

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**METANOL BENZİN, ETANOL BENZİN VE METANOL ETANOL BENZİN
KARIŞIMLARININ BUJİ İLE ATEŞLEMELİ BİR MOTORUN PERFORMANS
VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

ORHAN GÜRSEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**METANOL BENZİN, ETANOL BENZİN VE METANOL ETANOL BENZİN
KARIŞIMLARININ BUJİ İLE ATEŞLEMELİ BİR MOTORUN PERFORMANS VE
EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

ORHAN GÜRSEL

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ENERJİ ANABİLİM DALI

**SAMSUN
2017**

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Orhan GÜRSEL tarafından hazırlanan “**Etanol-Benzin, Metanol-Benzin ve Etanol-Metanol-Benzin Karışımlarının Buji ile Ateşlemeli Bir Motorun Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin İncelenmesi**” adlı tez çalışması 02/02/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman Doç. Dr. Hakan ÖZCAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan Prof. Dr. Bahattin TOPALOĞLU
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Doç. Dr. Hakan ÖZCAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Doç. Dr. İsmet SEZER
Gümüşhane Üniversitesi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım. ../../2017

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.



31.01.2017

Orhan GÜRSEL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

METANOL BENZİN, ETANOL BENZİN VE METANOL ETANOL BENZİN KARIŞIMLARININ BUJİ İLE ATEŞLEMELİ BİR MOTORUN PERFORMANS VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Orhan Gürsel

Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hakan Özcan

Bu tezde saf benzin, metanol-benzin, etanol-benzin ve metanol-etanol-benzin karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Testler, tam gaz keleşbeği açıklığında, 1200 d/d ve 1800 d/d arasındaki çeşitli motor devirlerinde yapılmıştır. Test yakıtları, metanol, etanol ve metanol-etanol ile saf benzinin karıştırılmaları ile elde edilmiştir. Bu karışımlar en fazla hacimce %15 metanol ve/veya etanol içerecek şekilde hazırlanmıştır.

Sonuçlar, alkol-benzin karışımlarının kullanımının, hidrokarbon (HC), karbon monoksit (CO) ve azot oksit (NOx) emisyonlarını düşürürken, motor fren gücünü, fren özgül yakıt tüketimini (föyt), fren ısı verimliliğini, hacimsel verimliliği ve yanma verimliliğini arttırdığını göstermiştir. Tüm motor devri ve karışım oranlarında, motor freni gücünde, fren özgül yakıt tüketiminde (föyt), fren ısı veriminde, hacimsel ve yanma verimlerinde, metanol-etanol-benzin karışımları için ortalama artış sırasıyla % 4.63,% 4.91,% 1.46,% 13.5 ve % 0.27 olarak hesaplanmıştır. Tüm hızlar ve tüm karışım oranlarında metanol-etanol-benzin karışımları için CO, HC ve NOx emisyonlarındaki ortalama azalma ise sırasıyla % 17.56,% 16.02 ve% 8.17 olarak gerçekleşmiştir. Yukarıda listelenen tüm parametrelerdeki değişiklikler, benzindeki alkol karışım oranlarına bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik göstermiştir.

Ocak 2017, 49 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Etanol, Metanol, Benzin, Buji ateşlemeli motor, Motor performansı, Egzoz emisyonu

ABSTRACT

Master's Thesis

EFFECTS OF METHANOL/GASOLINE, ETHANOL/GASOLINE AND METHANOL/ETHANOL/GASOLINE BLENDS ON A SPARK IGNITION ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS

Orhan Gürsel

Ondokuz Mayıs University
Graduate Schools of Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Hakan Özcan

In this thesis, the effects of pure gasoline and alcohol blends, e.g., methanol-gasoline, ethanol-gasoline and methanol-ethanol-gasoline, on the engine performance and exhaust emissions were experimentally investigated. Tests were performed at full-throttle valve opening with varying engine speeds between 1200 and 1800 rpm. The test fuels obtained with the use of methanol, ethanol and methanol-ethanol blends (5-15 vol.%) in gasoline.

The results show that the use of alcohol-gasoline blends increased the engine brake power, brake specific fuel consumption (BSFC), brake thermal efficiency (BTE), volumetric efficiency and combustion efficiency, while hydrocarbon (HC), carbon monoxide (CO) and nitrogen oxides (NO_x) emissions decreased. The calculated average increase in engine brake power, BSFC, BTE, volumetric and combustion efficiencies within all engine speed and all blends rates were 4.63%, 4.91%, 1.46%, 13.5% and 0.27% for methanol-ethanol-gasoline blends, respectively. The calculated average reduction for all speeds and all blends rate in CO, HC and NO_x emissions was 17.56%, 16.02% and 8.17% for methanol-ethanol-gasoline blends, respectively. The changes in all the parameters listed above vary considerably depending on the alcohol mixture ratios in the gasoline.

January 2017, 49 Pages

Key Words: Ethanol, Methanol, Gasoline, Spark ignition engine, Engine performance, Exhaust emissions

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, ülkemiz tarafından henüz yeterli miktarda çıkarılamayan ve ciddi ekonomik boyutlarda dışardan ithal edilen benzinin, buji ateşlemeli motorlarda kullanım oranı azaltılarak, kolaylıkla temin ettiğimiz etanol ve metanol eklenerek, performans ve emisyon konularında ne gibi avantaj ve dezavantajlarının olduğu araştırılmıştır.

Tez çalışmamda, planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek edindiğim, birlikte çalışmaktan onur duyduğum değerli hocam Doç. Dr. Hakan Özcan'a ve benden sevgilerini, desteklerini ve emeklerini esirgemeyen, üzerimdeki haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, anneme, babama, ağabeyime, eşime ve oğluma teşekkür ederim.

Ocak 2017, Samsun

Orhan Gürsel

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR İNCELEMESİ.....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1. Deney Düzenekinin Tanıtılması.....	10
3.1.1. Tork ölçümü.....	13
3.1.2. Yakıt tüketim ölçümü.....	13
3.1.3. Hava debisi ölçümü.....	14
3.1.4. Motor devir sayısı ölçümü.....	14
3.1.5. Egzoz gazı ölçümü.....	15
3.2. Motor Performans Parametreleri.....	15
3.2.1. Fren motor gücü.....	15
3.2.2. Fren termal verim.....	16
3.2.3. Fren özgül yakıt tüketimi.....	16
3.2.4. Isıl verim.....	16
3.2.5. Hacimsel verim.....	17
3.2.6. Yanma verimi.....	17
3.3. Belirsizlik Analizi.....	18
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	19
4.1. Motor Torku ve Fren Motor Gücü.....	19
4.2. Fren Özgül Yakıt Tüketimi.....	24
4.3. Termal Verim.....	26
4.4. Yanma Verimi ve Hacimsel Verim.....	29
4.5. Egzoz Emisyon Değerlerinin Alkol Kullanımına Bağlı Değişimleri....	34
4.5.1. HC emisyonları.....	34
4.5.2. CO emisyonları.....	37
4.5.3. NOx emisyonları.....	41
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	45
5.1. Sonuçlar.....	45
5.2. Öneriler.....	47
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

C	Karbon
CH ₃ OH	Metanol
C ₂ H ₅ -OH	Etanol
C ₄ -C ₁₂	Benzin içerisindeki karbon aralığı
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
d/d	Devir/Dakika
H ₂	Hidrojen
HC	Hidrokarbon
H _ç	Egzoz çıkanların entalpisi
HFK	Hava fazlalık katsayısı
H _g	Egzoz girenlerin entalpisi
LPG	Likit petrol gazı
$\dot{m}_h$	Hava debisi
$\dot{m}_{h,t}$	Teorik hava debisi
$\dot{m}_y$	Yakıt tüketimi
N	Motor hızı
N ₂	Azot
NO	Azotmonoksit
NO ₂	Azotdioksit
NO _x	Azot oksitler
O ₂	Oksijen
föyt	Fren özgül yakıt tüketimi
P _f	Fren motor gücü
ppm	Milyonda bir
Q _{AID}	Yakıtın sahip olduğu alt ısı değer
τ	Tork
u _y	Belirsizlik miktarı
x _i	Yakıt bileşenlerinin hacimsel karışım oranı
ρ_i	Yakıt bileşenlerinin ölçülen yoğunlukları
η_h	Hacimsel verim
η_t	Fren termal verimi
η_y	Yanma verimi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Motor ünitesi ve ölçüm kabini.....	11
Şekil 3.2.	Çalışmada kullanılan egzoz gaz analiz cihazları.....	12
Şekil 3.3.	Yakıt tüketim ölçüm cihazının genel görünümü.....	14
Şekil 4.1.	%15 Metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki motor momenti değişimleri.....	19
Şekil 4.2.	%5, %10 ve %15 Etanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki motor momenti değişimleri.....	20
Şekil 4.3.	%5 Etanol, %5 metanol ve benzin, %10 etanol, %5 metanol ve benzin, %5 etanol, %10 metanol ve benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki motor momenti değişimleri.....	20
Şekil 4.4.	%5, %10 ve %15 Metanol benzin karışımları ile saf benzin için fren gücünün motor hızları ile değişimleri.....	21
Şekil 4.5.	%5, %10 ve %15 Etanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki fren gücü değişimleri.....	21
Şekil 4.6.	%5 etanol, %5 metanol ve benzin, %10 etanol, %5 metanol ve benzin, %5 etanol, %10 metanol ve benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki fren gücü değişimleri.....	22
Şekil 4.7.	%15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki tork değişimleri.....	23
Şekil 4.8.	%15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki fren gücü değişimleri.....	24
Şekil 4.9.	Metanol benzin karışımlarının ve saf benzinin motor hızına bağlı fren özgül yakıt tüketimi değişimleri.....	24
Şekil 4.10.	Etanol benzin karışımlarının ve saf benzinin motor hızına bağlı fren özgül yakıt tüketimi değişimleri.....	25
Şekil 4.11.	%5 etanol, %5 metanol ve benzin, %10 etanol, %5 metanol ve benzin, %5 etanol, %10 metanol ve benzin karışımları ile saf benzinin fren özgül yakıt tüketiminin (föyt) motor hızı ile değişimi.....	25
Şekil 4.12.	%15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki fren özgül yakıt tüketimi değişimleri.....	26
Şekil 4.13.	Benzin etanol benzin, metanol benzin karışımları ile etanol-metanol benzin karışımlarının farklı motor hızlarındaki ısı verim değişimleri.....	27
Şekil 4.14.	Etanol benzin karışımlarının ve saf benzinin motor hızına bağlı termal verim değişimleri.....	27
Şekil 4.15.	Etanol-metanol benzin karışımlarının ve saf benzinin motor hızına bağlı termal verim değişimleri.....	28
Şekil 4.16.	Etanol-metanol benzin karışımlarının motor hızına bağlı termal verim değişimleri.....	29
Şekil 4.17.	Benzin metanol karışımları ve saf benzinin yanma verimlerinin motor hızına bağlı değişimleri.....	30
Şekil 4.18.	Benzin etanol karışımları ve saf benzinin yanma verimlerinin motor hızına bağlı değişimleri.....	30

Şekil 4.19.	Benzin metanol-etanol karışımları ve saf benzinin yanma verimlerinin motor hızına bağlı değişimleri.....	31
Şekil 4.20.	Benzin metanol karışımları ve saf benzinin hacimsel verimin motor hızına bağlı değişimleri.....	31
Şekil 4.21.	Benzin etanol karışımları ve saf benzinin hacimsel verimlerinin motor hızına bağlı değişimleri.....	32
Şekil 4.22.	Benzin metanol-etanol karışımları ve saf benzinin yanma verimlerinin motor hızına bağlı değişimleri.....	32
Şekil 4.23.	Benzin, etanol-metanol karışımları ve saf benzinin yanma verimlerinin motor hızına bağlı değişimleri.....	33
Şekil 4.24.	Benzin, etanol-metanol karışımları ve saf benzinin hacimsel verimin motor hızına bağlı değişimleri.....	33
Şekil 4.25.	Benzin metanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki hidrokarbon (HC) emisyonlarının değişimleri.....	35
Şekil 4.26.	Benzin etanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki hidrokarbon (HC) emisyonlarının değişimleri.....	35
Şekil 4.27.	Benzin metanol-etanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki hidrokarbon (HC) emisyonlarının değişimleri.....	36
Şekil 4.28.	%15 alkol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki hidrokarbon (HC) emisyonlarının değişimleri.....	37
Şekil 4.29.	Benzin metanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki hidrokarbon CO emisyonlarının değişimleri.....	38
Şekil 4.30.	Benzin etanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki CO emisyonlarının değişimleri.....	39
Şekil 4.31.	Benzin metanol-etanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki CO emisyonlarının değişimleri.....	39
Şekil 4.32.	Alkol karışımlarının ve saf benzinin, farklı motor hızlarındaki CO emisyonlarının değişimleri.....	40
Şekil 4.33.	Benzin metanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki NOx emisyonlarının değişimleri.....	41
Şekil 4.34.	Benzin etanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki NOx emisyonlarının değişimleri.....	41
Şekil 4.35.	Benzin metanol-etanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki NOx emisyonlarının değişimleri.....	42
Şekil 4.36.	%15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki NOx emisyonu değişimleri.....	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.	Benzin, etanol ve metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	2
Çizelge 3.1.	Deney motoru ve ünitesinin özellikleri.....	11
Çizelge 3.2.	Ünite özellikleri.....	12
Çizelge 3.3.	Deneylerde kullanılan karışımlar (test yakıtları) ve hesaplanan bazı özellikleri.....	13
Çizelge 3.4.	Ölçüm hassasiyetleri ve hesaplanan sonuçların belirsizlikleri.....	18



1. GİRİŞ

Günümüzde enerjiye olan ihtiyaç teknolojideki gelişmeler ile birlikte ironik olarak teknolojiye gelişmelere rağmen hızla artmaktadır. Bu enerji gereksinimi günümüze kadar farklı kaynaklardan karşılanmış ve karşılanmaya devam etmektedir. Dünya enerji kaynaklarını yenilenemeyen enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere iki grupta toplamak mümkündür. Yenilenemeyen enerji kaynakları; kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil kaynaklı enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgâr, dalga jeotermal, hidrolik ve biyokütle kaynaklarıdır. Özellikle son yüzelli yılı dikkate aldığımızda ise; kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil kökenli yakıtlar enerji ihtiyacına temel kaynak rolünü üstlenmişlerdir. Fakat bu yakıtların aşırı kullanımı, bu kaynaklarının sağlandığı bölgelerdeki politik ve siyasi riskler, aynı zamanda fosil yakıt kullanımına bağlı gelişen çevresel riskler alternatif enerji kaynakları arayışlarına ve yanma sistemlerinin daha verimli, daha az egzoz emisyonu üretecek şekilde çalışmalarını sağlayacak teknolojilerin geliştirilmesi çalışmalarına hız kazandırmıştır.

Fosil yakıtlar en yoğun olarak kara taşıtlarında kullanılmaktadır. Bu sebeple çevre kirliliğine neden olan en büyük etkenlerin başında içten yanmalı motorlar gelmektedir. Yapılan araştırmalara göre, fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan karbonmonoksit, hidrokarbon ve azot bileşiklerinin yarısı, benzin ve dizel motorlarından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden araştırmacılar; ekonomik, çevreye zarar vermeyen, ucuz, güvenli yakıtların kullanılması ve geliştirilmesi çalışmalarına yönlenmişlerdir. Geliştirilecek bu yeni yakıtın elde edilebilirliği, maliyetinin düşük olması, kullanılabilirliği, bulunabilirliği ve mevcut sistemlerde fazla değişiklik gerektirmeden kullanılması önem taşımaktadır. Petrole alternatif olarak alkol (etanol, metanol), biyodizel, doğalgaz, hidrojen ve biyogaz kullanılmaktadır. Özellikle alkol ve alkol-benzin karışımları bunların başında gelmektedir. Çünkü alkol petrole olan bağımlılığı azaltmanın yanında, kirletici egzoz emisyonlarını da azaltmaktadır (İçingür&Yamık 2003). Ayrıca direkt alkol ile çalışan motorlar

üretilemekle birlikte, çok büyük değişiklikler yapmadan belirli oranlardaki alkol benzin karışımlarının mevcut motorlarda kullanılabilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sayesinde, alternatif yakıtlar içerisinde değerlendirilen alkol ve karışımları birçok ülkede dikkate değer bir kullanım düzeyine ulaşmıştır. Alkoller etanol ve metanol tarım ürünlerinden ve kömürden üretilebilmektedir. Ülkemiz tarım ülkesi olması ve zengin linyit rezervlerinin bulunması ve petrol ithal eden ülkelerin başında gelmesi alkolün ülkemiz için önemli bir enerji kaynağı olabileceğini göstermektedir. Benzin, etanol ve metanolün bazı özellikleri karşılaştırmalı olarak Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Benzin, etanol ve metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri (Elfasakhany 2016; Pulkrabek 1997)

Özellikler	Benzin	Etanol	Metanol
Kimyasal formül	C ₄ -C ₁₂	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ OH
Moleküler ağırlık	95-120	46.93	32.041
Alt ısı değeri (mJ/kg)	43.0	26.95	20.05
Oksijen içeriği (%)	0	34.72	49.93
Yoğunluk (kg/m ³)	760	790	796
Motor oktan Sayısı	80-91	89	92
Araştırma oktan Sayısı	92-99	107	106
Stokiyometrik hava-yakıt oranı	14.6	9	6.5
Buharlaştırma gizli ısı (kJ/kg)	307	873	1147

Metanol (CH₃OH) çok hafif hissedilebilen, renksiz, kokusuz zehirli bir alkol çeşididir. Metanol benzine göre daha geniş tutuşma aralığına sahiptir. Bu sebeple depodaki doymuş buhar, çevre sıcaklıklarında patlayıcı olabilmektedir. Ağırlığının %49.93’ü kadar yakıcı özelliği bulunan oksijen içermektedir. Stokiyometrik karışımda gerekli olan kütleli hava miktarı 6.5 kg’dır. Bu özelliği egzoz emisyonları yönünden bir avantaj getirmekle birlikte alt ısı değerinin benzine göre yaklaşık 2.2 kat daha düşük olması ise dezavantajdır. Gizli buharlaştırma ısı çok yüksek olan metanol emme manifoldunda buhar fazına geçerken benzine göre yaklaşık 4 kat daha fazla ısı çekmektedir. Bu durum hacimsel verimi artırırken, buharlaşmak için yeterli ısının olmaması durumunda metanol silindir içerisine sıvı fazda gireceğinden HC emisyonlarını artırmaktadır. Ayrıca bu durumda sıvı yakıtın silindir cidarlarındaki

yağ filmini bozarak, sıvı metanolün kartere inmesine ve motor yağının bozulmasına neden olabilmektedir. Metanol odun, kömür gibi fosil yakıtların ısı altında damıtılmaları yolu ile doğalgaza bir takım distilasyon işlemleri uygulanarak veya CO ve H₂'nin katalitik ortamda sentezlenmesi sonucunda elde edilebilmektedir.

Etanol(C₂H₅—OH) ise renksiz, saydam hafif kokulu bir başka alkol çeşididir. Motor özellikleri açısından hemen hemen metanole benzemektedir. Buharlaşıma gizli ısısı metanoldan yaklaşık 1.3 kat daha azdır. Buharlaşıma esnasında emme manifoldundan daha az ısı çekmesi metanole göre soğukta ilk hareket kolaylığı sağlamaktadır. Enerji yoğunluğunun metanole göre daha yüksek, benzine göre ise daha düşüktür. Hem etanol hem de metanol benzine göre daha yüksek oktan sayısına sahiptir. Dolayısıyla benzin-alkol karışımları daha yüksek sıkıştırma oranlı buji ateşlemeli motorlarda kullanılabilir. Etanol tıpkı metanol gibi teorik yanma reaksiyonları kurulduğunda benzine göre daha düşük stokiometrik hava-yakıt oranı elde edilmektedir. 1 kg Etanol için stokiometrik karışımda gerekli olan kütleli hava miktarı yaklaşık 9 kg'dır. Etanol endüstriyel amaçlı, petrol ürünlerinden, çoğunlukla etilenin, sülfürik katalitik hidrasyonundan elde edilirken aynı zamanda, eten ya da asetilen aracılığıyla, kalsiyum karpit, kömür, doğal gaz ve diğer kaynaklardan da elde edilebilmektedir. Diğer yandan şeker kamışı, şeker pancarı, gine mısırları, dallı darı, arpa, kenevir, Hibiscus cannabinus, (tatlı) patates, manyok, ayçiçeği, meyveler, melas, kesik süt, mısır, mısır koçanı, hububat, buğday, tahta, kâğıt, saman, pamuk ve diğer biyokütleler ile çeşitli selüloz atıkları gibi pek çok farklı besin kaynağından elde edilebilir olması etanolü daha önemli bir yakıt kaynağı haline getirmektedir. Ancak alkollerin birim kütlelerinin ısı değeri düşük olması nedeniyle birim kütle başına maliyeti benzine göre daha yüksektir.

Günümüzde kara taşıtları petrolü en yoğun kullanan sektörlerin başında gelmektedir. Hali hazırda dünya petrol üretimi talebi karşılayacak düzeydedir. Ancak ülkemiz gibi petrol kaynakları kısıtlı olan enerji ithal eden bir ülke için başlı başına yeni enerji kaynaklarının geliştirilmesi, ithal girdilerini azaltan yöntem veya teknolojiler geliştirmesi, ülkemizin enerji maliyetlerini azaltabilecek ve petrol arzında bir problem olduğunda veya fiyatında yükselme olduğunda ülke ekonomisinin korunması için oldukça önemlidir. Bu açıdan değerlendirildiğinde özellikle etanol, metanol gibi alkol ve alkol benzin karışımları ham petrolden elde edilen yakıtların

yerine geçebilme özellikleri, sahip oldukları yüksek oktan sayısı nedeniyle motorlarda yüksek sıkıştırma oranlarına çıkılarak, motor performansı arttırılabilmeleri, daha az zararlı egzoz emisyonu üretmeleri gibi özellikleri nedeniyle önemli kazanımlar sağlayabilme potansiyelleri mevcuttur.



2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

İçten yanmalı motorlarda benzin, motorin ve LPG yaygın olarak kullanılan yakıtlardır. Son yıllarda alternatif yakıt arayışlarına yönelik çalışmalar artmıştır. Bu alternatif yakıtlar içerisinde alkoller, alkollerden de metanol ve etanolün motorlarda direkt veya benzin veya dizel yakıtlar ile karıştırılarak kullanılması yoğun ilgi çekmektedir. Ayrıca kurşun tetrametil ve kurşun tetraetil gibi oktan artırıcı olarak benzine katılan katkı maddelerinin yasaklanmasından sonra, HC kökenli oksijen içerikli oktan artırıcı katkı maddelerine olan ihtiyaç alkollerin benzine katılarak kullanılmasına yönelik çalışmaların artışında rol oynamıştır.

Buji ateşlemeli motorlarda en az yakıt tüketimi ile maksimum motor verimini elde edebilmek için yanma işleminin iyileştirmesi ve vuruntuya dayanıklı yakıtların kullanılması gerekmektedir. Alkollerin ısı değerleri benzine göre çok daha düşüktür. Buna rağmen, yapılan birçok çalışma, düşük oranlarda alkol-benzin kullanımının motor performansında olumsuz bir etkiye yol açmadığını göstermektedir. Diğer yandan (Shenghua vd, 2007) motorda herhangi bir değişiklik yapılmadan yakıt karışımı içerisindeki metanol oranı artırıldığında, motor çıkış gücünde ve torkunda bir düşüşün olduğunu, fakat tam yükte ateşleme avansının artırılması ile motor çıkış gücünde ve torkunda iyileşme olabileceğini ifade etmişlerdir. Bunun yanında, metanol-benzin yakıt karışımının HC ve CO emisyonlarını bir miktar düşürdüğü belirtilmektedir.

Etanol-benzin karışımları kullanılarak farklı sıkıştırma oranlarında yapılan çalışmalarda %10 etanol içeren karışımın maksimum silindir gaz basıncının benzine göre daha yüksek olduğu, diğer karışımlarda ise benzinin maksimum silindir gaz basıncının etanolden daha yüksek olduğu görülmüştür (Abdel-Rahman vd, 1997). Ayrıca, başka bir çalışmada katalitik konvertörden önce yapılan ölçümlerde etanol-benzin karışımı kullanıldığında yanmamış HC emisyonunda ciddi bir azalma olduğu gözlemlenmiş, CO ve NO_x emisyonlarında ise ciddi bir azalma olmadığı ifade edilmiştir (Bang-Quan vd, 2003).

Alvydas Pikuna vd. (2003) benzin etanol karışım oranlarının içten yanmalı motor parametrelerine olan etkilerini araştırmışlardır. Benzine etanol karıştırıldığında

yakıtın ısıl değerinin düşerken oktan sayısının arttığını gözlemlemişlerdir. Motor test sonuçları benzin etanol karışımlarının motor gücü ve özgül yakıt tüketiminde küçük bir artışa neden olduğunu göstermiştir.

M. Al-Hasan (2003) etanol kurşunsuz benzin karışımlarının motor performans ve egzoz emisyonları üzerine etkilerini araştırdıkları bir deneysel çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada 4 zamanlı, 4 silindirli bir buji ateşlemeli motor kullanmışlardır. Bu çalışmanın sonuçları benzine etanol karıştırılmasının fren özgül yakıt tüketimi ve hava yakıt eşdeğerlik oranını azaltırken fren gücü, tork, hacimsel ve fren verimi ve yakıt tüketimini artırdığını göstermiştir. Bu çalışmada benzine, %20 oranında etanol katıldığı durumda tüm motor hızlarında ölçülen tüm parametrelerin en iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.

M.Abu-Zaid vd. (2004) yaptıkları deneysel bir çalışmada benzine metanol eklenmesinin buji ateşlemeli bir motorun performansına etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada performans testleri tam gazda 1000 d/d ile 2500 d/d arasındaki değişik motor hızlarında değişik oranlarda metanol benzin karışımlarında gerçekleştirilmiştir. Testler sonucunda metanol-benzin karışımlarının motor performansında önemli değişikliklere sebep olduğu belirlenmiştir. En iyi performansın %15 metanol-%85 benzin karışımında olduğu tespit edilmiştir.

Al-Dawood (1998) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında deneysel olarak buji ateşlemeli bir motorda, metanol benzin ve etanol benzin karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri incelemiştir. Çalışma sonunda sonuçlar alkol karışımlarının ısı verimlerinin benzine göre daha iyi olduğu, metanol karışimli yakıttan elde edilen ısı veriminin etanol benzin karışımlarına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bilgin&Sezer (2008) metanol-benzin karışımlarının buji ateşlemeli bir motorun performansı ve yakıt maliyetleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada %5, %10, %15 ve %20 metanol-benzin yakıt karışımları kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda fren termik veriminin en yüksek %20 metanol-benzin karışımında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca %5, %10, %15 ve %20 metanol-benzin karışımlarının benzine göre maliyet artışlarının sırasıyla %18.86, %36.95, %54.20 ve %73.01 olduğu hesaplanmıştır. Çanakçı vd. (2012) etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerini deneysel bir

Çalışma ile araştırmışlardır. Araştırmacılar bu çalışmada dört silindirli ve dört zamanlı benzinli bir motor kullanmışlardır. Deneyler dört farklı karışım oranında (%5 metanol-%95 benzin, %10 metanol-%90 benzin, %5 etanol-%95 benzin ve %10 etanol- %90 benzin), dört farklı motor yükünde (5, 10, 15, 20 kW) ve iki farklı taşıt hızında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda karışım içerisindeki alkol miktarının artışıyla CO, HC, NO_x ve CO₂ emisyonunda azalma özgül yakıt tkretiminde ise bir artış gözlenmiştir. Hamdan&Jubran (1986) benzin ve dizel yakıtın içerisindeki etanolün yüzdesel miktarının motor performansına etkilerini araştırmışlardır. Bu alışma sonucunda en iyi performans %5 etanol eklendiğinde elde edilmiştir. Termal verimde ise düşük hızlarda %4, yüksek hızlarda ise %21 varan iyileşmeler olduğunu gözlemlemişlerdir. Guerrieri ve ark. (1995) alışmalarında, hacimsel olarak %10-40 arasında etanol içeren benzin karışımlarının egzoz emisyonlarına etkisini araştırmışlardır. Bu alışma sonunda en yüksek etanol içeren karışımda HC emisyonunda %30, CO emisyonunda %50 ve yakıt tkretiminde %15 azalma olduğunu belirlenmiştir. Arapatsakos vd, (2003) metanol benzin karışımlarının (M10, M20 and M30) 4 zamanlı buji ateşlemeli bir motorun performansına etkilerini deneysel olarak araştırmışlardır. Deney sonuçları benzin içerisindeki metanol oranı arttıkça özgül yakıt tkretimini arttığını, CO ve HC emisyonlarının ise azaldığını göstermiştir. Pukalskas&Grabys (2003) etanol benzin karışım oranlarını motor parametreleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma benzine etanol eklendiğinde yakıtın ısıl değerinin azaldığı, Oktan sayısının artığını gösterirken, motor test sonuçları motor gücü ve özgül yakıt tkretiminde hafif bir artış olduğunu göstermiştir. elik vd, (2011) değişik sıkıştırma oranlarında buji ateşlemeli bir motorda saf metanolün kullanım olanaklarını incelemişlerdir. Yüksek sıkıştırma oranlarında benzinle karşılaştırıldığında metanol kullanımının torkun, silindir basıncının, özgül yakıt tkretiminin ve fren termal verimin arttırdığı sonucuna varmışlardır. Özsezen&anakı (2011) metanol benzin karışımlarının motor performans ve egzoz emisyonlarına olan etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmalara sonucunda metanol benzin karışımlarının yakıt tkretimini arttırdığını, tüm hızlarda benzine göre yanma veriminde az bir artışa neden olduğunu göstermişlerdir.

Elfasakhany (2015) %3 ila %10 arasında değişen oranlarda etanol ve/veya metanol içeren benzin karışımlarının motor performans ve egzoz emisyonları üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışma sonuçları metanol benzin karışımlarının diğer tüm test numunelerine göre CO ve HC emisyonlarında en fazla düşüşe neden olduğunu göstermiştir. Ayrıca sonuçlar metanol-etanol-benzin karışımlarının, etanol benzin ve saf benzine göre daha az HC ve CO emisyonu ürettiği kısaca daha temiz yandığını göstermektedir. Sonuçlara göre karışım içerisindeki alkol miktarı arttıkça HC ve CO emisyonlarındaki düşüş ve CO₂ emisyonundaki artış daha fazla olmaktadır. Turner Vd, (2013) etanol-metanol-benzin karışımlarının NO_x ve CO₂ emisyonları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Farklı yakıt karışımlarında (%29.5 benzin+%42.5 etanol+%28 metanol; %37 benzin+%21 etanol+%42 metanol; %42benzin+%5 etanol+%53 metanol; %40 benzin+%10 etanol+%50 metanol ve %39 benzin+%15 etanol+%46 metanol) deneyler yapmışlar ve bu yakıt karışımlarında saf benzine göre CO₂ ve NO_x emisyonlarının önemli oranlarda azaldığını rapor etmişlerdir. Sileghem vd, (2014) iki farklı metanol-etanol-benzin karışımlarının(%29.5 benzin+%42.5 etanol+%28 metanol ve %37 benzin+%21 etanol+%42 metanol) CO ve NO_x emisyonları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlar metanol-etanol-benzin karışımlarının saf benzine göre daha az, saf metanole göre daha fazla NO_x emisyonu ürettiği göstermiştir. Ayrıca sonuçlar çift yakıtlı karışımların tek yakıtlı karışımlara oranla daha az CO emisyonuna neden olduğunu göstermiştir. Diğer yandan sonuçlar çift yakıtlı karışımların etanol benzin karışımlarına göre daha az, metanol benzin karışımlarına göre daha fazla NO_x emisyonuna sebep olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak literatür incelendiğinde genel olarak metanol-benzin ve etanol-benzin karışımlarının kullanımı ile alkollerin ısı değerlerinin benzine göre daha düşük olması nedeniyle özgül yakıt tüketiminin arttığı, CO, HC ve NO_x emisyonlarında azalma meydana geldiği tespit edilmektedir. Motor performans ve egzoz emisyon değerleri açısından etanol benzin karışımları ile metanol benzin karışımlarının benzer sonuçları verdikleri görülmektedir. Literatürde ayrıca etanol benzin ve metanol benzin karışımlarının farklı motorlarda değişik koşullarda incelendiğinden bazı sonuçlar arasında uyumsuzluklar olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle metanol ve etanol benzin karışımları üzerine çalışmalar daha fazla sayıda olmasına rağmen etanol-metanol benzin karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerine etkilerinin incelendiği sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmada düşük etanol

benzin, metanol benzin ve etanol-metanol benzin karışımlarının (hacimce %15'e kadar alkol içeren), değişik hızlarda (1200-1800 d/d) motor performansına (tork, fren gücü, fren termal verim, fren özgül yakıt tüketimi, hacimsel verim), egzoz emisyonlarına (CO, HC, NO_x) ve yanma verimine etkilerinin detaylı olarak incelenmesi ve saf benzin ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

Tez çalışmasında deneyler tam gazda, orijinal ateşleme avansında ve 8/1 sıkıştırma oranında yapılmıştır. Benzin ve bütün yakıt karışımları için hava fazlalık katsayısı (HFK) yaklaşık 1 (bir) olacak şekilde ayarlanmıştır. HFK ayarlanması için silindire gönderilen yakıt miktarı karbüratör ana memesine yerleştirilmiş bir ayar vidası ile değiştirilmiştir. Deneylere başlamadan önce motor benzin ile çalıştırılmış, kartel yağ ve soğutma sıcaklığı kontrol edilerek motor kararlı hale gelinceye kadar beklenmiştir. Motor tam gazda çalışırken dinamometre ile yüklenerek belirlenen (1200, 1400, 1600 ve 1800 d/d) motor hızlarına getirilmiştir. Her bir motor hızında egzoz emisyon değerleri, hava ve yakıt tüketimi ve motor yük değerleri sürekli kaydedilmiştir. Kayıt edilen ölçümlerin ortalaması alınarak hata payı minimize edilmeye çalışılmıştır.

3.1. Deney Düzenekinin Tanıtılması

Bu tez çalışmasında hacimce %15'a kadar etanol, metanol ve etanol-metanol karışımlarının benzine katılmasının motor performans ve egzoz emisyonu üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Tez çalışmasına konu olan deneysel çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Motor Laboratuvarında bulunan değişken sıkıştırma oranlı, çok yakıtlı (dizel, benzin ve LPG) deney yapılabilen, motor deney ünitesi kullanılmıştır. Deney motoruna ait teknik özellikler Tablo 3.1'de, ünite ve ölçüm kabineine ait görünüm Şekil 3.1'te, üniteye ait teknik özellikler Tablo 3.2'te verilmiştir. Deneylerde motor performansı ile ilgili motor hızı, motor yükü, yakıt ve hava debisi ölçümleri yüksek hızda ve güvenilir bir şekilde yapılmıştır. Ayrıca deneyler sırasında egzoz emisyon ölçümleri yapılmıştır. Egzoz emisyon ölçümleri için Testo 350 XL-Taşınabilir (Şekil 3.2a), K-TEST egzoz gaz analiz (Şekil3.2b) cihazları kullanılmıştır. Ölçüm cihazları doğru ölçüm için birbiri ile kıyaslanmıştır.

Çizelge 3. 1. Deney motoru ve ünitesinin özellikleri

Özellik	Birim	Değer
Zaman sayısı	-	4
Kurs çapı	cm	8.75
Kurs boyu	cm	11
Silindir sayısı	-	1
Soğutma tipi	-	Su soğutmalı
Maksimum güç	kw@1800d/d	4.5
Maksimum devir	d/d	1800
Motor hacmi	cm ³	661.6
Değ. sıkıştırma oranı	-	6-10 (Otto)
Yakıt tipi	-	Benzin, dizel, LPG
Hız aralığı	d/d	1200-1800



Şekil 3.1. Motor ünitesi ve ölçüm kabini

Tez çalışması kapsamında yapılan deneysel çalışmada ölçülen ve hesaplanan motor performans parametreleri ve egzoz emisyon değerleri aşağıda özetlenmiştir.

- Motor Torku
- Hava debisi
- Yakıt debisi
- Motor hızı
- CO, HC ve NO_x emisyonları ölçülmüştür.

Ayrıca bu ölçümlere bağlı olarak,

- a) Fren gücü
- b) Fren özgül yakıt tüketimi (föyt)
- c) Isıl verim
- d) Hacimsel verim
- e) Yanma verimi hesaplanmıştır.

Çizelge 3.2. Ünite özellikleri

Özellik	Açıklama
Dinamometre	Eddy current, su soğutmalı,
Emisyon ölçüm cihazları	Testo 350 XL-taşınabilir, K-TEST egzoz gaz analizörü
Hava debisi ölçümü	Basınç transdüseri, 0-250 mmSS
Yakıt debisi ölçümü	Fark basınç transdüseri, 0-500 mmSS
Yakıt tankı	15 lt
Dijital voltmetre	0-20V
Data aktarım cihazı	16 bit, 250 kb/s



a) Testo 350 XL egzoz gaz analizörü



b) K-TEST egzoz gaz analizörü

Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan egzoz gaz analiz cihazları

Etanol ve metanolün benzine hacimsel olarak katılmasında, ölçekli kaplardan yararlanılmıştır. Ayrıca karıştırma işlemleri için manyetik karıştırıcı kullanılmıştır. Çalışma için hazırlanan test yakıtları ve hesaplanan bazı özellikleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Deneylerde kullanılan karışımlar (test yakıtları) ve hesaplanan bazı özellikleri

Yakıt	Benzin, %	Metanol,%	Etanol,%	$Q_{AID}(kJ/kg)$	Oksijen,%	(H/Y)s
B95M5E0	95	5	-	41852,5	14,95	14,20
B90M10E0	90	10	-	40705	15,52	13,79
B85M15E0	85	15	-	39557,5	16,14	13,39
B95E5M0	95	-	5	42197,5	14,85	14,32
B90E10M0	90	-	10	41395	15,31	14,04
B85E15M0	85	-	15	40592,5	15,80	13,76
B85M10E5	85	10	5	39902,5	16,02	13,51
B85M5E10	85	5	10	40247,5	15,91	13,64
B90M5E5	90	5	5	41050	15,41	13,92

3.1.1. Tork ölçümü

Motorların performans karakteristikleri olan fren (efektif) güç, moment ve özgül yakıt tüketiminin motor devrine bağlı olarak tespit edilebilmesi için motorun yüklenerek çıkış milindeki momentin belirlenmesi gerekmektedir. Yükleme sistemleri genelde dinamometre veya ‘fren’ adını almakta olup, motorun çıkış miline uygulanan kuvvete de yük adı verilmektedir. Motorun döndürme momentine eşdeğerdeki fren momenti ölçülerek motorun ürettiği iş ve güç bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan deney düzeneğinde Motor torkunun ölçümünde bir Eddy Current dinamometresi kullanılmıştır.

3.1.2. Yakıt tüketim ölçümü

Motor deneylerinde, yakıt tüketiminin belirlenmesi önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada kullanılan deney sistemi Şekil 3.3.’de verilen yakıt tüketim ölçüm sistemi; yakıt deposu, yakıt manometresi, akış kontrol vanası, yakıt pompası ve bağlantı borularından oluşmaktadır. Sistem yakıtla doldurulduğunda akış vanası açık

konumdadır ve manometre ile yakıt deposundaki benzin üst seviyeleri eşittir. Sistemin çalışması, belirlenen miktardaki (bu manometrede 50 ml) yakıtın tüketim süresinin ölçülmesi esasına dayanır. Motor çalıştırıldığında vana kapatılır ve yakıtın, yakıt pompasına oradan da silindirlere yalnızca manometreden gitmesi sağlanır. Manometredeki yakıt tükenirken ölçüm yapılır. Yakıt debisi ölçümünde yüksek hassasiyet ve doğruluğa sahip bir basınç transdüseri kullanılmaktadır.



Şekil 3.3: Yakıt tüketim ölçüm cihazının genel görünümü.

3.1.3. Hava debisi ölçümü

İçten yanmalı motorlarda emilen havanın debisi en iyi hava/yakıt karışımının elde edilebilmesi için önemli bir parametredir. Dolayısıyla emilen havanın debisinin ölçülmesi önem taşımaktadır. Günümüzde piston silindir mekanizmalı motorlar yüksek hızlarda çalışabilmektedir ve bu yüksek hızlarda pistonun aşağı yukarı hareketleri nedeniyle oluşan puls dolayısıyla hava debisini düzgün ölçebilmek için genellikle hava bir depodan (geniş hacim) geçirilerek silindirlere gönderilir. Deney düzeneğinde bir depo, deponun üzerine yerleştirilen bir orifis metre ve buna bağlı olan basınç düşüşünü ölçen bir basınç transdüseri vasıtasıyla hava debisi ölçümü yapılmaktadır.

3.1.4. Motor devir sayısı ölçümü

Krank miline bağlı olan sensörle motor devrini ölçmek mümkün olmaktadır. Deney düzeneğinde krank sensörü olarak adlandırılan indüktif algılayıcı bulunmaktadır.

Sensör, krank miline bağlı şaft döndürücü üzerindeki diske sabitlenmiştir. Diskin üzerinde dişler bulunmaktadır. Milin dönmesiyle birlikte sensör, manyetik alan değişikliklerini darbe sinyalleri şekline dönüştürmektedir. Bunların sayılmasına bağlı olarak devir sayısı ölçülmektedir. Ayrıca sistemde bir şaft enkoder bulunmaktadır. Bu sistemde motor devir sayısını ölçebilmektedir. Deney sistemi motor devir sayısını bu iki algılayıcı üzerinden de ölçebilmektedir.

3.1.5. Egzoz gazı ölçümü

Egzoz emisyonlarında azot oksitler (azot oksit (NO), ve azot dioksit (NO₂) genellikle NO_x diye gruplandırılır, karbon monoksit (CO) ve yanmamış hidrokarbon (HC) ile birlikte motor kaynaklı en önemli kirleticiler olarak kabul edilirler. Bu tez çalışmasında motor egzoz gazlarındaki, CO, HC ve NO_x emisyonlarının ölçümleri Testo 350 XL-Taşınabilir (Şekil 3.2a), K-TEST egzoz gaz analiz cihazları ile yapılmıştır. Kullanılan cihazlar ölçüm sonuçlarını milyonda bir birim (ppm) veya yüzde hacim olarak ifade edilebilmektedir. Tezde egzoz emisyon ölçüm değerleri sonuçları ppm olarak verilmiştir. Egzoz emisyonlarından CO ve NO_x ölçümlerinde elektrokimyasal hücreler, HC emisyon ölçümünde ise yayılmamış kızılötesi analiz (NDIR) yöntemi kullanılmıştır.

3.2. Motor Performans Parametreleri

3.2.1. Fren motor gücü

Genel olarak bir motorun üreteceği gücü hesaplamak için tork ölçme işlemi yapılmaktadır. Çalışmada motor gücü deney düzeneğinde ölçülen tork ve hız verilerine bağlı olarak aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$P_f = 2\pi N \tau$$

1

Bu formülde N motor hızı ve τ torktur.

3.2.2. Fren termal verim

Fren termal verim ise şu şekilde hesaplanmıştır.

$$\eta_t = \frac{P_f}{\dot{m}_y Q_{AID}} \quad 2$$

Bu formülde $\dot{m}_y$ yakıt tüketimini ve Q_{AID} yakıtın sahip olduğu alt ısı değeridir. Benzin için alt ısı değeri 43000 kJ/kg, etanol için 26950 kJ/kg ve metanol için ise 20050 kJ/kg olarak alınmıştır. Diğer yakıt karışımları için ısı değerleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Q_{AID} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \rho_i Q_{AID,i}}{\sum_{i=1}^n x_i \rho_i} \quad 3$$

Burada x_i yakıt bileşenlerinin hacimsel karışım oranlarını, ρ_i ölçülen yoğunluklarını ifade etmektedir. Benzin, etanol ve metanolün yoğunlukları ölçekli kaptaki numunelerin ağırlıklarının hassas terazide ölçülmesi ile elde edilmiştir.

3.2.3. Fren özgül yakıt tüketimi (föyt)

Fren özgül yakıt tüketimi aşağıdaki formül ile hesaplanabilmektedir.

$$föyt = \frac{\dot{m}_y}{P_f} \quad 4$$

3.2.4. Isıl verim

Fren termal verim, motorun toplam veriminin bir ölçüsü olduğu için önemli bir parametredir. Fren termal verim yakıt enerjisinin fren gücüne oranıdır ve aşağıdaki formül ile ifade edilebilir.

$$\eta_t = \frac{P_f(kW) \times 3600}{\dot{m}_y \left(\frac{kg}{saat} \right) \times Q_{AID} \left(\frac{kJ}{kg} \right)} \times 100 \quad 5$$

3.2.5. Hacimsel verim

Aerodinamik kayıplar sebebiyle silindire emilen havanın basıncı emildiği dış ortama göre daha düşüktür. Diğer yandan sıcaklığı ise silindire giriş sırasında gazlar emme kanalı, emme supabı ve silindir cidarı gibi sıcak motor elemanlarıyla temasta bulunduğundan çok daha yüksektir. Dolayısıyla standart sıcaklık ve basınçta silindir içerisine alınabilecek hava 100 kabul edilirse daha düşük basınç ve yüksek sıcaklık dolayısıyla silindir içerisinde daha az hava bulunacaktır. Hacimsel verim silindir içerisindeki dolgu durumunu gösteren bir parametredir ve şu şekilde hesaplanabilir.

$$\eta_h = \frac{\dot{m}_h \times 100}{\dot{m}_{h,t}} \quad 6$$

Burada $\dot{m}_{h,t}$ teorik hava debisini ifade etmektedir. Standart hava sıcaklığı (298 K) ve basıncında (101,325 kPa) silindire giren hava miktarıdır.

3.2.6. Yanma verimi

Egzoz emisyon sonuçlarının kullanılarak tüm karışımlar için yanma verimleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\eta_y = \frac{H_g - H_c}{Q_{AID, yakıt}} \times 100 \quad 7$$

Burada η_y yanma verimini (%), $Q_{AID, yakıt}$ yakıtın alt ısı değerini (kJ/kg), H_g girenlerin entalpisini (yakıt ve hava); H_c çıkanların entalpisini (egzoz gazları) ifade etmektedir.

3.3.Belirsizlik Analizi

Çalışmada deneyler boyunca belirli zaman aralıklarında çok sayıda ölçüm sonucu alınmış, ölçülen değerlerin ortalamaları alınarak hata miktarları minimuma indirilmeye çalışılmıştır. Yapılan ölçümlere ait hata ve hesaplanan parametrelere ait belirsizlik analizleri yapılarak sonuçlar Çizelge 3.3’ te verilmiştir. Hesaplanan parametrelerdeki belirsizlik miktarları Kline and McClintrok tarafından tanımlanan aşağıda verilen formül ile hesaplanmıştır (Holman&Gajda 1989).

$$u_y = \left[\left(u_1 \frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 \right] + \left[\left(u_2 \frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 \right] + \dots \left[\left(u_n \frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 \right] \quad 8$$

Çizelge 3.4. Ölçüm hassasiyetleri ve hesaplanan sonuçların belirsizlikleri

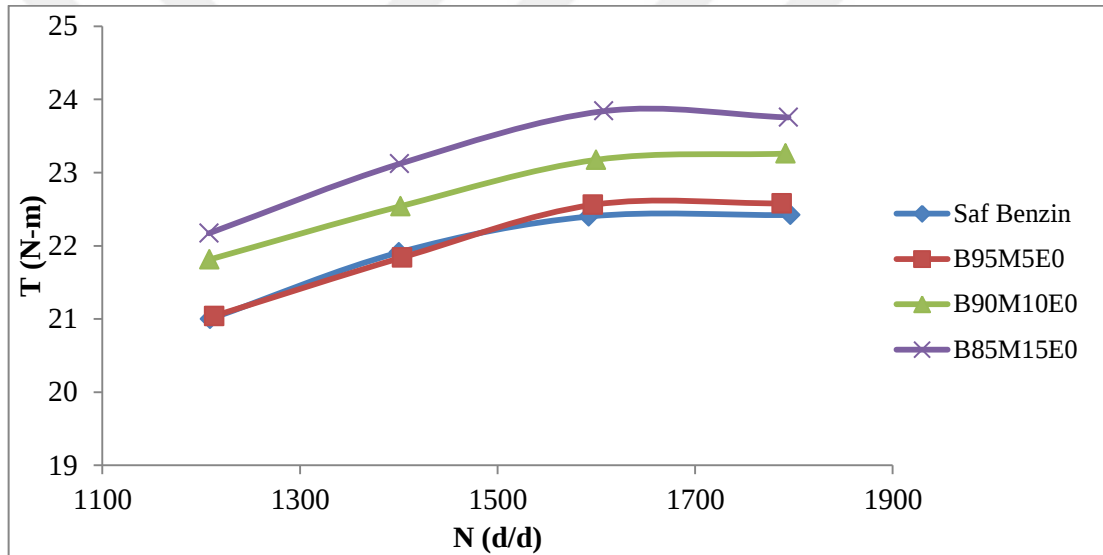
Ölçülenler Hassasiyet	Ölçülenler Hassasiyet
Yük	%0,5 N
Hız	±1 d/d
$\dot{m}_h$	<±0.2%
$\dot{m}_y$	<±0.25%
NOx (ppm)	±5
HC (ppm)	±%0.5
CO (ppm)	±2
Hesaplanan sonuçlar Belirsizlik	Hesaplanan sonuçlar Belirsizlik
Güç	<±1%
Fren özgül yakıt tüketimi	<±1%
η_t	<±1%
η_h	<±0.5%
η_y	<±0.1%

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada alkol olarak etanol ve metanol ve saf benzin değişik oranlarında karıştırılarak (%15'e kadar alkol içeren) elde edilen karışımların ve saf benzinin motor performans ve egzoz emisyon testleri yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışma sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

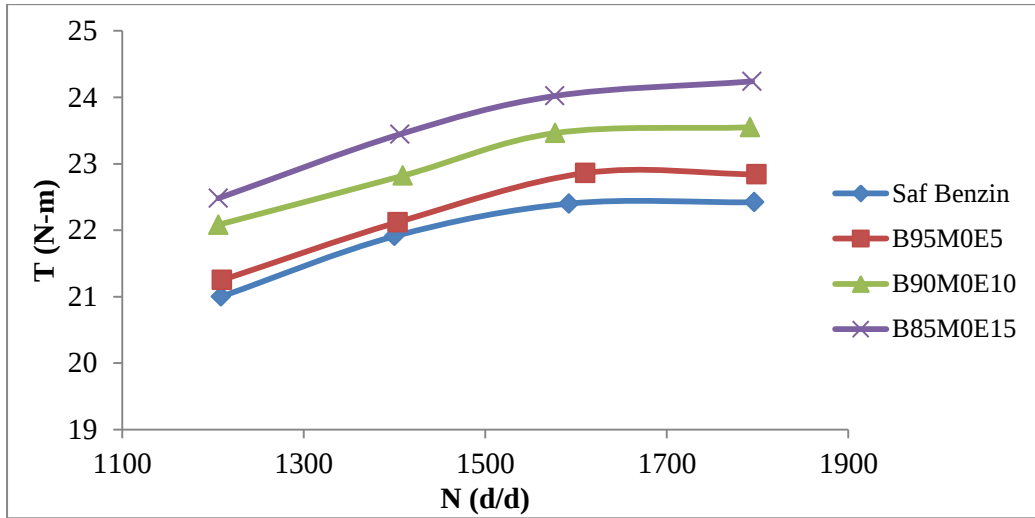
4.1. Motor Torku ve Fren Motor Gücü

Şekil 4.1'de %5, %10 ve %15 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki motor momenti değişimleri verilmiştir.



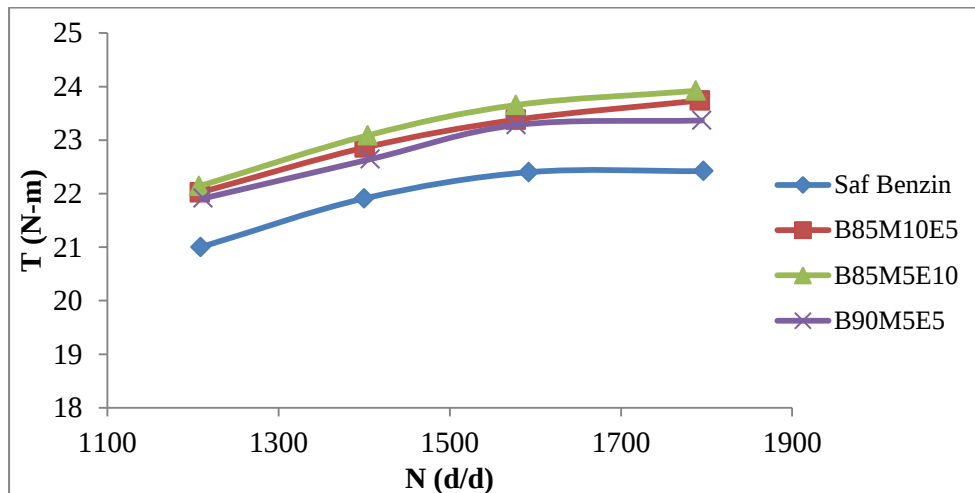
Şekil 4.1. %5, %10 ve %15 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki motor momenti değişimleri

Şekil 4.2'de %5, %10 ve %15 etanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki motor momenti değişimleri verilmiştir.



Şekil 4.2. %5, %10 ve %15 etanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki motor momenti değişimleri

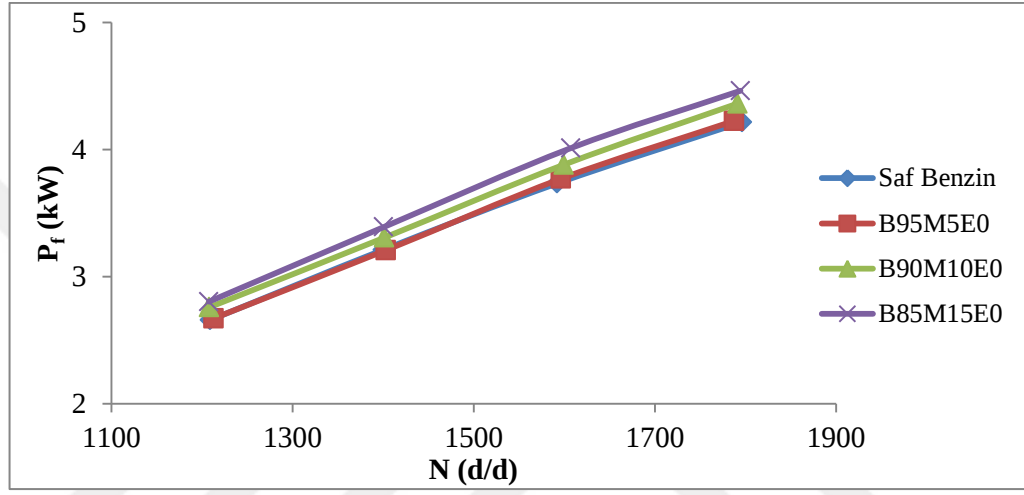
Şekil 4.3'de ise %5 etanol, %5 metanol ve benzin, %10 etanol, %5 metanol ve benzin, %5 etanol, %10 metanol ve benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki motor momenti değişimleri verilmiştir. Grafikler incelendiğinde tüm durumlar için motor momentinin motor hızı ile arttığı görülmüştür. Diğer yandan etanol, metanol ve etanol-metanol kullanılması ile motor momenti benzine göre arttığı tespit edilmiştir. En yüksek artışlar metanol karışımlarında gözlenirken, etanol karışımlarında artış daha az ve etanol-metanol benzin karışımlarında artışın ise daha sınırlı düzeyde kaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.3. %5 etanol, %5 metanol ve benzin, %10 etanol, %5 metanol ve benzin, %5 etanol, %10 metanol ve benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki motor momenti değişimleri

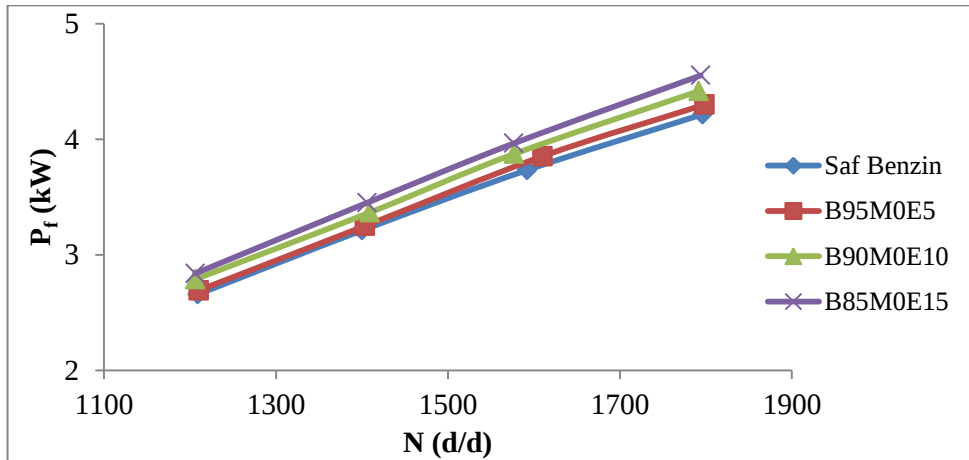
Torktaki bu artışı, etanol ve metanolün içerdiği oksijen ile yanma verimini artırmasına, sahip oldukları yüksek buharlaşma enerjisi soğutucu etki nedeniyle emme manifoldunda sıcaklığın düşmesi ve hacimsel verimde artışa sebep olmalarına ve etanol ve metanolün benzine göre daha büyük yoğunluğa sahip olmaları gibi birçok sebebe bağlı olarak açıklanabilir.

Şekil 4.4’de %5, %10 ve %15 metanol benzin karışımları ile saf benzin için fren gücünün motor hızları ile değişimleri verilmiştir.



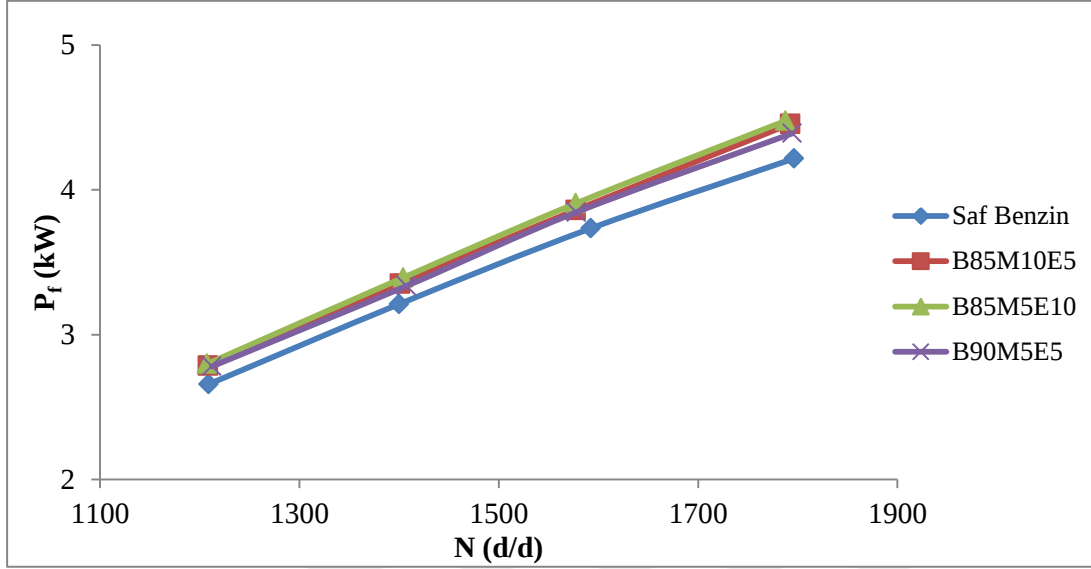
Şekil 4.4. %5, %10 ve %15 metanol benzin karışımları ile saf benzin için fren gücünün motor hızları ile değişimleri

Şekil 4.5’de %5, %10 ve %15 etanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki fren gücü değişimleri verilmiştir.



Şekil 4.5. %5, %10 ve %15 etanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki fren gücü değişimleri

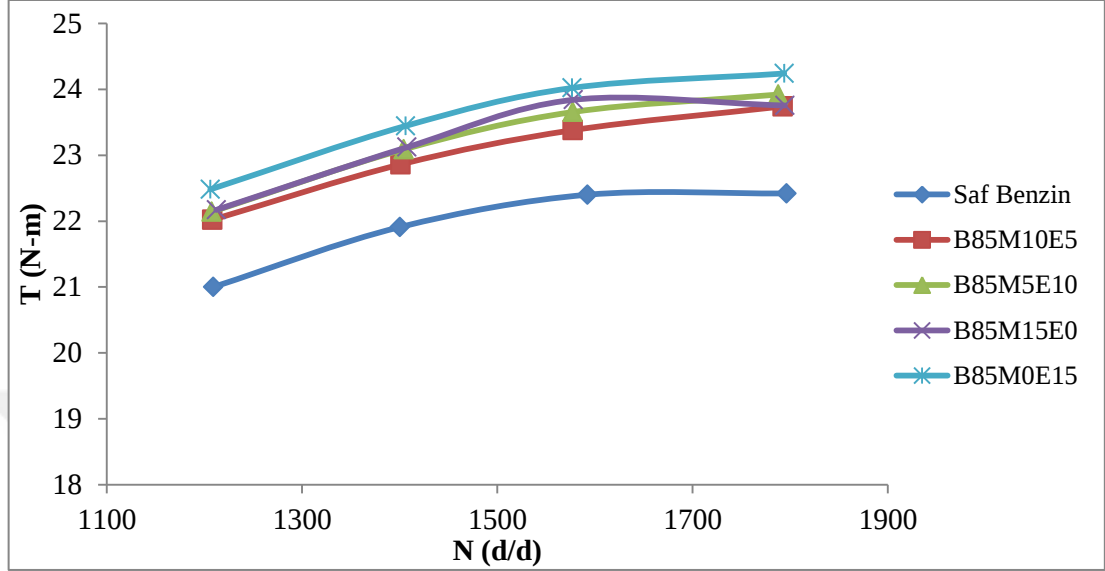
Şekil 4.6'da ise %5 etanol, %5 metanol ve benzin, %10 etanol, %5 metanol ve benzin, %5 etanol, %10 metanol ve benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki fren gücü değişimleri verilmiştir.



Şekil 4.6. %5 etanol, %5 metanol ve benzin, %10 etanol, %5 metanol ve benzin, %5 etanol, %10 metanol ve benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki fren gücü değişimleri

Tüm durumlar için fren gücünün motor hızı ile arttığı görülmektedir. Grafikler incelendiğinde sonuçların Etanol, metanol ve etanol-metanol oranına bağlı olarak fren gücünde saf benzine göre artış olduğunu göstermektedir. Şekil 4.7. %15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki tork değişimleri görülmektedir. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında ortalama değişimler hesaplandığında, fren gücünde saf benzine kıyasla metanol benzin karışımlarında %3.34, etanol-benzin karışımlarında %4.52 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %4.63'lük bir artış olduğu görülmüştür. Fren gücündeki en büyük artış etanol-benzin karışımlarında %8 (B85M0E15;1800 d/d), metanol-benzin karışımlarında %7.45 (B85M15E0;1800 d/d) ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %6.18 (G85M5E10;1800 d/d) olarak gerçekleşmiştir. Burada görüldüğü üzere metanol ve/veya etanolün eklenmesinin motor performansı bakımından etkisi yüksek hızlarda daha belirgindir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışmalar ile kıyaslandığında benzer sonuçlar olduğu görülmektedir. Örneğin, Elfasakhany (2015) hacimce %10 alkol içeren etanol-metanol-benzin karışımlarında benzine kıyasla 3400 d/d gibi

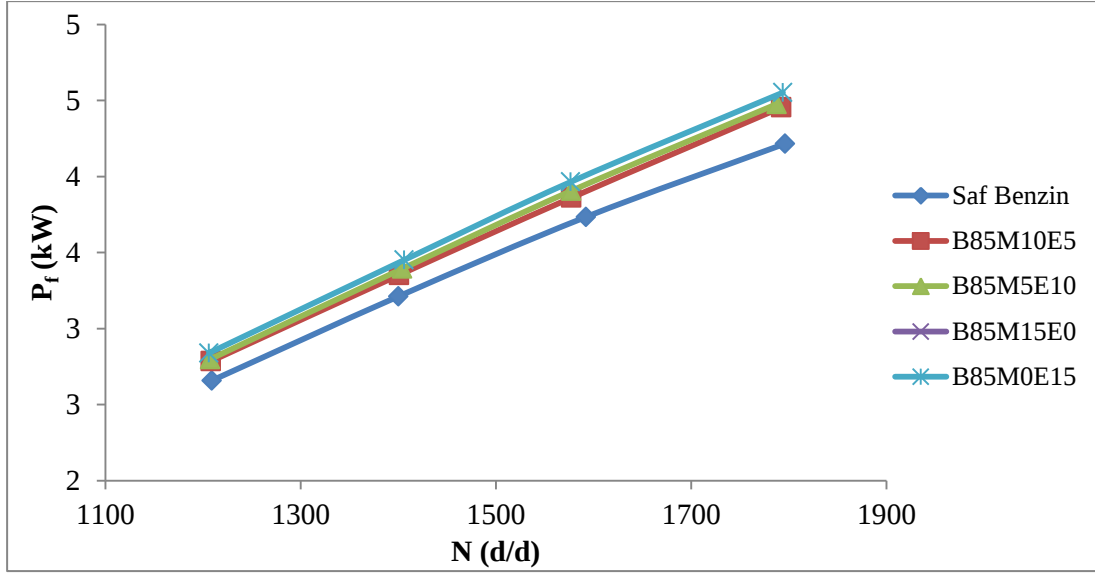
yüksek motor hızında, tüm karışım oranlarının ortalamasında fren gücünde %5.6'lık bir artış olduğunu hesaplamıştır. Aynı çalışmada metanol benzin karışımları için bu artış %6.28 iken, etanol-bezin karışımları için artış %8.52 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.7. %15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki tork değişimleri

Grafik incelendiğinde en yüksek artışın %15 etanol benzin karışımlarında sağlandığı, etanolün metanole göre tork üzerinde artış yönünde daha fazla etki gösterdiği anlaşılmaktadır.

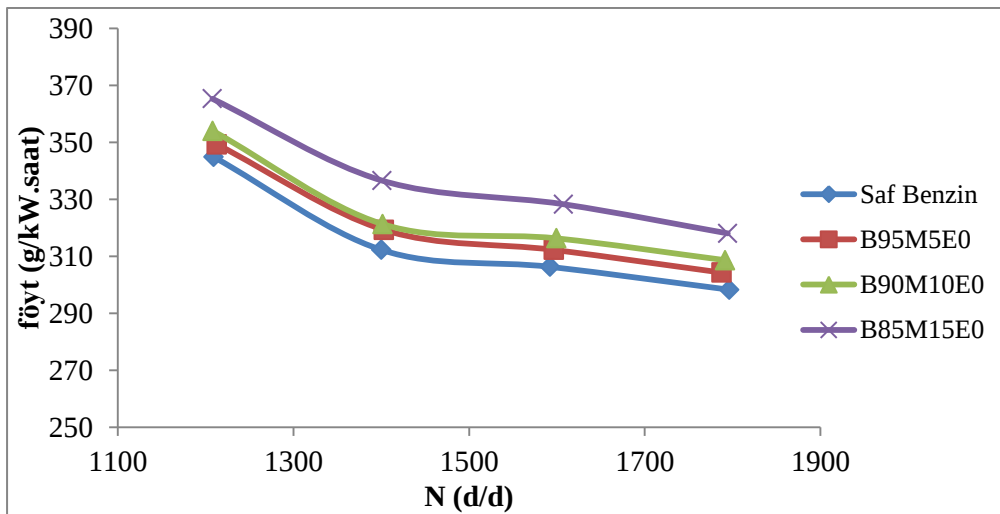
Şekil 4.8'de ise %15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki fren güç değişimleri verilmiştir. Burada da tork değişimlerindeki benzer eğilimler olduğu görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde fren gücündeki artış metanol karışımlarında ortalama %4 ve etanol karışımlarında ise %5.5 oranlarında gözlemlenmiştir. Bu artışların yüksek motor hızlarında daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



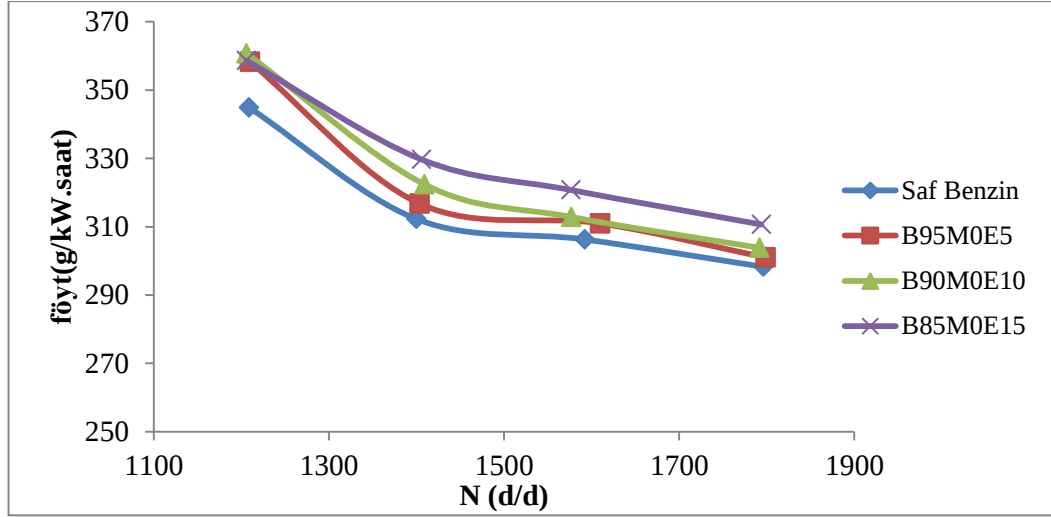
Şekil 4.8. %15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki fren gücü değişimleri

4.2. Fren Özgöl Yakıt Tüketimi (föyt)

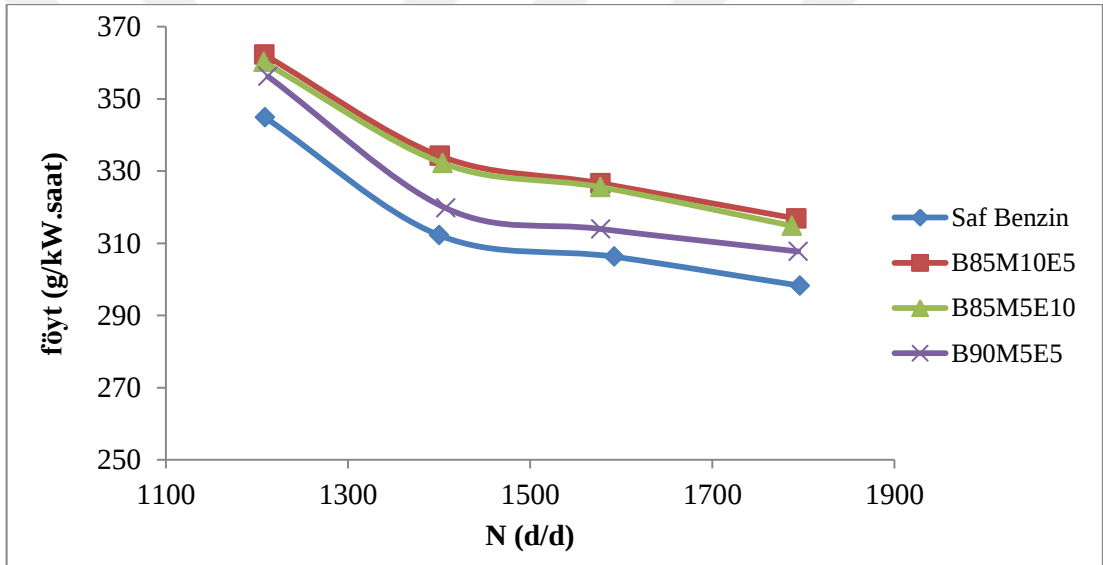
Şekil 4.9'de metanol benzin karışımlarının ve saf benzinin, Şekil 4.10'de etanol benzin karışımlarının ve saf benzinin ve Şekil 4.11'de ise %5 etanol, %5 metanol ve benzin, %10 etanol, %5 metanol ve benzin, %5 etanol, %10 metanol ve benzin karışımları ile saf benzinin fren özgül yakıt tüketiminin (föyt) motor hızı ile değişimi verilmiştir.



Şekil 4.9. Metanol benzin karışımlarının ve saf benzinin motor hızına bağlı fren özgül yakıt tüketimi değişimleri

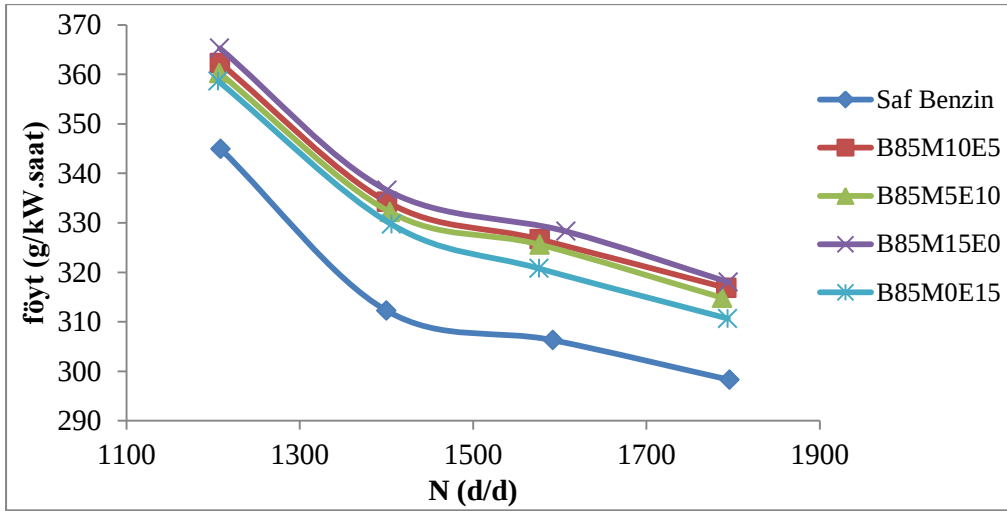


Şekil 4.10. Etanol benzin karışımlarının ve saf benzinin motor hızına bağlı fren özgül yakıt tüketimi değişimleri



Şekil 4.11. %5 etanol, %5 metanol ve benzin, %10 etanol, %5 metanol ve benzin, %5 etanol, %10 metanol ve benzin karışımları ile saf benzinin fren özgül yakıt tüketiminin (föyt) motor hızı ile değişimi

Sonuçlar en az özgül yakıt tüketiminin saf benzinli çalışmada elde edildiğini, etanol, metanol ve etanol-metanol kullanımıyla özgül yakıt tüketiminin dramatik şekilde artışı görülmüştür. Etanol, metanol ve etanol-metanol kullanımı ile özgül yakıt tüketimindeki artışa, benzine kıyasla alkol yakıtların ısı değerlerinin düşük olması ve stokiometrik yakıt/hava oranlarının yüksek olması dolayısıyla aynı çıkış gücü için daha fazla yakıt kullanılması sebep olmaktadır.

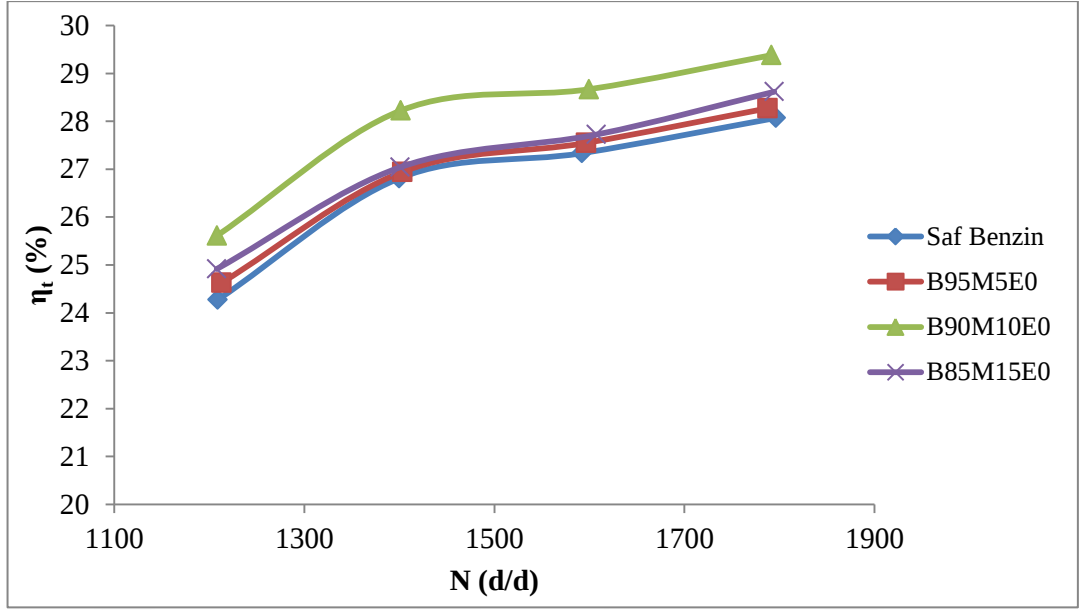


Şekil 4.12. %15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki fren özgül yakıt tüketimi değişimleri

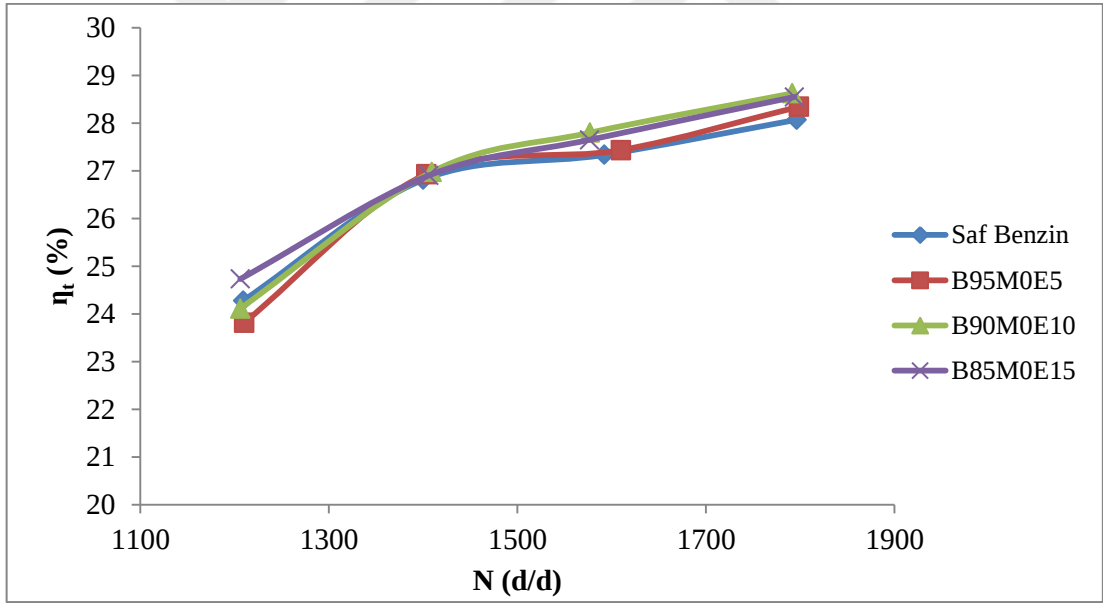
Şekil 4.12’de ise %15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki föyt değişimleri verilmiştir. Alkol karışımına bağlı olarak föyt önemli oranda artmaktadır. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında, fren özgül yakıt tüketiminde saf benzine kıyasla ortalama olarak metanol benzin karışımlarında %3.93, etanol-benzin karışımlarında %3.17 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %4.91’lik bir artış olduğu hesaplanmıştır.

4.3. Termal Verim

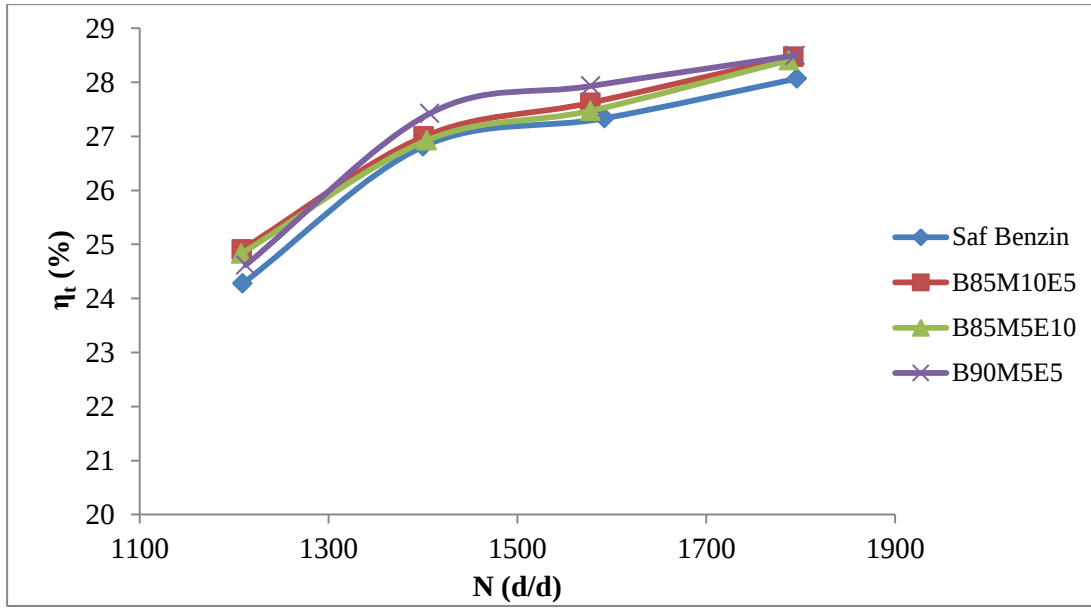
Benzin etanol benzin, metanol benzin karışımları ile etanol-metanol benzin karışımlarının farklı motor hızlarındaki ısı verim değişimleri sırasıyla Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.13. Benzin etanol benzin, metanol benzin karışımları ile etanol-metanol benzin karışımlarının farklı motor hızlarındaki ısı verim değişimleri

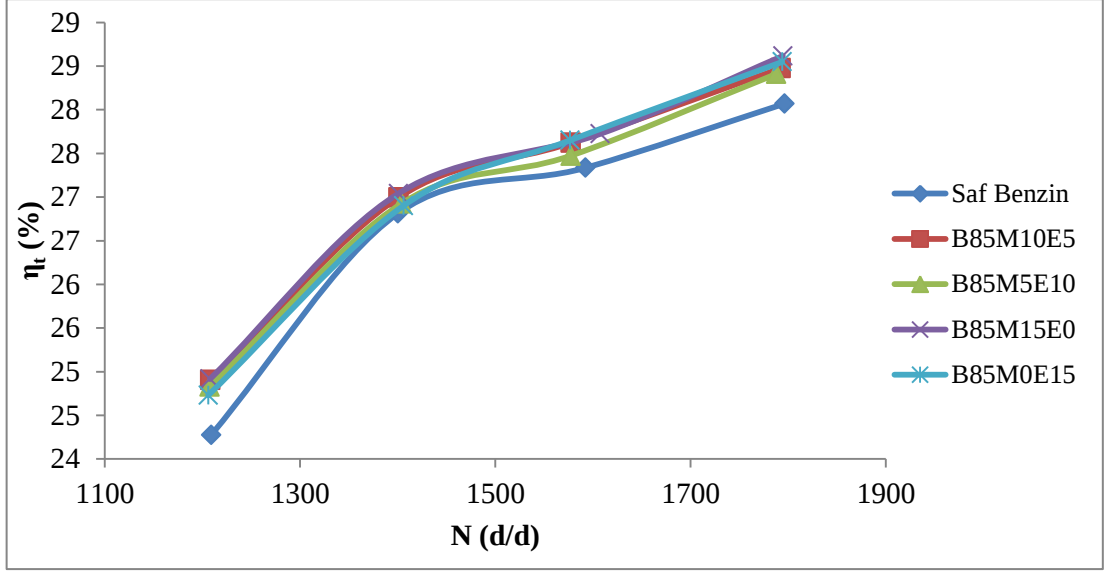


Şekil 4.14. Etanol benzin karışımlarının ve saf benzinin motor hızına bağlı termal verim değişimleri



Şekil 4.15. Etanol-metanol benzin karışımlarının ve saf benzinin motor hızına bağlı termal verim değişimleri

Tüm durumlar için termal verim motor hızına bağlı olarak artmaktadır. Termal verimdeki hıza bağlı bu artışa, sürtünme kuvvetlerinin motor hızı artmasına bağlı olarak artmasına rağmen silindir duvarlarından ısı kayıplarındaki azalma sebep olmaktadır. Sonuçlar ayrıca alkol yakıt kullanımının motor ısı verimini artırdığını göstermektedir. En fazla artışın ise etanol benzin karışımlarında olduğu gözlemlenmiştir. Yakıt tüketimindeki artışa rağmen, motor fren gücündeki artış ve alkol içeriğindeki oksijen termal verimde alkol kullanımına bağlı olarak artışa neden olmaktadır. Şekil 4.16’da ise %15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki termal verim değişimleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde termal verimin alkol kullanımına bağlı olarak arttığı metanolün termal verimde en yüksek artışa neden olduğu görülmektedir.

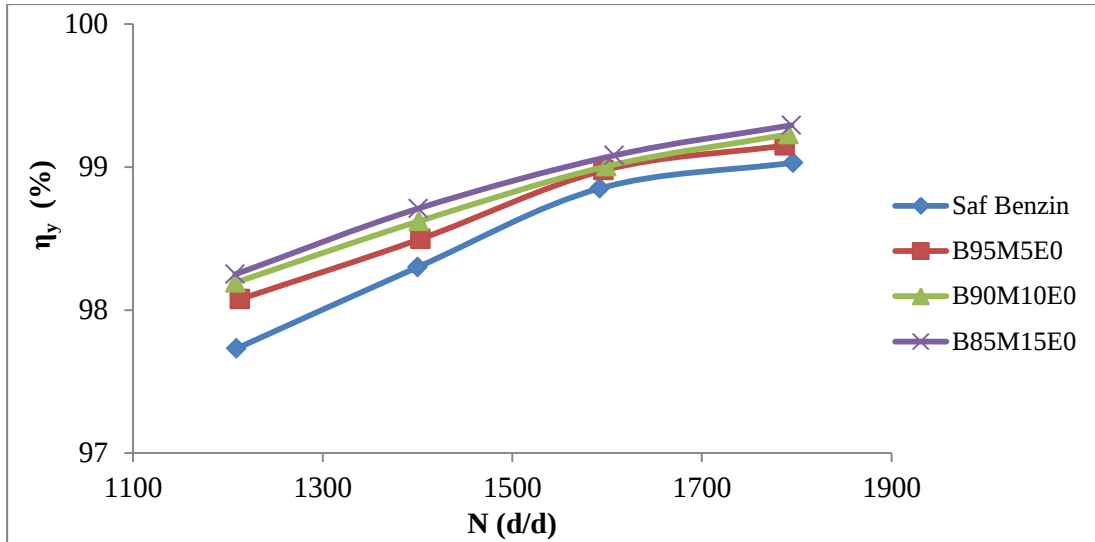


Şekil 4.16. Etanol-metanol benzin karışımlarının motor hızına bağlı termal verim değişimleri

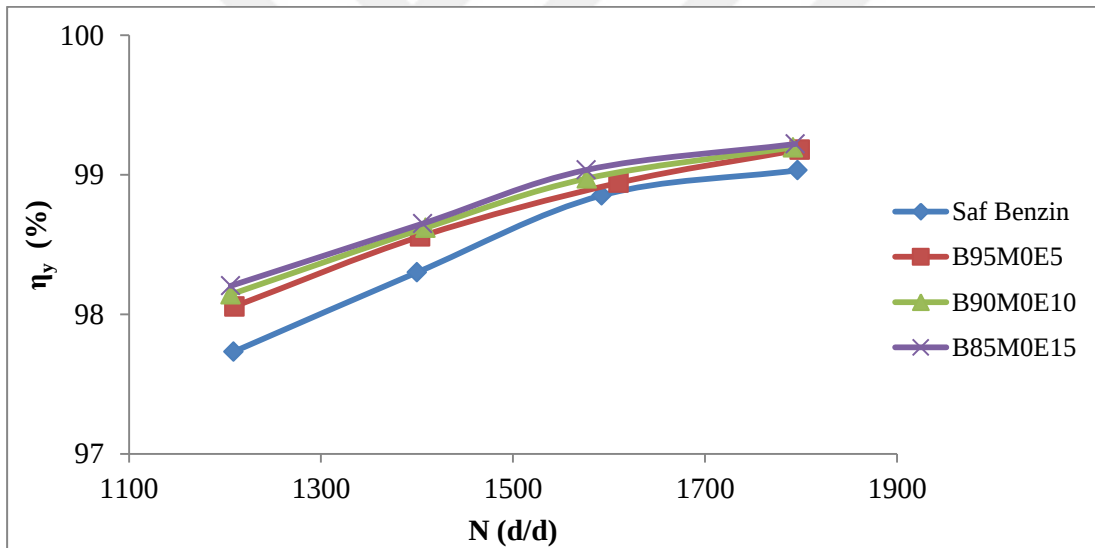
Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında ortalama değişimler hesaplandığında, ısı veriminde saf benzine kıyasla metanol benzin karışımlarında %2.55, etanol-benzin karışımlarında %0.71 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %1.46'lık bir artış olduğu görülmüştür.

4.4. Yanma Verimi ve Hacimsel Verim

Benzin etanol, benzin metanol karışımları ile benzin, etanol ve metanol karışımlarının farklı motor hızlarındaki yanma verimlerinin değişimleri Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'da sırasıyla verilmiştir. Sonuçlar motor hızına bağlı olarak tüm durumlar için yanma verimini arttığını göstermektedir. Grafikler incelendiğinde, ayrıca saf benzine göre alkol kullanımına bağlı olarak yanma veriminin arttığı görülmektedir.

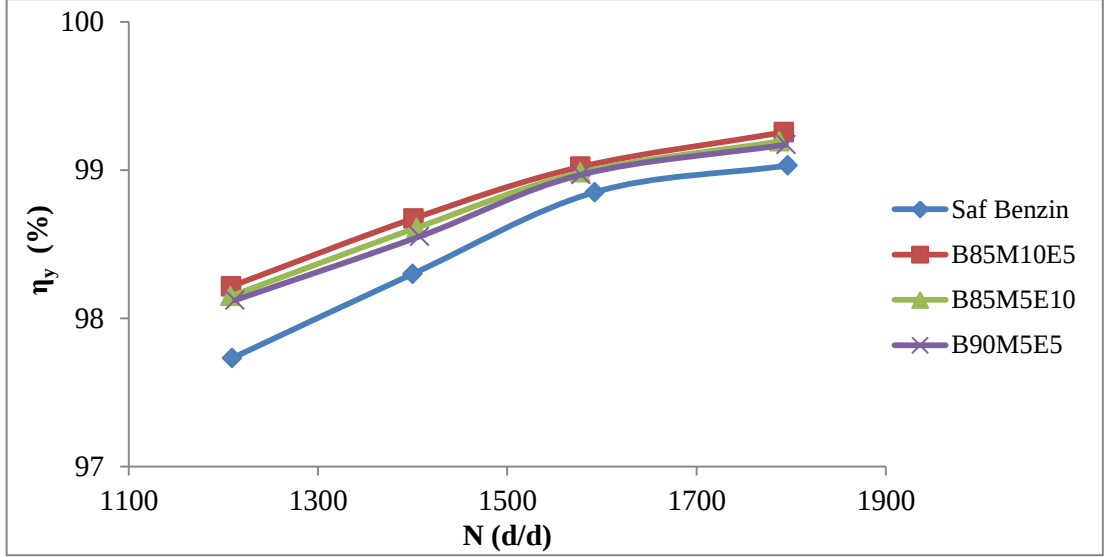


Şekil 4.17. Benzin metanol karışımları ve saf benzinin yanma verimlerinin motor hızına bağlı değişimleri



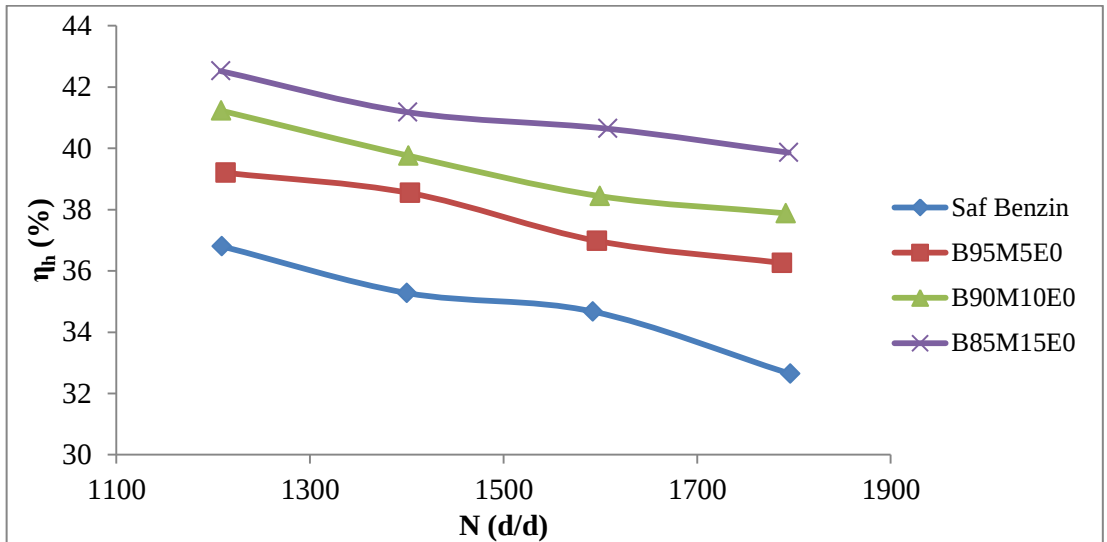
Şekil 4.18. Benzin etanol karışımları ve saf benzinin yanma verimlerinin motor hızına bağlı değişimleri

Yanma verimini üzerinde metanolün etanole göre daha fazla artışa neden olduğu belirlenmiştir. Yanma verimindeki bu artışın alkol yakıtların içerisindeki oksijenden kaynaklandığı, metanolün oransal olarak daha fazla oksijen içermesi nedeniyle yanma veriminde metanolün etanole göre daha fazla artışa neden olduğu anlaşılmaktadır.



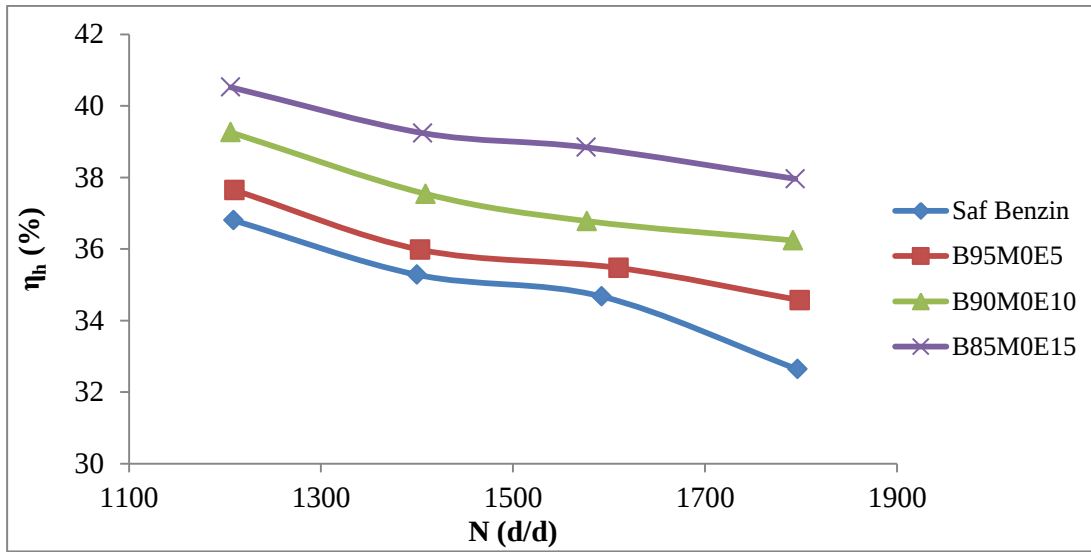
Şekil 4.19. Benzin metanol-etanol karışımları ve saf benzinin yanma verimlerinin motor hızına bağlı değişimleri

Benzin etanol, benzin metanol karışımları ile benzin, etanol ve metanol karışımlarının farklı motor hızlarındaki hacimsel verim değişimleri Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de sırasıyla verilmiştir. Verilen sonuçlara göre hacimsel verim motor hızı ile birlikte sınırlı düzeyde artmakta, alkol kullanımına bağlı olarak ise hacimsel verimde belirgin bir artış olduğu görülmektedir. Bu artışın metanol karışımlarında daha yüksek olduğunu ayrıca görülmektedir..

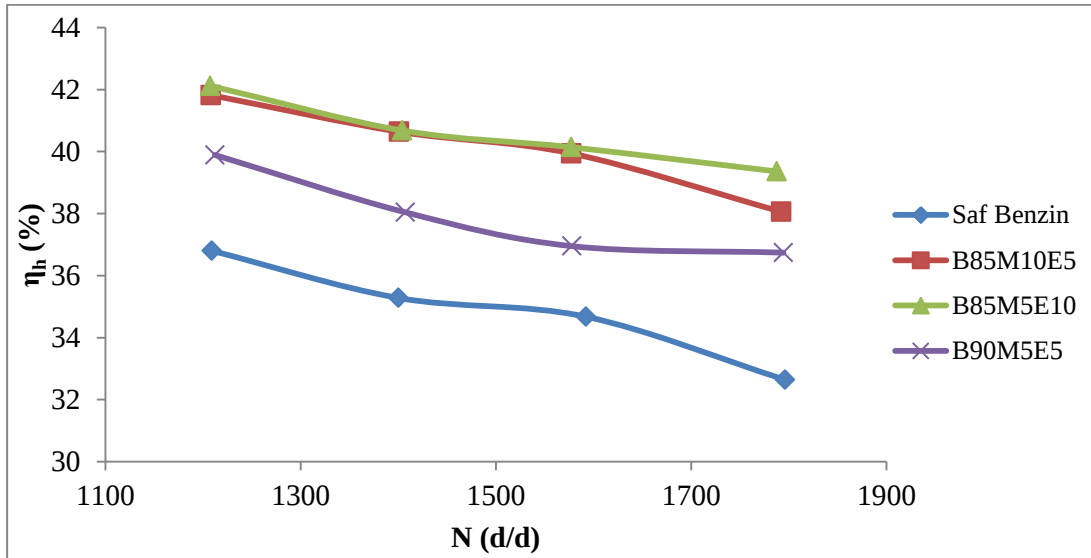


Şekil 4.20. Benzin metanol karışımları ve saf benzinin hacimsel verimin motor hızına bağlı değişimleri

Hacimsel verimdeki bu artış metanol ve etanolün benzine göre daha yüksek buharlaşma enerjisine sahip olması dolayısıyla emme manifoldunda sıcaklık düşüşüne sebep olmasına bağlı olarak daha fazla havanın silindirlere alınması neden olmaktadır. Metanolün etanole göre buharlaşma enerjisinin daha yüksek olması dolayısıyla metanol etanole göre hacimsel verimde daha fazla artışa neden olmaktadır.

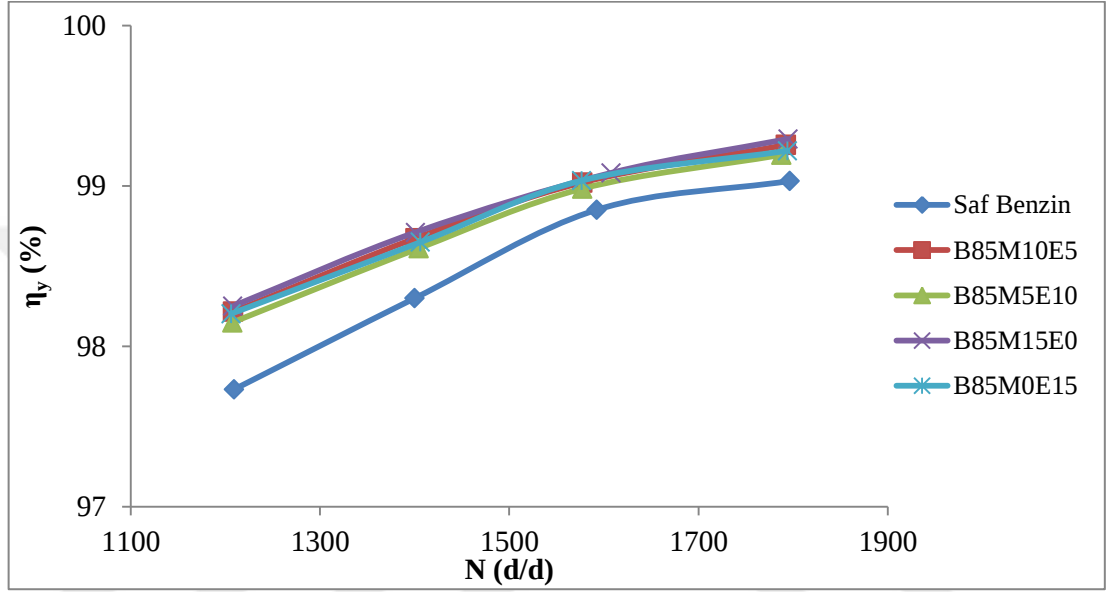


Şekil 4.21. Benzin etanol karışımları ve saf benzinin hacimsel verimlerinin motor hızına bağlı değişimleri

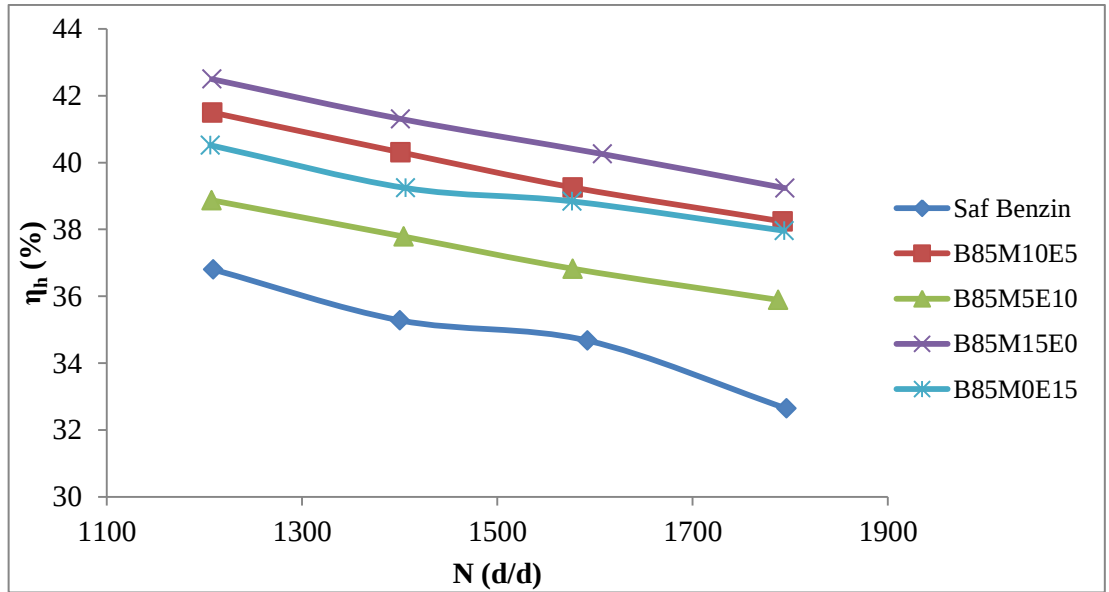


Şekil 4.22. Benzin metanol-etanol karışımları ve saf benzinin yanma verimlerinin motor hızına bağlı değişimleri

Benzin etanol, benzin metanol karışımları ile benzin, etanol-metanol karışımlarının farklı motor hızlarındaki hacimsel verim değişimleri Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de sırasıyla verilmiştir. Şekil 4.23’de %15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki yanma verimi ve Şekil 4.24’de ise hacimsel verim değişimleri verilmiştir.



Şekil 4.23. Benzin, etanol-metanol karışımları ve saf benzinin yanma verimlerinin motor hızına bağlı değişimleri



Şekil 4.24. Benzin, etanol-metanol karışımları ve saf benzinin hacimsel verimin motor hızına bağlı değişimleri

Hacimsel verimde etanol karışımlarında maksimum artış %9.9 ile %15 etanol içeren karışımında, metanol için % 16.1 ile bu sefer %15 metanol içeren karışımında elde edilmiştir. Etanol-metanol benzin karışımlarında ise en yüksek artış %15 ile %10 metanol ve %5 etanol içeren karışımında gerçekleşmiştir. Yanma veriminde ise artışlar daha sınırlı düzeyde gerçekleşmiş olup en yüksek artış %0.5 seviyelerindedir. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında ortalama değişimler hesaplandığında, hacimsel verimde saf benzine kıyasla metanol benzin karışımlarında %13.06, etanol-benzin karışımlarında %7.69 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %13.5'lik bir artış olduğu görülmüştür. Benzer şekilde yanma verimi için ortalama değişimlerin sırasıyla %0.29, %0.25 ve %0.27 gibi küçük artışlar şeklinde gerçekleştiği hesaplanmıştır.

4.5. Egzoz Emisyon Değerlerinin Alkol kullanımına Bağlı Değişimleri

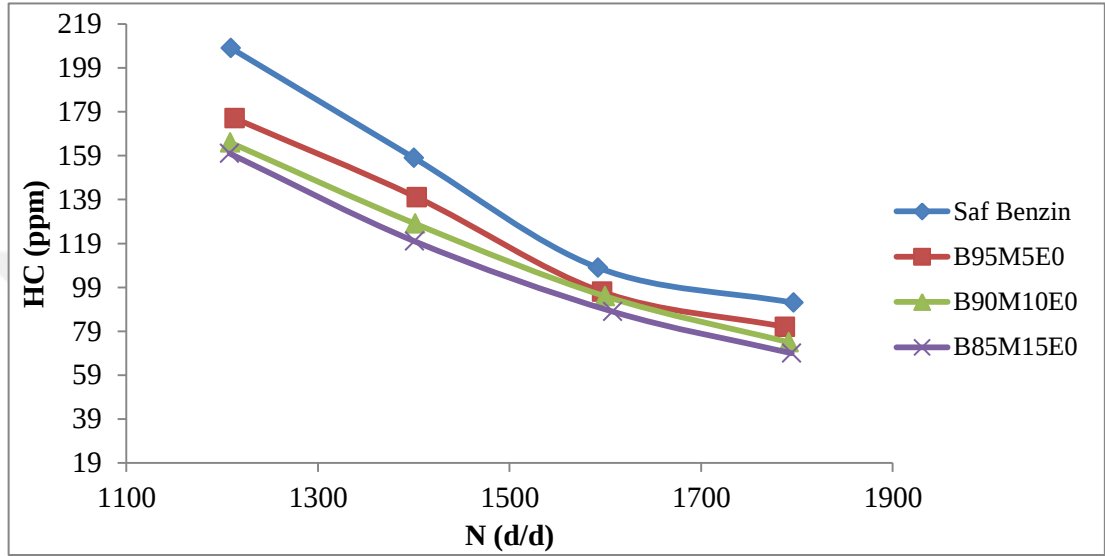
Motorlarla ilgili günümüzde yapılan araştırmaların temelini, egzoz emisyonlarının azaltılması, verimin artırılması ve güç kayıplarının en aza indirilmesi oluşturmaktadır. Bu araştırmaların ve çalışmaların amacı, egzoz emisyonlarının, gürültü düzeylerinin ve yakıt tüketiminin azaltılması, güvenlik ve sürüş konforunun ise iyileştirilmesidir. Ancak egzoz emisyonları, güvenlik ve gürültü yalıtımının iyileştirilmesi, taşıt ağırlığının artmasına neden olmakta ve yakıt ekonomisini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

4.5.1. HC emisyonları

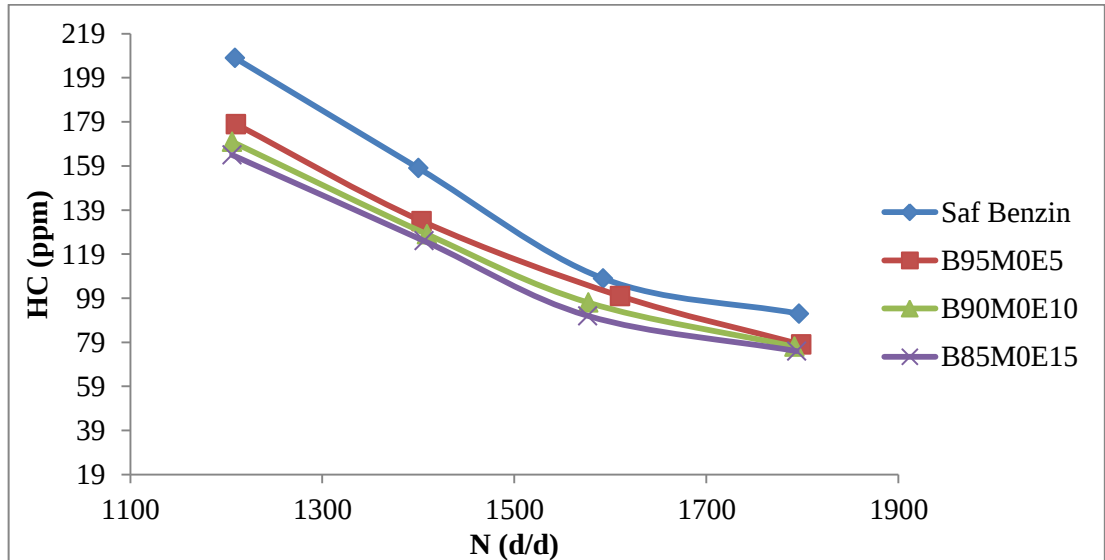
Hidrokarbonlar, yakıtların eksik yanması veya tutuşamaması sonucu meydana gelirler. Yanma odasını çevreleyen dar boşlukların sıkıştırma esnasında yakıt-hava karışımı ile dolması, yakıtın yağ tabakaları içinde absorpsiyonu, kalıntıların yağ filmi etkisi göstermesi, silindir içinde sıvı yakıt kalması ve supap yatak boşluklarında karışım sızması gibi sebeplerden dolayı HC'lar oluşur. Bu çatlak hacimlerde alevlerin sönmesi sonucu bu boşluklarda HC oluşur. HC emisyonları yük ve hıza da bağlıdır. Hava fazlalık katsayısı ile küçük de olsa değişir. Yüksek devir sayılarında HC emisyonları düşük iken, düşük devir sayılarında bu oran artmaktadır. Karışım zenginleştikçe karışımında bulunan O₂ miktarı düşmektedir. Fazla yakıt bulunması sebebiyle yüksek sıcaklıklar ortaya çıkmakta ve soğutma suyu ile yağlama yağına ısı

geçiş i artmaktadır. Sonuçta yanma reaksiyonlarında azalma ve HC oranında yükselme görölmektedir

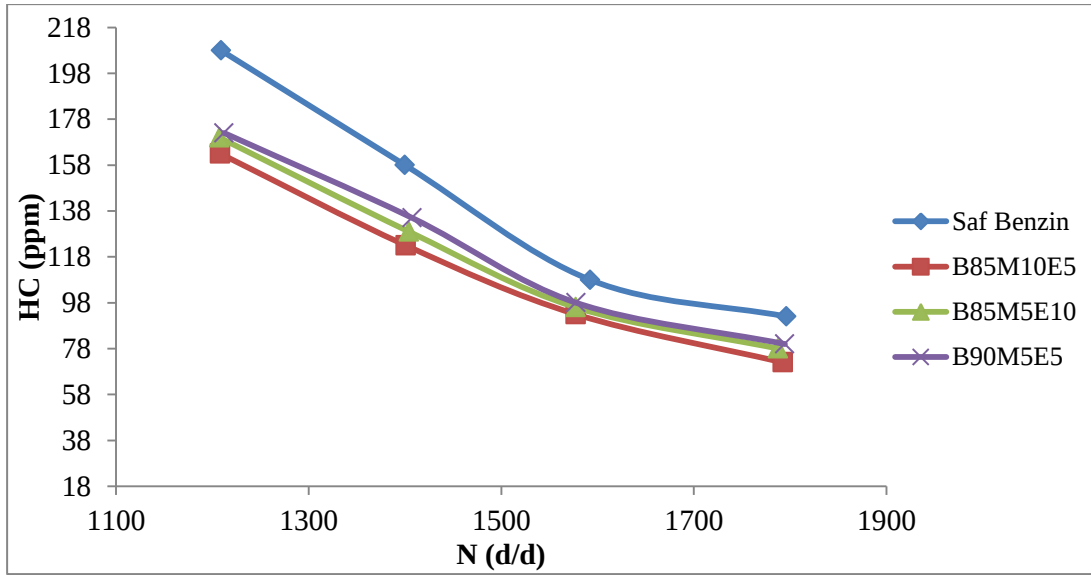
Benzin etanol, benzin metanol ve benzin etanol-metanol karışımlarının, farklı motor hızlarındaki hidrokarbon (HC) emisyonlarının değışimleri sırasıyla Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27’de verilmiştir.



Şekil 4.25. Benzin metanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki hidrokarbon (HC) emisyonlarının değışimleri

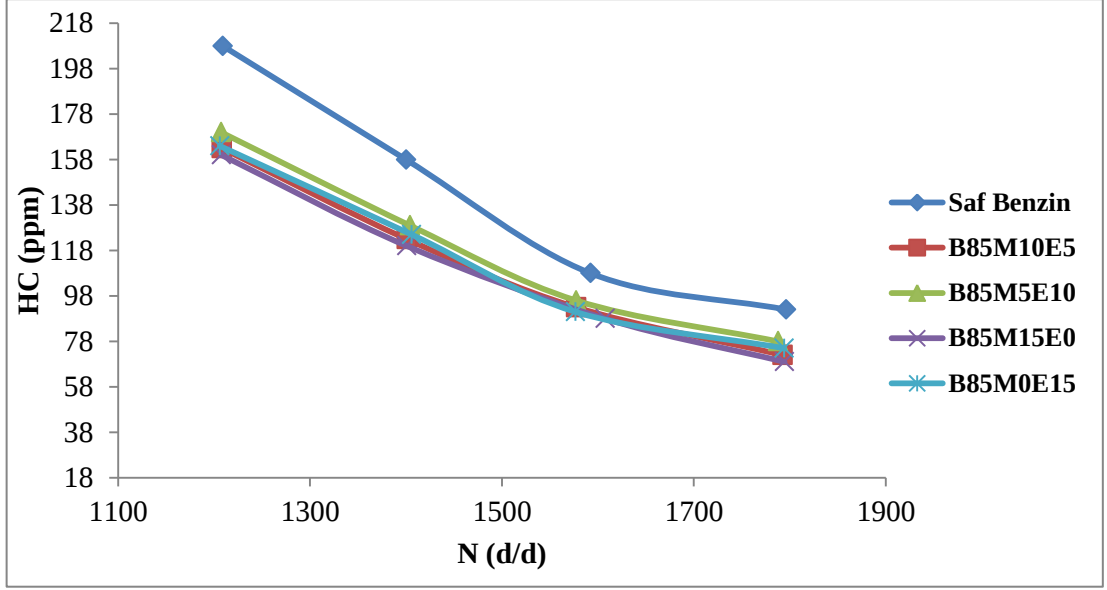


Şekil 4.26. Benzin etanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki hidrokarbon (HC) emisyonlarının değışimleri



Şekil 4.27. Benzin metanol-etanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki hidrokarbon (HC) emisyonlarının değişimleri

Sonuçlar alkol karışımlarının saf benzine göre HC emisyonlarını düşürdüğü göstermiştir. Bu düşüş karışımın içerisindeki alkol oranına bağlı olarak artmaktadır. Metanol etanole göre HC emisyonlarında daha fazla düşüşe neden olmaktadır. Elde edilen emisyon değerlerine göre saf benzine kıyaslandığında etanol ve metanol kullanımının HC emisyonunda yüksek hızlarda sırasıyla en fazla %20.89 ve %25 oranlarında düşüşe neden olmuştur. HC emisyonundaki bu azalma alkol yakıt içerisindeki oksijen oranı ve yanma hızlarıyla ilişkilidir. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında ortalama değişimler hesaplandığında, HC emisyonlarında, saf benzine kıyasla metanol benzin karışımlarında %17.56, etanol-benzin karışımlarında %16.02 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %16.37 seviyelerinde düşüşler olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.28. %15 alkol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki hidrokarbon (HC) emisyonlarının değişimleri

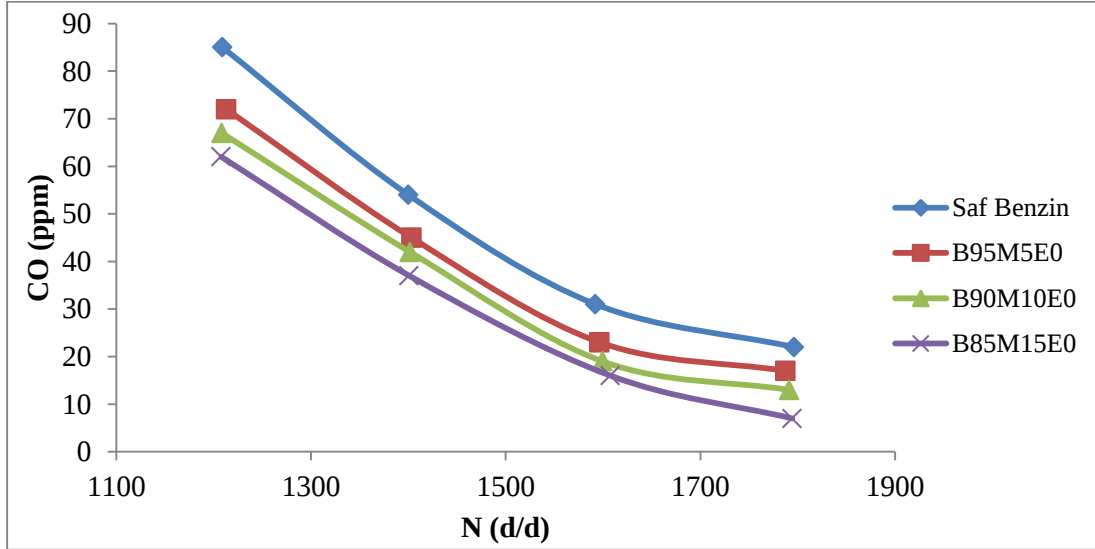
Sonuçlara göre saf benzine kıyaslandığında etanol-metanol benzin karışımlarında, HC emisyonunda en fazla düşüş %22.15 ile %10 metanol, %5 etanol benzin karışımında görülmüştür. Şekil 4.28’de %15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol ve % benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki HC emisyonu değişimleri verilmiştir. Bu sonuçlar en yüksek HC emisyon düşüşünün %15 metanol benzin karışımlarında olduğunu göstermektedir.

4.5.2. CO emisyonları

CO, yakıt içindeki karbon tamamen yanmadığında oluşan renksiz, kokusuz ve zehirli bir gaz olup, bu zehirli emisyonun oluşumuna büyük ölçüde karayolu taşıtları sebebiyet vermektedir. Bu emisyonlar, özellikle trafik sıkışıklığının yoğun olduğu bölgelerde yüksek CO konsantrasyonları ile sonuçlanabilmektedir. CO emisyonları yük ve hız değişimlerine büyük oranda duyarsız olup, hava/yakıt oranına karşı daha duyarlı davranmaktadır. CO oluşumunu etkileyen en önemli faktör hava fazlalık katsayısıdır. Karışım zenginleştikçe, yanma odasına alınan yakıtın içindeki karbonun tamamını CO₂ şeklinde yakacak oksijen bulunmadığından, CO oranı hızlı bir şekilde artmaktadır. Buji ile ateşlemeli motorlar, kısmi yüklerde yakıt ekonomisi açısından stokiyometrik orandan biraz fakir karışımlarla çalışmakla birlikte, tam yükte belirli bir kurs hacmi için emilen havadan tam olarak yararlanmak amacıyla zengin

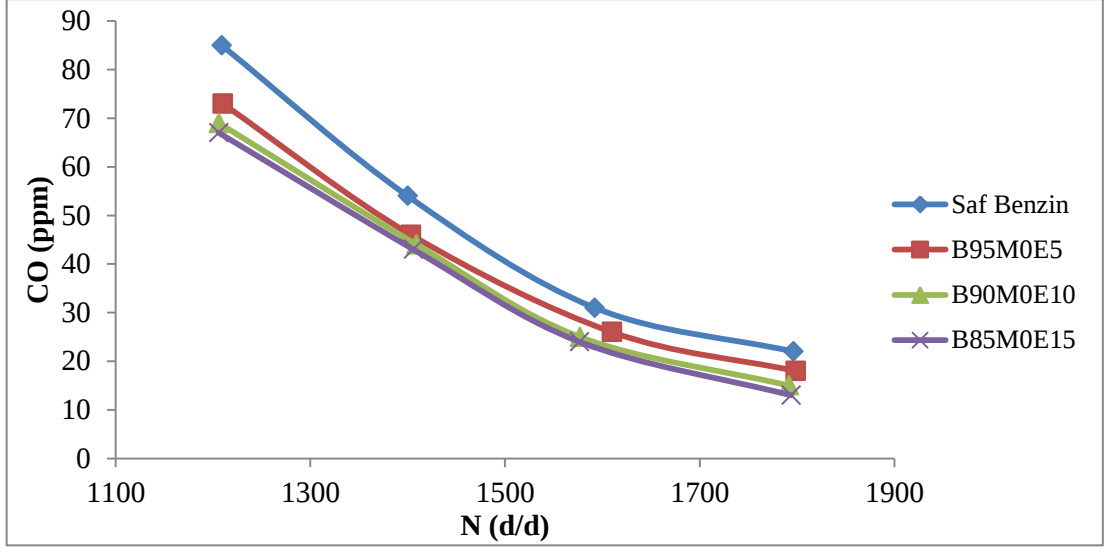
karışımla çalışırlar. Dolayısıyla buji ile ateşlemeli motorların CO emisyonunun kontrolü önemlidir.

Benzin etanol, benzin metanol ve benzin etanol ve metanol karışımlarının, farklı motor hızlarındaki karbon monoksit (CO) emisyonlarının değişimleri Şekil 4.29, Şekil 4.30 ve Şekil 4.31’de sırasıyla verilmiştir.

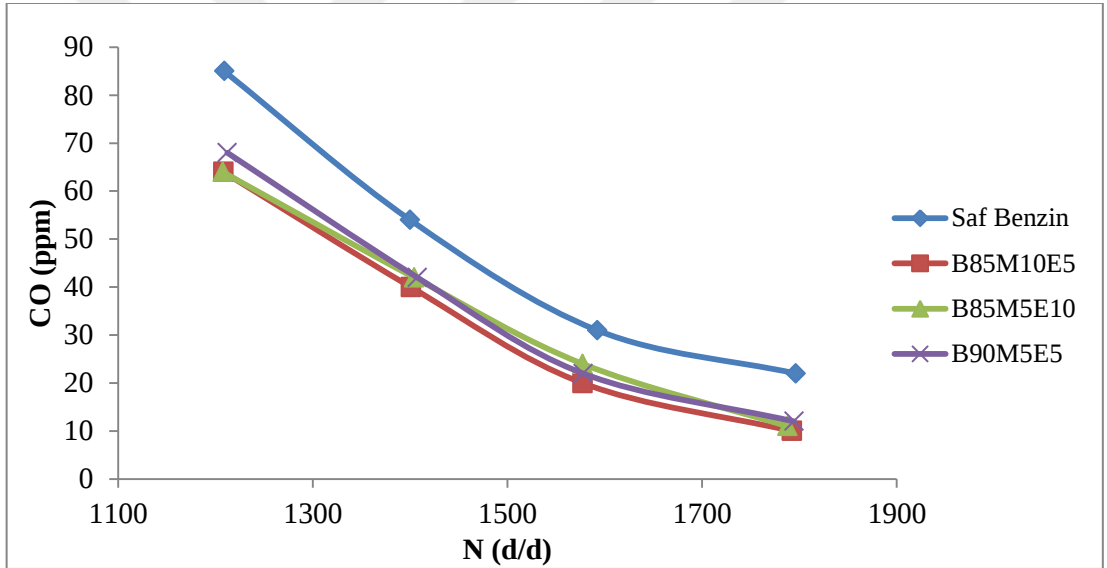


Şekil 4.29. Benzin metanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki hidrokarbon CO emisyonlarının değişimleri

Grafik incelendiğinde alkol kullanımının bağlı olarak saf benzine kıyasla CO emisyonlarının düştüğü görülmüştür. CO emisyonlarındaki düşüş yakıt içerisindeki alkol oranına ve alkol cinsine bağlı olarak artmaktadır. Metanol içeriğindeki oksijen oranının etanole göre daha yüksek olması nedeniyle etanole göre daha yüksek düşüşlere neden olmaktadır. Saf benzine göre alkol yakıtlarındaki CO emisyonundaki en yüksek düşüş %40,91 ve %68,18 oranlarında gerçekleşmiştir. CO emisyonundaki düşüşler yüksek motor hızlarında daha belirgin ve yüksek değerlere ulaşmaktadır.

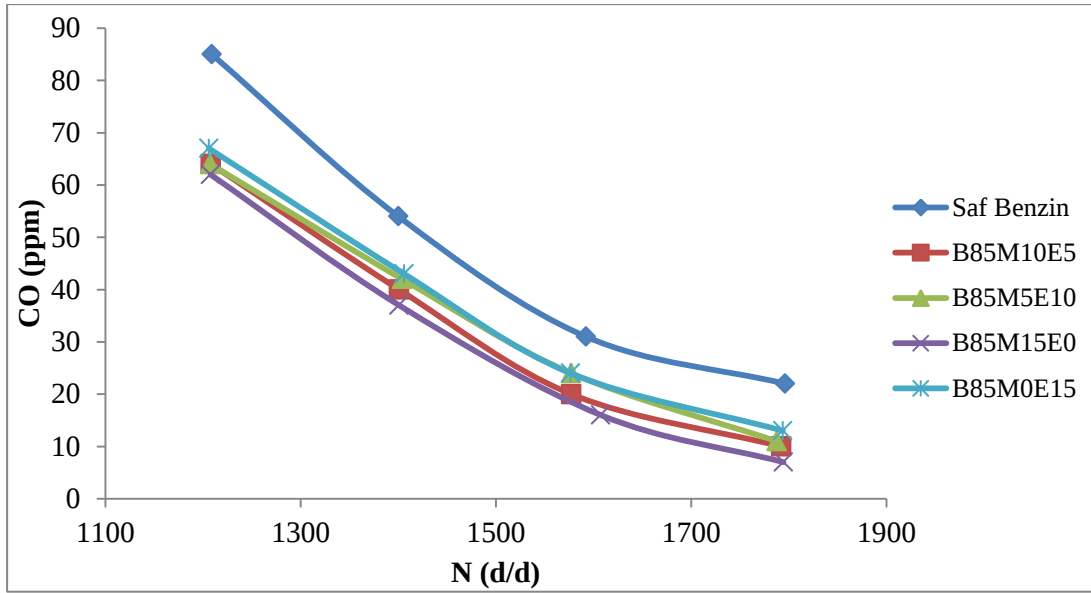


Şekil 4.30. Benzin etanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki CO emisyonlarının değişimleri



Şekil 4.31. Benzin metanol-etanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki CO emisyonlarının değişimleri

Metanol ve etanolün sahip olduğu karbon (C) miktarı oransal olarak, benzine kıyasla düşüktür. Ancak deneylerde gaz keleşbeği konumu değişmediğinden alkol karışımlarında silindire giren yakıt miktarı saf benzine kıyasla fazla olduğundan, alkol karışımları içerisindeki karbon oranı benzindeki karbon oranına yaklaşımaktadır. Hem HC hem de CO emisyonlarındaki düşüşte alkol yakıtları içeriğindeki oksijen miktarı ve yanma hızlarındaki değişim rol oynamaktadır.



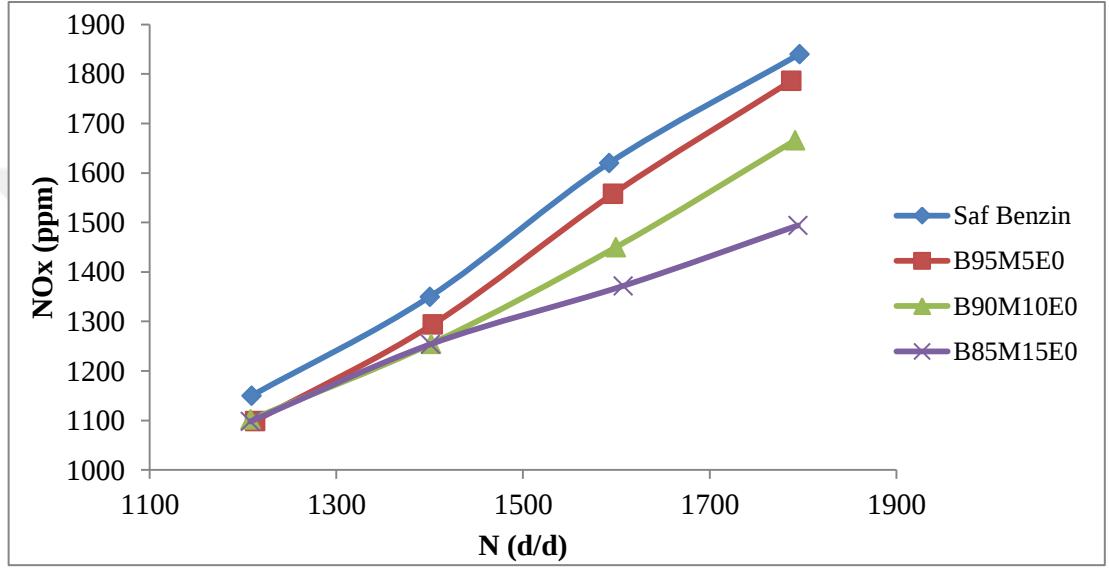
Şekil 4.32. Alkol karışımlarının ve saf benzinin, farklı motor hızlarındaki CO emisyonlarının değişimleri

Şekil 4.32’de %15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki CO emisyonu değişimleri verilmiştir. Bu oranlarda en yüksek düşüş metanol benzin karışımlarında gözlemlenmiştir. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında, saf benzinle karşılaştırıldığında ortalama CO emisyonlarında metanol benzin karışımlarında %31.55, etanol-benzin karışımlarında %21.34 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %31.4 oranlarında düşüş olduğu hesaplanmıştır.

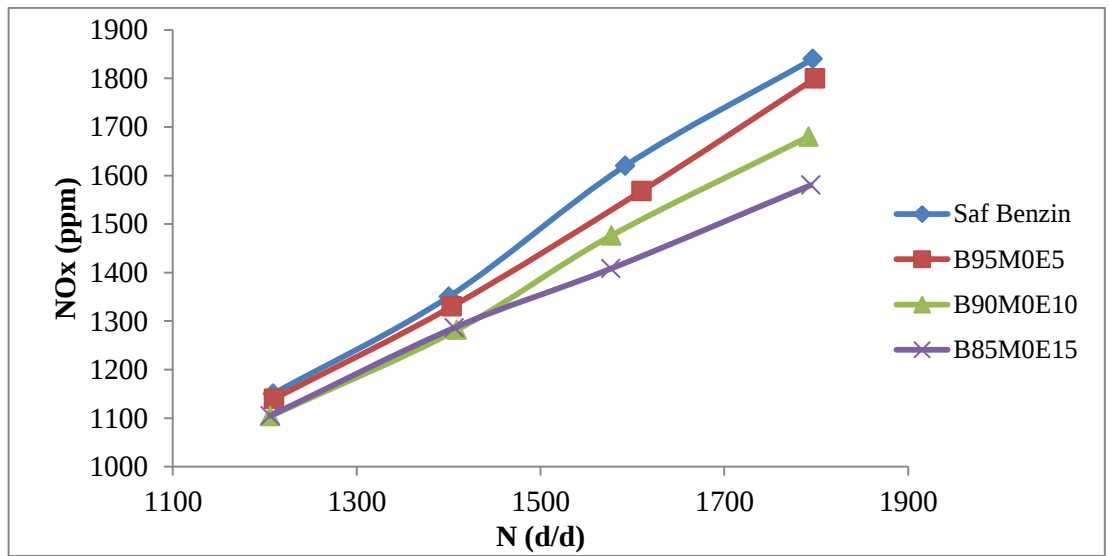
Alkol kullanımının HC ve CO emisyonlarına etkileri açısından literatürdeki çalışmalar incelendiğinde bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar ile literatürdeki sonuçların uyumlu olduğu görülmektedir. Örneğin, Yüksel&Yüksel (2004) yaptıkları çalışmada etanol-benzin karışımlarında CO emisyonunda %80, HC emisyonlarında ise %50’ye varan düşüşler olduğunu bulmuşlardır. Shanmugam vd. (2009) ise yaptıkları çalışmada %10 etanol içeren benzin karışımlarında CO emisyonunda %13 ve HC emisyonunda ise %19 düşüş olduğu sonucuna varmışlardır. Elfasakhany (2015) ise yaptığı çalışmada %3 metanol, %3 etanol içeren metanol-etanol-benzin karışımlarında saf benzine kıyasla CO emisyonunda yaklaşık %17 ve HC emisyonunda ise yaklaşık %10’luk düşüşler kaydetmişlerdir.

4.5.3. NO_x emisyonları

Farklı oranlarda metanol, etanol ve metanol-etanol benzin karışımlarını ile saf benzinin motor hızına bağlı olarak NO emisyonları değişimleri Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34’de verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde alkol karışımlarının NO_x emisyonlarında önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Motorlarda NO_x emisyonları değişiminde oksijen konsantrasyonunun ve yanma sonu sıcaklıklarının artmasına bağlı olarak yükselmektedir.

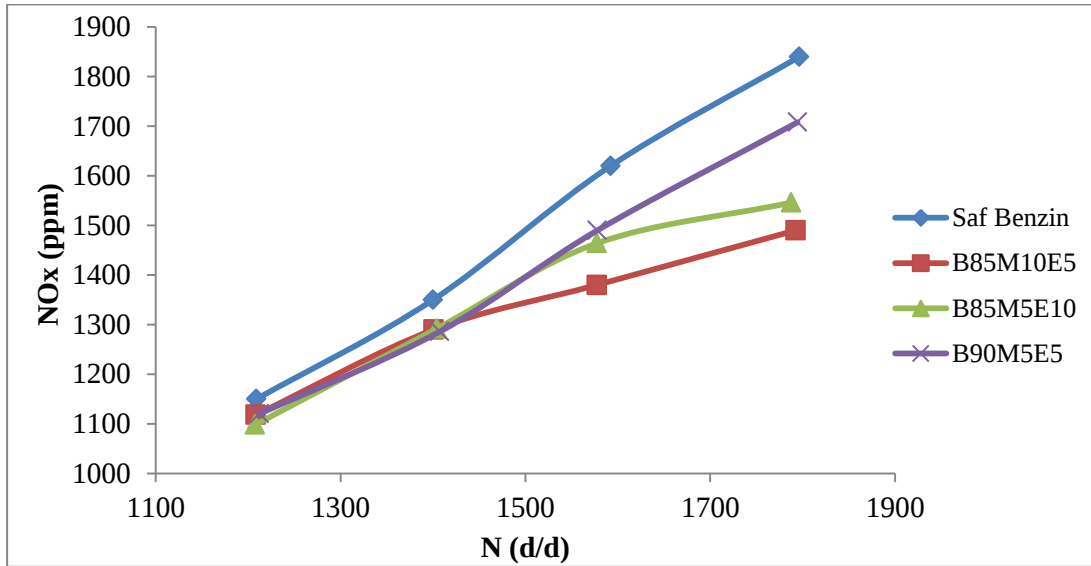


Şekil 4.33. Benzin metanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki NO_x emisyonlarının değişimleri



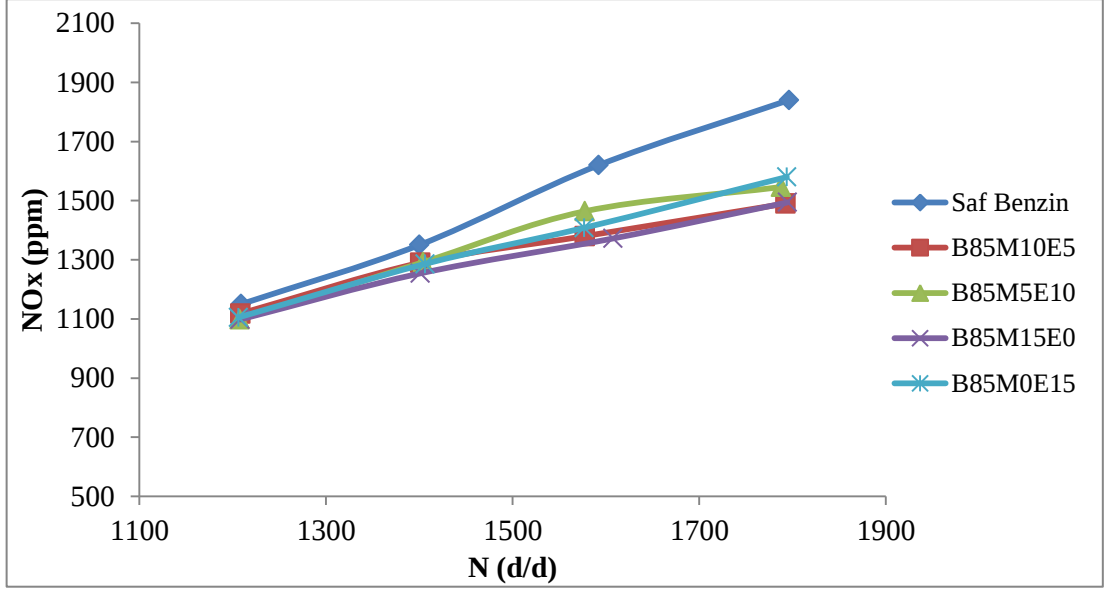
Şekil 4.34. Benzin etanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki NO_x emisyonlarının değişimleri

Metanol ve etanolün sahip olduğu yüksek buharlaşma ısısı yanma sonucu sıcaklıklarının düşmesine bağlı olarak oksijen miktarının artmasına rağmen NO_x emisyonlarında ciddi düşürlere neden olmaktadır. NO_x, değişik miktarlarda azot ve oksijen içeren fazlaca reaktif bir gazdır.



Şekil 4.35. Benzin metanol-etanol karışımları ile saf benzinin, farklı motor hızlarındaki NO_x emisyonlarının değişimleri

Hava-yakıt karışımı içindeki NO_x, yanma odası sıcaklığı yaklaşık 1800⁰C'ye yükseldiğinde N₂ ve O₂'nin birleşmesiyle oluşur. Eğer sıcaklık 1800⁰C üstüne yükselmez ise, N₂ ve O₂, NO gazını meydana getirmeden egzoz sisteminden dışarı atılır. Azot ve oksijen gazlarının değişik moleküllerinin birleşmesi ile NO, NO₂, N₂O, N₂O₃ vb. gibi çeşitli gazlar ortaya çıkar ki bunların hepsine birden Azot oksitler (NO_x) denir (Heywood, 1988). Şekil 4.36'da %15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki NO_x emisyonu değişimleri verilmiştir. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında, saf benzinle karşılaştırıldığında ortalama NO_x emisyonlarında metanol benzin karışımlarında %7.68, etanol-benzin karışımlarında %5.85 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %8.17'lik düşüş olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 4.36. %15 etanol, %15 metanol, %10 etanol, %5 metanol ve %5 etanol, %10 metanol benzin karışımları ile saf benzinin farklı motor hızlarındaki NOx emisyonu değişimleri

NOx emisyonlarında alkol kullanımına bağlı düşüşler gözlemlenmiştir. Bu düşüşler yakıt içerisindeki alkol miktarına bağlı olarak artmıştır. Ancak NOx emisyonlarındaki düşüşler HC ve CO emisyonlarındaki düşüşlere kıyasla sınırlı düzeydedir. NOx emisyonundaki en yüksek düşüş etanol için % 18.80, etanol için %14.13 seviyelerinde gerçekleşmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki sonuçlar ile karşılaştırıldığında, bazı çalışmalarındaki sonuçlar ile uyumlu bazı sonuçlar ile çeliştiği görülmüştür. Örneğin, Yanju vd. (2008) metanol-benzin karışımlarında metanol oranı arttıkça NOx emisyonlarındaki düşüşün arttığını, %85 metanol içeren karışımda bu düşüşün %80 olduğu sonucuna varmışlardır. Lin vd. (2010) ise yaptıkları çalışmada etanol-benzin karışımlarının saf benzine kıyasla daha az NOx emisyonu ürettiklerini, NOx emisyonlarındaki ortalama düşüşün %3, %6 ve %9 etanol içeren etanol-benzin karışımlarında sırasıyla %35, %86 ve %77 olduğunu gözlemlemişleridir. Diğer taraftan Shanmugam vd. (2009) ise yaptıkları çalışmanın sonucunda %10 etanol içeren etanol-benzin karışımlarında NOx emisyonunda %16'lık bir artış olduğunu göstermişleridir. Literatürdeki bazı çalışmalarda ise benzine alkol eklenmesiyle elde edilen karışımlarda saf benzine kıyasla NOx emisyonunda önemli bir değişiklik olmadığı sonucuna varılmıştır. Örneğin,

Jia vd. (2005) %10 etanol içeren etanol benzin karışımları için saf benzine kıyasla NO_x emisyonlarında önemli bir değişiklik olmadığı sonucuna varmışlardır. Bu çalışmalar arasında farklılığın en önemli nedeninin motor çalışma koşullarının birbirinde farklı olmasının olduğu değerlendirilmiştir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında düşük etanol benzin, metanol benzin ve etanol-metanol benzin karışımlarının değişik hızlarda motor performansına, egzoz emisyonlarına ve yanma verimine etkilerinin detaylı olarak incelenmesi ve saf benzin ile karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır.

1. Alkol karışımlarında saf benzine göre daha fazla tork elde edilmiştir. Torkta, metanol etanole göre daha fazla artış sağlanmıştır.
2. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında ortalama değişimler hesaplandığında, fren gücünde saf benzine kıyasla metanol benzin karışımlarında %3.34, etanol-benzin karışımlarında %4.52 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %4.63'lük bir artış olduğu görülmüştür.
3. Fren gücündeki en büyük artış etanol-benzin karışımlarında %8 (B85M0E15;1800 d/d), metanol-benzin karışımlarında %7.45 (B85M15E0;1800 d/d) ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %6.18 (G85M5E10;1800 d/d) olarak gerçekleşmiştir. Burada görüldüğü üzere metanol ve/veya etanolün eklenmesinin motor performansı bakımından etkisi yüksek hızlarda daha belirgindir.
4. Alkol karışımları fren özgül yakıt tüketiminde saf benzine göre artışa neden olmuştur. En fazla artış metanolde görülmüştür.
5. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında, fren özgül yakıt tüketiminde saf benzine kıyasla ortalama olarak metanol benzin karışımlarında %3.93, etanol-benzin karışımlarında %3.17 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %4.91'lik bir artış olduğu hesaplanmıştır.
6. Benzine kıyasla, metanol ve/veya etanol içeren alkol benzin karışımlarında motorun daha yüksel ısı verime, hacimsel verime ve yanma verimine sahip olduğu görülmüştür.

7. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında ortalama değişimler hesaplandığında, ısı veriminde saf benzine kıyasla metanol benzin karışımlarında %2.55, etanol-benzin karışımlarında %0.71 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %1.46'lık bir artış olduğu görülmüştür.
8. Alkol karışımlarında saf benzine kıyasla, yanma veriminde sınırlı ve hacimsel verimde ise daha yüksek artışlar olmuştur. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında ortalama değişimler hesaplandığında, hacimsel verimde saf benzine kıyasla metanol benzin karışımlarında %13.06, etanol-benzin karışımlarında %7.69 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %13.5'lik bir artış olduğu görülmüştür. Benzer şekilde yanma verimi için ortalama değişimlerin sırasıyla %0.29, %0.25 ve %0.27 gibi küçük artışlar şeklinde gerçekleştiği hesaplanmıştır.
9. Benzin içerisindeki alkol oranına bağlı olarak NO_x, HC ve CO gibi zararlı egzoz emisyonlarında önemli miktarda düşüş gözlemlenmiştir.
10. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında, saf benzinle karşılaştırıldığında ortalama NO_x emisyonlarında metanol benzin karışımlarında %7.68, etanol-benzin karışımlarında %5.85 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %8.17'lik düşüş olduğu hesaplanmıştır.
11. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında, saf benzinle karşılaştırıldığında ortalama CO emisyonlarında metanol benzin karışımlarında %31.55, etanol-benzin karışımlarında %21.34 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %31.4 oranlarında düşüş olduğu hesaplanmıştır. Tüm motor hızlarında ve tüm karışım oranlarında, saf benzinle karşılaştırıldığında ortalama NO_x emisyonlarında metanol benzin karışımlarında %7.68, etanol-benzin karışımlarında %5.85 ve metanol-etanol-benzin karışımlarında ise %8.17'lik düşüş olduğu hesaplanmıştır.
12. Yukarıda sıralanan tüm parametrelerdeki değişimler benzin içerisindeki alkol karışım oranlarına bağlı olarak önemli oranda değişim göstermektedir.

5.2. ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre alkol karışımları, benzinli motorlarda fazla bir değişikliğe gidilmeden yakıt katkısı olarak kullanılabilir. Böylece çevre kirliliğinin en önemli kaynaklarından biri olan, benzinli motorların oluşturduğu zararlı egzoz emisyonlarının azalması sağlanabilecektir. Daha fazla teorik ve deneysel çalışma yapılarak alkol-benzin karışımlarının motorlarda kullanım olanaklarının artırılması sağlanabilir. Bu çerçevede aşağıda sıralanan hususlar ile ilgili daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

1. Özellikle metanol ve etanol benzin karışımları üzerine çalışmalar daha fazla sayıda olmasına rağmen etanol-metanol benzin karışımlarının motor performans ve egzoz emisyonları üzerine etkilerinin incelendiği daha fazla çalışma yapılmalıdır.
2. Alkol karışımlarının özellikle, motor performans ve egzoz emisyonu üzerine etkileri literatürde daha fazla araştırılmıştır. Alkollerin silindir içi yanma parametreleri üzerine etkileri üzerine yapılan çalışmalar daha sınırlı sayıdadır. Bu hususlar dikkate alınarak özellikle bu konular üzerine metanol-etanol-benzin karışımları için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.
3. Yapay sinir ağları ve genetik algoritma gibi optimizasyon yöntemleri kullanılarak motor performans ve egzoz emisyonları açısından optimum alkol oranlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.
4. Literatürde özellikle etanol, metanol ve bütanol gibi alkollerin benzinli karışımları üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu alkollerin diğer oktan artırıcı benzin katkı maddeleri ile ilişkileri ve motor performans ve egzoz emisyonu üzerine etkileri birlikte araştırılmamıştır. Bu konularda detaylı çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abdel-Rahman AA., Osman MM. (1997). Experimental Investigation on Varying the Compression Ratio of SI Engine Working under Different Ethanol Gasoline Fuel Blends, *Int. J. of Energy Research*, Cilt 21, 31-40.
- Abu-zaid M, Badran O, Yamin J, (2004). Effect of methanol addition on the performance of spark ignition engines. *Energy & Fuels*, 18(2): 312–315.
- Al-Dawood, A.M. (1998). Effect of Blending MTBE, Methanol, or Ethanol with Gasoline on Performance and Exhaust Emissions of SI engines, Master of Science in Mechanical Engineering, King Fahd University of Petroleum&Minerals, Dhahran, SAUDI ARABIA, UMI Number: 1398014.
- Al-Hasan, M. (2003). Effect of Ethanol-Unleaded Gasoline Blends on Engine Performance and Exhaust Emission, *Energ Conversion and Management*, 44:1547-1561.
- Alvydas Pikunas, Saugirdas Pukalskas & Juozas Grabys, (2003). Influence of composition of gasoline - ethanol blends on parameters of internal combustion engines, *Journal of KONES Internal Combustion Engines*, Sayı .10, 3-4.
- Arapatsakos I., Karkanis A. N. & Sparis P. D. (2003). Behavior of a small four-stroke engine using as fuel methanol – gasoline mixtures, *Society of Automotive Engineering*, SAE Paper, pp. 2003–32-0024.
- Bang-Quan, H., Jian-Xin, W., Ji-Ming, H., XiaoGuang, Y., Jian-Hua, X. (2003). A Study on Emission Characteristics of an EFI Engine with Ethanol Blended Gasoline Fuels, *Atmospheric Environment*, Cilt 37, No 7, 949-957.
- Bilgin, A., Sezer, İ., (2008). Effects of Methanol Addition to Gasoline Performance and Fuel Cost of a Spark Ignition Engine, *Energy Fuels*, 22 (4), 2782-2788.
- Çanakçı, M., Özsezen, A.N., Alptekin, E., Eyidoğan, M. (2012). Impact of Alcohol-Gasoline Fuel Blends on the Exhaust Emission of an SI. *Renewable Energy* 52, 111-117.
- Çelik, M. B., Özdalyan B., Alkan F. (2011). The use of pure methanol as fuel at high compression ratio in a single cylinder gasoline engine, *Fuel* 90, 1591-1598.
- Elfasakhany, A. (2015). Investigations on the effects of ethanol-methanol-gasoline blends in a spark-ignition engine: Performance and emissions analysis, *Engineering Science and Technology, an International Journal* 18, 713-719.
- Elfasakhany, A. (2016). Performance and emissions of spark-ignition engine using ethanol–methanol–gasoline, n-butanol–iso-butanol–gasoline and iso-butanol–ethanol–gasoline blends: A comparative study’’ *Engineering Science and Technology, an International Journal*, Volume 19 (4): 2053–2059.
- Guerrieri, D.A., Caffery, P.J., Rao, V. (1995). Investigation into The Vehicle Exhaust Emissions of High Percentage Ethanol Blends, *Society of Automotive Engineering*, SAE Paper No: 950777.
- Hamdan, M.A. and B.A. Jubran (1986). The effect of ethanol performance of diesel and petrol engines, *Dirasat*, vol.13, pp 229-244.
- Heywood, J. B., (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Mc Graw-Hill Book Company, Singapore.
- Holman, J. P. & Gajda W. J (1989). *Experimental Method For Engineering*, McGraw Hill, New York, NY, USA.

- İçingür, Y., Yamık, H., (2003). Metil ve Etil Esterlerin Dizel Yakıtı Olarak Kullanılma İmkânlarının Deneysel Olarak Araştırılması, *Politeknik Dergisi* 6, 459-464.
- Jia, L.W., Shen M.Q., Wang J., Lin M.Q. (2005). Influence of ethanol-gasoline blended fuel on emission characteristics from a four-stroke motorcycle engine, *J Hazard Mater A*, 123, pp. 29–34
- Lin, W.Y., Chang Y.Y., Hsieh Y.R. (2010). Effect of Ethanol-Gasoline Blends on Small Engine Generator Energy Efficiency and Exhaust Emission, *Journal of the Air & Waste Management Association* 60, 142-148.
- Ozsezen, N.& Canakci M. (2011). Performance and combustion characteristics of alcohole gasoline blends at wide-open throttle, *Fuel*, Vol. 36, pp. 2747-2752.
- Pukalskas, S. & Grabys J. (2003). influence of composition of gasoline - ethanol blends on parameters of internal combustion engines, *Journal of KONES Internal Combustion Engines* vol .10, 3-4.
- Pulkrabek, W. W. (1997). “Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine”, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Sileghem, L., Coppens A., Casier B., Vancoillie J., Verhelst S. (2014). Performance and emissions of iso-stoichiometric ternary GEM blends on a production SI engine, *Fuel* 117 286-293.
- Shanmugam, R.M., Saravanan N., Srinivasan L., Hosur V., Sridhar S. (2009). An Experimental Investigation on 1.4L MPFI Gasoline Engine to Study its Performance, Emission and Compatibility with E10 Fuel, in, SAE International.
- Shenghua, L., Clemente E. R. C., Tiegang H., Yanjv W. (2007). Study of spark ignition engine fueled with methanol/gasoline fuel blends, *Applied Thermal Engineering* 27 1904-1910.
- Turner, J.W.G., Pearson R.J., Dekker E., Iosefa B., Johansson K., Bergstrom K., (2013). Extending the role of alcohols as transport fuels using iso-stoichiometric ternary blends of gasoline, ethanol and methanol, *Appl. Energy* 102.
- Yanju, W., Shenghua L., Hongsong L., Rui Y., Jie L., Ying W. (2008). Effects of Methanol/Gasoline Blends on a Spark Ignition Engine Performance and Emissions, *Energy Fuel*, 22, 1254-1259.
- Yüksel, F., Yüksel, B. (2004). The Use of Ethanol-Gasoline Blend as a Fuel in an SI Engine. *Renewable Energy*, 29, 1181-1191.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Orhan Gürsel
Doğum Yeri : Artvin
Doğum Tarihi : 06.06.1983
Yabancı Dili : İngilizce, Almanca, Japonca

Eğitim Durumu

Lise : Erzurum Anadolu Lisesi 2001
Lisans : Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği
Bölümü 2010
Lisans : Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesi Kamu Yönetimi Bölümü 2016

