'de (cSt)	2.488
Bakır şerit korozyon	1a

3.1.3. Katkı Maddeleri ile Dizel Yakıt Karışımının Hazırlanışı

Bu çalışmada, etil benzoat, metil benzoat ve anisol olmak üzere üç farklı katkı maddesi hacimsel olarak %1,5, 3 ve 5 oranların dizel (Çizelge 3.5.) ile homojen bir karışım elde etmek amacı ile Yellowline OS 10 dairesel karıştırıcı ile yarım saat

çalkalanmıştır (Şekil 3.2.). Karışımın homojen olması son derece önemli olduğundan dolayı bu işlem önem arz etmektedir. Karışımlar, karıştırıcıdaki işlemden geçirilmelerinin akabinde yakıt analiz testlerine tabi tutulmuştur. Ölçümlerin güvenilirliği açısından beklemeye bırakılan numunelere 3 saat sonra aynı testler uygulanmıştır.



Şekil 3.2. Karışımların hazırlanışı

Çizelge 3.5. Yakıt karışımlarının katkı maddesi içerikleri

Örnek No	Örnek	Katkı Maddesi (ml)	Dizel (ml)	Toplam (ml)
1	%1,5 EB+%98,5 D	15	985	1000
2	%3 EB+%97 D	30	970	1000
3	%5 EB+%95 D	50	950	1000
4	%1,5 MB+%98,5 D	15	985	1000
5	%3 MB+%97 D	30	970	1000
6	%5 MB+%95 D	50	950	1000
7	%1,5 A+%98,5 D	15	985	1000
8	%3 A+%97 D	30	970	1000
9	%5 A+%95 D	50	950	1000

3.2. Yöntem

3.2.1 Dizel Motor Deney Düzeneği

Deneyisel çalışmalar Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü Otomotiv Mühendisliği Yakıt ve Yanma Laboratuvarları' nda bulunan Mitsubishi Canter 4D34-2A (Şekil 3.3 ve 3.4.), 1800 dev/dak 295 Nm maksimum tork üretebilen dört silindirli ve dört zamanlı dizel motor kullanılarak yapılmıştır.

Çalışmalarda kullanılan motor özellikleri Çizelge 3.6.'da sunulmaktadır. Test motorundan elde edilen maksimum tork değeri (T_{max}) ve maksimum fren gücü değerleri (MBP) motorda kullanılan yakıtla ilgili olarak değişiklik gösterirler. Motor torkunun ölçümünde laboratuvarında bulunan ve motor miline bağlı olan hidrolik dinamometre kullanılmıştır. Deney düzeneğinde bulunan dinamometre özellikleri ise Çizelge 3.7.'de sunulmaktadır.

Çizelge 3.6. Mitsubishi canter 4d34-2a motor özellikleri

Marka	Mitsubishi Canter
Model	4D34-2A
Tip	Doğrudan enjeksiyonlu dizel
Hacmi	3907cc
Silindir İç Çapı	104 mm
Strok	115 mm
Güç	89kW → 3200 dev/dak.
Tork	295Nm → 1500 dev/dak.
Soğutma	Su soğutmalı
Ağırlık	325 kg

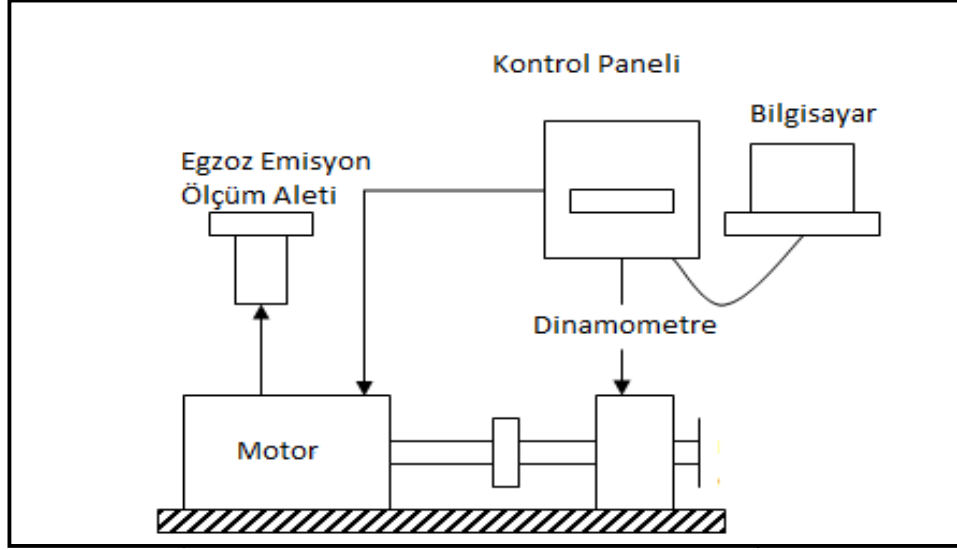
Çizelge 3.7. Dinamometrenin teknik özellikleri

Tork Aralığı	0-1700 Nm
Hız Aralığı	0-7500 dev/dak
Gövde Ağırlığı	45 kgf
Toplam Ağırlık	110 kgf
Gövde Çapı	350 mm
Tork Kolu Uzunluğu	350 mm



Şekil 3.3. Deney düzeneği (Mitsubishi Canter 4d34-2a)

Deneyde kullanılan manyetik alıcılar ilk hamle hızını tespit etmek için kullanılan hız algılayıcılarıdır. Sinyal oluşturacak malzeme, manyetik alıcıdaki manyetik alandan geçerken bir gerilim farkı oluşturur. Bu gerilim farkının frekansı sinyale dönüştürülerek ilk hamle hızını tespit etmemizi sağlar. S tipi yük hücresi basınç sensörleri, dinamometredeki torku ölçmede kullanılmıştır. Dinamometre 1/3000 hassasiyette paslanmaz çeliktendir. Dinamometre kontrol ünitesi, sistemde kullanılan tüm bilgileri toplamada ve ulaştırmaya yarayan kısımdır.



Şekil 3.4. Deney düzenek şeması

3.2.2. Egzoz Emisyon Ölçümleri

Egzoz emisyon ölçümlerinde TESTO 350 XL (Şekil 3.5.) gaz analizörü kullanılmıştır. Emisyon bilgileri bir bilgisayar programı yardımıyla toplanmıştır. Gaz analizörünün ölçüm hassasiyeti CO için ± 10 ppm, CO₂ için 1% ve NO_x için ± 1 ppm'dir. Gaz analizörünün ölçüm kapasitesi CO için 0-10000 ppm, CO₂ için 0-50% emisyon ve NO_x için 0-3000 ppm'dir.



Şekil 3.5. Testo 350 XL

3.2.3. Yoğunluk Ölçümü

Yoğunluk ölçümü Kyoto Elektronik DA-130 tipi yoğunluk ölçüm cihazı ile yapılmıştır(Şekil 3.6.). Bu cihaz yoğunluk ölçmede rezonans frekansı yöntemini kullanmaktadır. Aynı zamanda cihaz, özgül ağırlık, API ağırlığı, % Brix oranı, alkol hacim ve kütle oranları ölçümleri yapabilmektedir. Cihazın ölçüm aralığı 0 - 2 g/cm³ ve 0°-40 °C olup, ± 0.001 g/cm³ duyarlılığa sahiptir. Yoğunluk ölçüm cihazı TS 6311, ASTM D 4052-96 standartlarına uygun ölçüm yapmaktadır.



Şekil 3.6. Kyoto elektronik DA-130 yoğunluk ölçüm cihazı

3.2.4. Viskozite Ölçümü

Karışımların viskozite ölçümü, Tanaka AKV-202 kinematik viskozite ölçüm cihazı ile yapılmıştır (Şekil 3.7.). Cihaz ISO 3104, ASTM D445, IP 71 standartlarına uygun ölçüm yapmaktadır. 0.01 hassasiyetli 20-100°C arasında ölçüm yapılabilmektedir. Sonuçlar mm²/s cinsinden yukarda belirtilmiş standartlara uygun olarak dijital ekranından okunabilmektedir.



Şekil 3.7. Tanaka AKV-202 kinematik viskozite ölçüm cihazı

3.2.5. Setan Sayısı Ölçümü

Setan sayısı, dizel ve biodizel yakıtlar için en önemli özelliklerdendir. Setan sayısının etken olduğu başlıca unsur yakıtın yanma oranıdır. Yüksek setan sayılı yakıt kolay yanar, dolayısı ile motorun NO_x emisyonu düşer. Motorun kolay çalışması ve yakıtın tam yanması için yüksek setan sayısına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, yakıtların setan sayıları ve indeksleri Zeltex ZX440 tipi cihaz ile ölçülmüştür (Şekil 3.8.). Cihaz kapalı kızılötesi spektrometre (izgeölçüm cihazı) prensibiyle çalışmaktadır. Bu yöntemin setan sayısı ölçüm deneylerine en önemli getirisi analizlerin, fazla zaman gerektiren pahalı motor analiz testlerine nazaran çok daha hızlı, ucuz ve %3 gibi kabul edilebilir hata toleranslarında sonuç vermesi olmuştur.

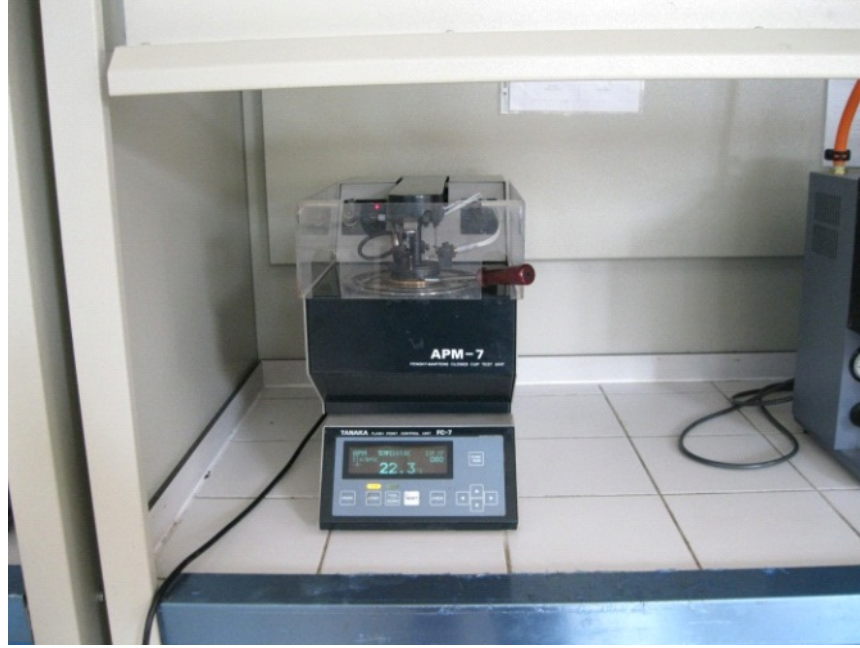


Şekil 3.8. Zeltex ZX 440 setan ve indeks ölçüm cihazı

3.2.6. Parlama Noktası Ölçümü

Parlama noktası akaryakıtın devamlı şekilde yanmadan önce, ani yanmayı destekleyeceği minimum ısıdır. Parlayıcı sıvının hava ile yanıcı bir karışım meydana getiren buhar çıkardıkları en düşük sıcaklık derecesi olarak değerlendirilebilir. Parlama noktası, bir akaryakıtla ilgili yangın ve patlama tehlikelerini belirleyen önemli faktörlerden biridir.

Bu çalışmada parlama noktası Tanaka Otomatik Pensky-Martens Kapalı Kap Parlama Noktası Ölçüm Cihazı ile yapılmıştır (Şekil 3.9.). ASTM D93 standartlarına uygun ölçümler 20-370°C aralığında yapılmıştır.



Şekil 3.9. Tanaka otomatik pensky-martens kapalı kap parlama noktası ölçüm cihazı

3.2.7. Akma Noktası Ölçümü

Katkı maddeli yakıt karışımlarının akma noktası analizleri Tanaka MPC-102 L serisi ile yapılmıştır(Şekil 3.10.). Otomatik akma ve bulutlanma noktaları tayinleri yapabilen bu cihaz, geleneksel ve otomatik olmayan sistemlere nazaran daha az numune ile daha kısa test süresi zarfında daha kesin sonuçlar elde edebilmek üzere tasarlanmıştır.

Hava Basıncı Yöntemi adında, Petrol Ürünleri Akma Noktası, Standart belirleme test yöntemlerinden yeni olan ASTM D6749 standartlarına göre yapılmıştır ki bu yöntem eski geleneksel yöntemlerle ters düşmemekle birlikte tekrarlanabilme/üretilebilme noktasında 2 ila 3 kat daha hızlı belirleme yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada numuneler birer birer yerleştirilerek, cihaz test moduna alındıktan sonra BAŞLA tuşuna basılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Numuneler mümkün olan en yüksek hızla, akma noktasını etkileyecek durumlar olan yapı değişimine ve kristallenmeye mahal vermeden belirlenmiştir. Ölçümü yapılacak numune sadece 4,5 ml ve test tipi tüpler ile yapıldığından numune değiştirilmesi çok kolaydır.

Yakıt analizlerinde Peltier Hücrelerinin numune soğutma ve ısıtma işlemlerinde kullanılışı, bu cihazı küçük ve etkili kılmasının yanında, enerji verimliliği bakımından da fayda sağlamaktadır. Sıcaklık değer aralığı göz önünde bulundurulduğunda, hava, musluk suyu ve antifrizli küçük chiller sistemi yeterli olmaktadır.

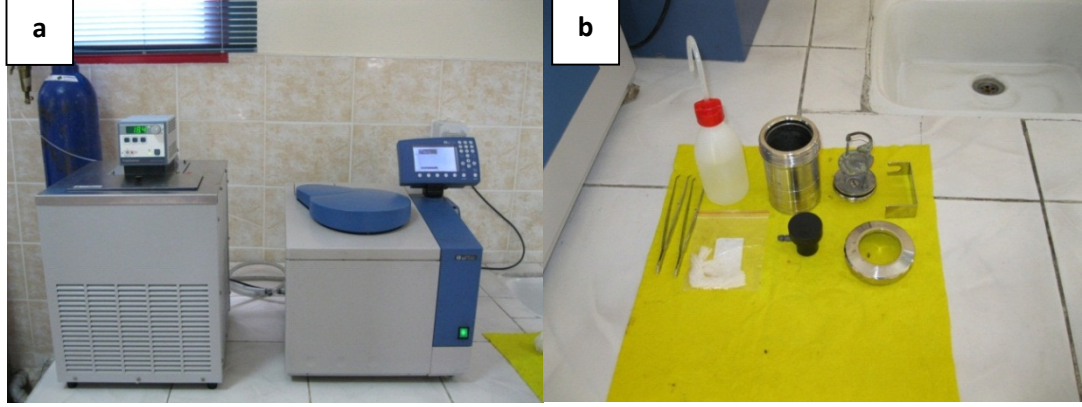


Şekil 3.10. Tanaka MPC-102 L

3.2.8. Isıl Değer Ölçümü

Bu çalışmadaki katkılı sıvı yakıtların ısıl değerlerinin ölçümü IKA-Werke C2000 kalorimetre cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 3.11.). Çalışma sıcaklık değerleri

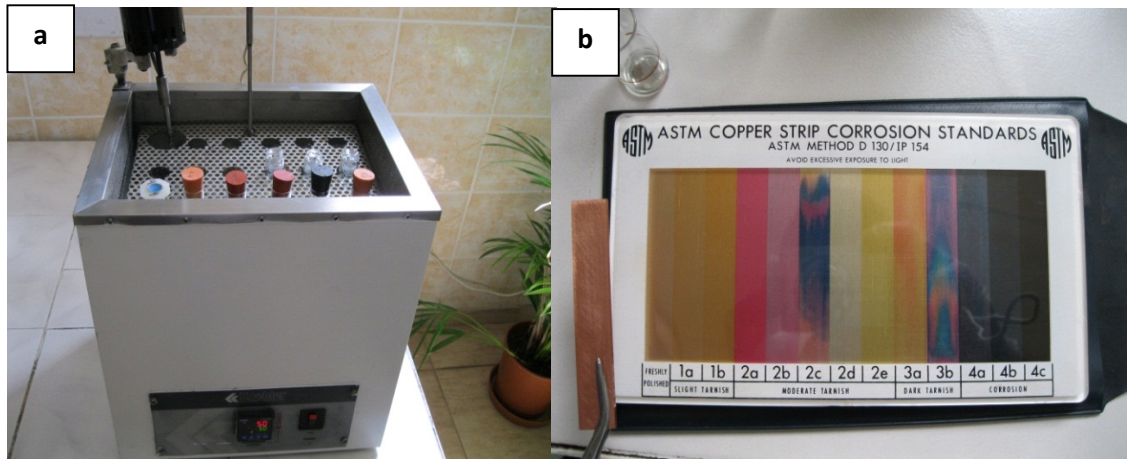
+15°C ile +35°C arasındadır. Yanma işlemi tungsten tel yerine pamuk tel ile yapılmış olup sonuçlar kal/g birimleri cinsindedir. Bu kalorimetre cihazı ASTM 240 D, ISO 1928, DIN 51900, BSI standartlarına göre ölçüm yapabilmektedir.



Şekil 3.11. IKA-Werke C2000 kalorimetre (a) ve cihaz aparatları (b)

3.2.9. Bakır Korozyon Ölçümü

Katkılı yakıtların kullanım sırasında, bulunduğu hazneyi herhangi bir korozyona uğratıp uğratmayacağını kontrol etmek amacı ile yapılmış olan bu analiz Koehler K25330 modeli ile yapılmıştır (Şekil 3.12. ve 3.13.). Analizde kullanılan bakır çubukların yüzeyleri test için elverişli hale gelene kadar parlatıldıktan sonra her bir tüpe bakır çubuk tam olarak içinde kalacak seviyelerde katkıli yakıtlar doldurulmuştur. Eş zamanlı olarak tüm numunelerin kontrol edilmesi 3 saat içerisinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.12. Koehler K25330 bakır korozyon tayin cihazı(a) ve Bakır çubuk ASTM korozyon standartları(b)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Etil Benzoat Katkılı Dizel Yakıtlar

4.1.1. Yakıt Özellikleri

Yakıt analizleri Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Otomotiv Mühendisliği Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir. Yoğunluk, viskozite, parlama noktası, setan sayısı, akma noktası ve bakır korozyon testleri standartlara uygun test edilmiştir. Etil benzoat, dizel ile %1,5, %3 ve %5 hacimsel oranlarında karıştırılarak ASTM standartlarında analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 4.1. de sunulmuştur. %1,5 EB, hacimsel olarak %1,5 etil benzoat ve %98,5 dizel karışımı ifade etmekte kullanılmıştır. Aynı sistem %3 ve 5 için de geçerlidir.

Çizelge 4.1. Etil benzoat katkı dizel yakıt özellikleri

Özellikler	Dizel	% 1,5 EB	%3 EB	%5 EB
Yoğunluk (kg/m ³)	0.833	0.831	0.829	0.828
Setan Sayısı	54.580	55.961	55.129	55.009
Akma Noktası (°C)	-33.0	-34	-34	-34
Viskozite (mm ² /sn)	2.52	2.434	2.391	2.334
Isıl Değer (kcal/kg)	10 790	10 930	10 847	10 797
Parlama Noktası (°C)	58.5	62.5	61.5	61.5
Bakır Korozyon	1a	1a	1a	1a

Etil benzoatın (EB) yoğunluğu dizele nazaran çok düşüktür, bu sebeple karışımın yoğunluğunda azalma gözlemlenmiştir ancak hacimsel oran olarak düşük seviyelerde karıştırıldığından dolayı büyük bir fark oluşmamıştır. Katkılı yakıt karışımındaki etil benzoat oranı arttıkça, yakıtın yoğunluğu azalmıştır.

İyi bir motor performansı elde edilebilmesi için uygun setan sayısına sahip olan yakıt kullanmak son derece önemlidir. Yüksek setan sayısı, motor soğukken çalışmasını kolaylaştırırken emisyonun azalmasını sağlar. Çizelge 4.1.' den görülebileceği üzere yapılan çalışmada setan sayısında artış gözlemlenmiştir.

Sıvıların serbest akmasını engelleyecek seviyede kristal yapıya dönüştüğü sıcaklık, akma noktası tayini yapılarak belirlenir. Eğer yakıtın akma noktası yeterince düşük değil ise yakıtın depolanmasında, taşınmasında ve soğuk hava koşullarında kullanılmasında sorunlar ortaya çıkar. Çizelge 4.1. den görülebileceği gibi etil benzoat akma noktasını zorlu koşullar hariç her koşulda kullanılabilir seviyede tutmuş, dizel yakıtlara göre 1°C daha yükseltmiştir.

Viskozite akmaya karşı sıvının direnç ölçüsüdür. Akışkanın bir kısmının, diğer kısmı üzerinde hareket ettiği sırada oluşan iç sürtünmeden kaynaklanır. Viskozite yanma odasına yakıtın enjeksiyonunu etkiler, motorda tortuya sebep olabilir. Yüksek viskoziteye sahip yakıtlar böyle durumlara yol açar. Yapılan deneylerde ortaya konmuştur ki viskozite karışımdaki etil benzoat oranı arttıkça, yakıtın viskozitesi azalmaktadır. Yapılan deneysel çalışma sonuçları Çizelge 4.1. de verilmiştir.

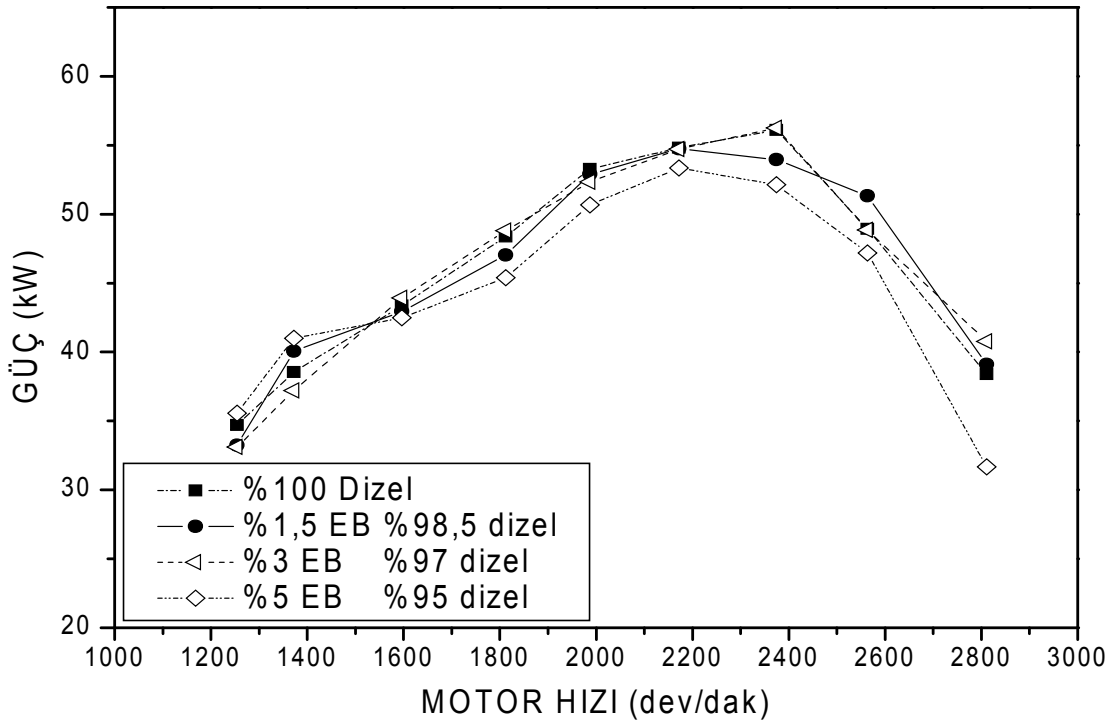
Aromaların litre başına enerji ihtivası dizelden daha az olduğu halde dizel yakıtlarda aroma yüzdesi ile yüksek enerji ihtivası doğru orantılıdır. Yüksek yoğunlukları düşük enerji ihtivalarını ağırlık baz alındığında dengeler. Motor için bu özel bir öneme sahiptir çünkü motorlarda yakıt hacimsel olarak ölçülür. Litre başına hesaplandığında düşük enerji ihtiva eden yakıtlar, üretilebilecek maksimum gücü düşürür. Bu çalışmada gözlemlenmiştir ki %1,5 etil benzoat katkı oranlı yakıt en yüksek ısıl değeri sağlarken, %5' e doğru gidildikçe nispeten düşüş gözlemlenmiştir. Ancak üç oran içinde geçerli olan durum, dizel yakıttan daha yüksek ısıl değere sahip olmalarıdır.

Parlama noktası, yakıttan salınan buharın alev alabilir bir karışım halini aldığı sıcaklıktır. Yakıtların taşınmasında ve depolanmasında göz önünde bulundurulması gereken en önemli unsurlardan birisidir. Çizelge 4.1.'de görüldüğü üzere parlama noktası sıcaklık değerleri yükselmiştir. Isıl değer ölçümünde olduğu gibi en üst seviyeye %1,5 etil benzoat karışımında ulaşılmıştır.

Bakır korozyon testi, uzun süre sabit bir hacimde kalması muhtemel olan yakıtların buldukları hacimde ve yüzeyde deformasyona sebep olup olmayacakları hakkında fikir edinebilmemiz adına yapılmış bir analiz olup, sonuçlar ASTM standartlarında belirlenmiş skalada incelenmiş, Çizelge 4.1.'de görüldüğü üzere bütün karışım oranları için çok iyi sonuçlar vermiştir.

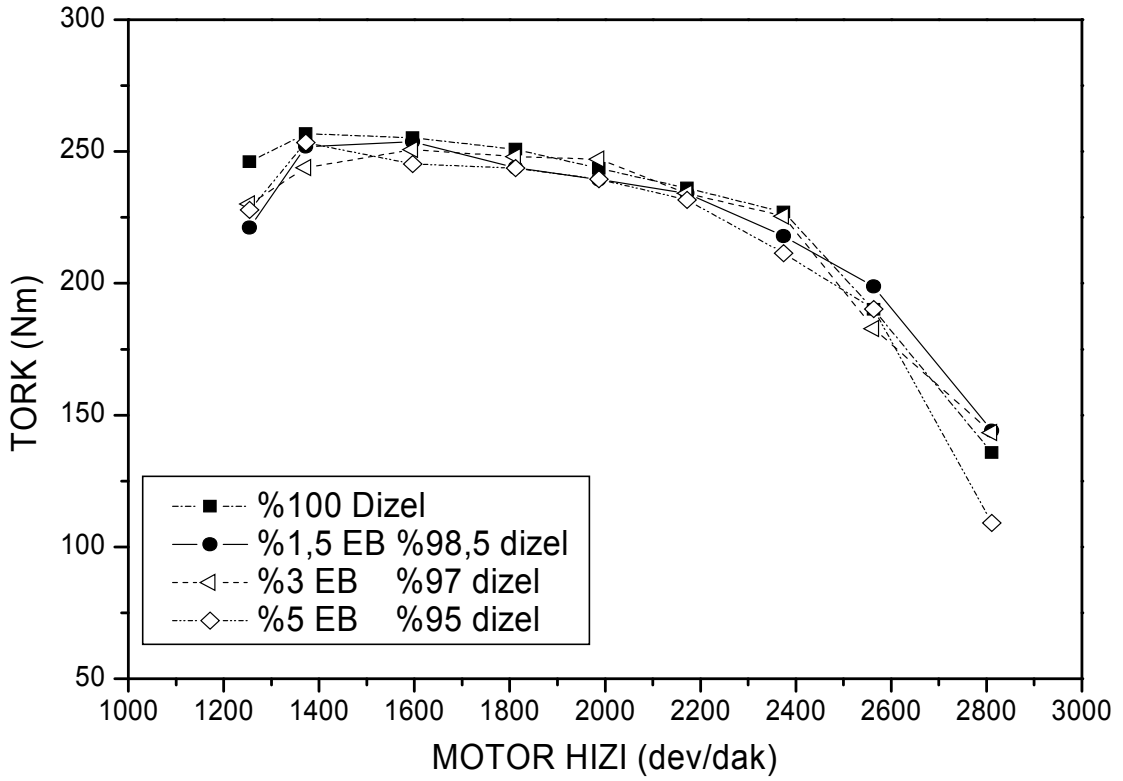
4.1.2. Motor Performansı

İçten yanmalı motorlarda performans karakteristiği güç, tork ve özgül yakıt tüketimi analiz sonuç verileri ile sunulmuştur. Yapılan çalışma neticesinde elde edilen güç değerleri Şekil 4.1.' de sunulmuştur. Dizel yakıtına farklı oranlarda etil benzoat karıştırılması ile güç eğrilerinin karakteristiklerinde makul oranlarda değişiklikler saptanmış, güç değerleri azalmış olsa da önemli bir farka rastlanmamıştır. Farkın az oluşu yüksek setan sayısı ve katkı maddesinin oksijen ihtivası ile açıklanabilir. %1,5 ve 5 etil benzoat yakıtları için en yüksek güce 2200 dev/dak' da, %3 etil benzoat yakıtı için ise 2400 dev/dak' da ulaşılmıştır. Şekil 4.1. incelendiğinde, yüksek motor hızlarına çıktığında güç değerlerinin azaldığı görülmektedir. Deney sonuçları incelendiğinde, ortalama güçte en büyük farkın %4,09' luk oranla %5 etil benzoat yakıtında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için motor hızı-güç değişimi

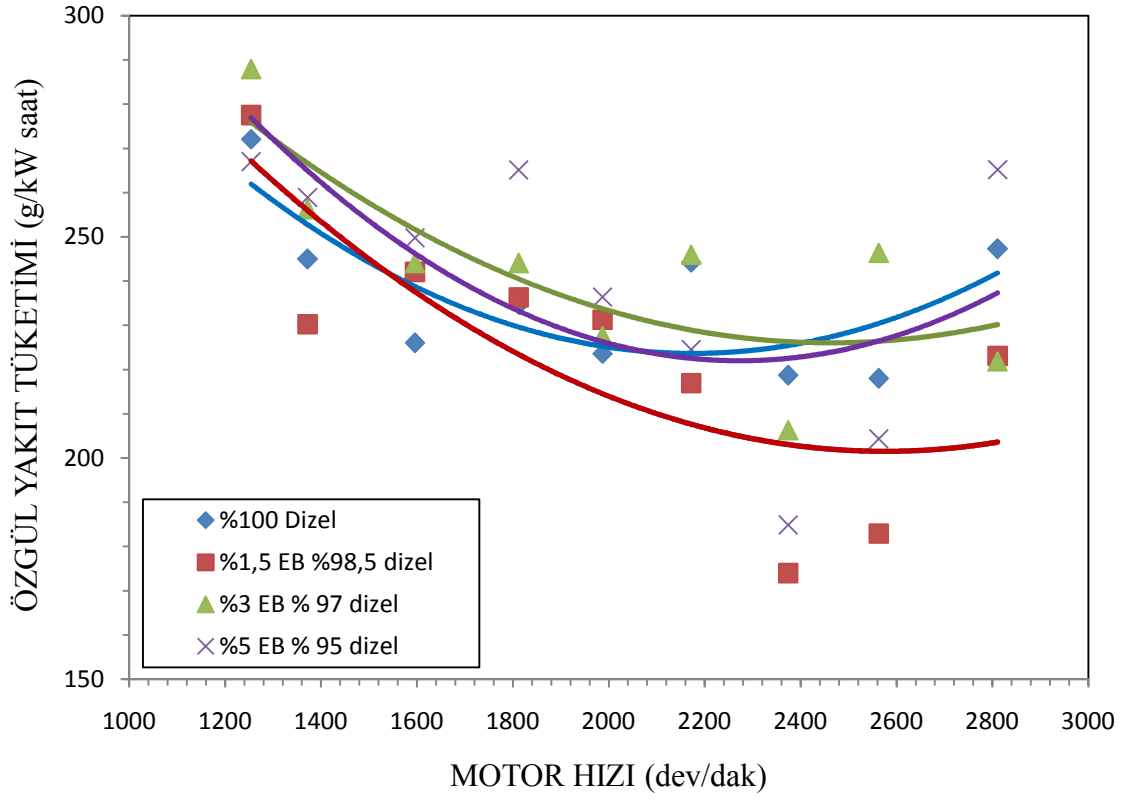
Motor performans analizlerinde belirleyici olan ve deneyler sonucunda elde edilen tork değerleri Şekil 4.2.'de sunulmuştur. Tork değerleri etil benzoat karışımlarıyla birlikte bir miktar düşmüştür. Deneyler sonucunda ulaşılan tork değerlerinin ortalaması alındığında en fazla düşüşün %3,401' lik oranla %5 etil benzoat yakıtında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için motor hızı-tork değişimi

Şekil 4.3. Motor hızına bağlı olarak etil benzoat ve dizel yakıt karışımının özgül yakıt tüketim(ÖYT) değerlerini göstermektedir. %3 ve 5 için ortalama değerler hesaplandığında önemli bir değişim gözlenmezken, özgül yakıt tüketimlerinde sırasıyla % 2,381 ve 1,252 oranlarında artış saptanmıştır. %1,5 etil benzoat ise özgül yakıt tüketim ortalama değerini %5,41 azaltmıştır. En fazla azalmanın 2400 dev/dak' da %1,5 etil benzoat kullanıldığında olduğu belirlenmiştir.

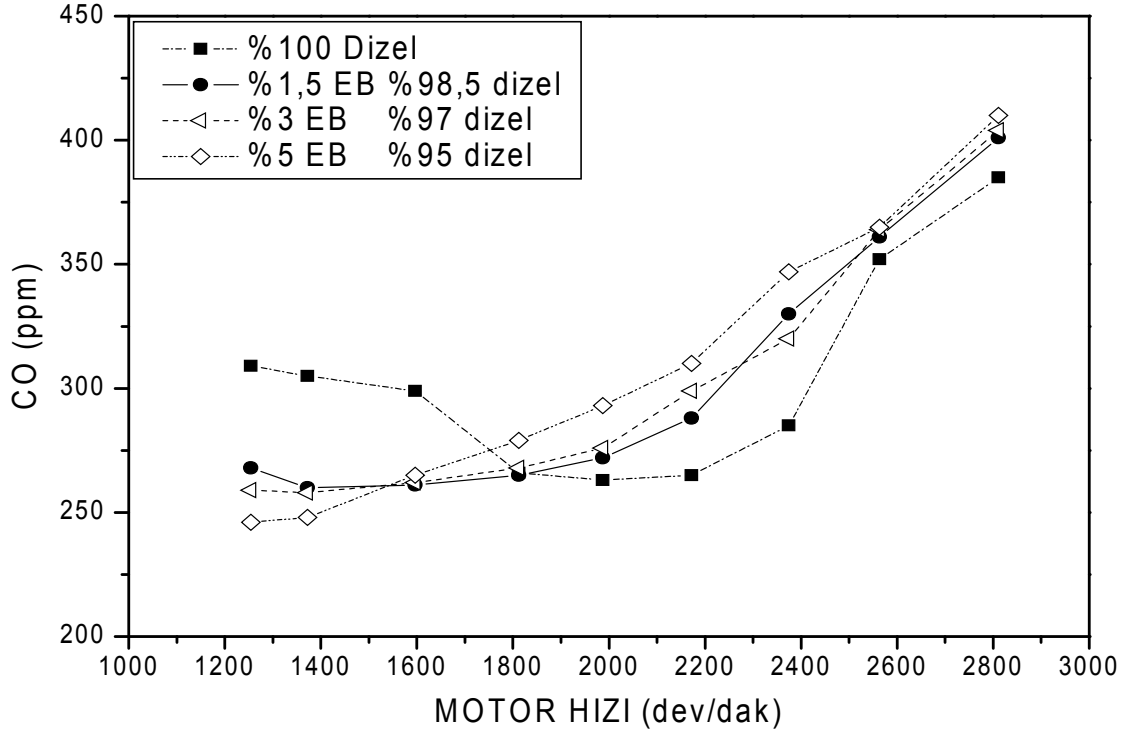
Şekil 4.3. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için motor hızı-ÖYT değişimi



Şekil 4.3. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için motor hızı-ÖYT değişimi

4.1.3. Egzoz Gazı Emisyonları

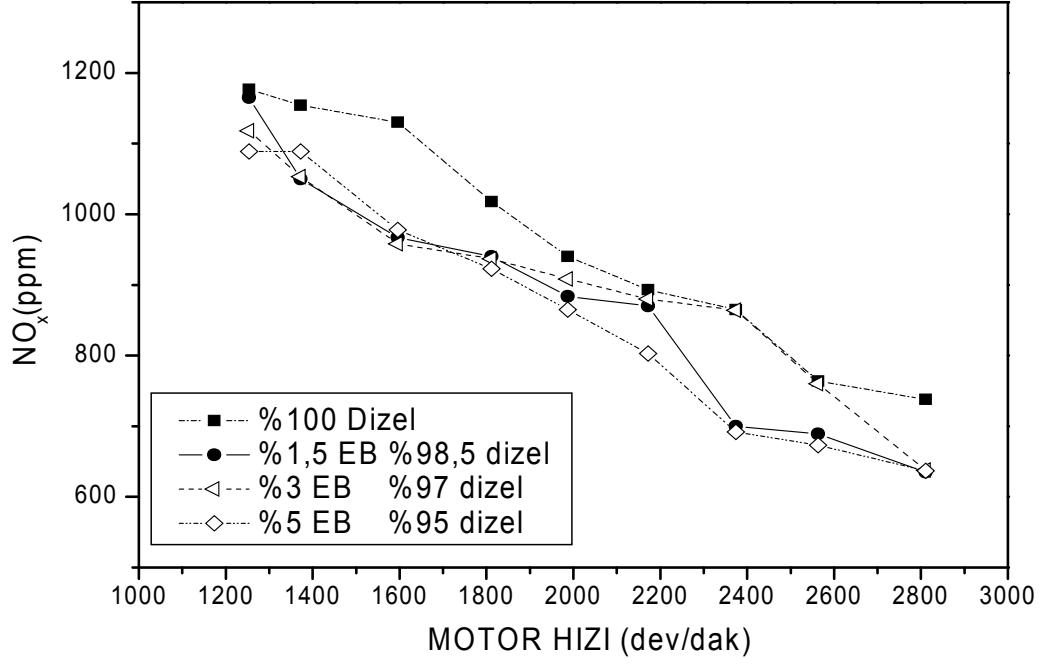
Şekil 4.4.' te %1,5, %3 ve %5 etil benzoat katkı oranlı yakıtların motor hızına bağlı karbon monoksit(CO) emisyon salınımlarını göstermektedir. Şekil 4.4.' te görüldüğü üzere katkılı yakıtlar için motor hızı ile CO emisyonu arasında lineer bir ilişki vardır. Motor hızı arttıkça salınım artmıştır. En yüksek CO emisyonuna %5 etil benzoat yakıtı sebep olurken, tüm katkı oranları 1800dev/dak'ya kadar dizelden daha düşük CO emisyonuna sebep olurken, bu noktadan itibaren daha yüksek emisyonu sebep olmuştur.



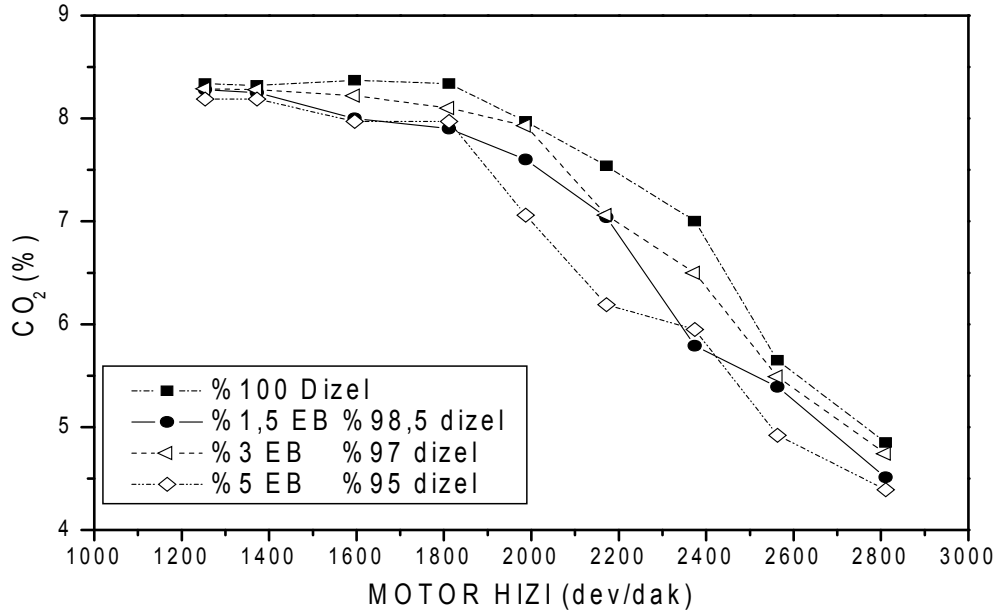
Şekil 4.4. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için motor hızı-CO değişimi

Şekil 4.5. analizi yapılan azot oksit(NO_x) değerlerinin motor hızına bağlı olarak değişimlerini göstermektedir. NO_x emisyonu yanma sıcaklığıyla alakalıdır. Emisyon salınımlarında gözlemlenen düşüş, yanma sıcaklığında azalma olduğunu göstermektedir. Güç ve tork değerlerinde ölçülen kaybın az olması verimin düşmediğini göstermektedir. Katkı maddelerinin ihtiva ettiği oksijen yanmayı düzenlemiş ve azot oksit emisyonunu azaltmıştır. Ortalama NO_x emisyon değerindeki en fazla düşüşü %5 etil benzoat sağlamıştır.

Şekil 4.6. dizel ve katkılı dizel yakıtlarının değişik motor hızlarındaki karbon dioksit(CO_2) emisyonlarını göstermektedir. En yüksek CO_2 emisyonunun, katkısız dizelde olduğu belirlenmiştir. Ortalama CO_2 emisyonları hesaplandığında, %1,5, %3 ve %5 etil benzoat katkılı yakıtların, sırasıyla %6,97, %7,18 ve %6,76'lık azalmalara sebep oldukları sonuçlarına ulaşılmıştır.



Şekil 4.5. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için motor hızı-NO_x değişimi



Şekil 4.6. Etil benzoat (EB)-dizel karışımı için motor hızı-CO₂ değişimi

4.2. Metil Benzoat Katkılı Dizel Yakıtlar

4.2.1. Yakıt Özellikleri

Metil benzoat, dizel ile %1.5, %3 ve %5 hacimsel oranlarında karıştırılarak ASTM standartlarında analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 4.2.' de sunulmuştur. %1.5 MB, %1.5 metil benzoat ve %98.5 dizel karışımı ifade etmekte kullanılmıştır. Aynı sistem %3 ve 5 içinde geçerlidir.

Çizelge 4.2. Metil benzoat katkı dizel yakıt özellikleri

Özellikler	Dizel	% 1.5 MB	%3 MB	%5 MB
Yoğunluk (kg/m ³)	0.833	0.832	0.830	0.827
Setan Sayısı	55.191	54.580	53.859	51.963
Akma Noktası (°C)	-33.0	-33	-34	-35
Viskozite (mm ² /sn)	2.52	2.421	2.372	2.302
Isıl Değer (kcal/kg)	10 790	10 904	10 892	10 791
Parlama Noktası (°C)	58.5	62.5	62.5	62.5
Bakır Korozyon	1a	1a	1a	1a

Metil benzoatın (MB) yoğunluğu dizele nazaran çok düşüktür, bu sebeple karışımın yoğunluğunda azalma gözlemlenmiştir ancak hacimsel oran olarak düşük seviyelerde karıştırıldığından dolayı büyük bir fark oluşmamıştır. Katkılı yakıt karışımındaki metil benzoat oranı arttıkça, yakıtın yoğunluğu azalmıştır.

Metil benzoat katkı yakıtlarda setan sayıları incelendiğinde, azalmış olduğu gözlemlenmiştir ancak EN 590 standartlarına göre alt sınır değer olan 51' den yüksek oldukları için problem teşkil etmemektedir.

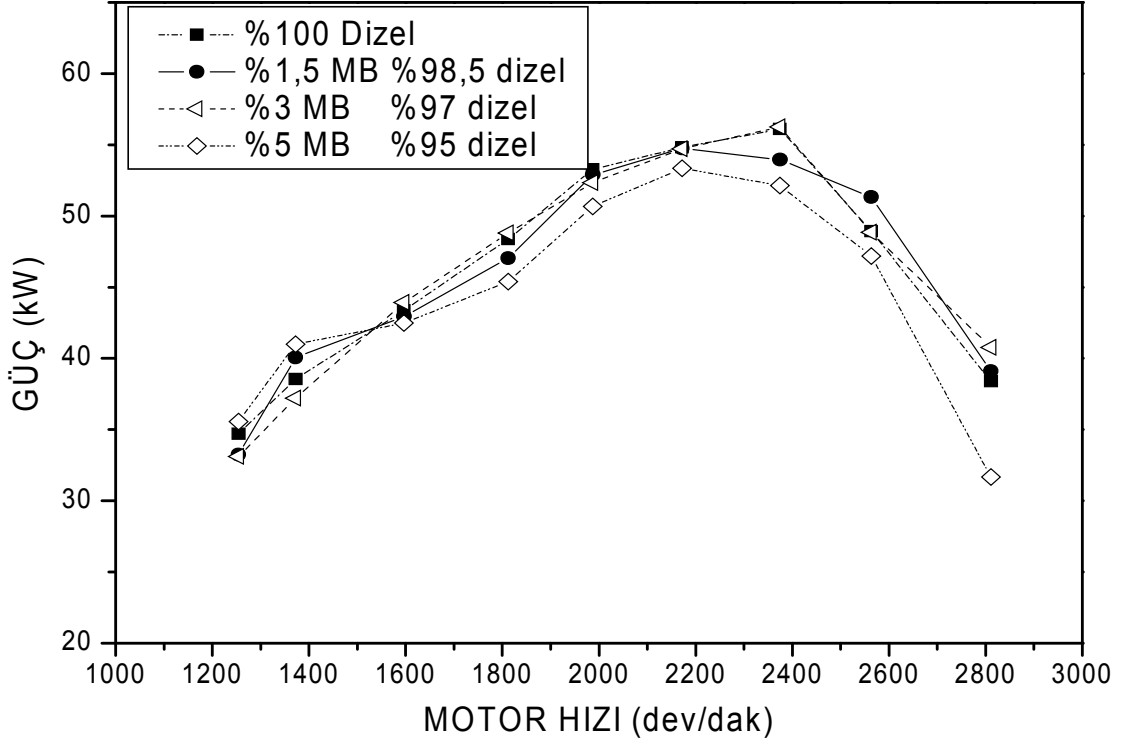
Çizelge 4.2. den görülebileceği gibi metil benzoat akma noktasını makul ve zorlu koşullar hariç her koşulda kullanılabilecek seviyede tutmuş, dizel yakıtlara göre 1°C daha yükseltmiştir.

Yapılan deneylerde ortaya konmuştur ki viskozite karışımdaki metil benzoat oranı arttıkça, yakıtın viskozitesi azalmaktadır. Sonuçlar Çizelge 4.2. de sunulmuştur. Bu çalışmada gözlemlenmiştir ki %1.5 metil benzoat katkı oranlı yakıt en yüksek ısıl değeri sağlarken, %5' e doğru gidildikçe nispeten düşüş gözlemlenmiştir. Ancak üç oran içinde geçerli olan durum, dizel yakıttan daha yüksek ısıl değere sahip olmalarıdır. Değerler çizelge 4.2.' de sunulmuştur. Çizelge 4.2.'de görüldüğü üzere parlama noktası sıcaklık değerleri yükselmiştir. Ancak katkı maddesindeki hacimsel oran artışı değeri değiştirmemiş, %1.5, 3 ve 5 için aynı değeri korumuştur.

Metil benzoat katkılı yakıtlarda yapılan bakır korozyon deneyinde sonuçlar ASTM standartlarında belirlenmiş skalada incelenmiş, Çizelge 4.2.'de görüldüğü üzere bütün karışım oranları için çok iyi sonuçlar vermiştir.

4.2.2. Motor Performansı

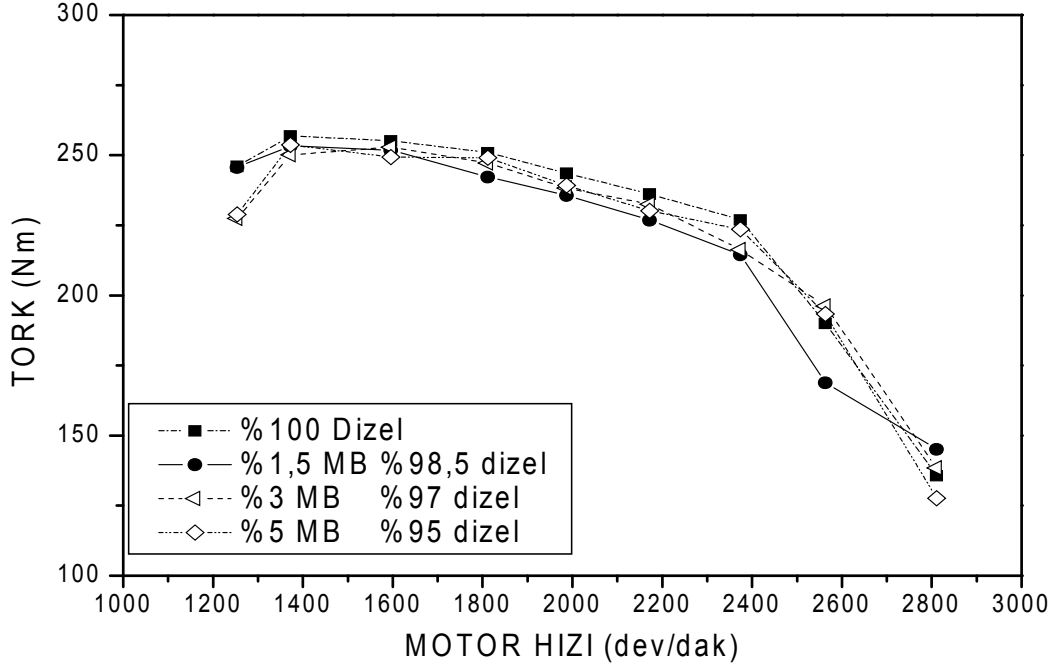
Yapılan çalışma neticesinde elde edilen güç değerleri Şekil 4.7.' de sunulmuştur. Dizele farklı oranlarda metil benzoat karıştırılması ile güç eğrilerinin karakteristiklerinde makul oranlarda değişiklikler saptanmış, güç değerleri azalmış olsa da önemli bir farka rastlanmamıştır. Farkın az oluşu çok yakın değerlerdeki setan sayısı ve katkı maddesinin karbon ihtivası ile açıklanabilir. %1,5,%3 ve %5 metil benzoat katkılı yakıtlar için en yüksek güce 2200 dev/dak' da, dizel yakıtı için ise 2400 dev/dak' da ulaşılmıştır. Şekil 4.7. incelendiğinde, yüksek motor hızlarında güç değerlerinin azaldığı görülmektedir. Deney sonuçları incelendiğinde, ortalama güçte en büyük farkın %3,260' lık oranla %5 metil benzoat yakıtında olduğu belirlenmiştir.



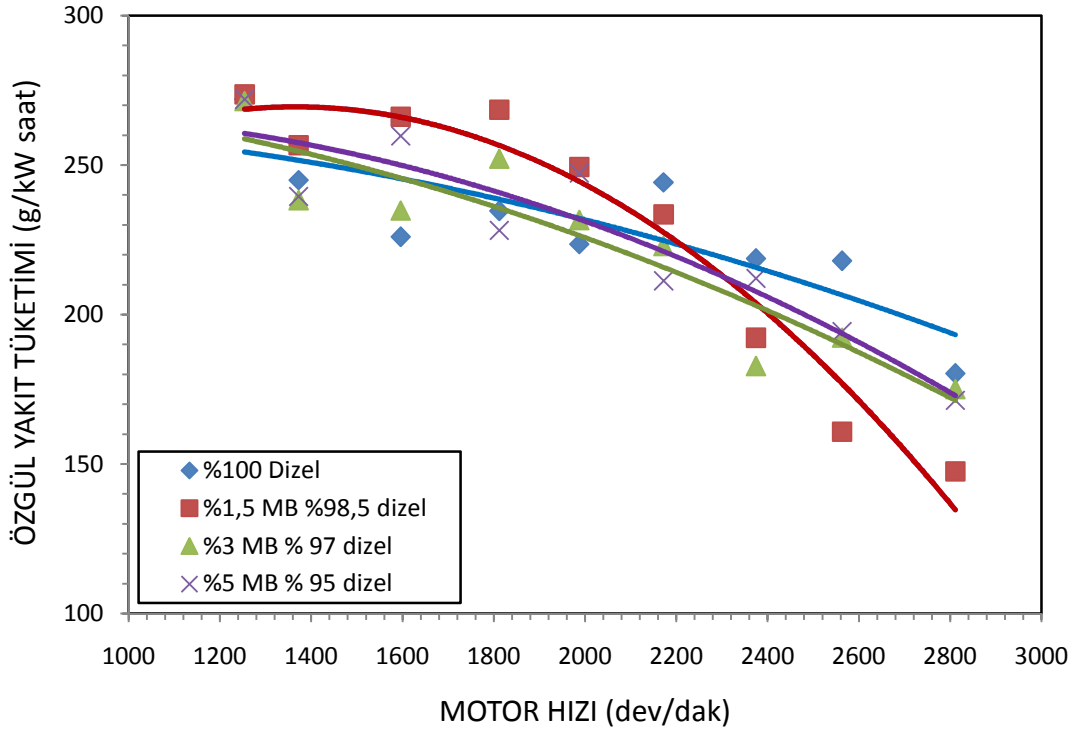
Şekil 4.7. Metil benzoat (MB)-dizel karışımı için motor hızı-güç değişimi

Şekil 4.8.'de görüldüğü üzere, tork değerleri metil benzoat karışımlarıyla birlikte bir miktar düşmüştür. Deneyler sonucunda ulaşılan tork değerlerinin ortalaması alındığında en fazla düşüşün %2,812' lik oranla %1,5 metil benzoat yakıtında olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.9. Motor hızına bağlı olarak metil benzoat ve dizel yakıt karışımının özgül yakıt tüketim değerlerini göstermektedir. Sırasıyla %1,5, %3 ve %5 metil benzoat için ortalama özgül yakıt tüketim değerleri %5,062, 6,023 ve 4,386 oranlarında azalmıştır. En yüksek özgül yakıt tüketimi %1,5 metil benzoat 1800 dev/dak' da belirlenirken dizele oranla %14 artış gözlenmiştir. Motor hızı ve güç artarken en düşük değerini bulan özgül yakıt tüketimi 2600 dev/dak' da yine %1,5 metil benzoat yakıtı kullanılarak yapılan ölçümün sonucudur. En düşük noktada ise özgül yakıt tüketimi, dizele göre %25 azalma göstermiştir.



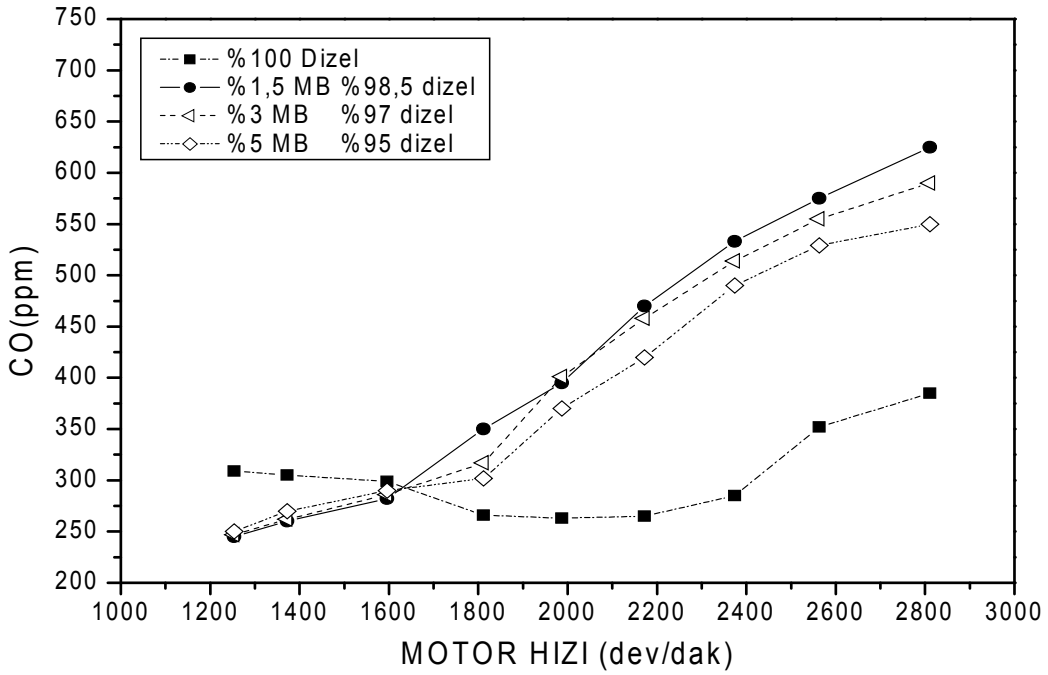
Şekil 4.8. Metil benzoat (MB)-dizel karışımı için motor hızı-tork değişimi



Şekil 4.9. Metil benzoat (MB)-dizel karışımı için motor hızı-ÖYT değişimi

4.2.3. Egzoz Gazı Emisyonları

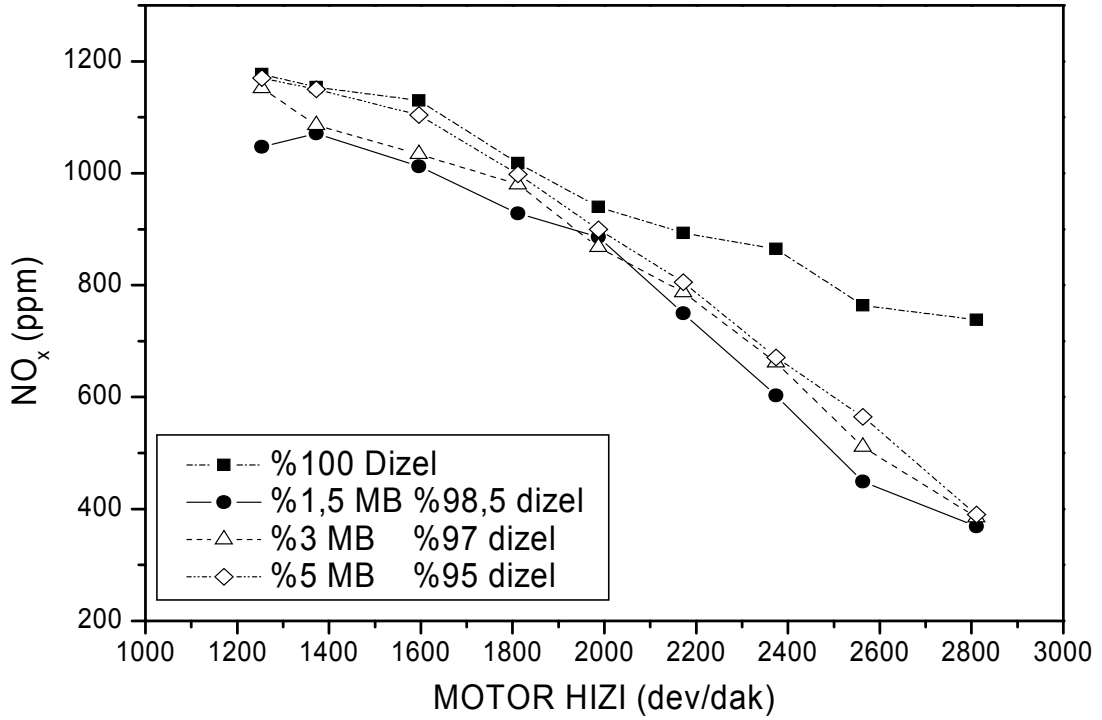
Yapılan analizler sonucunda %1,5, 3 ve 5 metil benzoat katkı oranlı yakıtların motor hızına bağlı karbon monoksit(CO) emisyon salınımını Şekil 4.10.'da sunulmuştur. Şekil 4.10.' da görüldüğü üzere katkılı yakıtlar için motor hızı ile CO emisyonu arasında lineer bir ilişki vardır. Motor hızı arttıkça salınım artmıştır. En yüksek CO emisyonuna %1,5 metil benzoat yakıtı sebep olurken, tüm katkı oranları 1600dev/dak'ya kadar dizelden daha düşük CO emisyonuna sebep olurken, bu noktadan itibaren daha yüksek emisyonu sebep olmuştur.



Şekil 4.10. Metil benzoat (MB)-dizel karışımı için motor hızı-CO değişimi

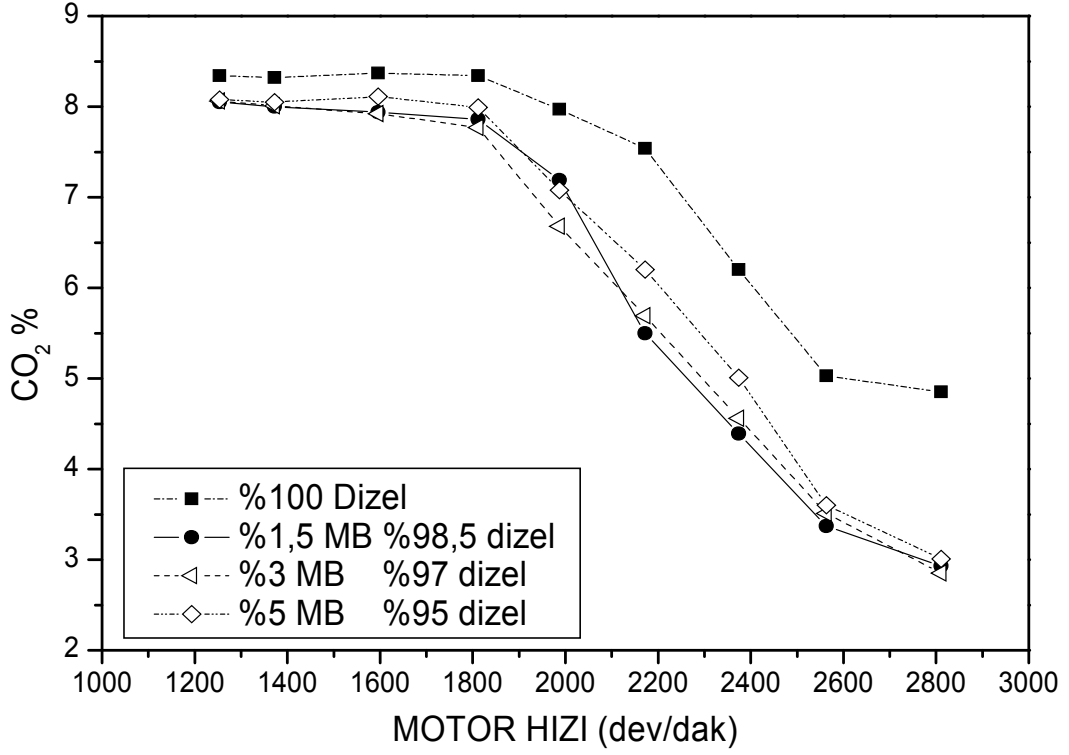
Şekil 4.11. analizi yapılan azot oksit(NO_x) değerlerinin motor hızına bağlı olarak değişimlerini göstermektedir. NO_x emisyonu yanma sıcaklığıyla alakalıdır. Emisyon salınımlarında gözlemlenen düşüş, yanma sıcaklığında azalma olduğunu göstermektedir. Ancak güç ve tork değerlerinde ölçülen kaybın az olması sıcaklığın azalmasının verimi düşürmediğini göstermektedir. Katkı maddelerinin ihtiva ettiği

oksijen yanmayı düzenlemiş ve azot oksit emisyonunu azaltmıştır. Ortalama NO_x emisyon değerindeki en fazla düşüşü %1,5 metil benzoat sağlamıştır. Motor hızı arttıkça yanma daha iyi gerçekleştiğinden dolayı, NO_x emisyonlarında azalma olmuştur.



Şekil 4.11. Metil benzoat (MB)-dizel karışımı için motor hızı- NO_x değişimi

Dizel ve katkılı dizel yakıtlarının değişik motor hızlarındaki karbon dioksit(CO_2) emisyonları Şekil 4.12. gösterilmiştir. En yüksek CO_2 emisyonunun, katkısız dizel de olduğu belirlenmiştir. Ortalama CO_2 emisyonları hesaplandığında, %1,5, %3 ve %5 metil benzoat katkılı yakıtlar, sırasıyla %6,28, %6,12 ve %6,15'lik azalmalara sebep olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. CO_2 emisyonunun salınımı Şekil 4.12.'de görüldüğü üzere motor hızı arttıkça azalmıştır.



Şekil 4.12. Metil benzoat (MB)-dizel karışımı için motor hızı-CO₂ değişimi

4.3. Anisol Katkılı Dizel Yakıtlar

4.3.1. Yakıt Özellikleri

Anisol, dizel ile %1,5, %3 ve %5 hacimsel oranlarında karıştırılarak ASTM standartlarında analiz edilmiştir. Yoğunluk, setan sayısı, akma noktası, viskozite, ısı değeri, parlama noktası ve bakır korozyon analizlerinden elde edilen bulgular Çizelge 4.3.' de sunulmuştur. %1,5 A, hacimsel olarak %1,5 anisol ve %98,5 dizel karışımı ifade etmekte kullanılmıştır. Aynı sistem %3 ve %5 için de geçerlidir.

Çizelge 4.3. Anisol katkılı dizel yakıt özellikleri

Özellikler	Dizel	% 1.5 A	%3 A	%5 A
Yoğunluk (kg/m ³)	0.833	0.831	0.830	0.828
Setan Sayısı	55.191	54.580	53.859	51.963
Akma Noktası (°C)	-33.0	-34	-34	-35
Viskozite (mm ² /sn)	2.52	2.402	2.316	2.231
Isıl Değer (kcal/kg)	10 790	10 910	10 882	10 809
Parlama Noktası (°C)	58.5	58.5	58.5	58.5
Bakır Korozyon	1a	1a	1a	1a

Anisol(A) yoğunluğu dizele nazaran çok düşüktür, bu sebeple karışımın yoğunluğunda azalma gözlemlenmiştir ancak hacimsel oran olarak düşük seviyelerde karıştırıldığından dolayı büyük bir fark oluşmamıştır. Katkılı yakıt karışımındaki anisol oranı arttıkça, yakıtın yoğunluğu azalmıştır.

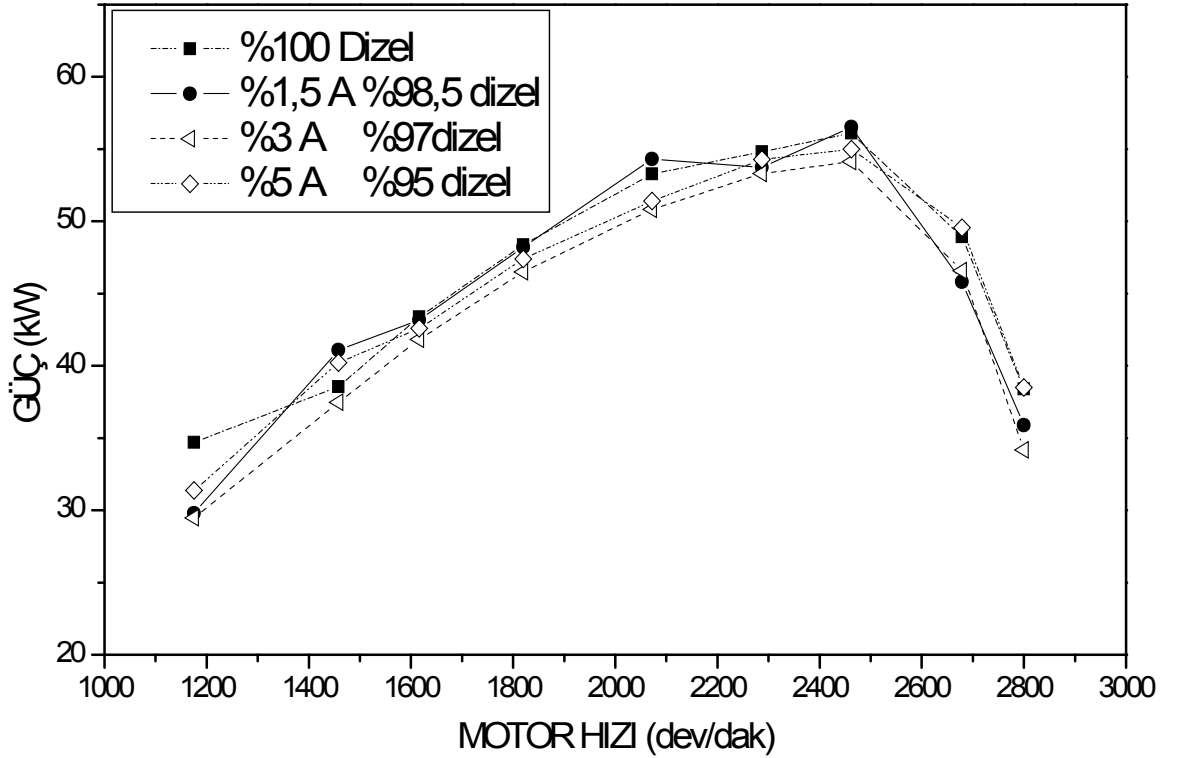
Anisol katkılı yakıtlarda setan sayıları incelendiğinde setan sayısında azalma olduğu belirlenmiştir, ancak EN 590 standartlarına göre alt sınır değer olan 51 den yüksek oldukları için problem teşkil etmemektedir.

Çizelge 4.3.' den görülebileceği gibi Anisol, akma noktasını makul ve zorlu koşullar hariç her koşulda kullanılabilir seviyede tutmuş, dizel yakıtlara göre 1°C ila 2°C arasında yükseltmiştir.

Yapılan deneylerde ortaya konmuştur ki viskozite karışımındaki anisol oranı arttıkça, yakıtın viskozitesi azalmaktadır. Yapılan deneylerin sonuçları Çizelge 4.3. de sunulmuştur. Bu çalışmada gözlemlenmiştir ki %1,5 anisol katkı oranlı yakıt en yüksek ısı değeri sağlarken, %5' e doğru gidildikçe nispeten düşüş gözlemlenmiştir. Ancak üç oran içinde geçerli olan durum, dizel yakıttan daha yüksek ısı değere sahip olmalarıdır. Değerler Çizelge 4.3.' de sunulmuştur. Çizelge 4.3.'de görüldüğü üzere parlama noktası sıcaklık değerleri değişmemiştir, %1.5, 3 ve 5 için aynı değeri korumuştur. anisol katkılı yakıtlarda yapılan bakır korozyon deneyinde sonuçlar ASTM standartlarında belirlenmiş skalada incelenmiş, Çizelge 4.3.'de görüldüğü üzere bütün karışım oranları için çok iyi sonuçlar vermiştir.

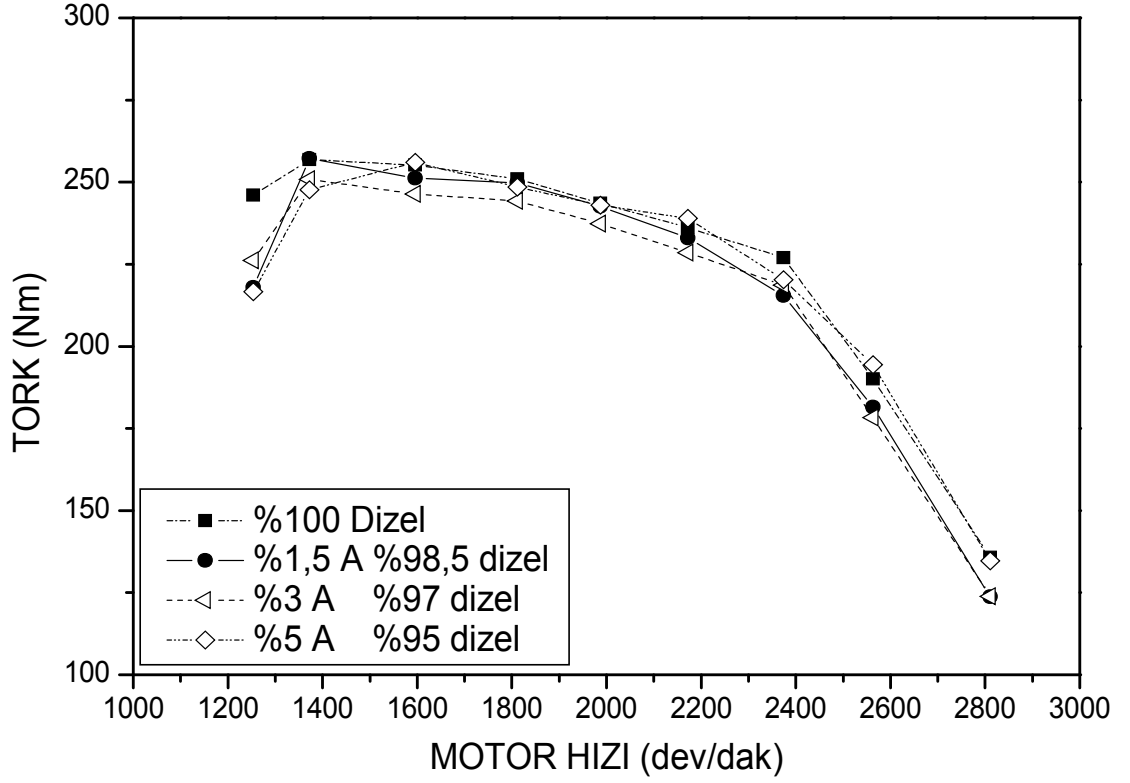
4.3.2. Motor Performansı

Yapılan çalışma neticesinde elde edilen güç değerleri Şekil 4.13.'de sunulmuştur. Dizele farklı oranlarda anisol karıştırılması ile güç eğrilerinin karakteristiklerinde makul oranlarda değişiklikler saptanmış, güç değerleri azalmış olsa da önemli bir farka rastlanmamıştır. Farkın az oluşu çok yakın değerlerdeki setan sayısı ve katkı maddesinin, yakıt ısıl değerlerini yükseltmesi ile açıklanabilir. %1,5 3, 5 anisol ve dizel yakıtları için en yüksek güce 2400dev/dak' da ulaşılmıştır. Şekil 4.13. incelendiğinde, yüksek motor hızlarında güç değerlerinin azaldığı görülmektedir. Deney sonuçları incelendiğinde, ortalama güçte en büyük farkın %5,334' lık oranla %3 anisol yakıtında olduğu belirlenmiştir.



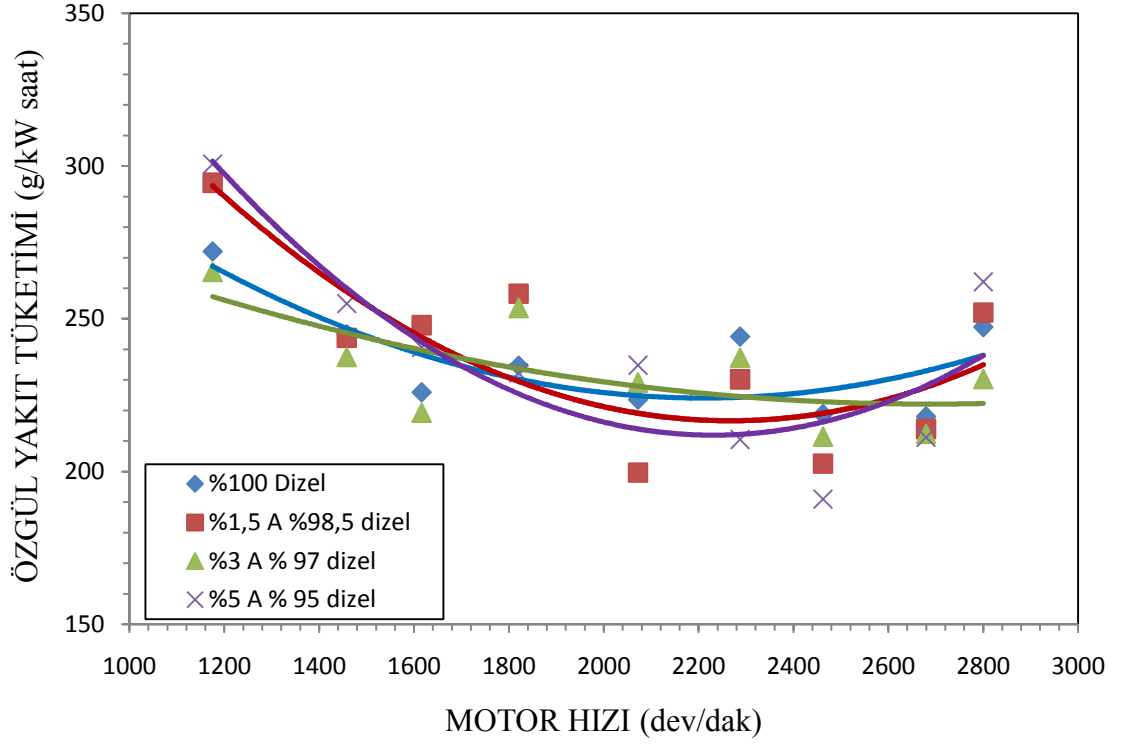
Şekil 4.13. Anisol (A)-dizel karışımı için motor hızı-güç değişimi

Şekil 4.14.'de görüldüğü üzere, tork değerleri anisol karışımlarıyla birlikte bir miktar düşmüştür. Deneyler sonucunda ulaşılan tork değerlerinin ortalaması alındığında en fazla düşüşün % 4,280' lik oranla %3 anisol yakıtında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.14. Anisol (A)-dizel karışımı için motor hızı-tork değişimi

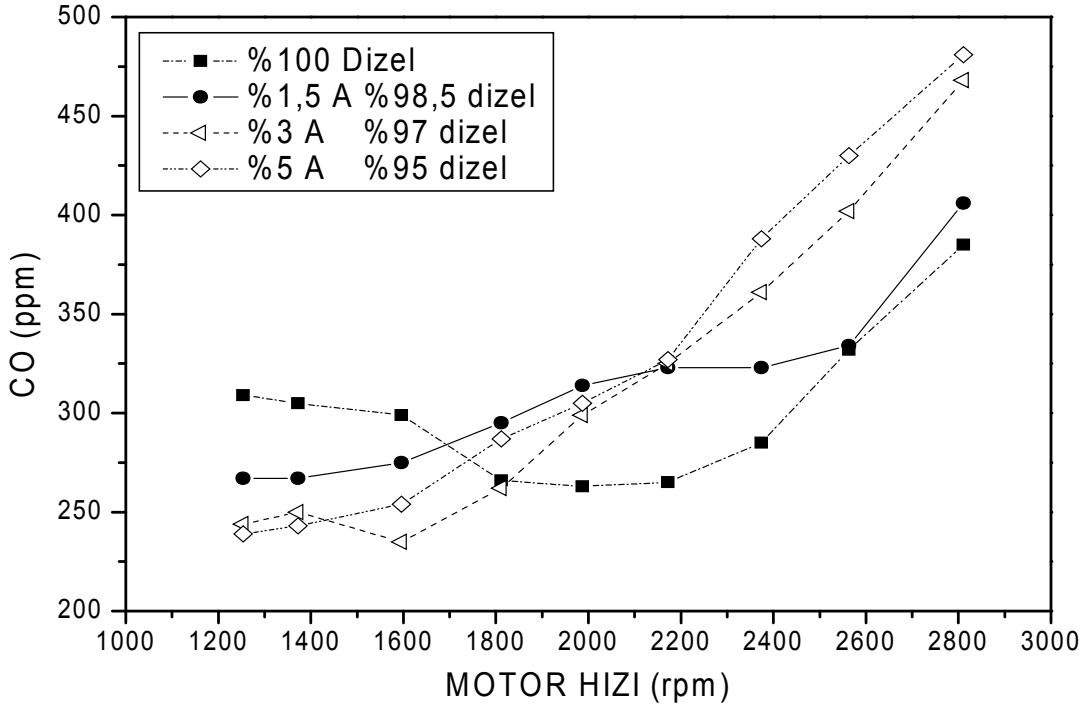
Şekil 4.15.'de motor hızına bağlı olarak anisol ve dizel yakıt karışımının özgül yakıt tüketim değerleri gösterilmiştir. %1,5 ve %3 için ortalama değerler hesaplandığında özgül yakıt tüketimlerinde sırasıyla % 1,194 ve 5,152 oranlarında azalma saptanmıştır. %5 anisol ise özgül yakıt tüketim ortalama değerini % 0,833 gibi ihmal edilebilir bir seviyede arttırmıştır. En fazla azalma 2000 dev/dak'da %11 oranında %1,5 anisol tarafından sağlanmıştır.



Şekil 4.15. Anisol (A)-dizel karışımı için motor hızı-ÖYT değişimi

4.3.3. Egzoz Gazı Emisyonları

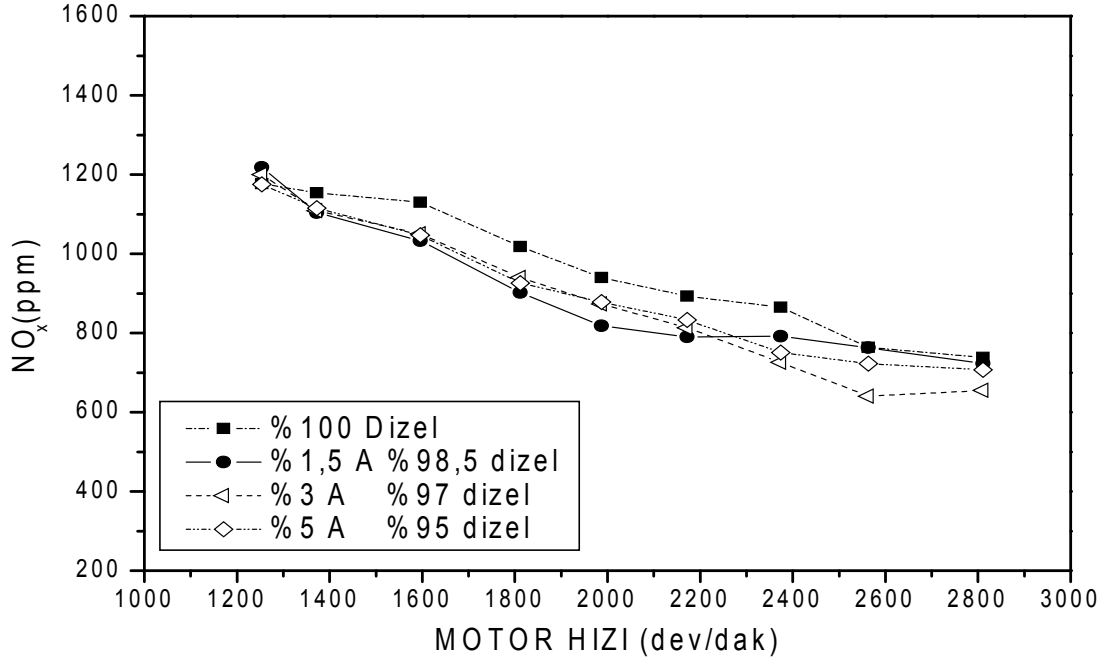
Şekil 4.16.'da %1,5, %3 ve %5 anisol katkı oranlı yakıtların motor hızına bağlı karbon monoksit(CO) emisyon salınımı gösterilmiştir. Şekil 4.16.'te görüldüğü üzere katkıli yakıtlar için motor hızı ile CO emisyonu arasında lineer bir ilişki vardır. Motor hızı arttıkça salınım artmıştır. En yüksek CO emisyonuna %5 anisol yakıtı sebep olurken, tüm katkı oranları 1600-1800 dev/dak'ya kadar dizelden daha düşük CO emisyonuna sebep olurken, bu noktadan itibaren daha yüksek emisyonuna sebep olmuştur.



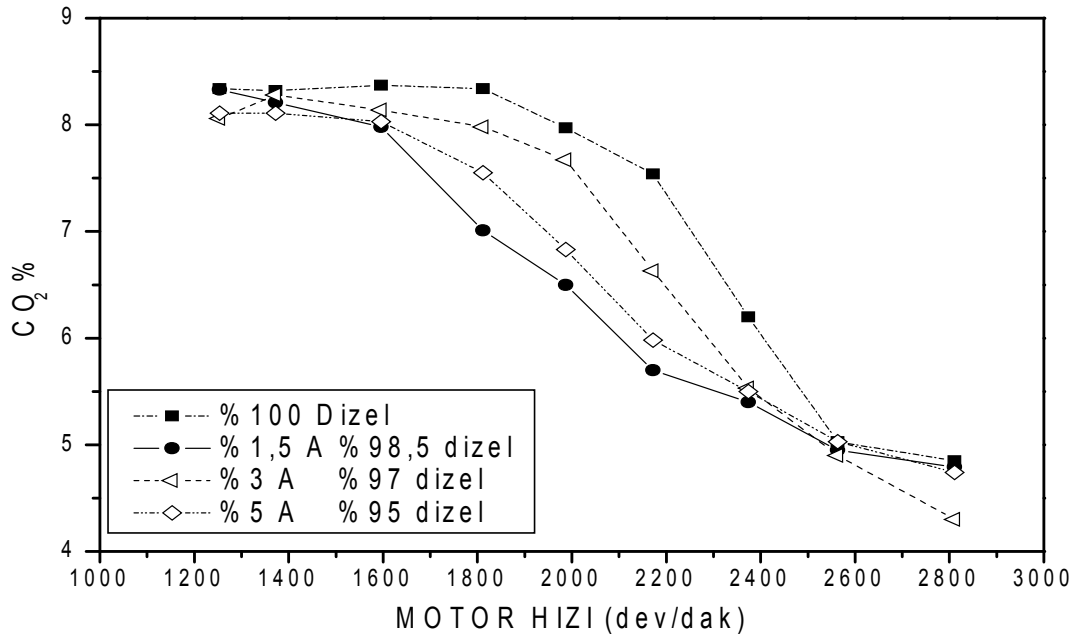
Şekil 4.16. Anisol (A)-dizel karışımı için motor hızı-CO değişimi

Şekil 4.17. analizi yapılan azot oksit(NO_x) değerlerinin motor hızına bağlı olarak değişimlerini göstermektedir. NO_x emisyonu yanma sıcaklığıyla alakalıdır. Emisyon salınımlarında gözlemlenen düşüş, yanma sıcaklığında azalma olduğunu göstermektedir. Katkı maddelerinin ihtiva ettiği oksijen yanmayı düzenlemiş ve azot oksit emisyonunu azaltmıştır. Ortalama NO_x emisyon değerindeki en fazla düşüşü %3 anisol katkılı yakıt sağlamıştır. Motor hızı arttıkça yanma daha iyi gerçekleştiğinden dolayı, NO_x emisyonlarında azalma olmuştur.

Şekil 4.18.'de dizel ve katkılı dizel yakıtlarının değişik motor hızlarındaki karbon dioksit(CO_2) emisyonları gösterilmiş ve en yüksek CO_2 emisyonunun, katkısız dizelde olduğu belirlenmiştir. Ortalama CO_2 emisyonları hesaplandığında, %1,5, 3 ve 5 anisol, sırasıyla %6,54, 6,83 ve 6,65 'lik azalmalara sebep oldukları sonuçlarına ulaşılmıştır. CO_2 emisyonunun salınımı Şekil 4.18.'de görüldüğü üzere motor hızı arttıkça azalmıştır.



Şekil 4.17. Anisol (A)-dizel karışımı için motor hızı-NO_x değişimi



Şekil 4.18. Anisol (A)-dizel karışımı için motor hızı-CO₂ değişimi

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, etil benzoat, metil benzoat ve anisol değişik oranlarda (%1,5, %3, %5) dizel ile karıştırılmış ve yakıt özelliklerine etkileri incelenmiştir. Yakıt özelliklerine ek olarak motor performans deneyleri ve ekzoz emisyon analizleri yapılmıştır.

Katkı maddelerinin yoğunluğunun dizele göre daha düşük olmasında dolayı katkılı yakıtların yoğunluğunda azalma olmuştur. Ancak düşük hacimsel oranlarda hazırlanan karışımlar, katkılı yakıt yoğunluklarının fazla etkilenmemesini sağlamıştır.

Etil benzoat katkılı yakıtın setan sayısı yükselirken, metil benzoat ve anisol katkılı yakıtlarda çok az miktarda azalma olmuştur. Sonuç olarak en iyi setan sayısı etil benzoat katkısı ile elde edilmiştir. Etil benzoat katkılı dizel yakıtlar motorların soğuk çalışma koşullarına maruz kaldığı ortamlar için daha uygundur.

Katkılı dizel yakıtların viskozite değerleri incelenmiş ve değerlerin düştüğü belirlenmiştir. Bu değişikliğe sebep olan unsur düşük yoğunluklu katkı maddelerinin kullanılmasıdır.

Akma noktası analizleri, katkılı dizel yakıtlarda daha iyi sonuçlar vermiştir. Ancak çok fazla değişim olmamıştır.

Parlama noktası ölçümlerinde en etkili katkı maddesi etil benzoat olmuştur. Anisol katkısı ise yakıtın parlama noktasını etkilememiştir.

Katkılı yakıtlarla yapılan tüm bakır korozyon testleri çok iyi sonuçlar vermiştir.

Bu çalışmada katkı maddeleri kullanılmış yakıtlarda yapılan performans deneylerinde, ölçülen güç ve tork değerleri azalmaktadır. Yaklaşık %3 oranında olan kayıplar kabul edilebilir sınırlardadır.

Çalışmanın belirleyici unsuru çevresel ve ekonomik yönüdür. Egzoz emisyonları olan CO₂ ve NO_x gazları katkı maddeleri kullanılarak %5-8 arası azaltılmıştır. CO salınımında artma olmuştur. CO gazı için en az miktarda artışı etil benzoat ve metil benzoat için %5 karışım oranları sağlarken anisol için %1,5 katkı oranı sağlamıştır.

Hızla tükenmekte ve fiyatı her geçen gün artmakta olan petrol ve türevi yakıtlara ihtiyacı % 5 oranında azalması çevresel olduğu kadar ekonomik yönü ile de önem verilmesi gereken bir noktadır. 2009 yılında dünyada tüketilen yıllık ham petrol 13 209 100 000 litredir. Bunun % 55-60' ını dizel yakıtlar oluşturmaktadır, yaklaşık olarak 7 661 278 000 litredir. Dizel yakıtına %3 oranında katkı maddeleri kullanılması durumunda 229 838 340 litre tasarruf edilmiş olunacaktır. Bu miktar Türkiye' nin 6, İtalya' nın ve Fransa' nın 3' er yıllık tüketimlerini karşılamaktadır.

Bu çalışmada sonuç olarak etil benzoat katkısı dizel yakıtlar için performans açısından olmasa dahi çevresel ve ekonomik faktörler yönünden en iyi katkı maddesi olarak belirlenmiştir. Optimum karışım oranı ise %1,5 etil benzoat katkılı dizel yakıtıdır.

KAYNAKLAR

- Abdulvahitoğlu, A., Yılmaz, A., Aydın, K., 2008. Fuel quality investigation of diesel fuel, biodiesel and different hydrocarbon blends. University of Çukurova Faculty of Mechanical Engineering and Architecture, **30th Annual Symposium**, 606-610.
- Anonim, <http://www.castrol.com.tr>, 10.11.2011.
- Anonymous, <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics1187.htm>, 25.09.2011.
- Anonymous, <http://www.thegoodscentscompany.com/data/rw1004771.html>, 25.09.2011.
- Anonymous, http://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards, 28.10.2011
- Anonymous, <http://www.wikipedia.com>, 28.10.2011.
- Aydın, K., 2011. Türkiye'nin Kyoto Protokolü'nü onaylamasının karayolu ulaştırma ve otomotiv sektörüne olan etkileri. **VI. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları sempozyumu bildiriler kitabı**, E/2011/565, 618-626, Kayseri.
- Cıvıvız, M., Köse, H., Canlı, E., Solmaz, Ö., 2011. An experimental investigation on effects of methanol blended diesel fuel to engine performance and emissions of a diesel engine. **Scientific Research and Essays** Vol. 6(15), pp 3189-3199.
- Demirci, A., Gümüş, M., Sayın, C., Atmaca, M., Binark, A.K., Işıkan, M.O., 2011. Sıkıştırma ile ateşlemeli bir motorda biyodizel-dizel karışımlarının egzoz emisyonlarına etkisi. **6th International Advanced Technologies Symposium (LATS'11)**, 16-18 May, Elazığ.
- Dönmez, D., Semercioğlu H., Cömert Ö. M., Üzmez G., 2009. **Dizel motor ile çalışan belediye otobüslerinin incelenmesi ve emisyon envanterlenmesi**. Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi.
- Eyidoğan, M., 2009. **Etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarının buji ateşlemeli bir motorun yanma karakteristiği ve egzoz emisyonlarına etkisinin incelenmesi**. Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü Yüksek Lisans Tezi.
- Garpen, J.V., Shanks, B., Pruszko, R., Clements, D., Knothe, G., 2004. Biodiesel analytic methods,, National **Renewable Energy Laboratory**, NREL/SR-510-36240.
- Hazar, H., Temizer, İ., Gür, F., 2011. Bir dizel motorunun motor performans ve motor parçaları üzerindeki katkı maddelerinin etkisinin incelenmesi. **6th International Advanced Technologies Symposium (LATS'11)**, 16-18 Mayıs, Elazığ.
- Ma, J., Lü, X., Ji, L., Huang, Z., 2007. An experimental study of HCCI-DI combustion and emission in a diesel engine with dual fuel. **International Journal of Thermal Science**, 47 (2008) 1235-1242.
- Özcanlı, M., 2009. **Development of biodiesel production processes and additives for improvement of biodiesel performance and emissions**. Çukurova University, Natural and Applied Science Institute, Mechanical Engineering-PhD thesis.
- Özcanlı, M., Keskin A., Aydın K., 2011. Biodiesel production from terebinth (*Pistacia Terebintus*) oil and its usage in diesel engine. **International Journal of Green Energy**, 8:5, 518-528.
- Özer, S., Vural, E., Özdalyan, B., 2011. Dizel motorlarında kanola yağı metil ester-dizel yakıtı karışımlarının motor performans ve egzoz emisyonlarına etkileri. **Taşıt Teknolojileri Dergisi (TATED)**, Cilt no: 3, No:1, 9-18.

- Özgür, T., 2011. **Investigation of nanoparticle additives to the biodiesel and diesel fuels for improvement of the performance and exhaust emissions in a compression ignition engine.** Çukurova University, Natural and Applied Science Institute, Mechanical Engineering-MS thesis.
- Sayın, C., 2010. Engine performance and exhaust gas emissions of methanol and ethanol-diesel blends. **Fuel** 89 3410-3415.
- Sayın, C., Çanakçı, M., Kılıçaslan, İ., Özsezen, N., 2005. Çift yakıt (benzin+lpg) kullanımının motor performansı ve emisyonlar üzerinde etkisinin deneysel analizi. **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 20, No 4, 483-490.
- Sönmez, İ., 2006. **Dizel motorlarına ilave oksijen verilmesinin motor performans ve egzoz emisyonlarına etkisi.** Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Bilim Uzmanlığı Tezi.
- Türkcan, A., 2006. **Bir dizel motorunun performans parametrelerinin deneysel tespiti.** Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Yanfeng, G., Shenghua, L., Hejun, G., Tiegang, H., Longbao, Z., 2006. A new diesel oxygenate additive and its effects on engine combustion and emissions. **Applied Thermal Engineering**, 27(2007) 202-207.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında, büyük bir titizlik, sabır ve özveriyle bana destek olan, yoğun akademik görevlerine rağmen her fırsatta zaman ve ilgisini esirgemeyen, yol gösteren ve bilimsel çalışmamda bana yardımcı olan tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Ergül YAŞAR' a en derin saygılarımı ve minnettarlığımı iletmek isterim.

Çalışmalarında bana desteğini esirgemeyen, Çukurova Üniversitesi Otomotiv Laboratuvarın' da sabır ve istekle bana çalışmalarında yol gösteren ve yardımcı olan değerli hocalarım Öğr. Gör. Dr. Mustafa ÖZCANLI ve Öğr. Gör. Dr. Hasan SERİN' e ayrıca tez yazımı ve kontrolü aşamasında tecrübelerini benimle paylaşan çok sevgili Mustafa Kemal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine sonsuz şükranlarımı sunuyorum.

Tez çalışmamın bu seviyeye gelmesinde en büyük role sahip, düşüncenin teze dönüşmesini sağlayan, laboratuvarlar imkânlarını sunan, Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü' nden çok saygıdeğer hocalarım, Prof. Dr. Beşir ŞAHİN ve Prof. Dr. Kadir AYDIN' a, yine bilgi ve veri analiz yöntemlerinde çok yardımları olan Otomotiv Laboratuvarı akademik ve teknik personeline teşekkür ediyorum.

Çalışmalarımın her aşamasında yanımda olan ve doğrudan yada dolaylı olarak yaptıkları yardımları hiç unutmayacağım meslektaşım ve arkadaşlarım olan Arş. Gör. H. Turan ARAT, Arş. Gör. Tayfun ÖZGÜR, Arş. Gör. Ali Can YILMAZ ve Arş. Gör. Ceyla GÜNGÖR' e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak hayatımın her aşamasında bana destek olan aileme; bu çalışmanın onurunun ve bana ait hertürlü hakkının kendilerine ait olduğunu söylemek istiyorum.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında İskenderun'da doğdum. İlkokulu T.E.D Kayseri Koleji'nde, ortaokul ve lise öğrenimimi Hatay'da İstiklal Makzume Anadolu Lisesi'nde tamamladım. Çukurova Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümünden "Makine Mühendisi" unvanıyla 2007 yılında mezun oldum. Askerlik görevimi Siirt'te Jandarma olarak tamamladıktan sonra Amerika'nın Kaliforniya Eyaleti'nde yabancı dilimi ve akademik çalışmalarımı geliştirmek için bulundum. 2008-2009 yılları arasında ülkeye döndükten sonra özel sektör deneyimimi gerçekleştirdim. 2009-2010 Öğretim yılı Bahar döneminde Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimime başladım. Aynı dönemde Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü' ne araştırma görevlisi olarak atandım. Halen bu görevimi gurur ve zevkle yürütmekteyim.