



**BENZİNLİ BİR MOTORDA TEREBENTİN
KULLANIMININ MOTOR PERFORMANS VE
EMİSYONLARINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yusuf BAŞOĞUL

DANIŞMAN

Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Mayıs 2008

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BENZİNLİ BİR MOTORDA TEREBENTİN KULLANIMININ MOTOR
PERFORMANS VE EMİSYONLARINA ETKİSİ**

Yusuf BAŞOĞUL

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN**

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

AFYONKARAHİSAR

Mayıs 2008

ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN'in danışmanlığında,
Yusuf BAŞOĞUL tarafından hazırlanan
“**BENZİNLİ BİR MOTORDA TEREBENTİN KULLANIMININ MOTOR
PERFORMANS VE EMİSYONLARINA ETKİSİ**”
başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri

uyarınca

15 / 05 / 2008

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Makine Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı, SOYADI

İmza

Başkan Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN (Danışman)

Üye Yrd. Doç. Dr. Yaşar Önder ÖZGÖREN

Üye Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT
Enstitü Müdürü

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BENZİNLİ BİR MOTORDA TEREVENTİN KULLANIMININ MOTOR
PERFORMANS VE EMİSYONLARINA ETKİSİ

Yusuf BAŞOĞUL

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

Günümüzde enerji kullanımı arttıkça, sınırlı olan enerji kaynakları kendilerini yenilenebilir, tarımsal ve petrol esaslı olmayan (etanol, metanol, kanola, soya vb.) kaynaklardan elde edilebilen, çevre dostu yakıtlara bırakmaktadır. Diğer taraftan motorların verimlerinin yükseltilmesi, egzoz emisyonlarının azaltılması ve motorlar için uygun özelliklere sahip alternatif motor yakıtlarının bulunması ve geliştirilmesi için çalışmalar sürdürülmektedir.

Bu çalışmada yakıtlardan elde edilen verimi yükseltmek, emisyonlarda iyileştirme sağlamak için benzinin içersine tereventin ilavesi yapılmıştır. Bu amaçla buji ateşlemeli, 4 zamanlı ve tek silindirli bir benzin motoru kullanılmıştır. Denemeler dinamometrede, tam gaz kelebek açıklığında ve 2000-4000d/d devir aralığında yapılmıştır. Yakıt olarak kurşunsuz benzin, %10 and %20 tereventin-benzin karışımları kullanılmış olup, karışımların motor gücü, motor torku, özgül yakıt tüketimi, egzoz emisyonuna etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

Benzin içersine karıştırılan tereventinin sırasıyla motor gücünde ve torkunda kurşunsuz benzine göre T10 ve T 20 yakıtı için 4000 d/d ve 2500 d/d da %5,91-%0,91 ve %5,67-%2,76'lık artış gözlenmiştir. Özgül yakıt tüketimi 2500 d/d da benzine göre T10 için %4,6 azalmış,T20 için de %4,55 artmıştır. T10 ve T20 için karbonmonoksit (CO) değerinde %0,3'lük, hidrokarbon (HC) değerinde %1,22'lik azalma gözlenmiştir.

2008, 58 sayfa.

Anahtar kelimeler: Tereventin, Alternatif yakıt, Motor performansı, Emisyon analizi.

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE EFFECT of USING TURBENTINE on ENGINE PERFORMANCE and EMISSIONS of A GASOLINE ENGINE

Yusuf BAŞOĞUL

Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Machine Education

Supervisor: Assoc. Prof. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

The renewable, agricultural and environmental fuels produced from the sources which don't consist of petrol (ethanol, methanol, canola, soybean etc.) replace the sources of energy limited, when the use of energy increases nowadays. On the other hand, the studies of increasing the efficiency of engines, reducing exhaust emissions, finding alternative fuels which have suitable specialities for engines and developing have been continued.

In this study, the turpentine has added into gasoline for increasing the efficiency obtained from the fuels and making better of the emissions. The one cylinder, four cycles, spark ignition engine was used. Tests were performed on dynamometer at the full throttle valve gap and from 2000 to 4000 min^{-1} speeds. The pure gasoline, 10% turpentine-gasoline mixture (T10) and 20% turpentine-gasoline mixture (T20) have been used as a alternative fuel. The effects of these mixtures to engine power, engine torque, specific fuel consumption, exhaust emissions have been experimentally examined.

It was observed that the turpentine which has been mixed with gasoline for T10 and T20 oils respectively made slightly increase engine power and under 4000-2500 rpm %5,91-%0,91 and %5,67-%2,76 engine torque as gasoline. %4,6 decrease for T10 and %4,55 increase for T20 were observed in specific fuel consumption of turpentine-gasoline under 2500 rpm as gasoline. Decreases of %0,3 CO and %1,22 HC were obtained for T10 and T20.

2008, 58 pages.

Keywords : Turpentine, Alternative fuel, Engine performance, Emission analysis.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen çok değerli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN'e, değerli hocam Prof. Dr. Süleyman TAŐGETİREN'e, Arş.Grv. İlker SUGÖZÜ, Öğr.Grv. Fatih AKSOY'a , Arş.Grv. İbrahim YAVUZ'a, Arş.Grv. Őükrü Ayhan BAYDIR'a ve burada adlarımı sayamadığım bilgi, kaynak ve görüşleriyle her zaman yardımcı olmaya çalışan tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Kafiye BAŞOĞUL'a, babam Ayet BAŞOĞUL'a ve ablam Ayőe BAŞOĞUL'a en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yusuf BAŞOĞUL

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Literatür	4
2.2 Benzin ve Benzine Katılan Katkı Maddeleri	11
2.2.1 Benzin ve Performans Özellikleri	11
2.2.1.1 Vuruntu Mukavemeti	12
2.2.1.2 Uygun Buharlaşma	12
2.2.1.3 Zamk ve Vernik Oluşturmama	12
2.2.1.4 Yakıt ve Yanma Ürünleri Korozyif Olmaması	12
2.2.1.5 Alevlenme Tehlikesi	13
2.2.2 Benzine Katılan Katkılar	13
2.2.2.1 Kurşun Tetraetil (KTE)	13
2.2.2.2 Terebentin	14
2.3 Benzinli Motorlarda Kullanılan Alternatif Yakıtlar	16
2.3.1 Metanol	16
2.3.1.1 Metanolün Özellikleri	17
2.3.1.2 Metanolün Yanma Performansı	17
2.3.1.3 Karışımın Oluşturulması ve Motor Performansına Etkisi	18
2.3.1.4 Metanolün Egzoz Gazları Emisyonu	19
2.3.1.5 Metanolün Benzinli Motorlara Uyarlanması	19
2.3.2 Etanol	20
2.3.2.1 Etanolün Özellikleri	20
2.3.2.2 Etanolün Yanma Performansı	21

2.3.2.3 Etanolün Egzoz Gazları Emisyonu	22
2.3.3 Doğalgaz	22
2.3.3.1 Doğalgazın Özellikleri	23
2.3.3.2 Karışımın Oluşturulması ve Motor Performansına Etkisi	24
2.3.3.3 Doğalgazın Egzoz Gazları Emisyonu	24
2.3.4 Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)	25
2.3.4.1 LPG'nin Özellikleri	25
2.3.4.2 LPG'nin Motor Performansına Etkisi	26
2.3.4.3 LPG'nin Egzoz Gazları Emisyonu	26
2.3.4.4 Benzinli Motorlarda LPG Kullanımı	26
2.3.5 Biyogaz	27
2.3.6 Hidrojen	27
2.3.6.1 Hidrojenin Özellikleri	27
2.3.6.2 Hidrojenin Yanma Performansı	28
2.3.6.3 Karışımın Oluşturulması ve Motor Performansına Etkisi	29
2.3.6.4 Hidrojenin Egzoz Gazları Emisyonu	29
2.3.6.5 Benzinli Motorlarda Hidrojen Kullanımı	30
3. MATERYAL METOT	31
3.1 Materyal	31
3.1.1 Deney Ortamı	31
3.1.2 Deney Motoru	32
3.1.3 Deney Yakıtı	33
3.1.4 Kullanılan Ölçü Aletleri	33
3.1.4.1 Dinamometre	34
3.1.4.2 Kronometre	36
3.1.4.3 Terazî	36
3.1.4.4 Egzoz Emisyonu Ölçüm Cihazı	37
3.2 Metot	38
3.2.1 Deneyler Sonucunda Elde Edilen ve Hesaplanan Değerler	39
4. BULGULAR	41
4.1 Benzin, T10 ve T20 Yakıtlarının Motor Momente Etkileri	41
4.2 Benzin, T10 ve T20 Yakıtlarının Motor Gücene Etkileri	42
4.3 Benzin, T10 ve T20 Yakıtlarının Kullanımının Özgül Yakıt Tüketimine Etkisi	43

4.4 Farklı Yakıt Kullanımının Egzoz Gazı Emisyon Değerlerine Etkisi	44
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	47
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	55
EKLER	56
EK-1 Benzin, T10 ve T20 yakıtlarıyla yapılan deneylerde elde edilen motor performans değerleri.	57
EK-2 Benzin, T10 ve T20 yakıtlarıyla yapılan deneylerde elde edilen egzoz emisyon değerleri.	58

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

b_e	Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
d_H	Lüle Akış Kesitinin Çapı (m)
HC	Hidrokarbon
L	Moment Kolu Uzunluğu (m)
M	Göstergede Okunan Fren Kuvveti Değeri (kg)
m_H	Emme Havası Debisi (kg/s)
Mtep	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
m_Y	Tüketilen Yakıt Miktarı (g)
n	Motor Devri (rpm)
N ₂	Azot
NO _x	Azotoksitler (ppm)
O ₂	Oksijen
P_e	Efektif Güç (kW)
P_{me}	Ortalama Efektif Basınç (kPa)
rpm	Dakikada Devir Sayısı
V_H	Toplam Strok Hacmi (m ³)
Δh_H	Eğik Manometrede Okunan Basınç Farkı (cmss)
Δt	Zaman Aralığı (s)
Φ	Yakıt/Hava Eşdeğerlik Oranı
kW	Motor Gücü
min ⁻¹	Devir/Dakika
DC	Doğru Akım
SO	Kükürtmonoksit
CH ₄	Metan
C ₂ H ₆	Etan
ε	Sıkıştırma Oranı

2. Kısaltmalar

ASTM	Amerikan Standardı
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
ÖYT	Özgül Yakıt Tüketimi
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
CNG	Sıkıştırılmış Doğal Gaz
B20	%20 Biyodizel
B100	%100 Biyodizel
ETBE	Etil Tersiyer Bütil eter
MTBE	Metil Tersiyer Bütil Eter
T10	%10 Terebentin-%90 Benzin Karışımı
T20	%20 Terebentin-%80 Benzin Karışımı
E0,E5,E10,E20,E50	%0, %5, %10, %20 ve %50 Etanol
FÖYT	Fren Özgül Yakıt Tüketimi
M100	%100 Metanol

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1 Türkiye’de yıllar itibariyle CO ₂ değişimi.	2
Şekil 1.2 Yakıtların sera gazı emisyonları	3
Şekil 3.1 Deney düzeneğinin genel şeması	31
Şekil 4.1 Farklı yakıt kullanımıyla, motor momentinin motor devrine bağlı değişimi.	41
Şekil 4.2 Farklı yakıt kullanımıyla, motor gücünün motor devrine bağlı değişimi.	42
Şekil 4.3 Farklı yakıt kullanımıyla, özgül yakıt tüketiminin motor devrine bağlı değişimi	43
Şekil 4.4 Farklı yakıt kullanımıyla, CO emisyonunun Motor devrine bağlı değişimi.	44
Şekil 4.5 Farklı yakıt kullanımıyla, CO ₂ emisyonunun Motor devrine bağlı değişimi.	45
Şekil 4.6 Farklı yakıt kullanımıyla, HC emisyonunun Motor devrine bağlı değişimi.	46
Şekil 4.7 Farklı yakıt kullanımıyla, O ₂ emisyonunun Motor devrine bağlı değişimi.	46

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa No	
Resim 3.1	Deney düzeneğinin genel görünüşü	32
Resim 3.2	Deneyde kullanılan motor	33
Resim 3.3	Dinamometrenin görüntüsü	34
Resim 3.4	Dinamometre kontrol paneli	35
Resim 3.5	Loadcell Amplifier LCA-D görüntüsü	35
Resim 3.6	Deney motorunun dinamometre üzerinde görüntüsü	36
Resim 3.7	Elektronik terazi	37
Resim 3.8	Egzoz emisyon ölçüm cihazı	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa No
Çizelge 1.1	Dünya fosil yakıt rezervleri	1
Çizelge 2.1	Ham reçine, çamsakızı ve terebentinin tahmini dünya üretimi	14
Çizelge 2.2	Benzin ve terebentinin kimyasal ve fiziksel özellikleri	15
Çizelge 2.3	Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri	17
Çizelge 2.4	Etanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri	21
Çizelge 2.5	Doğalgazın fiziksel ve kimyasal özellikleri	23
Çizelge 2.6	Propanın ve bütanın fiziksel ve kimyasal özellikleri	26
Çizelge 2.7	Hidrojenin fiziksel ve kimyasal özellikleri	28
Çizelge 3.1	Deney motorunun teknik özellikleri	32
Çizelge 3.2	Benzinin kimyasal ve fiziksel özellikleri	33

1. GİRİŞ

İnsanoğlu var olduğu günden beri dolaylı veya dolaysız olarak enerjiye ihtiyaç duymuştur. Günümüzde enerji olmadan insanoğlunun yaşamını sürdürmesi oldukça güçtür. Dünya lkelerinin ekonomik ve sosyal kalkınmasında en önemli ihtiyaçlarından birisi olan enerji gereksinimi gün geçtikçe hızlı bir şekilde artmaktadır. Buna karşın enerji gereksinimini karşılayacak doğal kaynakların rezervlerinde ciddi oranlarda azalma görülmektedir.

Çizelge 1.1 Dünya fosil yakıt rezervleri (Anonymous, 2002).

BÖLGE	PETROL [Milyar Ton]	Doğalgaz [Trilyon m ³]	Kömür [MilyarTon]	
			Taşkömürü	Linyit
Kuzey Amerika	8,3	7,6	120,2	137,6
Orta ve Güney Amerika	13,7	7,2	7,8	14,0
Avrupa	2,6	4,9	47,5	77,9
Eski SSCB lkeleri	9,1	56,1	97,4	132,6
Ortadoğu	93,3	55,9	1,7	-
Afrika	10	11,2	55,2	0,2
Asya ve Avustralya	5,9	12,3	189,3	103,1
TOPLAM DÜNYA	142,9	155,1	519,1	465,4

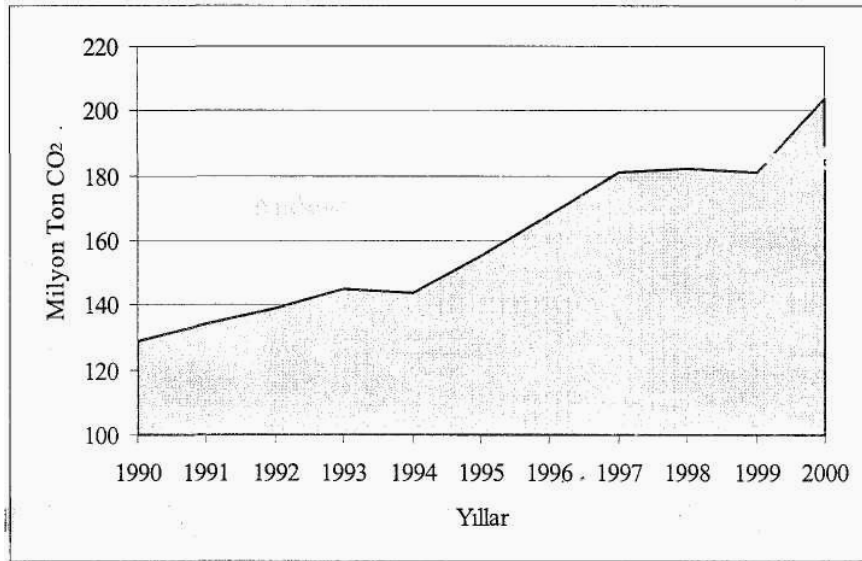
izelge1.1'de görüldüğü gibi petrol, doğalgaz ve kömür rezervlerinin sınırlı ve yenilenemez oluşu, dünyada meydana gelen hızlı nüfus artışı, kentleşme ve endüstrileşme ile birlikte doğal kaynakların tktilmesinde de ciddi bir artış olmuştur. Kısa vadede fosil yakıtlar ile ilgili kaynak yetersizliğinin sorun olmayacağı fakat uzun vadede bu kaynakların tükenmesiyle birlikte enerji açığının büyük bir problem olarak insanlığı tehdit edeceği tahmin edilmektedir.

1970'li yıllarda petrol krizlerinin patlak vermesiyle bütün dünyada petrole bağımlı ülkeler petrol krizinin yol açtığı ekonomik zararları en aza indirecek ve petrole alternatif olabilecek yakıt arayışına girmişlerdir. Bu yöndeki çalışmalar büyük bir önem kazanmıştır. Bu kapsamda sıkıştırılmış doğalgaz, bitkisel yağlar, sıvılaştırılmış petrol gazı, metanol, etanol gibi birçok yakıtlar alternatif olarak değerlendirilmeye çalışılmıştır (İçingür ve Yamık, 2003).

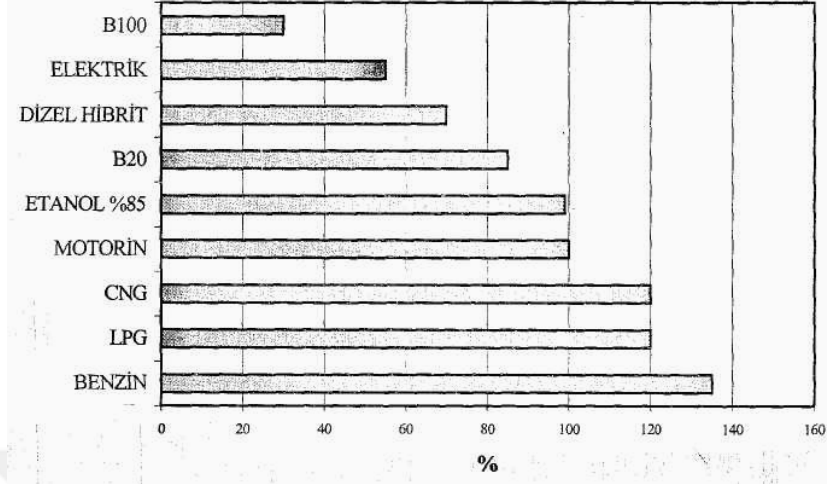
Fosil yakıtların ülke ekonomileri üzerinde tehdit ve olumsuz gelişmelerin yanında diğer olumsuz bir hususta bu yakıtların aşırı kullanımının küresel ısınmaya sebep olmasıdır. Fosil yakıtların emisyon değerlerinin fazla olması yani bu yakıtların kullanımı sonucunda atmosfere bol miktarda CO₂ salınımı yerkürenin anormal bir şekilde ısınmasına neden olmaktadır.

Günümüzde küresel ısınmanın yerkürenin geleceğini tehdit eder duruma geldiği birçok ülke tarafından kabul edilmiş ve bu amaçla zararlı sera gazı salınımlarının azaltılması için “Kyoto protokolü” ve “Rio sözleşmesi” gibi uluslararası antlaşmaların hayata geçirilmesi amacıyla çalışmalara hız kazandırılmıştır (Öğüt ve Oğuz, 2006).

Her yıl milyonlarca ton CO₂'i gazını emisyon yoluyla atmosfere salan içten yanmalı motorlar aynı zamanda insan yaşamı için en gerekli olan atmosferdeki oksijen miktarını oldukça azaltmaktadır. İnsanların doğal yaşam alanlarının yok olmasını ve tahribatını önlemek için fosil yakıtların kullanımını minimuma indirmek ve fosil yakıtlara nispeten doğaya daha az zararlı salınım veren alternatif yakıtlar kullanmak aynı zamanda bu yakıtların verimlerini artırmak gerekmektedir. Şekil 1.1 ve Şekil 1.2’de ülkemizde atmosfere yayılmış olan CO₂ gazı emisyonları ve yakıtların sera gazları emisyonları gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Türkiye’de yıllar itibariyle CO₂ değişimi (Anonymous, 2002).



Şekil 1.2 Yakıtların sera gazı emisyonları (Öğüt ve Oğuz, 2006).

Bu çalışmada kurşunsuz benzin, %10 ve %20 oranlarda terebentin-benzin karışımlarının benzinli bir motorda motor performans ve emisyon etkilerini araştırmak için deneysel çalışmalar yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Literatür Taraması

Alternatif yakıtların ve katkı maddelerinin benzinli motorlarda kullanılması konusunda birçok çalışmalar yapılmıştır. Aşağıda etanol, metanol, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), doğalgaz (CNG), hidrojen ve alternatif yakıt katkısı olan terebentin ile ilgili olan çalışmalar kronolojik olarak verilmiştir.

Bemhardt (1977) buji ile ateşlemeli ve sıkıştırma oranı 9,7 olan bir VW motorunda tam gazda yaptığı deneylerde, metanollü çalışmalarda %10 güç artışı tespit etmiştir. Aynı çalışmada, metanolün özgül yakıt sarfiyatı benzine göre daha fazla olduğu belirlenmiş, alt ısı değerinin yaklaşık yarısı olmasından bu sonuca varıldığını belirtmiştir. Metanollü çalışmalarda gerek cidarlara olan ısı kaybının ve gerekse egzoz ile dışarıya atılan ısının az olması dolayısıyla motor termik veriminin, metanollü halde daha yüksek olduğu tespit etmiştir.

Karaosmanoğlu (1990) %15 - %20 metanol-benzin karışımlarında faz ayrışmasını önlemek için füzel yağı kullanarak performansa etkilerini incelemiştir. Testler sonucunda benzine karşılaştırıldığında motor momentini ve gücü düşerken, özgül yakıt tüketimi ve ısı veriminde artış gözlenmiştir. 1/3 ve 2/3 gaz kelebek açıklıklarında yapılan ölçümlerde, CO emisyonları benzine göre azalırken, NO_x hemen hemen aynı değerde artmıştır. HC emisyonları ise; 1/3 gaz kelebek açıklığında benzinden daha fazla çıkarken, 2/3 gaz kelebek açıklığında benzine yakın çıkmıştır.

Jenkins vd. (1990), tarafından gerçekleştirilen çalışmada oksijen içeren bileşiklerin motor performansına etkisi incelenmiştir. Oksijen içeren bileşiklerden ETBE, MTBE ve etanol kullanılmıştır. Karışımlar kütleli olarak %2 ve %3,5 oksijen içerecek şekilde hazırlanmıştır. Tam gaz kelebek açıklığında farklı yakıtlarla gerçekleştirilen deneylerde motor momentini ve gücünde önemli bir farklılık görülmemekle beraber yakıt tüketimi oksijen içeren yakıtlarda %3-5 oranında artış göstermiştir. ETBE ile CO emisyonu, benzin ve MTBE ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu görülmüştür. HC emisyonu motor devri ve karışımdaki oksijen miktarındaki artışa bağlı olarak azalırken, NO_x emisyonu artmıştır.

Hoshino ve Iwai (1991), emme manifoldu ısıtılan, enjektör monte edilmiş bir otto motorunda M85 yakıtı kullanılmış ve motor performansında artış, yakıt sarfiyatında azalma olduğu ve motorun soğukta ilk hareketinin kolaylaştığı görülmüştür.

Kisenyi vd. (1994), oksijen içeren benzin karışımlarının Avrupa'da üretilmiş altı araçta egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Şasi dinamometresinde ECE seyir çevrimine göre %10 MTBE, %15 MTBE ve %5,2 etanol içeren benzin karışımlarından en iyi sonuçları %15 MTBE içeren karışımla elde etmişlerdir. MTBE'nin %15 olduğu karışımlarda, CO emisyonunda %15-30, toplam HC emisyonunda %10-20, NO_x emisyonlarında %1,3-1,7 ve CO₂ emisyonunda %1-4 azalma kaydedilmiştir.

Cowart vd. (1995) tarafından yapılan çalışmada, yakıt olarak M85, E85 ve benzin kullanılmıştır. Motor performansının alkol içeren yakıtlarda arttığı görülmüştür. Motor torku ve gücü M85 yakıtı kullanıldığında benzine kıyasla maksimum %7, E85 yakıtında ise %4 artmıştır.

Guerrieri vd. (1995) etanol karışımlarının taşıt ve egzoz emisyonlarına etkilerini araştırdıkları çalışmada, egzoz emisyonları ve yakıt ekonomisi, altı araçta benzin ve hacimsel olarak %10-40 oranlarında etanol bulunan dokuz farklı etanol-benzin karışımları kullanılarak test edilmiştir. Emisyonlar, karışımdaki etanol miktarına bağlı olarak lineer bir değişim göstermiştir. En yüksek etanol konsantrasyonunda toplam HC emisyonu %30, CO emisyonu %50, yakıt ekonomisi %15 azalmıştır.

Taylor vd. (1996), kütleli olarak %1,25, %2,5, %3,75 ve %5 oksijen içeren alkol-benzin karışımlarının egzoz emisyonlarına etkisini inceledikleri çalışmada, metanol, etanol, i-propanol ve n-propanol kullanılmıştır. Kütleli olarak %5 oksijen içeren alkol-benzin karışımlarıyla CO emisyonunda %75 ve HC emisyonunda %40 azalma elde etmişlerdir.

Çanakçı (1996), kimyasal yanma denklemini referans kabul ederek, hidrojen gazı ve benzinin yüzdelilerindeki değişimlere bağlı olarak emisyon miktarlarını hesaplamış ve yanma karakteristiklerini grafiksel olarak sunmuştur. Bu bilgisayar programında emisyon oranları; sıcaklık, hava fazlalık katsayısı ve hidrojen oranının fonksiyonu olarak değişmektedir. Bu teorik çalışmanın sonucunda, hidrojen gazı kullanım oranının artmasıyla CO ve NO_x emisyonlarının belirgin bir şekilde azaldığı gözlenmiştir.

Alasfour (1998) tarafından yapılan çalışmada, %30 izo-bütanol-benzin karışımı ve saf benzin için yakıt/hava eşdeğerlik oranının (Φ) bir fonksiyonu olarak NO_x emisyonunun değişimi incelenmiştir. İzo-bütanol-benzin karışımında $\Phi=0,9$ ve 1500 (1/min) motor devrinde maksimum NO_x konsantrasyonunun saf benzine göre yaklaşık %9 azaldığı ve benzinden biraz daha fakir bölgede oluştuğu görülmüştür.

Alasfour (1998) tarafından yapılan bir başka çalışmada, %30 izo-bütanol-benzin karışımı kullanılarak, ateşleme zamanı ve yakıt/hava eşdeğerlik oranının fonksiyonu olarak NO_x emisyonu üzerindeki etkisi üç farklı ateşleme avansında (20° , 23° ve 27°) incelenmiştir. Ateşleme zamanı 20° den 27° avansa alınması durumunda NO_x emisyonunu %27 artmaktadır. Zengin karışımlarda ateşleme avansının değişimi NO_x emisyonu oluşumunda çok küçük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Çetinkaya ve Çelik (1998), metanol-benzin karışımlarında görülen faz ayrışması sorununu çözmek amacıyla, çift şamandıralı bir karbüratör geliştirerek, metanol ve metanol-benzin karışimli yakıtların motor performans ve egzoz emisyonlarına olan etkileri ve motorda kullanılabilirliğini incelemiştir. Deney sonuçlarına göre, metanol ve metanol-benzin karışımları kullanıldığında motorun termik verim ve gücünde artma, egzoz emisyonlarında ise azalmalar olduğu ortaya çıkmıştır.

Bayındır ve Yücesu (1999), tek silindri, dört zamanlı, hava soğutmalı ve sıkıştırma oranı 6 olan buji ile ateşlemeli bir motorda, etanol hacimsel olarak % 10, % 20 ve % 30 oranlarında normal benzinle karıştırılmış, motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkileri test edilmiştir. İlk testte karışım motora çevre sıcaklığında (T_0) alınmış, sonraki testlerde dolgu sıcaklığı kademeli olarak $T_0 + 6^\circ\text{C}$ ve $T_0 + 12^\circ\text{C}$ olacak şekilde artırılmıştır. Her üç dolgu sıcaklığında ve dört farklı yakıt çeşidiyle motora tam gaz - değişik yük - devir testi uygulamışlardır. Test sonuçları, karışımdaki etanol miktarı artışına bağlı olarak, özellikle yüksek motor hızlarında motor momentinde bir azalma görüldüğü, fakat dolgu sıcaklığının artması ile momentte bir miktar artış olduğunu göstermiştir. Karışımdaki etanol miktarı ve emme manifoldu dolgu sıcaklığı artışına bağlı olarak hidrokarbon ve karbon monoksit emisyonlarında azalma olduğu görülmüştür.

Çelik (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, standart motor ile değişken sıkıştırma oranlı motorun stokiometrik ve zengin karışımla çalışmaları karşılaştırılmış ve bunların motor

performansı ile egzoz emisyonlarına olan etkileri araştırılmıştır. Stokiyometrik karışımla yapılan testlerde, değişken sıkıştırma oranlı motorda % 5 Nm'lik yükte, karbon monoksit emisyonunda standart motora göre % 14 kadar azalma olduğu görülmüştür. Artan sıkıştırma oranı yanma verimini arttırdığından karbon monoksit emisyonlarında azalma görülmüştür. Zengin karışımla çalışmada stokiyometrik karışımla çalışmaya oranla karbon monoksit seviyelerinde artma olmuştur. Değişken sıkıştırma oranlı motorda 2,46 Nm'lik yükte standart motora göre yaklaşık % 6'lık daha az emisyon ölçülmüştür. Sıkıştırma oranı artışıyla birlikte hidrokarbon emisyonlarının standart motorun emisyonlarına göre attığı tespit edilmiştir. Kısmi yüklerde bu artış % 27'ye ulaşmıştır. Alevin yüzeye yakın bölgelerde soğuyup sönmesi yanmamış hidrokarbon tabakasına sebep olmakta ve bu tabaka yanmış gazlarla karışarak egzozdan atılmaktadır. Sıkıştırma oranı artışıyla birlikte yüzey/hacim oranı arttığından hidrokarbon emisyonları da artış göstermektedir.

Wicker vd. (1999) benzin motorlu bir taşıtın E85 yakıtıyla çalışabilecek hale dönüştürülmesi için pratik düşünceler ileri sürmüşlerdir. Yapılan çalışmada 1999 model Chevrolet Silverado marka taşıt kullanılmıştır. Bu araçta 5,3 L hacminde V8, orijinal ekipmanlı benzin motoru bulunmaktadır. Motor devrine bağlı olarak motor momenti ve motor gücünde her iki yakıtta benzer eğriler elde edilmiştir. E85 yakıtı motor momentinde yaklaşık %2,5 artış sağlarken, Federal Test Prosedürünün şehir ve otoban testlerinde yakıt ekonomisinin yaklaşık %30 azalmasına neden olmuştur.

Al-Baghdadi (2000) tarafından yapılan çalışmada, hidrojen ve etanol ilavesi yapılan dört zamanlı buji ile ateşlemeli bir motorda motor performansının ve egzoz emisyonlarının değişimi incelenmiştir. Kütleli olarak %0-20 oranında hidrojen ve hacimsel olarak %0-30 oranında etanol benzine ilave edilerek deneyler yapılmıştır. Deneyler stokiyometrik karışım oranında, en iyi momenti sağlayacak optimum ateşleme avansında, 7/1, 8/1 ve 9/1 sıkıştırma oranlarında ve 1500 min-1 motor devrinde gerçekleştirilmiştir. Etanol ilavesinin NO_x ve CO emisyonlarında azalma, motor gücü ve termik verimde artış sağlanırken, özgül yakıt sarfiyatında artışa neden olduğu görülmüştür. Hidrojen ilavesi ise; NO_x emisyonunu artırırken, CO emisyonunu azaltmaktadır. Ayrıca hidrojen ilavesinin termik verimde artışa, özgül yakıt sarfiyatında azalmaya sebep olduğu çalışmanın bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

Dinler ve Yücel (2002) tarafından farklı silindir hacimlerine sahip ve farklı markalarda benzinli motorlar kullanılarak LPG'nin egzoz emisyonlarına etkileri incelenmiştir.

Deneilerde silindir hacimleri farklı 4 zamanlı, 4 silindirli, buji ile ateşlemeli ve karbüratörlü motorlar kullanılmıştır. Birinci motor 1600 cm³ hacimli Ford marka, diğeri ise 850 cm³ hacimli Reliant markadır. Emisyon deneyleri sabit motor hızında motor yükü % 0 (yüksüz) - % 100 (tam yük) arasında % 20 değıştirilerek yapılmıştır. LPG ile çalıştırılmada tam yük haricinde karbon monoksit emisyonunda bir artış olmadığı gözlenmiştir. Orta yükler hariç LPG ile çalışmada daha az karbon monoksit emisyonu oluştuğı kaydedilmiştir. Yine LPG ile çalıştırılma esnasında hidrokarbon konsantrasyonu dalgalanmaktadır. Yüksüz durumdan yüklü duruma gidilirken hidrokarbon emisyonu artış göstermekte ve benzin ile çalışmaya oranla hidrokarbon emisyonlarında artış kaydedilmektedir.

Hsieh vd. (2002), etanol-benzin karışımlarının buji ile ateşlemeli bir motorda motor performansına ve emisyonlara etkisini araştırdıkları çalışmada, %99,9 saflıkta etanol hacimsel olarak %0-%30 oranlarında (E0, E5, E10, E20 ve E30) benzin ile karıştırılarak deney yakıtı elde edilmiştir. 4000 min⁻¹ ve kısmi kelebek açıklıklarında yalnız benzinle elde edilen motor torku, E5 ve E30 karışımlarındaki yakıtlardan daha az olmuştur.

Al-Farayedhi (2002) tarafından yapılan çalışmada, oksijen içeren üç farklı yakıtın oktan sayılarının buji ile ateşlemeli bir motorda egzoz emisyonlarına etkileri incelenmiştir. MTBE, metanol ve etanol hacimsel olarak %10, %15 ve %20 oranlarında kurşunsuz benzine katılarak, karışımlar elde edilmiştir. Oluşturulan karışımların oktan sayıları karışımdaki oksijen içeren bileşiklere bağılı olarak artmaktadır. Stokiyometrik oranda ve 680 kPa fren ortalama efektif basıncında ve 2000 min⁻¹ sabit motor devrinde, yapılan deneylerde genel olarak yakıtın oktan sayısındaki artış CO ve HC emisyonlarında azalmaya, NO_x emisyonunda ise artışa neden olduğu görülmüştür. Ayrıca MTBE karışımlarının 1000, 2000 ve 3000 min⁻¹ motor devirlerinde ve 680 kPa sabit motor yükünde oktan sayısına bağılı olarak CO, HC ve NO_x emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Tüm motor devirlerinde CO emisyonu oktan sayısı artarken azalmış, motor devrindeki artışa bağılı olarak artmıştır. HC emisyonu, oktan sayısı ve motor devrindeki artışa karşılık azalmıştır. NO_x emisyonları ise; oktan sayısı ve motor devrine bağılı olarak artmıştır.

Sezer ve Bilgin (2002) tarafından yapılan çalışmada, benzin-MTBE karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Deneilerde hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında MTBE içeren benzin-MTBE karışımları, süper benzin ve kurşunsuz benzin kullanılmıştır. Ortalama efektif basınç, yüksek sıkıştırma

oranı ve ateşleme zamanlarında MTBE10 ve MTBE15 karışımlarında diğer MTBE karışımlarına kıyasla daha yüksek elde edilmiştir. Çalışmada süper benzin ve kurşunsuz benzinle elde edilen ortalama efektif basınç, MTBE karışımlarıyla elde edilen değerlere yakın bulunmuştur. En düşük CO emisyonu MTBE10 karışımında görülmüştür.

Hamdan ve Al-Subaih (2002) gerçekleştirdikleri çalışmada benzine MTBE ilavesinin oktan sayısına ve motor performansına etkisini incelemişlerdir. Çalışmada MTBE benzine hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında ilave edilmiştir. Oluşturulan karışımların oktan sayısı karışımdaki MTBE miktarına bağlı olarak lineer bir şekilde artış göstermiştir. Karışımların motor gücüne etkisi benzinle karşılaştırıldığında en yüksek artış %10 MTBE içeren karışımla elde edilmiştir. En düşük özgül yakıt tüketimi ve en yüksek termik verim yine aynı karışımda görülmüştür. Oksijen içeren bir bileşik olan MTBE, CO ve HC emisyonlarının azalmasında etkili olduğu görülmüştür. En düşük kirletici emisyonlar MTBE10 kullanımında elde edilmiştir.

He vd. (2003), elektronik yakıt enjeksiyon sistemine sahip buji ile ateşlemeli bir motorda etanol-benzin karışımlarının emisyonlara ve katalitik konvertör verimine etkisini incelemişlerdir. Deneylerde kurşunsuz benzin(E0) ve hacimsel olarak %10 etanol (E10) ve %30 etanol (E30) içeren etanol-benzin karışımları kullanılmıştır. Etanol kullanımında motor çıkışındaki CO ve NO_x emisyonlarında küçük bir azalma elde edilirken, HC emisyonlarındaki azalmanın daha yüksek olduğu görülmüştür. Birçok çalışma şartlarında egzoz çıkışındaki CO, HC ve NO_x emisyonlarının daha az olduğu anlaşılmıştır. Egzoz çıkışındaki emisyonlar motor çıkışındaki emisyon miktarına, katalitik konvertör verimine, motor hızına, motor yüküne, karışımdaki etanol miktarına ve yakıt/hava eşdeğerlik oranına bağlı olarak değişim göstermektedir. Etanolün düşük ısı değere sahip olması nedeniyle fren özgül yakıt tüketimi, karışımdaki etanol miktarına bağlı olarak artış göstermiştir. Bununla birlikte fren özgül yakıt tüketimi etanol içeren karışımlarda azalmıştır.

Topgül vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada, E10 ve E 20 yakıtları kullanılarak motor performans ve emisyon testleri yapılmıştır. sıkıştırma oranına bağlı olarak motor momentinde maksimum artış 2000 min⁻¹ motor devrinde E10 yakıtında %0,5 (SO: 11/1), E20 yakıtında %1,3 (SO: 10/1) ve özgül yakıt tüketiminde ortalama olarak E10 için %5,5, E20 için %8,8 artış elde edilmiştir. 3500 min⁻¹ motor devrinde motor momenti E10 yakıtında maksimum %1,3 (SO: 8/1), E20 yakıtında %1,7 (SO: 8/1) ve FÖYT ortalama E10 yakıtında %4,4, E20

için %8,4 artış göstermiştir. Motor momenti 5000 min^{-1} motor devrinde E10 yakıtında en fazla %0,3 (SO: 9/1), E20 yakıtında %1,7 (SO: 10/1) ve özgül yakıt tüketiminde ise; ortalama E10 için %3,6, E20 için %8,7 artış elde edilmiştir.

Acaroğlu vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada, materyal olarak yakıtta biyoetanol ve benzin yakıtı, Avrupa Yakıt Standartları ve yazılım olarak GEMIS kullanılmıştır. Farklı araçlarda biyoetanol kullanılarak oluşan emisyon değerlerinin aynı araçlarda benzin kullanılması ile oluşan emisyon değerleri lisanslı yazılım programı GEMIS (Global Emission Model for Integrated Systems) kullanılarak karşılaştırılmıştır. Etanolün CO değerlerinde %60-65 ve NO_x değerlerinde %45 düşüş sağladığı gözlenmiştir.

Yüksel ve Yüksel (2004), yaptıkları çalışmada buji ile ateşlemeli bir benzin motorunda, yakıt olarak etanol benzin karışımının kullanılmasının performans ve emisyonlar üzerindeki etkilerini incelemiştir. Alkol-benzin karışımlarının motor yakıtı olarak kullanılması konusundaki en önemli sorun, yakıt karışımını kararlı bir şekilde ve homojen olarak sıvı fazda tutabilmektir. Bu problemi ortadan kaldırmak için yeni bir karbüratör dizayn edilmiştir. Testler dört farklı yük (%25, %50, %75, %100) ve her bir yük konumu için altı farklı devir sayısında ($1500, 2000, 2500, 3000, 3500$ ve 4000 min^{-1}) gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmanın sonucunda, etanol-benzin karışımı kullanımı ile motorun çıkış gücünde kısmi artış görülmekle birlikte, karışım içindeki etanolün yanma performansını iyileştirmesi nedeniyle CO ve HC emisyonlarında önemli azalma, CO_2 emisyonlarında ise artma gözlemlenmiştir.

Choi vd. (2005), sıkıştırma oranı değiştirilebilen, tek silindirli bir motor üretmişler ve bu motoru performans ve emisyon karakteristiklerini araştırmak için kullanmışlardır. Ateşleme avansı, maksimum tork değerini verebilecek şekilde ayarlanan bu motor, 1400 min^{-1} ve 8/1 sıkıştırma oranında test edilmiştir. Bu çalışmada, çift yakıtlı (LPG+hidrojen) çalışmanın termik verim, performans ve egzoz emisyonları üzerine etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, çift yakıtlı çalışmada hidrojen oranının artmasıyla, stokiyometrik hava yakıt oranına kadar termik verimde düşme daha sonra artış gözlenmiştir. Özgül yakıt tüketimi ise hidrojen oranının artmasıyla azalmıştır. Egzoz emisyonları açısından değerlendirildiğinde, hidrojen katkısının CO emisyon miktarını etkilemediği, ancak zengin karışimli çalışma şartlarında, oksijen miktarının azaldığı görülmüştür. NO_x emisyonlarının en yüksek değerine %10 hidrojen + %90 LPG ve hava fazlalık katsayısı 0,9-1,15 olan çalışma şartlarında ulaşmıştır.

Yumrutaş vd. (2008), içten yanmalı motorların motor performansı ve egzoz emisyonları üzerine Türkiye’de ambalaj kağıdında küspe öğütülmesi ile elde edilen arıtılmış sülfat terebentinin etkilerini incelemiştir. Üç yakıt örneğinin motor performans ve emisyonlarına etkilerini Tofaş-Fiat tarafından üretilen 1300 cc motor da test etmişlerdir. Bu yakıtlar 98 oktan benzin ve diğer ikisi ise, yakıtın toplam kütesine %5 ve %10 oranında terebentin ilavesiyle elde edilmiştir. Deneysel test sonuçlarına göre, terebentin ilavesinin fren gücü, termal verim, ortalama basınç ve özgül yakıt tüketimi gibi motor performans parametreleri üzerine pozitif etkileri olmuştur. Sülfat terebentin ilavesi ile NO_x kirliliği, HC ve egzoz sıcaklığı artarken CO konsantrasyonunda azalma olmuştur.

Çelik (2008), yapmış olduğu çalışmada, düşük verimli küçük benzinli motorun performansını yükseltmek ve emisyonları azaltmak için yüksek sıkıştırma oranında yakıt olarak etanolü kullanılmıştır. Başlangıçta 6/1 sıkıştırma oranına sahip motor sabit yük ve hızda benzin, E25 (benzin %75+etanol %25), E50, E75 ve E100 yakıtlarıyla test edilmiştir. Deney performans ve emisyon değerleri karşılaştırıldığında, en uygun E50 yakıtı olmuştur. Daha sonra sıkıştırma oranı 6/1’den 10/1’e yükseltilmiştir. Motor vuruşu dışında tam yük ve çeşitli hızlarda 6/1 sıkıştırma oranında E0 ve 10/1 sıkıştırma oranında E50 ile test edilmiştir. Silindir basıncı her bir sıkıştırma oranı ve yakıt için kaydedilmiştir. Deneysel sonuçlara göre E50 ve E0 yakıtlarıyla çalışma durumu karşılaştırıldığında motor gücünde yaklaşık %29 kadar artış olmuştur. Ayrıca özgül yakıt tüketimi ve CO, CO₂, HC ve NO_x emisyonları sırasıyla yaklaşık %3, %53, %10, %12 ve %19 artmıştır.

2.2 Benzin ve Benzine Katılan Katkı Maddeleri

Günümüzde benzinlerden daha iyi performans alınabilmesi için çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Aşağıda benzin ve bu katkı maddeleri hakkındaki bilgiler alt başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur.

2.2.1 Benzin ve Performans Özellikleri

Karbon atomu sayısı 4 ile 10 arasında değişen sıvı HC bileşenlerinden oluşan bir karışımdır. Az miktarda hafif ve ağır HC’lar, çok az miktarda ham petrolden gelen kükürt ve azot gibi istenmeyen elementler ve bazı özelliklerini iyileştirmek için eser miktarda ilave edilen katkı

maddeleri benzinin içinde bulunan diğer bileşenlerdir. Benzinde aranan performans özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

2.2.1.1 Vuruntu Mukavemeti

Yakıtların vuruntu mukavemeti için en belirgin ölçü oktan sayısıdır. Büyük ölçüde parafinik yapıya sahip benzinler çok geniş bir çalışma seyrinde oktan sayıları ile uygun bir performans gösterirler. Ancak parafinik olmayan katıklarla ıslah edilen benzinler, H/Y oranı, devir sayısı, ve giriş sıcaklığı gibi çalışma şartlarındaki değişimlere karşı çok hassastırlar.

2.2.1.2 Uygun Buharlaşma

Değişik kaynama noktalarına sahip çeşitli hidrokarbonların harmanlanmasıyla benzinin kolay ilk hareket, çabuk ısınma, düşük yakıt tüketimi, buhar tıkaçının olmaması, buharlaşma kayıplarının çok az olması ve karter yağını seyreltmemesi gibi özellikleri sağlaması istenir.

İlk hareketin kolay olabilmesi için yakıtta çevre sıcaklığında buharlaşabilen bileşenlerin fazla olması istenir. Halbuki buhar tıkaçı dediğimiz buhar ceplerinin doğması ve yakıt akışının kesilmesi olayının bertaraf edilmesi için düşük sıcaklık ASTM buharlaşma yüzdesinin düşük olması istenir.

2.2.1.3 Zamk ve Vernik Oluşturmama

Oksijenle temas eden HC'larda görülen bir olaydır. Motor için zararlı bu artıklar zamanla teşekkül etmemelidirler. Supapların yapışmasına ve yakıt kanallarının tıkanmasına sebep olabilirler.

2.2.1.4 Yakıt veya Yanma Ürünleri Korozif Olmaması

Bunun için özellikle kükürt muhtevası az olmalıdır.

2.2.1.5 Alevlenme Tehlikesi

Benzinin buharlaşma kabiliyeti yüksek olduğundan atmosfer şartlarında tutuşma ihtimali en fazla olan yakıtlardan biridir. Alevlenme sınırı 245-255 K dir (Borat vd., 1992).

2.2.2 Benzine Katılan Katkılar

2.2.2.1 Kurşun Tetraetil (KTE)

Benzinde vuruntu mukavemeti artırmak için kurşun tetraetil (KTE, $Pb (C_2H_5)_4$) en çok kullanılan katkı maddesidir. Hacimsel olarak binde 0,8 mertebesinde kullanılır. KTE motordaki yanmayı müteakip çeşitli kurşun oksitler şeklinde yanma odası cidarlarında yoğunlaşmakta ve bir kısmı da partiküller şeklinde atmosfere atılmaktadır. Bu partiküller hava kirlenmesine karşı egzozta takılan katalitik reaktörlerin (reaktif filtreler) üst yüzeylerini zamanla kaplamakta ve tesirsiz hale getirmektedir. Ayrıca kurşun oksitler insan sağlığı için de zararlıdır. Bilhassa birinci sebepten dolayı katalitik reaktör kullandıran ülkeler taşıt benzinindeki KTE veya KTM (kurşun tetrametil) azaltma yoluna gitmişlerdir. Mesela, Batı Almanya'da 1976'da yürürlüğe giren bir kanunla 0,4g Pb/lit yakıt yerine 0,15g Pb/lit yakıt sınırını kabul edilmiştir. KTE veya KTM yerine metanol, etanol, benzen vb. katkılar da kullanılmaktadır. (0,15g Pb/lit yakıt + %5 CH_3OH (hacimce) 0,4g Pb/lit yakıt ile aynı oktan sayısını verir.)

- Yanma odasındaki birikintileri temizlemek için fosfor ve boron bileşikler,
- Karbüratör ve manifolddaki birikintileri önleyecek deterjanlar,
- Zamk ve reçine teşekkülü ile KTE parçalanmasını önlemek için anti-oksidantlar, aminler ($R.NH_2$),
- Supapları ve silindirin üst kısımlarını yağlayıcı hafif mineral yağlar (%0,1-0,5),
- Eser miktardaki bakırın katalitik aktivitesini engelleyecek metal deaktivatörler,
- Su ve havadan gelecek pas ve korozyonu önleyici antipas katkılar,
- Zehirleyici olması itibariyle benzine konulan KTE'yi tanıtıcı mürekkepler ile buji ve supaplarda sebep olabileceği birikme, korozyon ve erozyonu engellemek için etilen dibromit ($C_2H_4Br_2$) kullanılır.

2.2.2.2 Terebentin

Terebentin yenilenebilir biyo esaslı kaynak olması nedeniyle petrol yakıtlarına eklenen alternatif yakıtlardan biri ve kıvılcım ateşlemeli motorlarda petrol yakıtlarının tüketimi ve partikül emisyonları düşürme potansiyeli sağlayan bir biyo-yakıttır. Ormanlık bitkiler, tarımsal ve ormansal artıklar, kentsel katı atıklar ve endüstriyel atık çayların büyük bir bölümü olarak bol, yerli, selülozik biyomass kaynaklarından üretilir. Ham reçine, çam sakızı ve terebentinin dünya üzerindeki üretimi Çizelge 2.1’de verilmiştir. Biyokültleden terebentin üretimi bazı ülkelerden ithal edilen ham petrolün tüketimini ve çevresel kirliliğini azaltmakta ve ayrıca ekonomik fayda sağlamaktadır.

Çizelge 2.1 Ham reçine, çamsakızı ve terebentinin tahmini dünya üretimi (Karthikeyana ve Mahalakshmi, 2007).

Üretim (ton)	Yıl	Ham reçine	Çam sakızı	Türbentin
Toplam Dünya Üretimi		976 000	717 000	99 400
Çin	1993	570 000	430 000	50 000
Endonezya	1993	100 000	69 000	12 000
Rusya	1992	90 000	65 000	9 000
Brezilya	1993	65 000	45 000	8 000
Portekiz	1992	30 000	22 000	5 000
Hindistan	1994	30 000	21 000	4 000
Arjantin	1993	30 000	21 000	4 000
Meksika	1991	30 000	22 000	4 000
Honduras	1992	8 000	6 000	1 000
Venezuela	1993	7 000	5 000	800
Yunanistan	1993	6 000	4 000	600
Güney Afrika	1993	2 000	1 500	200
Vietnam	1990	2 000	1 500	200
Diğerleri	-	6 000	4 000	600

Terebentin benzine eklenerek kıvılcım ateşlemeli motorda kullanılabilen çevreye daha az zarar veren bir alternatif sıvı yakıttır. Modifikasyon dışında motorlarda kullanılır. Fakat ham petrolün bol olması içten yanmalı motorlarda terebentin kullanımını azaltmıştır. Bugün yaygın olarak petrol yakıtının fiyatının artması içten yanmalı motorlarda terebentinin kullanımını yeniden gündeme getirmektedir. (Karthikeyana ve Mahalakshmi, 2007), %20 terebentin ve %80 dizel performans ve emisyon karakteristikleri açısından optimum karışım olduğunu bildirmiştir (Karthikeyana and Mahalakshmi, 2005).

Yakıt katılmış olan terebentin kullanımının birçok avantajları vardır (Demirbaş, 2007): a) yenilenebilir yakıt ve biomas kaynaklardan kolayca elde edilebilir, b) oldukça çevresel ve dost bir potansiyele sahiptir c) benzinden daha yüksek kendiliğinden tutuşma ve kaynama sıcaklığına sahiptir, d) benzine katılan bir yakıt olarak terebentin kullanımında çevre, ekonomiklik ve tüketici için birçok faydası vardır, e) ısı değeri ve viskozitesi benzin ve biyo-yakıtların değerinden daha yüksektir.

Terebentin iğne yapraklı ağaçlardan elde edilir. Yanabilir ve endüstride kimyasal solvent olarak kullanılan önemli bir hidrokarbondur. Antiseptik, ilaç, böcek ilacının kimyasal üretiminde ve biyo-yakıt veya yakıtlara katılarak kullanılır. Özütü %75-90 reçine ve %10-25 yağ içeren ağaçlardan elde edilir. Damıtıldığında terebentin, terpenlerin kimyasal formülü ($C_{10}H_{16}$) olarak elde edilir (Kaplan vd., 2005).

Coğrafik konum, ağaç türleri ve damıtma işlemine temel alan yüzdede değişen terpenler ve gerekli yağların bir karışımıdır. Terebentin yağı, buharla damıtılmış terebentin, sülfat terebentin, sülfid terebentin ve destrüktif damıtılmış ağaç terebentin gibi beş farklı tipi vardır. Farklı alanlarda kullanılmaya özelliğinden dolayı tercih edilen bir üründür. Çizelge 2.2’de benzin ve terebentinin kimyasal ve fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.2 Benzin ve terebentinin kimyasal ve fiziksel özellikleri (ACGIH, 1986).

	Benzin	Terebentin
Kimyasal Formül	C_4-H_{12}	$C_{10}H_{16}$
Molekül Ağırlığı	105	136
Bileşimi (% wt)	C 88 H 15	C88.2 H11.8
Yoğunluk (kg/m^3)	780	860-900
Özgül Ağırlık	0,78	0,86-0,9
Akma Noktası ($^{\circ}C$)	-40	-
Kaynama Noktası ($^{\circ}C$)	30-220	150-180
Buhar Basıncı (kPa)	48-103	<1
Viskozite cSt ($30^{\circ}C$)	-	2,5
Buharlaştırma Gizli Isısı (kJ/kg)	350	285
Parlama Noktası ($^{\circ}C$)	-43	38
Alt Isıl Değeri (kJ/kg)	43,890	44,400
Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	300-450	305
Alevlenme Sınırı (% hacim)	1,4	0.8

2.3 Benzinli Motorlarda Kullanılan Alternatif Yakıtlar

Dünyada enerji ihtiyacının büyük bölümünün petrol kaynaklarından karşılanmasıyla, petrol rezervlerinin belirli bölgelerde olmasına ve sınırlı oluşuna bağlı olarak ve artan kullanımının sonucu petrol rezervleri hızla tükenmektedir. Bunun sonucu olarak alternatif yakıtlar üzerine olan çalışmalar önem kazanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda motorlarda kullanılacak alternatif yakıtlarda istenilen başlıca özellikler şunlardır (Sezer, 2002).

- Motorların verimleri yükseltilmeli veya motorun performansı fazla düşürülmemeli,
- Motorlardan yayılan kirletici egzoz emisyonları azaltılmalı,
- Motorlarda önemli bir yapısal değişikliğe gerek kalmadan kullanılabilmesi,
- Üretimi kolay ve maliyeti düşük olmalıdır.

Motorlarda kullanılacak alternatif yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle bir bölümü buji ateşlemeli motorlarda, bir bölümü dizel motorlarında, bir bölümü ise hem buji ateşlemeli motorlarda hem de dizel motorlarında kullanılmaya uygundur. Günümüzde içten yanmalı motorlarda en çok kullanılan alternatif yakıtlar sırasıyla bu bölümde incelenmiştir.

2.3.1 Metanol

Metanol kullanımının temel nedenleri bazı ülkelerdeki petrol yetersizliği, yenilenebilir ve temiz bir yakıt olmasıdır. Alkol kullanımının yaygınlaşmasını engelleyen faktörler ise; petrol üretiminin henüz talebi karşılayamayacak düzeye inmemiş olması ve birim kütlelerinin ısı değerinin düşük, enerji fiyatının benzine göre daha yüksek olmasıdır (Poulton, 1994).

Kömür, doğal gaz, biokütleden ve çeşitli ham malzemelerden üretilen metanol, benzinli motorlarda fazla bir değişiklik yapılmadan saf olarak (M100 olarak bilinen) veya benzinle farklı oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. En yaygın kullanımı %85 metanol ve %15 benzin karışımıdır (Poulton, 1994). Ülkemizin bir tarım ülkesi ve zengin linyit rezervlerine sahip olması, Metanol üretimi için gerekli hammaddenin yerli kaynaklardan sağlanabileceğini göstermektedir (Çetinkaya, 1993).

2.3.1.1 Metanolün Özellikleri

Metanol renksiz, hafif kokulu, saydam bir sıvıdır ve günümüzde modern tesislerde doğal gazdan üretilmektedir. Biokütle kaynaklarından, evsel ve endüstriyel atık ve artıklardan, biyoteknolojik yöntemlerle metanol elde edilmektedir (Çetinkaya ve Çelik, 1997). Metanolün üretimi için, yanması sonunda vereceği enerjiden fazla enerjiye gereksinimi vardır (Gümüş, 1998). Çizelge 2.3’de metanolün özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.3 Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri (Acaroğlu, 2003).

	Metanol
Kimyasal Denklemi	CH ₃ OH
C/H Oranı	0,25
Molekül Ağırlığı	32,04
Özgül Ağırlığı (gr/cm ³) Sıvı	0,79
Isıl Değeri (MJ/kg) (MJ/lt)	20,1 15,9
Stokiyometrik Karışım Hava/Yakıt (Kütlesel) Hava/Yakıt (Hacimsel)	6,44 7,14
Buharlaştırma Isısı (MJ/kg)	1.10
Tutuşma Sınırları % (Hacimsel) Hava Fazlalık Katsayısı λ	6-37 0,24-2,22
Laminar Alev Hızı	0,52
Adyabatik Alev Sıcaklığı (°C)	1878
Kaynama Noktası (°C)	65,1
Donma Noktası (°C)	-97,6
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı (°C)	470
Oktan Sayısı ROS	110

2.3.1.2 Metanolün Yanma Performansı

Metanolün düşük sıcaklıklarda oluşan yanma reaksiyonu, soğutma sistemlerinde basitleştirmeye gidilmesini sağlar. Seramik gibi termal bariyerlerin silindirlere kullanılması gerçekleşirse, radyatör ve vantilatör kullanılmayabilir. Kendi kendine ateşleme direncinden dolayı metanol otto çevrimli motorlarda rahatlıkla kullanılabilir.

Birçok otomobil üreticisi çalışmalarını %85 metanol + %15 benzin karışımı olan M85 yakıtı yakabilecek motorlar üzerinde sürdürmektedirler. Soğuk havalarda saf metanol yakıtı kullanımı durumunda meydana gelebilecek çalışmama durumu ortadan kaldırmak için

metanole benzin karıştırılmaktadır. Benzin, buharlaşması az olan saf metanolün uçuculuğunu arttırarak, motorun soğuk havalarda çalışmasını kolaylaştırır. İyi bir yanma için zengin yakıt hava karışımı temin eder (Borat vd., 1992).

2.3.1.3 Karışımın Oluşturulması ve Motor Performansına Etkisi

Metanol yakıtının içten yanmalı motorlarda kullanılması durumunda hava yakıt karışımının hazırlanması için karbüratör ve yakıt püskürtme sistemleri kullanılabilir. Gerek karbüratör gerekse püskürtme sisteminin kullanılması durumunda metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri dikkate alınarak karbüratör ve püskürtme sistemlerinde gerekli değişiklikler yapılır. Ayrıca metanol karbüratöre ve emme supabına gerek duyulmadan silindire doğrudan püskürtülebilir.

Metanolün oktan sayısı yüksek olduğundan sıkıştırma basıncının düşük olduğu zamanda bile rahatlıkla püskürtülebilmektedir. Bu özellik basit ve ucuz bir yakıt sistemi ve değişik yüklerde motorun verimli olarak çalıştırılabilmesi için, püskürtme zamanının ayarlanabilmesine olanak tanımaktadır.

Metanolün belirli bir hacimdeki enerji yoğunluğu benzine göre daha düşük olduğundan benzin ile çalışan bir motorlu taşıtın gidebileceği menzile ulaşabilmesi için daha fazla metanol kullanımına ihtiyaç vardır. Daha fazla metanol gereksinimi yakıt tanklarının daha geniş ve ağır olmasına neden olmaktadır. Böylece hem taşıtlardaki depoların büyümesine ve yer kaybına, hem de taşıtta benzine göre daha fazla bir yükün taşınmasına neden olacaktır.

Metanolün ısıl değeri petrole göre daha düşük ve buharlaşma ısısı daha yüksektir. Buharlaşma ısısının yüksek olması motorlarda soğuk havalarda ilk hareketi zorlaştırmaktadır. Metanolün buharlaşmasını kolaylaştırmak amacı ile su ile ısıtılan emme manifoldu veya 10°C'den düşük sıcaklıklarda ilk harekete yardımcı yakıt sistemleri kullanılmaktadır.

Metanolün benzin karışımının kullanımındaki en önemli sorun faz ayrışmasıdır. Alkollerin higroskopik özelliklerinden dolayı, pratik olarak benzin+alkol+sudan oluşan üçlü bir karışım, motor yakıtı olarak kullanıldığında, homojen olması gereken sistemde, daima iki ayrı sıvı fazı oluşmaktadır. Bu ayrışmada, üst faz benzin, alt faz ise alkol bakımından zengin olmaktadır. Ayrışmış karışımla çalışan bir motorda, alkol fazı tek başına motora ulaştığında, yakıt

yetersizliği ve g¼c¼n aniden d¼řmesine bağlı olarak, motorda tekleme, sarsıntılar ve ilk hareket zorlukları yaşanmaktadır. Metanoll¼ benzinlerde faz ayrışması; alkol ve su miktarı, ortam sıcaklığı ve benzinin bileşimine bağlı olarak değişmektedir. Sıcaklık d¼řt¼kçe faz ayrışması olasılığı artmaktadır. %5–20 metanol i¼eren alkoll¼ karışımın faz ayrışma sıcaklığının değişimi ¼zerinde yapılan bir ¼alıřmada, ¼çl¼ karışımındaki su miktarının artması ile faz ayrışma sıcaklığının arttığı, benzinin i¼erisindeki aromatik hidrokarbonların artması ile faz ayrışma sıcaklığının azaldığı ve ayrıca metanol miktarının artması ile faz ayrışma sıcaklığının arttığı belirlenmiştir (Yağcıoğlu, 1984).

Faz ayrışma sıcaklığını d¼ř¼rmek amacıyla alkoll¼ benzinlere ¼eřitli katkı maddeleri katılmaktadır. Izopropanol, tersiyer b¼tanol, siklohegzanol, izob¼tanol ve n-b¼tanol, faz ayrışma sıcaklığını d¼ř¼rebilecek etkin katkı maddeleridir (Ingamells and Lindquist, 1975).

2.3.1.4 Metanol¼n Egzoz Gazları Emisyonu

Metanol gazının yanması sonucu oluşan egzoz gazları emisyonları benzine aynı olmaktadır. Metanol¼n yanması sonucu CO, CO₂ ve NO_x vb. gazlar meydana gelmektedir. Ayrıca metanol¼n benzine g¼re daha d¼ř¼k alev sıcaklığının olması, yanmanın iyileşmesini, yanma ¼r¼nleri i¼indeki azot oksitlerin NO_x ve CO'nin azalmasını sağlamaktadır. Doğal gazdan ¼retilen metanol yandığında, benzine g¼re %10 daha az CO₂ emisyonu vermektedir. K¼m¼rden ¼retildiđinde ise bu değer benzinin yaklaşık iki katı olmaktadır. Metanol, benzinin aksine yanmamış hidrokarbonlar ¼retmez. Metanol¼n motorda yanması tam olarak ger¼ekleřmekte, par¼acık oluşmamaktadır. NO_x motor silindiri i¼inde y¼kde sıcaklık ve basın¼ altında, havadaki azot ve oksijenin oluşması ile oluşur. Metanol¼n yanması ile oluşan ısı azdır; dolayısıyla ¼ok fazla miktarda NO_x meydana gelmesi i¼in gerekli koşul oluşmaz.

2.3.1.5 Metanol¼n Benzinli Motorlara Uyarlanması

Metanol¼n benzine g¼re d¼ř¼k entalpiye ve d¼ř¼k hacimsel yakıt değerine sahip olduğu bilinmektedir. Yapılan araştırmalar metanol¼n sentez gazına d¼n¼řt¼r¼lerek silindirlere g¼nderilmesi durumunda yakıt değerinin en az %14 arttığı g¼r¼lm¼řt¼r (Haggin, 1994). Metanol¼n yanması esnasında silindir i¼erisinde oluşan basın¼ ve sıcaklıklar benzine g¼re daha d¼ř¼k seviyelerde olacağından dolayı metanoll¼ ¼alıřma durumunda NO_x oluşma ihtimali zayıftır. Fakat bu durumda formaldehit emisyonları artmaktadır. Bunun ¼n¼ne

geçebilmek için metanol motorunda katalitik konvertörler sadece formaldehiti azaltmakla kalmamakta aynı zamanda HC, CO, NO_x gibi emisyonları da azaltmaktadır (Clemens and Martin, 1990).

Yapılan araştırmalar metanole kütleli olarak %20'ye varan oranlarda su katılması durumunda motor performansında, efektif gücünde ve ısıl veriminde artış olduğunu ortaya çıkarmıştır (Fujita and Toshida, 1989). Yakıt olarak satılan ticari metanol, %85 metanol ve %15 kurşunsuz benzin ihtiva etmektedir.

Yeraltındaki maden makinelerinde kullanılan motorların alkolle çalıştırılması konusunda yapılan çalışmalar özellikle emisyon yönünden çok olumlu sonuçlar vermiş olup metanol yakıtı kullanılması durumunda formaldehitin çok azaldığı gözlenmiştir. Aynı durum otoyol tünelleri olduğundan hava içerisindeki egzoz emisyonu konsantrasyonunu azaltıcı etkisi nedeniyle metanolün otoyol tünelleri içinde en uygun emisyon değerlerine sahip olduğu görülmüştür (Vargeer and Lawson, 1987).

Metanolün soğukta ilk hareket problemini çözmek için metanol-hidrojen karışımları ilgili çalışmalar yapılmıştır. Emme manifolduna bir miktar hidrojen ilavesi, metanolün; yüksek buharlaşma gizli ısısı, yüksek ateşleme sıcaklığı, soğukta ilk hareket problemi gibi problemleri ortadan kaldırmaktadır. Aynı zamanda yanma karakteristiklerini, ısıl verimi ve yakıt ekonomisini iyileştirmektedir (Dai and Ozak, 1987).

2.3.2 Etanol

Etanol 1900'lü yıllarda güç taşıtlarında alkoller içerisinde kullanılan ilk yakıt katkısıdır. Henry Ford, otomobillerin ilk gelişme aşamasında yakıt olarak etanolü kullanmıştır. Etanol dünya genelinde yaygın olarak kullanılan alternatif bir taşıt yakıtıdır (Poulton, 1994).

2.3.2.1 Etanolün Özellikleri

Petrol kökenli ana yakıtlara alternatif olarak otomobillerde kullanılan muhtemel bir madde olan etanol renksiz, saydam, hafif kokulu, higroskopik, içerisinde etil alkol bulunan, şeker, şekere çevrilebilen selüloz veya nişasta gibi maddelerin fermantasyonu sonucu elde edilen alkol türüdür. Etanol, mısır, patates, tahıllar, seker kamışı, seker pancarı, yas ve kuru meyve

gibi ürünlerden de elde edilir. Etanole ait fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.4'te görülmektedir (Acaroğlu, 2003).

Çizelge 2.4 Etanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri (Acaroğlu, 2003).

	Etanol
Kimyasal Denklemi	C_2H_5OH
C/H Oranı	0,333
Molekül Ağırlığı	46,07
Özgül Ağırlığı (gr/cm^3) Sıvı	0,79
Isıl Değeri (MJ/kg)	26,9
(MJ/lt)	21,3
Stokiyometrik Karışım Hava/Yakıt (kütlesel)	8,96
Hava/Yakıt (Hacimsel)	14,3
Buharlaştırma Isısı (MJ/kg)	0,856
Tutuşma Sınırları % (Hacimsel)	3,5-19
Hava Fazlalık Katsayısı (λ)	0,29-1,92
Adyabatik Alev Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	1924
Kaynama noktası ($^{\circ}C$)	78,7
Donma noktası ($^{\circ}C$)	-117,7
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	392
Oktan Sayısı ROS	106

2.3.2.2 Etanolün Yanma Performansı

Etanol, sahip olduğu birçok özellikten dolayı çok iyi bir alternatif yakıt çeşididir. Aynı hacimdeki metanole göre sahip olduğu yüksek enerji yoğunluğu, ön tutuşma olayına karşı gösterdiği direnç, düşük korozyon ve toksit özellikleri, benzin ve metanole göre güvenli oluşu bu özelliklerinden birkaç tanesidir. Etanol, benzinden daha düşük sıcaklık değerinde yandığı için sıkıştırma oranının artışına izin verir. Etanol, metanole göre daha az korozif etkinliğe sahiptir. Metanolün yanma sıcaklığının düşük olması, silindirden kaçan ısının azalmasına dolayısıyla verimin artmasına neden olur. Düşük sıcaklıkta oluşan yanma reaksiyonu, soğutma sistemlerinde basitleştirmeye gidilmesini sağlar. Seramik gibi termal bariyerlerin silindirlere kullanılması gerçekleşirse, radyatör ve vantilatör kullanılmayabilir.

Kendi kendine ateşleme dirençlerinden dolayı metanol otto çevrimli motorlarda rahatlıkla kullanılabilir. Bu özelliği bu yakıtın dizel motorlarında kullanılmasını güçleştirmektedir. Metanol yakıtı dizel motorlarında yüksek enerji bujileri ile birlikte kullanılmalıdır (Henhama vd., 1991).

Birçok otomobil üreticileri çalışmalarını %85 metanol %15 benzin karışımı olan.M85 yakıtı yakabilecek motorlar üzerinde sürdürmektedirler. Metanole benzin karıştırılması ile soğuk havalarda yalnız metanol yakıtı kullanımı durumunda meydana gelebilecek çalışmama durumu ortadan kaldırılmış olur Benzin, buharlaşması az olan saf metanolün uçuculuğunu arttırarak, motorun soğuk havalarda çalışmasını kolaylaştırır. İyi bir yanma için zengin yakıt hava karışımı temin eder (Fujita and Toshida, 1989).

2.3.2.3 Etanolün Egzoz Gazları Emisyonu

Etanolün benzine göre daha düşük alev sıcaklığının olması, yanma işleminin iyileşmesini, yanma ürünleri içindeki azot oksitlerin NO_x ve CO'nin azalmasını sağlamaktadır.

2.3.3 Doğal Gaz

Doğal gaz, büyük oranda metan (CH_4) gazından oluşur ve doğal yoldan elde edilir. Bunun dışında yapısında düşük oranlarda etan (C_2H_6), propan (C_3H_8), bütan (C_4H_{10}), azot (N_2), pentan (C_5H_{12}) ve karbondioksit (CO_2) gazı da bulundurur. Oktan sayıları ROS130, MOS105 gibi yüksek değerlerdedir. Korozif özelliği yoktur. Bunun yanında ısı değerinin yüksek oluşu, egzoz gazı emisyonlarının düşük olması ve yakıt maliyeti açısından sağladığı ekonomiklik gibi özellikleri motor yakıtı olarak kullanılmasına olanak sağlar. Taşıtlarda doğal gaz kullanımı sonucu yanma sonu sıcaklıkları düşük olduğundan benzin motorlarında karbon monoksit (CO) ve HC emisyonlarında azalma görülür. Motorlarda kullanıldığında gürültü düzeyinde de azalma görülür. Doğal gazın buji ateşlemeli motorlarda kullanımı için bir karıştırıcı eklenmesi ve ateşleme sisteminin motora uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Ayrıca depolanması ve depodan motora iletilmesi için ek donanımlar kullanılmalıdır. Hava/yakıt karışımının birim hacimdeki ısı değerinin düşük olması, yakıt olarak kullanıldığında motorun volumetrik verimini düşürmesi, yüksek basınç altında depolanabilmesi, yakıt tanklarının taşıt ağırlığını arttırması motor yakıtı olarak kullanılması durumunda karşılaşılan yetersizlikler olarak gösterilebilir.

2.3.3.1 Doğalgazın Özellikleri

Doğalgazın büyük bölümünü %90–96 CH₄ (metan) gazı oluşturmaktadır. Geri kalan bölümünü ise %2,411 C₂H₆ (etan), %0,736 C₃H₈ (propan), %0,371 C₄H₁₀ (bütan), %0,776 N₂ (azot), %0,164 C₅H₁₂ (pentan) ve %0,085 CO₂ (karbondioksit) oluşturmaktadır. Doğalgazın, otto motorlarında yakıt olarak kullanılmasında yarar sağlayacak en önemli özelliği oktan sayısının yüksek oluşudur (Yayla,1996). Ayrıca ısıl değerinin benzin ve alkole göre yüksek olması da bir avantaj sağlamaktadır. Doğalgaz benzine oranla daha yüksek hava fazlalık katsayısı değerlerinde tutuşma olanağına sahiptir. Böylece motorun fakir karışımla çalıştırılıp, yakıt ekonomisi ve egzoz gazları emisyonu açısından yarar sağlanması da mümkün olmaktadır. Doğalgazın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.5 Doğalgazın fiziksel ve kimyasal özellikleri (Acaroğlu, 2003).

	Doğalgaz
Kimyasal Denklemi	CH ₄
C/H Oranı	0,25
Molekül Ağırlığı	16,04
Özgül Ağırlığı (gr/cm ³) Sıvı	0,424
Gaz:	0,78x10 ⁻³
Isıl Değeri (MJ/kg)	50,8
(MJ/lt)	20,8
Stokiyometrik Karışım Hava/Yakıt (Kütlesel)	17,2
Hava/Yakıt (Hacimsel)	9,53-3,4
Molürün/Mol _{reaktant}	1,00
Buharlaştırma Isısı (MJ/kg)	0,509
Tutuşma Sınırları % (Hacimsel)	5,5-15,4
Hava Fazlalık Katsayısı	0,59-2,0
Laminar Alev Hızı (m/s)	0,37
Difüzyon Katsayısı (cm ² /s)	0,16
Kaynama Noktası (°C)	-161,3
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı (°C)	632
Oktan Sayısı ROS	130
MOS	105

Doğalgazın difüzyon katsayısının benzine oranla iki kat fazla olması, hava ile daha kolay ve hızlı karışması, çift yakıtlı motorlarda kullanımı açısından yarar sağlamaktadır.

Doğalgaz motorlarında sıkıştırma oranının yüksek tutulması önemlidir. Sıkıştırma oranının artırılması daha fazla termik verim sağlar. Termik verimin artması yakıt tüketiminde azalma

demektir. Sıkıştırma oranında herhangi bir değişiklik yapılmadan doğalgazın benzin motorlarında kullanılması halinde güçte %7'lik kayıp meydana gelmektedir. Sıkıştırma oranını arttırılması ile motorda benzin yerine doğalgaz yakılması sonucu oluşacak güç kayıplarının üstesinden gelinebilir.

Doğalgaz daha hafif moleküler yapıya sahiptir ve silindire giren havanın %10'u teşkil etmektedir. Hava miktarının azaltılması genellikle güç kaybına neden olurken sıkıştırma oranının arttırılması bu durumu azaltabilir. Ayrıca doğalgazın yanması sonucu oluşan maksimum basınç ve sıcaklıklar benzin motorlarından daha düşük olduğundan, sıkıştırma oranının arttırılması sonucu artacak olan basınç ve sıcaklıklar tehlikeli boyutlara ulaşmayıp, ancak benzin motorlarındaki değerlere yaklaşmaktadır.

İçten yanmalı motorlarda, yakıt olarak doğalgazın kullanılması durumunda yanma sonu sıcaklığında düşme olmaktadır. Yanma sonu sıcaklığın düşmesi NO_x emisyonlarında azalma sağlayacaktır. Bunun yanında doğalgazın kullanımı, motorlu taşıtların gürültü düzeyinde azalmalar temin edecektir (Deluchi vd., 1988a).

2.3.3.2 Karışım Oluşturulması ve Motor Performansına Etkisi

Doğal gaz sahip olduğu yüksek oktan sayısı nedeniyle otto ilkesine göre çalışan motorlar için uygun bir yakıttır Ancak benzine oranla birim kütesinin sahip olduğu enerji yoğunluğu daha fazla olduğu halde benzin 43Mj/kg, doğal gaz 50-52 Mj/kg, stokiyometrik oranlardaki karışım enerji yoğunluğu benzine oranla daha düşüktür. Bu nedenle aynı motordan alınacak güç, doğal gaz kullanıldığında düşmektedir. Ayrıca yanma hızının da düşük olması ısıl verim açısından olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ancak doğal gazın tutuşma sınırının fakir karışımlara doğru gidildikçe, benzine oranla daha geniş olması ısıl verimin bu şartlarda daha yüksek olmasına neden olmaktadır (Harmon,1992).

2.3.3.3 Doğalgazın Egzoz Gazları Emisyonu

Motorlu taşıtlarda yakıt olarak doğal gazın kullanılmasıyla veya az miktarda devreye ilave edilmesiyle egzoz emisyonlarında azalmalar gerçekleşmektedir. Doğalgazın motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanımı, özellikle şehir trafiğinde seyreden, benzinli araçlarda CO ve HC emisyonlarında azalmalar sağlamaktadır. Doğalgazın karbon oranının, diğer petrol yakıtlarına

göre, düşük olması egzoz gazlarındaki karbondioksit oranının azalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca doğalgaz kullanımı, benzinli taşıtların egzoz emisyonlarındaki zehirli kursun türevlerini tamamen yok etmektedir.

2.3.4 Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)

Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), ham petrolün rafinerasyon işlemi sonucu elde edilir. LPG; propan, bütan ve izomerleri gibi hidrokarbonlar veya bunların karışımlarından oluşur. Yüksek basınç altında sıkıştırılıp sıvılaştırılarak depolanabilir. Buji ateşlemeli motorlarda kullanıldığında sıkıştırma oranı $\epsilon = 11$ 'lere kadar çıkarılabilir. LPG'nin oktan sayısının 117 gibi yüksek bir değerde oluşu, egzoz emisyonlarının benzin yakıtlarına göre daha düşük olması, karbon birikintisi oluşturmaması, maliyetinin petrol yakıtlarına oranla düşük olması motor yakıtı olarak kullanılmasına olanak sağlar.

Bunun yanında ısı değeri düşük olması, depolanması için gerekli ek donanım nedeniyle taşıt ağırlığının artması, gaz halinde silindire alındığında taze dolgu içinde fazla yer kaplaması birim hacimdeki ısı değeri düşmesi sonucu volumetrik verimin ve motor gücünü belirgin olarak düşürmesi, soğukta ilk harekete geçiş zorluğu yaratması, ateşleme avansının motora uygun olarak ayarlanmasını gerektirmesi yakıt olarak kullanımında doğuracağı dezavantajlar olarak belirtilebilir.

2.3.4.1 LPG'nin Özellikleri

Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ham petrol veya türevlerinden elde edilen propanın (C_3H_8) ve bütanın (C_4H_{10}) belirli oranlardaki karışımından oluşmaktadır. LPG ayrıca doğal gazdan da elde edilmektedir. Propan ve bütanın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6 Propanın ve bütanın fiziksel ve kimyasal özellikleri (Acaroğlu, 2003).

	Propan	Bütan
Kimyasal Formülü	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Molekül Ağırlığı	44	58
Özgül Ağırlığı (kg/lt)	0.51	0,58
Kaynama Noktası (°C)	-43	-0,5
Alt Isıl Değeri (kcal/kg)	11070	10920
Tutuşma Noktası (°C)	510	490
Tutuşma Sınırları % (Hacimsel)	2,1-9,5	1,5-8,5
Yanma Hızı (cm/s)	32	32

2.3.4.2 LPG'nin Motor Performansı Etkileri

Yapılan iyi bir dönüşümde araç performansındaki kayıp %2'yi geçmemektedir. Bunun yanında egzoz emisyonlarında oldukça iyileşme görülmektedir. Parasal olarak da düşünüldüğünde LPG benzine göre şu an Türkiye'de daha ekonomik görünmektedir.

2.3.4.3 LPG'nin Egzoz Gazları Emisyonları

Benzinli bir araçta benzine göre LPG kullanımı HC emisyonlarında %55, CO emisyonlarında ise %95 azalma sağlayabilmektedir. Ülkemizde de araçlardan kaynaklanan hava kirliliğini azaltmak için yeni araçların belirli bir program dahilinde Avrupa emisyon normuna uyması istenmektedir. Özellikle hava kirliliğinin yoğun olduğu büyük şehirlerimizde ticari arabalarda LPG kullanımı araçların hava kirliliğine etkisini büyük ölçüde azaltması beklenmektedir (Ayhan, 2006).

2.3.4.4 Benzinli Motorlarda LPG Kullanımı

LPG'nin yanma hızı sıvı yakıtlara oranla daha düşüktür. Sıvı yakıtlar, buharlaşmaları sırasında soğutma etkisi yapmaktadırlar. LPG'nin böyle bir durum söz konusu olmadığından, LPG ile çalışan motorlar daha sıcak çalışmakta, bu ise volümetrik verimin düşmesine sebep olmaktadır. Bu yüzden, LPG dönüşümü yapılan motorun termostatının, benzinli motordakinden 10 °C kadar düşük sıcaklığa ayarlanması önerilmektedir. Ayar, özellikle sıcak havalarda için önemlidir. Düşük yanma hızı nedeniyle, avans ayarlanmadığı takdirde, maksimum yanma sonu basınçlarına ulaşılmaz. Ancak düşük devirlerdeki avans ihtiyacı

benzine göre daha fazla, yüksek devirlerdeki avans ihtiyacı benzine göre daha düşüktür (Batmaz ve İçingür, 1998).

LPG yakıtlı motorlarda kirletici egzoz emisyonları önemli ölçülerde azalmaktadır. Yakıt içerisinde kurşun bulunmadığı için kurşun bileşenleri emisyonu yoktur. Yakıt içerisinde kükürt olmaması nedeniyle kükürt oksitlerin emisyonu da söz konusu değildir. Ayrıca dizel motorlarında görülen is ve partiküler madde emisyonu da oluşmaz. LPG yakıtlı taşıtlarda, CO, HC ve NO_x emisyonları benzine oranla çok düşük seviyelere indirebilmektedir. Kullanılan LPG dönüşüm sisteminin yapısına ve elektronik donanımına bağlı olarak taşıtın emisyon seviyeleri değişim göstermektedir (Yörük, 2002).

2.3.5 Biyogaz

Biyogaz, organik bazlı atıkların oksijensiz ortamda biyolojik bozulması sonucunda ortaya çıkan renksiz, kokusuz, havadan hafif, yapısında %(50–84) metan, %(20–45) karbondioksit, %(1–10) hidrojen ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunduran bir gaz karışımıdır. Biyogazın yanma özelliği yapısında bulunan metan (CH₄) gazından ileri gelmektedir. Biyogaz, hava ile yaklaşık 1/7 oranında karıştırıldığı zaman tam yanma gerçekleşmektedir. Biyogaz, buji ateşlemeli motorlarda hiçbir katkı maddesine gerek kalmadan doğrudan kullanılabilirliği gibi içeriğindeki metan gazı saflaştırılarak kullanılabilirliği.

2.3.6 Hidrojen

Hidrojen; su, güneş, rüzgar ve biyokütle enerjileri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak veya fosil yakıtlardan birçok değişik teknik kullanılarak üretilmektedir. Üretilmesi aşamasında buhar iyileştirme, atık gazların saflaştırılması, elektroliz, foto süreçler, termokimyasal süreçler, radyoliz gibi birçok farklı alternatif üretim teknolojileri uygulanmaktadır.

2.3.6.1 Hidrojenin Özellikleri

Renksiz, kokusuz, tatsız ve saydam bir yapıya sahip olan hidrojen doğadaki en hafif kimyasal elementtir. Gaz halindeki hidrojen, aynı hacimdeki havadan yaklaşık 14 kez daha hafiftir. İçten yanmalı motorlarda kullanılmakta olan yakıtlarla karşılaştırıldığında ise, sıvı hidrojenin

sıvı hidrokarbon yakıtlara oranla yaklaşık 10 kat daha hafif, gaz halindeki yakıtlardan yine 10 kat daha hafif olduğu görülmektedir. Çizelge 2.7’de hidrojenin fiziksel ve kimyasal özellikleri görülmektedir.

Çizelge 2.7 Hidrojenin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Acaroğlu, 2003).

	Hidrojen
Kimyasal Denklemi	H ₂
C/H Oranı	0
Molekül Ağırlığı	2,016
Yoğunluk (kg/m ³)	0,0838
Isıl Değeri (MJ/kg)	119,90(Hu)
(MJ/m ³)	141,90(Ho)
	10,05(Hu)
	11,89(Ho)
Kritik Nokta	
Sıcaklık (°K)	32,94
Basınç (Bar)	12,84
Yoğunluk (kg/m ³)	31,40
Stokiyometrik Karışım Hava/Yakıt (Hacimsel)	29,53
Buharlaşma Isısı (MJ/kg)	0,447
Tutuşma Sınırları % (Hacimsel)	4,0-75
Hava Fazlalık Katsayısı	0,15-4,35
Laminar Alev Hızı (m/s)	2,91
Difüzyon Katsayısı (cm ² /s)	0,61
Kaynama Noktası (K)	20,36
Donma Noktası (K)	14
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı (K)	858

2.3.6.2 Hidrojenin Yanma Performansı

Hidrojenin kendi kendine tutuşma sıcaklığı yüksek olmasına karşın, hidrojen-hava karışımlarının tutuşturulabilmesi için gerekli enerji miktarı düşüktür. Tutuşma aralığının geniş olması, hidrojenin daha geniş karışım aralığında düzgün yanmasını sağlar ve yanma sonucunda daha az kirlenici oluşur. Hidrojen motorları, maksimum yanma sıcaklığını azaltacak biçimde fakir karışım ile çalıştırılabilirler. Böylece daha az NO_x oluşurken, HC ve CO emisyonları meydana gelmez. Alev hızının yüksek olması ise otto motorlarında ideale yakın bir yanmanın oluşmasını sağlayarak, ısıl verimi artırır. Geniş tutuşma aralığı sayesinde, gaz keleşine gerek olmadığından, karışımın silindirlere kısılmadan gönderilmesi sonucu pompalama kayıpları asgari düzeyde olur (Vorst and Finegold, 1975).

Hidrojenin yüksek sıkıştırma oranlarında, fakir karışım ile yanabilmesi yakıt tüketimini azalttığı gibi, yanma sonucu oluşan maksimum sıcaklığı da azaltır. Yanma sonucu partikül madde oluşmadığından bujiler kirlenmez. Alev parlaklığının düşük olması, diğer karbon esaslı yakıtlara göre radyasyon yolu ile olan ısı kaybını azaltacağından daha yüksek verim sağlar (Kondo vd., 1997).

2.3.6.3 Karışımın Oluşturulması ve Motor Performansına Etkisi

Yakıt besleme sistemleri açısından hidrojen motorları 4 kategoriye ayrılmaktadır. Karbürasyon, emme manifolduna püskürtme, emme supabının arkasına püskürtme ve doğrudan silindir içine püskürtmedir (Tekin ve Çevik, 1997). Hidrojen ile hava karışımı, sırasıyla dahili ve harici olarak adlandırabileceğimiz yöntemlerle motorun yanma odası içerisinde veya motorun emme manifoldunda hazırlanmaktadır. Harici karışım hazırlama yönteminde, basit bir gaz karıştırıcı içerisinde düşük basınçlarda hava ile karıştırılması veya hidrojenin yine düşük basınçlarda motorun emme manifolduna sürekli veya kesikli olarak gönderilmesi mümkündür (Ültanır, 1998).

Hidrojenin sıkıştırma oranı yüksek olan motorlarda kullanılması ile de sebep olduğu güç kaybı azaltılabilir. Ayrıca aşırı doldurma uygulanarak ilave güç sağlanabilir. Sıkıştırma oranının artırılması ve fakir karışım ile hidrojen motorunun ısıl veriminde, benzinli motora göre %25'lik bir artış sağlanabilir. Fakir karışım ile alev tepmesi önemli miktarda azaltılır (Haşimoğlu vd., 2000).

2.3.6.4 Hidrojenin Egzoz Gazları Emisyonu

Hidrojenin hava ile yanmasının sonucu da, yakıtta karbon bulunmaması nedeni ile yanma ürünleri arasında CO, CO₂, HC'lar bulunmayacak, sadece motorun yağlama yağının yanması nedeni ile oluşan HC'lar egzoz gazları arasında bulunacaktır. Ayrıca yüksek yanma sıcaklıkları nedeniyle havanın kimyasal reaksiyonu sonucu azot oksitler oluşacaktır.

Hidrojenin yanma ürünü su buharıdır ve sınırlı maksimum sıcaklıklardaki NO_x emisyonları ihmal edilebilir. Nitekim hidrojenle çalışan bir içten yanmalı motor, günümüz taşıt motorlarından çok daha az NO_x emisyonuna neden olmaktadır (Ültanır, 1998).

2.3.6.5 Benzinli Motorlarda Hidrojen Kullanımı

Hidrojen yakıtlı motorlarda yanma karakteristiklerini, kirletici egzoz gazları emisyonunu ve dolayısı ile motor performansını etkileyen en önemli etken karışımın hazırlanış yöntemidir (Dinler ve Yücel, 2002). Hidrojen ile havanın karışımı, sırasıyla harici ve dahili olarak adlandırılan yöntemlerle, motorun yanma odası içerisinde veya motorun emme manifoldunda hazırlanmaktadır. Hidrojenin difüzyon hızının yüksek olması nedeniyle, her iki yöntemde de yanma başlangıcında homojen bir karışım elde etmek mümkün olmaktadır.



3. MATERYAL METOT

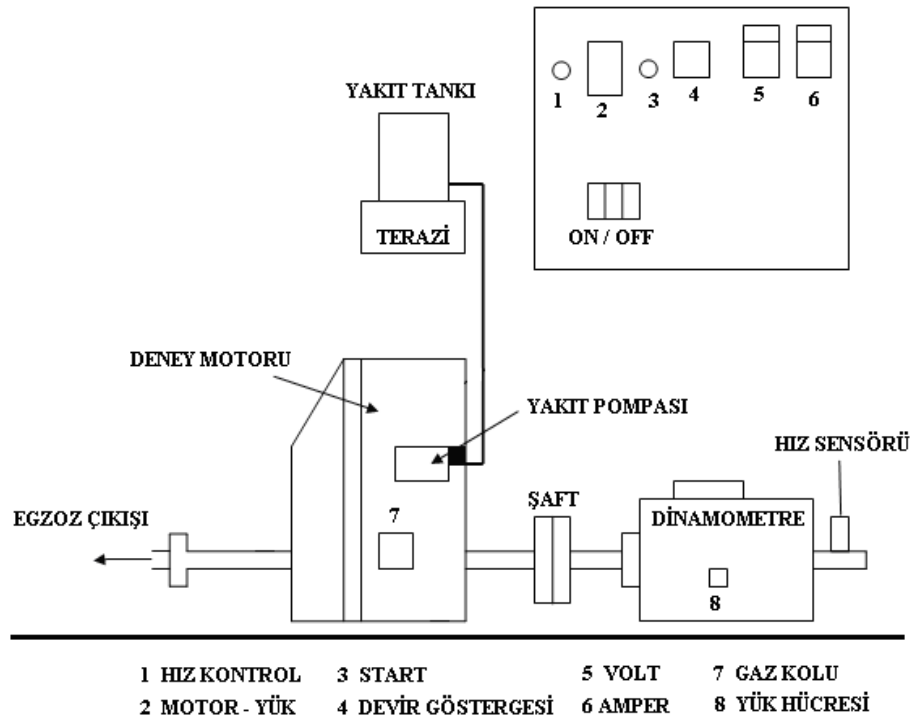
Motor üzerinde yapılan test işlemleri aşağıda belirtilen materyal ve metotlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.1 Materyal

Bu çalışmada benzin, %10 ve %20 oranlarda terebentin-benzin karışımlarının benzinli bir motorda motor performans ve emisyon etkilerini araştırmak için deneysel çalışmalar yapılmıştır.

3.1.1 Deney Ortamı

Deneyler Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Otomotiv Anabilim Dalı, Otomotiv Atölyesinde yapılmıştır. Deney düzeneğinin genel şeması Şekil 3.1'de ve genel görünüşü ise Resim 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3.1 Deney düzeneğinin genel şeması.



Resim 3.1 Deney düzeneğinin genel görünüşü.

3.1.2 Deney Motoru

Deneylerde, tek silindirli, hava soğutmalı, karbüratörlü HONDA GX 160 motoru kullanılmıştır. Teknik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Deneyde kullanılan motorun genel görünüşü Resim 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Deney motorunun teknik özellikleri.

Motorun Markası ve Modeli	Honda GX 160
Motor Tipi	Hava soğutmalı, 4 stroklu, benzin motoru, 25° ateşleme avansı, eğimli silindir, yatay şaft
Silindir Sayısı	1
Silindir Hacmi	163 cm ³
Silindir Çapı	68 mm
Strok	45 mm
Sıkıştırma Oranı	8,5/1
Soğutma Sistemi	Hava Soğutmalı
Maksimum Motor Devri	3600 rpm
Maksimum Motor Gücü	3,6 kW



Resim 3.2 Deneyde kullanılan motor.

3.1.3 Deney Yakıtı

Deneylerde Çizelge 3.2’de özellikleri verilmiş olan kurşunsuz benzin, %10 ve %20 oranında terebentin-benzin karışımları kullanılmıştır.

Çizelge 3.2 Benzinin kimyasal ve fiziksel özellikleri.(Çalık vd. 1999)

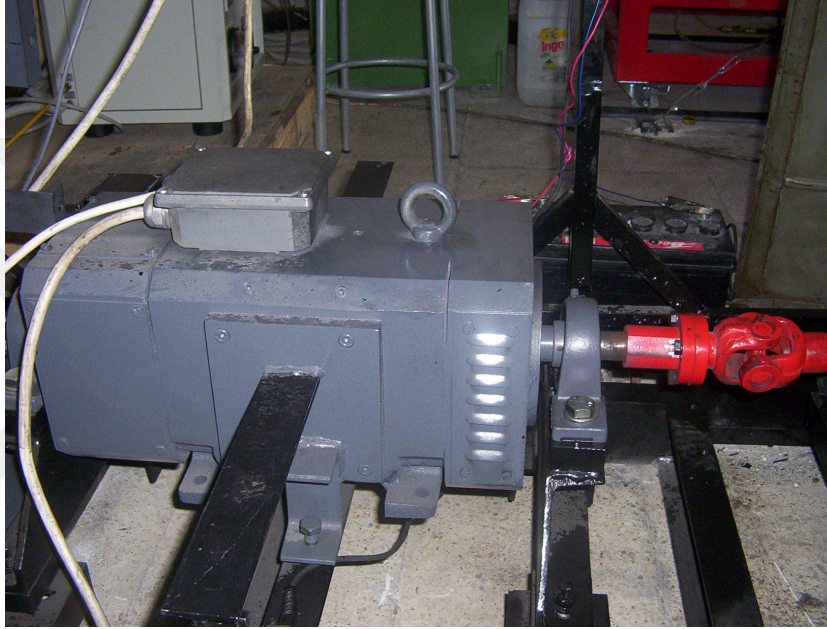
	Benzin
Kimyasal Formülü	C6-6H13-18
Moleküler Ağırlığı (kg/mMol)	86-115
Özgül Ağırlığı(kg/lt)	0,73-0,78
Kaynama Noktası(°C)	30-225
Alt Isıl Değeri (MJ/kg)	44,03
Tutuşma Noktası (°C)	-
Tutuşma Sınırları (Hacimsel %)	-
Yanma Hızı (m/s)	0,35
Stokiyometrik Oran	14,5
Araştırma Oktan Sayısı	95
Motor Oktan Sayısı	90

3.1.4 Kullanılan Ölçü Aletleri

Deneyler sırasında kullanılan cihaz ve ölçü aletlerin tanıtımı aşağıda açıklanmıştır.

3.1.4.1 Dinamometre

Motor testlerinde kullanılan dinamometre şönt sargılı DC motor olup maksimum gücü 30 kW ve maksimum devri 7500 min^{-1} kadar frenleme yapabilmekte ve elektrikli bir fan tarafından soğutulmaktadır. Deneylerde kullanılan dinamometre Resim 3.3'te gösterilmiştir.



Resim 3.3 Dinamometrenin görüntüsü.

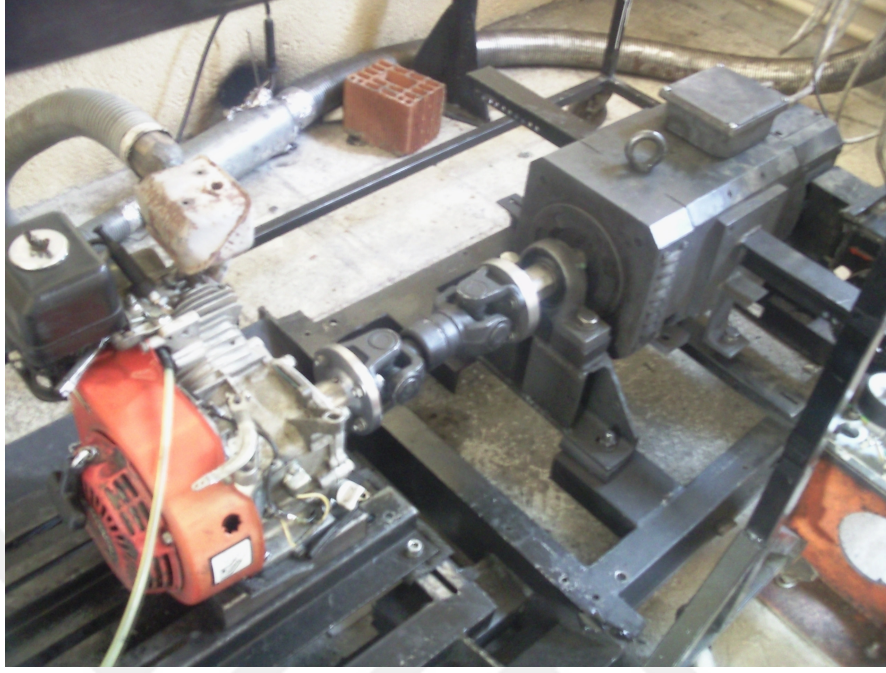
Dinamometre ekran görüntüsü Resim 3.4'te görülmektedir. Bu ekran üzerinde test esnasında motor ile ilgili; devir, volt ve amper değerleri görülebilmektedir. Resim 3.5'te görüldüğü gibi yük değeri ise Loadcell Amplifier LCA-D tipi dinamometre ile ölçülmektedir. Dinamometrenin deney motoruna bağlantısı Resim 3.6'te gösterilmiştir.



Resim 3.4 Dinamometre kontrol paneli.



Resim 3.5 Loadcell Amplifier LCA-D görüntüsü.



Resim 3.6 Deney motorunun dinamometre üzerinde görüntüsü.

3.1.4.2 Kronometre

Deney esnasında ölçülmekte olan parametrelerde meydana gelen yakıt tüketimini ölçebilmek ve yakıt tüketimini hesaplayabilmek için Robic Sport SC-700 marka ve 0,01 saniye hassasiyetli dijital bir kronometre kullanılmıştır.

3.1.4.3 Terazi

Tüketilen yakıtın ağırlığını ölçmek için DENSİ / PC100W-30SS 30010 marka, elektrikle çalışan, 2 gram hassasiyetinde ölçüm yapabilen dijital terazi kullanılmış ve Resim 3.7'de görülmektedir.



Resim 3.7 Elektronik terazi

3.1.4.4 Egzoz Emisyonu Ölçüm Cihazı

CO, CO₂, ve HC egzoz emisyonları ölçümü BOSH marka Resim. 3.8'de görülen egzoz emisyon ölçüm cihazı kullanılmıştır.



Resim 3.8 Egzoz emisyon ölçüm cihazı.

3.2 Metot

Kullanılan benzin, T10 ve T20 yakıtlarında 2000-4000 min⁻¹ motor devirlerinde ve tam açık gaz kelebeği açıklığında, 1.6 hava fazlalık katsayısında ve 25° avans değerinde deneyler yapılmıştır. Deneylerde kullanılan ölçüm cihazlarının kontrolü yapılarak kalibre edilmiştir. Her yakıt için önce motor rölanti devrinde çalışırken egzoz emisyonları ölçülmüş, sonra tam yük değişken devir testi yapılarak motor karakteristik değerleri elde edilmiştir. Bunun için motorun çalışma sıcaklığına gelmesi beklenmiş ve deneye başlanmıştır. Motor çalışma sıcaklığına getirildikten sonra motorun gaz kolu tam gaz konumunda iken dinamometre cihazı vasıtasıyla yükleme yapılarak motor devri istenilen değere getirilmiştir. Motorun ayar karakterlerine bağlı olarak etkilerini inceleyebilmek için test motoru 2000, 2500, 3000, 3500 ve 4000 min⁻¹ devir aralığında ölçüm sonuçları alınmıştır. Deneylerden her üç yakıt motor momentleri 2500 min⁻¹'da en yüksek seviyededir. Öncelikle benzin, sonrasında %10 ve %20 terebentin-benzin karışımları yukarıdaki devirlerde motor performans ve egzoz gazı emisyon

değerlerinin (CO, CO₂, O₂, HC) değişimleri incelenmiştir. Ölçümler üç defa tekrarlanarak değerlerin ortalaması esas alınmıştır. Ortam sıcaklığı ortalaması 18 °C olmuştur.

3.2.1 Deneyler Sonucunda Elde Edilen ve Hesaplanan Değerler

Saf benzin, %10 ve %20 benzin terebentin karışımları kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen bulgular ve bu bulgulardan elde edilen sonuçlar ekler kısmında verilmiştir. Elde edilen deneysel verilerden hesaplanan sonuçlara ulaşılırken kullanılan formüller aşağıda sıralanmıştır.

- Döndürme Momenti

$$Md = m.9,81.L(Nm) \quad (3.1)$$

Burada;

m(kg) : Göstergede okunan fren kuvveti değeri
L (m) : Moment kolu uzunluğu (0.4 m)

- Efektif Güç

$$P_e = \frac{m.9,81.L.n}{9549,3} (kW) \quad (3.2)$$

Burada

m(kg) : Göstergede okunan fren kuvveti değeri
L (m) : Moment kolu uzunluğu
n (min⁻¹) : Motor devri

- Özgül Yakıt Tüketimi

$$b_e = \frac{3600.m_Y}{P_e.\Delta t} (g/kWh) \quad (3.3)$$

Burada

m_Y(g) : Tüketilen yakıt miktarı
P_e(kW) : Efektif güç

$\Delta_t(s)$: Zaman aralığı

- Ortalama Efektif Basınç

$$P_{me} = \frac{120 \cdot P_e}{V_H \cdot n} (kPa) \quad (3.4)$$

Burada

$P_e(kW)$: Efektif güç

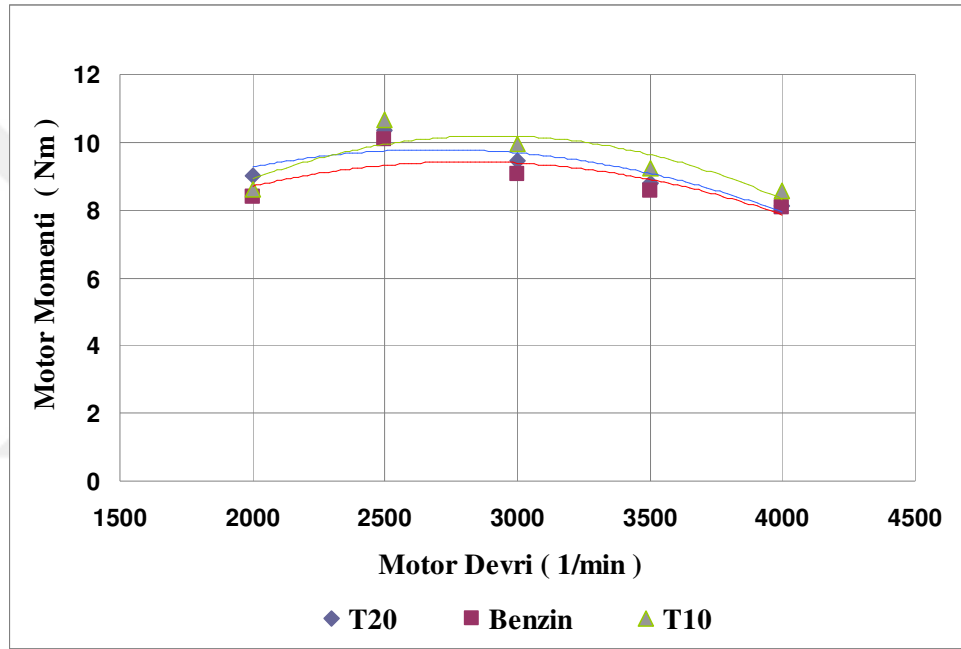
$V_H (m^3)$: Toplam strok hacmi

$n (min^{-1})$: Motor devri

4. BULGULAR

4.1 Benzin, T10 ve T20 Yakıtlarının Motor Momentine Etkileri

Şekil 4.1’de 2000-4000 min^{-1} aralığında 500 min^{-1} aralıkla benzin, T10 ve T20 yakıtının motor momentini değişimleri görülmektedir.



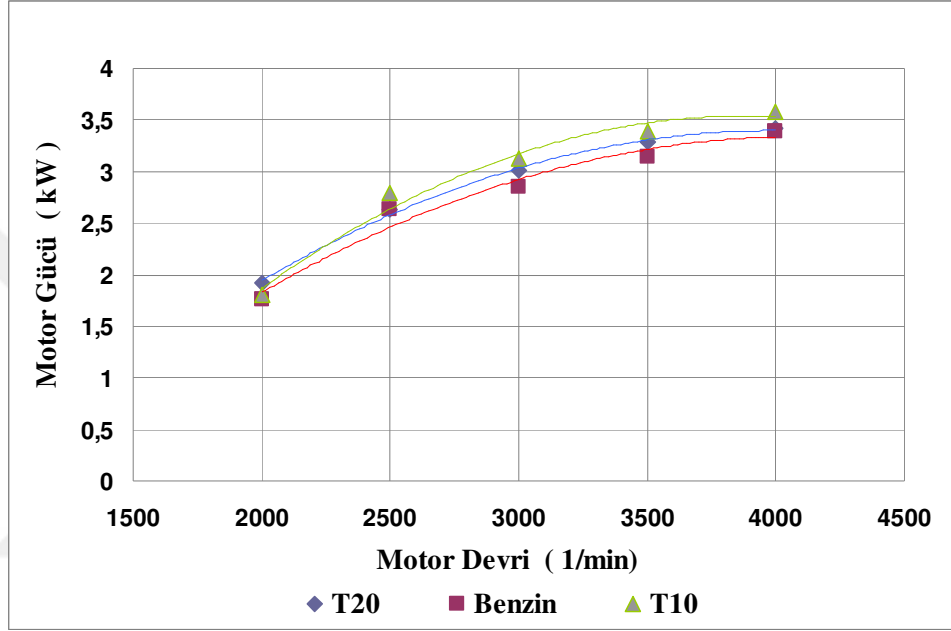
Şekil 4.1 Farklı yakıt kullanımıyla motor momentinin motor devrine bağlı değişimi

Değişik yakıtlar kullanılarak yapılan deneylerde, en düşük devir olan 2000 min^{-1} 'da, motor momentini kurşunsuz benzin yakıtı için 8.372 Nm, T10 yakıtı için 8.60 Nm ve T20 yakıtı için 9 Nm olarak ölçülmüştür. Maksimum motor momentini her üç yakıt için 2500 min^{-1} de ölçülmüştür. Bu devirden sonra moment de bir azalma eğilimi başlamıştır. Maksimum momentin elde edildiği 2500 min^{-1} 'da benzine göre T10 yakıtının motor moment değerinde %5,67'lik bir artış ve T20 yakıtında %2,76'lık bir artış gözlenmektedir.

Hız artışına bağlı olarak karışım iyileşmekte gaz kaçakları ve ısı kayıplarında azalma gözlenmektedir. Bunun yanında manifold ve yataklardaki sürtünme kayıplarının artması motor momentinde bir düşmeye neden olmaktadır. Moment değerlerinin en yüksek elde edildiği 2500 min^{-1} de silindir içerisine maksimum seviye de yakıt alınmış böylelikle motor momentini bu devirde maksimum değerine ulaşmıştır.

4.2 Benzin, T10 ve T20 Yakıtlarının Motor Gücüne Etkisi

Şekil 4.2’de 2000-4000 min⁻¹ aralığında 500 min⁻¹ aralıkla benzin, T10 ve T20 yakıtının motor gücü değişimleri görülmektedir.



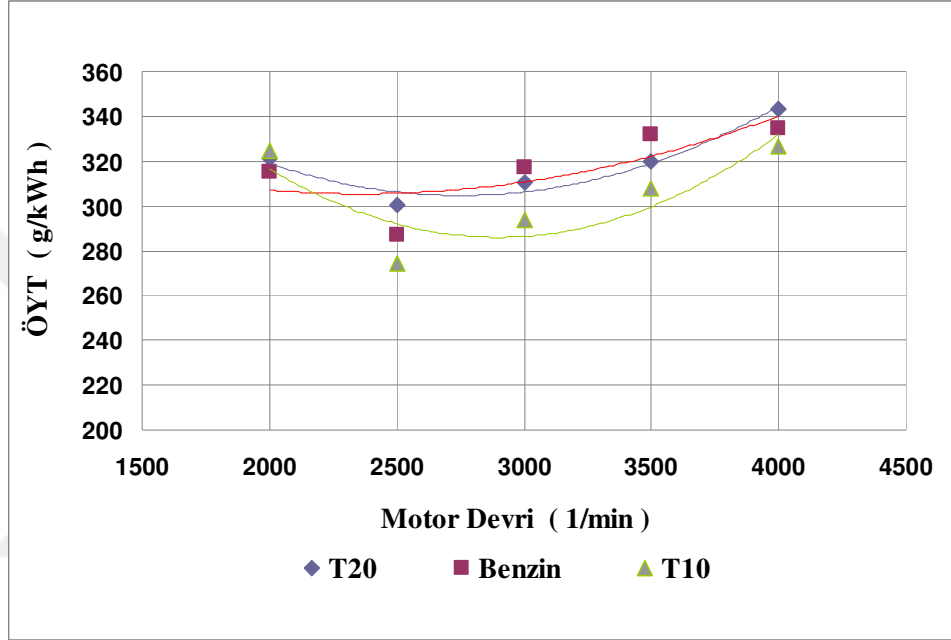
Şekil 4.2 Farklı yakıt kullanımıyla motor gücünün motor devrine bağlı değişimi

Motor gücüne bakıldığında ise her üç yakıt için devir artışına paralel olarak sürekli bir yükseliş eğiliminin olduğu gözlenmektedir. En düşük devirde benzin yakıtı için güç değeri 1,753 kW, T10 yakıtı için 1,801 kW ve T20 yakıtı için de 1,920 kW olarak ölçülmüştür. En yüksek güç değeri kurşunsuz benzin, T10 ve T20 için 4000 min⁻¹'de sırasıyla 3,387kw, 3,582kW ve 3,411kw olarak ölçülmüştür. Bu devirde benzine göre T10 yakıtında %5,91'lik bir artış ve T20 yakıtında ise %0,91'lik bir artış gözlenmiştir.

Motor gücü motor devri ve motor momentinin bir fonksiyonudur. Burada motor maksimum gücünü devirdeki yükselme ile sağlanan güç artışının tamamen torktaki azalma ile dengelendiği durumda üretilir. Maksimum gücün elde edildiği devir sayısında silindirlere birim zamanda en fazla karışım emilmektedir.

4.3 Benzin, T10 ve T20 Yakıtları Kullanımının Özgül Yakıt Tüketimine Etkisi

Şekil 4.3'te 2000-4000 min^{-1} aralığında 500 min^{-1} aralıkla benzin, T10 ve T20 yakıtlarının motor özgül yakıt tüketimlerinin değişimi görülmektedir.



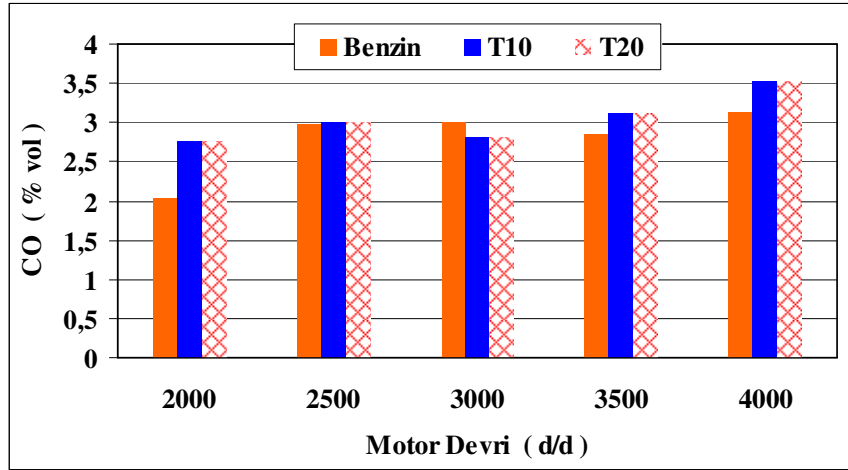
Şekil 4.3 Farklı yakıt kullanımıyla özgül yakıt tüketiminin motor devrine bağlı değişimi

En düşük motor devrinde benzin yakıtı için ÖYT değeri 315,124 g/kWh, T10 için 324,283 g/kWh ve T20 için ise 321,294 g/kWh olarak ölçülmüştür. Bütün yakıtlar için 2500 min^{-1} 'da ÖYT en yüksek azalma gözlemiştir. Bu devirden sonra yakıtların ÖYT' de bir artış eğilimine girdiği gözlenmektedir. Özgül yakıt tüketiminin en az olduğu 2500 min^{-1} 'da benzin yakıtına göre T10 yakıtında %4,6'lık bir azalma ve T20 yakıtında ise %4.55'lik bir artış gözlenmiştir. Düşük devirlerdeki ÖYT deki artışın sebebi, kötü doldurma işlemi ve artık gazların silindir içerisindeki katsayılarının yüksek olması ve düşük devirlerde mekanik verimin düşük olması sonucunda ÖYT de artış göstermektedir. Devir artışına bağlı olarak motor gücü artmış yakıt tüketimi azalmıştır.

4.4 Farklı Yakıt Kullanımının Egzoz Gazı Emisyon Değerlerine Etkisi

Şekil 4.4'te 2000-4000 min^{-1} aralığında 500 min^{-1} aralıkla benzin, T10 ve T20 yakıtlarının motor devrine bağlı olarak CO emisyonu değişimi görülmektedir. CO emisyon değeri en düşük devir olan 2000 min^{-1} 'da benzin yakıtı için %2,03, T10 yakıtı için %2,77 ve T20 yakıtı içinde %2,77 olarak gözlenmiştir.

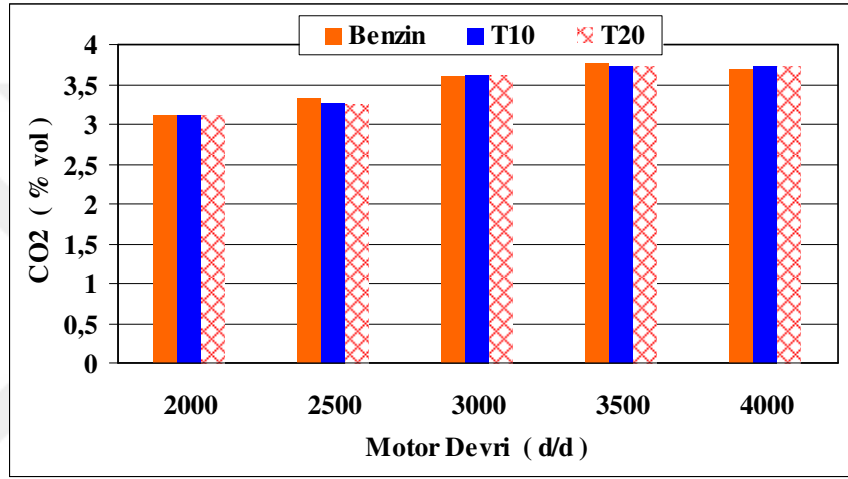
.Düşük devirlerde yanma kalitesinin düşük olması, yakıt içerisinde karbonun tamamının yanmadığı durumlarda CO emisyonu artmaktadır. Ancak bunun yanında da düşük motor devirlerinde zengin karışıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden karışım zenginleştikçe silindir içerisine alınan yakıtın bünyesindeki karbon atomları tamamen yanarak CO_2 emisyonu oluşturacak O_2 bulamaz ve CO emisyonu oluşturur. 2500 min^{-1} değerine kadar yani yanma iyileşinceye kadar CO emisyonu azalmış ancak devrin artmasına bağlı olarak yanma hızının artması ve silindir içerisine alınan karışımın homojenliğini kaybetmesinden dolayı karbon atomları yeterli oksijen bulamamış ve CO emisyonunun da üç yakıt içinde artış gözlenmiştir. Ortalama CO değerlerine bakıldığında benzine göre T10 ve T20 yakıtlarında %8,6'lık artış olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.4 Farklı yakıt kullanımıyla, CO emisyonunun Motor devrine bağlı değişimi.

Şekil 4.5'te 2000-4000 min^{-1} aralığında 500 min^{-1} aralıkla benzin, T10 ve T20 yakıtlarının motor devrine bağlı olarak CO_2 emisyonu değişimi görülmektedir. CO_2 emisyon değeri en düşük devir olan 2000 min^{-1} 'da benzin yakıtı için %3,096, T10 yakıtı için %3,098 ve T20 yakıtı içinde %3,098 olarak gözlenmiştir.

Düşük motor devirlerinde yanmanın kötü olması nedeniyle egzoz emisyonları daha çok zehirli gazlardan oluşmaktadır. Bu yüzden CO₂ değeri düşüktür. Ancak motor devri artmaya başladığında daha homojen bir karışım elde edilmektedir. Bu nedenle egzoz da görülen zararlı gazlar azalmakta onun yerine CO₂ emisyonu artmaktadır. Ortalama CO₂ değerlerine bakıldığında da benzin yakıtına göre T10 ve T20 yakıtlarında %0,3'lük azalma olduğu gözlenmiştir.

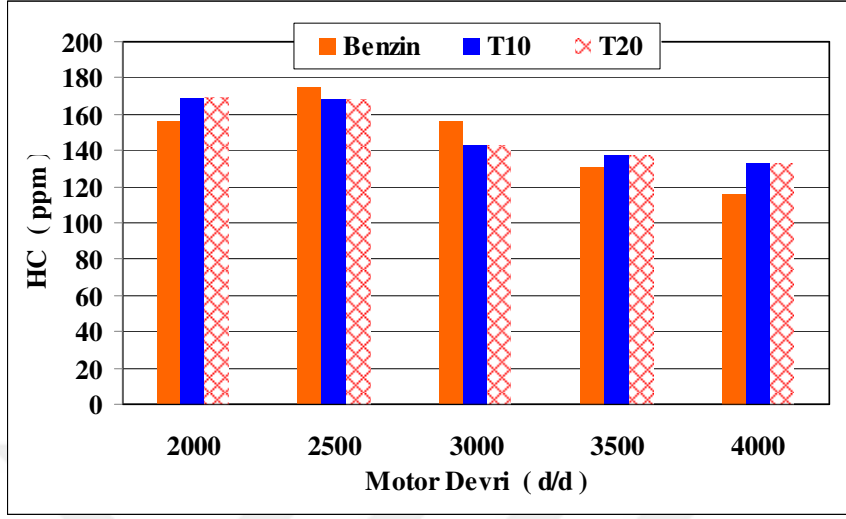


Şekil 4.5 Farklı yakıt kullanımıyla, CO₂ emisyonunun Motor devrine bağlı değişimi.

Şekil 4.6'da 2000-4000 min⁻¹ aralığında 500 min⁻¹ aralıkla benzin, T10 ve T20 yakıtlarının motor devrine bağlı olarak HC emisyonu değişimi görülmektedir. HC emisyon değeri en düşük devir olan 2000 min⁻¹'de benzin yakıtı için 155,812 ppm, T10 yakıtı için 169,2 ppm ve T20 yakıtı içinde 169,2 ppm olarak gözlenmiştir.

Düşük devirlerde yakıt tam olarak yakılamadığından HC oranı yüksektir. Devir arttıkça yanma odasına yeterli miktarda oksijen alındığından dolayı HC emisyonunun da azalma görülmektedir.

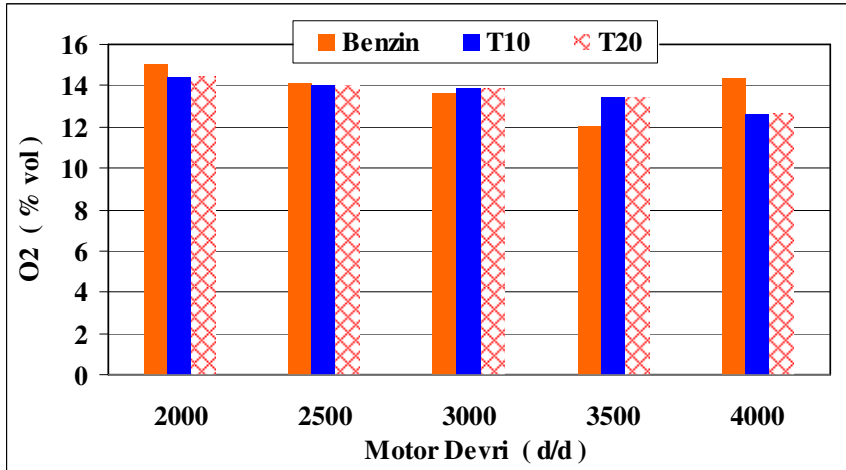
Ortalama HC değerlerine bakıldığında benzine göre T10 ve T20 yakıtlarında %2,21'lik artış olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.6 Farklı yakıt kullanımıyla, HC emisyonunun Motor devrine bağlı değişimi.

Şekil 4.7’de 2000-4000 min^{-1} aralığında 500 min^{-1} aralıkla benzin, T10 ve T20 yakıtlarının motor devrine bağlı olarak O_2 emisyonu değişimi görülmektedir. O_2 emisyon değeri en düşük devir olan 2000 min^{-1} ’da benzin yakıtı için 15,038 ppm, T10 yakıtı için 14,455 ppm ve T20 yakıtı içinde 14,455 ppm olarak gözlenmiştir.

Motor devrinin periyodik olarak düzenli aralıklarla artışına bağlı olarak oksijen emisyonunun da sıra dışı bir değişim gözlenmemiştir. Egzoz emisyonunun da oksijenin görülmesinin nedeni içeri alınan havanın bir kısmının yanma olayına karışmadan egzozdan dışarı atılmasıdır. Ortalama O_2 değerlerine bakıldığında Benzin yakıtına göre T10 ve T20 yakıtlarında %1,22’lik azalma olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.7 Farklı yakıt kullanımıyla, O_2 emisyonunun Motor devrine bağlı değişimi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada buji ateşlemeli bir motorlarda benzin, T10 ve T20 katkıli yakıtların kullanılması sonucu 2000-4000 min⁻¹ motor devir aralığında; motor momenti, motor gücü, özgül yakıt tüketimleri ve egzoz gazı emisyonlarına etkileri deneysel olarak araştırılmıştır.

Benzinli çalışmaya göre terebentin karışımlarının moment değerleri yüksektir. Terebentinin benzinin ısı değeri ve oktan sayısını arttırması da motor performansını arttırmaktadır. Motor gücü ise her üç yakıt için 4000 min⁻¹'de en yüksek değerlere ulaşmıştır. Benzinli yakıtla göre terebentinli yakıtlarda bir güç artışı görülmüştür. Motorun gücü; motor devri ve motor momentine bağlıdır. Sürtünme kayıplarının devre bağı olarak artmasıyla momentin düşmesine ve aynı zamanda motor gücünde artış eğiliminin azalmasına neden olmuştur. ÖYT ise 2500 min⁻¹'da en düşük çıkmıştır. Artan devre göre ÖYT yükselmiştir. Düşük devirlerde artışın sebebi kötü doldurma ve artık gazların silindir içerisindeki oranının yüksek ve düşük devirlerde mekanik verimin düşük olması sonucunda ÖYT artışı olmaktadır. Devir artışı ile bunların ortadan kalkmasının yanında motor gücü artmış ve ÖYT azalmıştır.

Egzoz emisyonlarına bakıldığında yapılan çalışmada CO emisyonu benzinli çalışmaya göre 2000, 3500 ve 4000 min⁻¹ 'larda yüksek, fakat 2500 ve 3000 min⁻¹'larda düşük çıkmıştır. Düşük devirlerde yanma kalitesinin düşük olması ve yüksek devirlerde yanma odasında yetersiz oksijen olması nedeniyle CO miktarı artmıştır. Terebentinin çevrim sıcaklığının benzininkinden düşük olması ile yanma iyileştirilmektedir. Her üç yakıtta motor devri arttıkça HC değerleri düşmektedir. Supap bindirmesi, zengin karışımdan alevin yanma odası duvarlarına ulaşmadan sönmeye gibi nedenlerden dolayı düşük motor devirlerde HC miktarı artmaktadır.

KAYNAKLAR

- Acaroğlu, M., 2003, “Alternatif Enerji Kaynakları”, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.
- Acaroğlu, M., Oğuz, H., Ünaldı, M., 2004, “Türkiye için Alternatif Bir Yakıt: Biyoetanol, Yakıt Olarak Kullanımı ve Emisyon Değerleri”, Biyoenerji Sempozyumu, İzmir.
- ACGIH, 1986, “Industrial Ventilation—a Manual of Recommended Practice”, Cincinnati (OH): American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- Alasfour, F. N., 1998, “NO_x Emission from a Spark Ignition Engine Using 30% Iso-Butanol-Gasoline Blend: Part 1-Preheating Inlet Air”, Applied Thermal Engineering, 18 (5): 245-256.
- Alasfour, F. N., 1998, “NO_x Emission from a Spark Ignition Engine Using 30% Iso-Butanol-Gasoline Blend: Part 2-Ignition Timing”, Applied Thermal Engineering, 18 (8): 609-618.
- Al-Baghdadi, M. A. S., 2000, “Performance Study of a Four-stroke Spark İgnition Engine Working with both of Hydrogen and Ethyl Alcohol as Supplementary Fuel”, International Journal of Hydrogen Energy, 25 (10), 1005-1009.
- Al-Farayedhi, A. A., 2002, “Effects of Octane Number on Exhaust Emissions of a Spark Ignition Engine”, International Journal of Energy Research, 26 (4), 279-289.
- Anonymous., 2002, “2002 Türkiye Enerji Raporu”, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 6-43, Ankara.
- Ayhan, V., 2006, “Metanol-Benzin Karışımının MgO-ZrO₂ Termal Bariyer Çemberli Bir Motorda Performans ve Emisyonlara Etkisi”, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Batmaz, İ. ve İcingür, Y., 1998, “Motorlu Taşıtlarda Sıvılaştırılmış Petrol Gazı Kullanımı, Birinci Kuşak LPG Sistemlerinin Performans ve Emisyon Analizleri”, ZKÜ, Karabük TEF Dergisi, 25-26, Karabük.

- Bayındır, H., Yücesu, H.S., 1999, “Etanol Benzin Karışımları Emme Manifoldu Dolgu Sıcaklığının Motor Performansına ve Egzoz emisyonlarına etkilerinin İncelenmesi”, Altıncı Uluslar Arası Yanma Sempozyumu, 396-407, İstanbul.
- Bernardt, W., 1977, “Future Fuels and Mixture Preparation Methods for Spark Ignition Automobile Engines”, JPECS, Vol. 3, 139-150.
- Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A., 1992, “İçten Yanmalı Motorlar”, Cilt 1, TEV Yayını, Ankara.
- Celik, M.B., 2008, ”Experimental determination of suitable ethanol–gasoline blend rate at high compression ratio for gasoline engine, Applied Thermal Engineering, 28, 396–404.
- Choi, G., Chung, Y., Han, S., 2005, “Performance and Emissions Characteristics of a Hydrogen Enriched LPG Internal Combustion Engine at 1400 rpm”, International Journal of Hydrogen Energy, 30, 77-82.
- Clemens, W.B. and Martin, J.C., 1990, “Methanol Decomposition Trough Rich Oxidation in a Self-ignited Catalytic Reactor”, SAE Technical Paper Series, Pub By SAE, 17, 900582, Warrendale, Pa. USA.
- Cowart, J. S., Boruta, W. E., Dalton, J. D., Dona, R. F., Rivard II, F. L., Furby, R. S., Piontkowski, J. A., Seiter, R. E. and Takai, R. M., 1995, “Powertrain Development of the 1996 Ford Flexible Fuel Taurus”, SAE Paper, No: 952751.
- Çalık, A.T., Arslan, H., Soruşbay, C. (1999) Benzin Motorlu Taşıtlarda LPG Kullanımının Egzoz Gazları Emisyonuna Etkisi, LPG ve Uygulamaları Konferansı, İstanbul.
- Çanakçı. M., 1996“ Idealized Engine Emissions Resulting from The Combustion of Isooctane Supplemented with Hydrogen, Ms Thesis”, Vanderbilt University, Tennessee, August.
- Çelik, M.B.,1999, “Buji ile Ateşlemeli Bir Motorun Sıkıştırma Oranının Değişken Hale

dönüştürülmesi ve Performansa Etkisinin Araştırılması”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 3-11, 17-19, Ankara.

Çetinkaya, S. ve Çelik, M.B., 1997, “Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Yakıt Olarak metanol Benzin Karışımlarının Kullanılması”, 5. Yanma Sempozyumu, 256-265.

Çetinkaya, S. ve Çelik. B., 1998, “Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Yakıt Olarak Metanol-Benzin Karışımlarının Kullanılması”, 5. Uluslararası Yanma Sempozyumu, 255-269, Ankara.

Çetinkaya, S., 1993, “Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Yayını”, Enerji Raporu, Ankara.

Dai, J. and Ozak, L.S., 1987, “Theoretical Analysis of Basic Cycle for Hydrogen Addition to the Methanol Fuelled SI Engine”, Journal of Fuel Society of Japan, V. 66, N. 1, 65-72.

Deluchi, M.A., Johnston, R.A. and Sperling, D., 1988a, “Methanol-Natural Gas Vehicles: A Comparison of Resource Supply, Performance, Emissions, Fuel Storage, Safety, Costs, and Transitions”, SAE, Technical Paper Series No: 881656, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, United States of America.

Demirbas A., 2007, “Progress and Recent Trends in Biofuels”, Prog Energy Combust Science, 33, 1–18.

Dinler, N., Yücel, N., 2002, “Benzin ve LPG Kullanılarak İki Farklı Motorun Egzoz Emisyon Davranışının Deneysel İncelenmesi”, 7. Uluslar arası Yanma Sempozyumu, 242-249, Ankara.

Fujita, N. and Toshida, M. 1989, “Effect of Methanol Fuel Containing Water on a Small 2-Cycle Spark Ignition Eng. Performance”, Transactions of the Japan Society of Mechanic Engineers, Part B, V 55, N 510, 535-539.

- Guerrieri, D. A., Caffrey, P. J. and Rao, V., 1995, "Investigation into the Vehicle Exhaust Emissions of High Percentage Ethanol Blends", SAE Paper, No:950777.
- Haggin, J., 1994, "Decomposing Methanol Improves Use As Fuel", C&En, September 22, 37.
- Hamdan, M. A. and Al-Subaih, T. A., 2002, "Improvement of Locally Produced Gasoline and Studying its Effects on both the Performance of the Engine and the Environment", Energy Conversion and Management, 43 (14), 1811-1820.
- Harmon, R., 1992, "Alternative Vehicle Propulsion Systems", Mechanical Engineering, 58-59.
- Hasimoglu, C., Ciniviz, M. ve Uçar, G., 2000, "Günümüzde İçten Yanmalı Motorlarda Yakıtının Kullanılması", Selçuk Teknik Online Dergisi, ISSN 1302/6178, Konya.
- He, B., Wang, J., Hao, J., Yan, X. and Xiao, J., 2003, "A Study on Emission Characteristics of an EFI Engine with Ethanol Blended Gasoline Fuels", Atmospheric Environment, 37 (7), 949-957.
- Henhama, W.E., Johns, R.A. and Newnham, S., 1991, "Development of Fuel Tolerant Diesel for Alternative Fuels", International Journal of Vehicle Design, V. 12, N. 3, 196-303.
- Hoshino, T., Iwai, N., 1991 "Demonstration of Prototype Near-Neat Methanol Vehicle Controlled Fleet Test", International Journal of Vehicle Desing, Vol.3, N.2, 229-239.
- Hsieh, W., Chen, R., Wu, T. and Lin, T., 2002, "Engine Performance and Pollutant Emission of an SI Engine Using Ethanol-Gasoline Blended Fuels", Atmospheric Environment, Vol: 36, Issue:3.
- Ingamells, J.C., and Lindquist, R.H., 1975, "Methanol as a Motor Fuel or a Gasoline Blending Component", SAE Transaction, 750123.

- İçingür, Y. ve Yamık, H., 2003, “Metil ve Etil Dizel Yakıtı Olarak Kullanılma İmkanlarının Araştırılması”, Politeknik Dergisi, 6 (2), 459-464.
- Jenkins, P. E., Cho, Y. S. and Kim, B., 1990, “Performance Analysis of a Spark Ignited Engine with ETBE as a Blending Agent”, Gaseous Fuels&Other Alternative Fuels SP-832, Society of Automotive Engineers Inc., SAE Paper 901520 pp. 95-107.
- Kaplan C., Alma M.H., Tutuş, A., Çetinkaya, M. and Karaosmanoğlu, F., 2005, “Engine Performance and Exhaust Emission Tests of Sulfate Turpentine and No: 2 Diesel Fuel Blend” Petrol Science Technology, 23,1333–1339.
- Karaosmanoğlu, F., 1990, “Alkollü Benzinlerin Alternatif Motor Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 76-78, İstanbul.
- Karthikeyan R, Mahalakshmi NV., 2005, “Internal Combustion Engine”, Division of ASME 2005 Fall Technical Conference, ICEF2005, Ottawa, Canada.
- Karthikeyana, R., Mahalakshmi, N.V., 2007, “Performance and Emission Characteristics of a Turpentine–Diesel Dual Fuel Engine”, Energy 32(7), 1202–1209.
- Kisenyi, S. M., Savage, C. A. and Simmonds, A. C., 1994, “The Impact of Oxygenates on Exhaust Emissions of Six European Cars”, SAE Paper, No: 940929.
- Kondo, T., Lio,S. and Hiruma, M., 1997, “A Study on The Mechanism of Backfire in External Mixture Formation Hydrogen Engines”, SAE Paper No: 971704.
- Öğüt, H. ve Oğuz, H., 2006, “Biyodizel Üçüncü Milenyum Yakıtı”, Nobel Yayınları, 3-4, Ankara.
- Poulton, M.L., 1994, “Alternative Fuels for Road Vehicles”, Computational Mechanics Publications Southampton, UK and Boston, USA.
- Sezer, İ. ve Bilgin, A., 2002, “Benzine MTBE Katılmasının Motor Performansına Etkisi”, 7. Uluslararası Yanma Sempozyumu, 205-216, Ankara.

- Sezer, İ., 2002, “Normal Benzine Metanol ve MTBE Katılmasının Buji Ateşlemeli Motorun Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Taylor, A. B., Moran, D. P., Bell, A. J., Hodgson, N. G., Myburgh, I. S. And Botha, J. J., 1996, “Gasoline/Alcohol Blends: Exhaust Emissions, Performance and Burn-Rate in a Multi-Valve Production Engine”, SAE Paper, No: 961988.
- Tekin, M. ve Çevik, İ., 1997, “Hidrojenin İçten Yanmalı Motorlarda Kullanımı”, 5. Otomotiv Yan Sanayi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, MMO Yayınları, No:198, Bursa.
- Topgül, T., Yücesu, S., Çınar, C., 2004, “Etanol Benzin Karışımlarının Buji ile Ateşlemeli Bir Motorda Farklı Sıkıştırma Oranlarında Motor Performansına Etkisinin Deneysel Olarak Belirlenmesi”, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, 8. Uluslar arası Yanma Sempozyumu, 345, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü, 1991, “TS 1231 İçten Yanmalı Motorlar Muayene ve Deney Esasları”, UDK 621.43.018, TSE, Ankara.
- Ültanır, M.Ö., 1998, “21. Yüzyıla Girenken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi”, Yayın No. TÜSİAD-T/98-12/239, İstanbul.
- Vargeer, H. and Lawson, A., 1987, “Assessment of a Heavy Duty Methanol Engine for Underground Mining”, SAE Technical Paper Series, Pub By SAE, 7, 900582, Warrendale, Pa. USA.
- Vorst, D.V. and Finegold, J.G., 1975, “Automotive Hydrogen Engines, and Onboard Storage Methods”, Hydrogen Energy Fundamentals, Miami Beach, Florida USA.
- Wicker, R. B., Hutchison, P. A., Acosta, O. A. and Matthews, R. D., 1999, “Practical Considerations for an E85-Fueled Vehicle Conversion”, SAE 1999- 01-3517.
- Yagcioglu, E., 1984, “Biyokütle enerjisi”, EIE Bülteni.

Yayla, P.,1996, “Doğalgazın Taşıtlarda Kullanımı”, Doğalgaz Dergisi, Sayı:47 Sayfa:255.

Yörük, S., 2002, “İçten Yanmalı Motorlarda Alternatif Yakıt Kullanımı”, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Yumrutaş, R., Alma, M.H., Özcan, H., Kaşka, Ö., 2008, ”Investigation of Purified Sulfate Turpentine on Engine Performance and Exhaust Emission”, Fuel, 87, 252–259.

Yüksel, F., ve Yüksel, B., 2004, “The Use of Ethanol-Gasoline Blend as a Fuel in a SI Engine”, Renewable Energy, 29, 1181-1191.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yusuf BAŞOĞUL
Doğum Yeri : Ereğli - Konya
Doğum Tarihi : 04.06.1979
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ereğli Lisesi, 1997
Lisans : Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim
Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümü, Metal Öğretmenliği
Programı, 2002
Yüksek Lisans :

EKLER

Ek No		SayfaNo
Ek 1	Benzin, T10 ve T20 yakıtlarıyla yapılan deneylerde elde edilen motor performans değerleri.	57
Ek 2	Benzin, T10 ve T20 yakıtlarıyla yapılan deneylerde elde edilen egzoz emisyon değerleri.	58



EK-1 Benzin, T10 ve T20 yakıtlarıyla yapılan deneylerde elde edilen motor performans değerleri.

T20						
Devir	Ölçülen Devir	Moment (Nm)	Güç (kW)	Yakıt Tüketimi (g)	Süre (s)	Ö.Y.T. (g/kWh)
2000	2037	9,003	1,920	24	140,010	321,294
2500	2427	10,347	2,630	72	328,310	300,187
3000	3041	9,453	3,010	95	366,220	310,182
3500	3572	8,785	3,286	102	349,430	319,746
4000	4012	8,120	3,411	126	387,160	343,417
ORTALAMA		9,142	2,851	83,8	314,226	318,965
Benzin						
Devir	Ölçülen Devir	Moment (Nm)	Güç (kW)	Yakıt Tüketimi (g)	Süre (s)	Ö.Y.T. (g/kWh)
2000	2015	8,372	1,753	32	208,470	315,124
2500	2404	10,069	2,636	100	475,600	287,110
3000	2980	9,064	2,847	112	446,080	317,409
3500	3530	8,574	3,142	139	480,000	331,712
4000	4010	8,086	3,387	145	461,040	334,235
ORTALAMA		8,833	2,753	105,6	414,238	317,118
T10						
Devir	Ölçülen Devir	Moment (Nm)	Güç (kW)	Yakıt Tüketimi (g)	Süre (s)	Ö.Y.T. (g/kWh)
2000	2050	8,600	1,801	43	265,000	324,283
2500	2509	10,640	2,785	89	419,750	274,010
3000	3011	9,942	3,123	108	423,960	293,598
3500	3539	9,245	3,388	122	420,720	308,058
4000	4064	8,551	3,582	131	403,230	326,508
ORTALAMA		9,395	2,936	98,6	386,532	305,291

EK-2 Benzin, T10 ve T20 yakitlarıyla yapılan deneylerde elde edilen egzoz emisyon değerleri.

Benzin				
Devir	CO (%Vol)	CO₂ (%Vol)	HC (ppm)	O₂ (%Vol)
2000	2,030	3,096	155,812	15,038
2500	2,973	3,318	174,640	14,129
3000	3,012	3,600	156,520	13,603
3500	2,862	3,756	131,120	12,072
4000	3,133	3,676	115,960	14,379
T10				
Devir	CO (%Vol)	CO₂ (%Vol)	HC (ppm)	O₂ (%Vol)
2000	2,774	3,098	169,200	14,455
2500	2,996	3,247	167,960	14,052
3000	2,812	3,615	143,040	13,848
3500	3,111	3,720	137,240	13,435
4000	3,519	3,716	132,800	12,596
T20				
Devir	CO (%Vol)	CO₂ (%Vol)	HC (ppm)	O₂ (%Vol)
2000	2,774	3,098	169,200	14,455
2500	2,996	3,247	167,960	14,052
3000	2,812	3,615	143,040	13,848
3500	3,111	3,720	137,240	13,435
4000	3,519	3,716	132,800	12,596