T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİ NESİL BENZİNLİ BİR TSI MOTORDA ALTERNATİF YAKIT KULLANIMININ MOTOR PERFORMANSI VE EMİSYONLARA ETKİSİ

Abdullah ÇALIŞIR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2020
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Abdullah ÇALIŞIR tarafından hazırlanan ***"YENİ NESİL BENZİNLİ BİR TSI MOTORDA ALTERNATİF YAKIT KULLANIMININ MOTOR PERFORMANSI VE EMİSYONLARA ETKİSİ"*** adlı tez çalışması **05/08/2020** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU	……..
Danışman Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU	……..
Üye Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN	……..
Üye Dr. Öğr. Üyesi Fatih AYDIN	……..

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİ NESİL BENZİNLİ BİR TSI MOTORDA ALTERNATİF YAKIT KULLANIMININ MOTOR PERFORMANSI VE EMİSYONLARA ETKİSİ

Abdullah ÇALIŞIR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU

2020, 51 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU
Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN
Dr. Öğr. Üyesi Fatih AYDIN

Bu çalışmada çeşitli alkol türevlerinin (n-bütanol ve izobütanol) benzin karışımları ile yeni nesil bir TSI motorda, farklı motor devirlerinde, motor performansı ve emisyonlar açısından karakteristiği incelenmiştir. Optimum seviyede emisyon, yakıt tüketimi, güç, tork değerleri elde edilmesine ilişkin en uygun çalışma şartlarının araştırılması öngörülmüştür. Günümüzde TSI teknolojisine sahip bir motorda farklı alkol karışımları ile ilgili ülkemizde herhangi bir araştırma olmadığı saptanmıştır. VW marka, 1.2 litre TSI motorda tam yük şartlarında, farklı devirlerde deneyler yapılmıştır.

Deneysel çalışmaların birinci aşamasında; benzin şahit yakıt olarak kullanılmış, n-bütanol ve izobütanol %3 ve %5 olarak farklı karışımlarda harmanlanarak motorda denenmiştir.

Maksimum efektif güç değeri farklı yakıt karışımları için 3500, 4000 ve 4500 d/d'da ölçülmüştür. En yüksek efektif güç değeri 49,13 kW olarak 95 oktan benzin yakıtında 3500 d/d'da ölçülmüştür. Diğer yakıtlarda en yüksek efektif güç değerleri, N5 yakıtında 4000 d/d'da 47,16 kW, I5 yakıtında 4500 d/d'da 46,53 kW, I3 yakıtında 4500 d/d'da 44,78 kW ve N3 yakıtında 4000 d/d'da 44,51 kW ölçülmüştür. En yüksek motor momenti 2000 d/d'da; 95 oktan benzin yakıtında 166,75 Nm, N5 yakıtında 149,82 Nm, N3 yakıtında 138,23 Nm, I5 yakıtında 134,40 Nm, I3 yakıtında 133,61 Nm olarak ölçülmüştür. Ölçülen motor momenti değerleri tüm yakıtlarda 2000 d/d'ya kadar artmış ve maksimum seviyeye ulaşmıştır.

Anahtar Kelimeler: alternatif yakıtlar, izobütanol, n-bütanol, TSI motor

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECT OF ALTERNATIVE FUEL USE ON A NEW GENERATION GASOLINE TSI ENGINE ON ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS

Abdullah ÇALIŞIR

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN AUTOMOTIVE ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU

2020, 51 Pages

Jury
Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU
Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN
Asts. Prof. Dr. Fatih AYDIN

In this study, gasoline mixtures of various alcohol derivatives (n-butanol and isobutanol) have been analyzed in different engine speeds on a new generation TSI engine in terms of engine performance and emissions. It is envisaged to investigate the most suitable working conditions for obtaining optimum level of emissions, fuel consumption, power, torque. Today, it has been determined that there is no research in our country about different alcohol mixtures in an engine with TSI technology. Experiments have been carried out in full throttle operational conditions and different engine speeds in a VW brand, 1.2 liter TSI engine.

In the first stage of experimental studies; gasoline was used as replicate sample fuel, n-butanol and isobutanol were blended in different mixtures as 3% and 5% and tested in the engine.

The maximum brake effective power value is measured at 3500, 4000 and 4500 rpm for different fuel mixtures. The highest brake effective power value was measured as 49.13 kW at 3500 rpm for RON 95 gasoline fuel. Values measured in other fuels are 47.16 kW at 4000 rpm for N5 fuel, 46.53 kW at 4500 rpm for I5 fuel, 44.78 kW at 4500 rpm for I3 fuel and 44.51 kW at 4000 rpm for N3 fuel. The highest engine torque at 2000 rpm; was measured as 166.75 Nm for RON 95 gasoline fuel, 149.82 Nm for N5 fuel, 138.23 Nm for N3 fuel, 134.40 Nm for I5 fuel, and 133.61 Nm for I3 fuel. The measured engine torque values increased up to 2000 rpm in all fuels and reached the maximum level.

Keywords: alternative fuels, isobutanol, n-butanol, TSI engine

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, TSI motorda benzin yerine kullanılabilecek alternatif yakıt denemeleri yapılarak, güncel ve yüksek teknolojili yanma sistemlerine sahip motorlarda yakın gelecekte yenilenebilir kaynaklardan üretilen yakıt kullanımının yaygınlaşması, ülkemizin ithalatında büyük bir yer kaplayan mineral yakıtlar için ayrılan kaynaklardan tasarruf edilerek, başkaca ihtiyaçlara daha çok kaynak ayrılabilmesi ve bu amaçla yapılan çalışmalara katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Eğitim hayatımın başlangıcından bu yana, hayatı boyunca nasihatleri ve öğretileriyle bana rehber olan rahmetli babam Nezir Çalışır' a, bu günlere gelebilmemde büyük emeği olan anneme, kardeşlerime ve desteğini her an yanımda hissettiğim eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Selçuk Üniversitesindeki lisans eğitimimde kendileriyle tanıştığım ve devamında yüksek lisans eğitimimde de tecrübelerinden faydalanma onuruna eriştiğim, çalışmalarımda benden yardımını bir an için bile esirgemeyen hocalarım, başta danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa Acaroğlu'na, Sayın Prof. Dr. Hasan Aydoğan'a, Sayın Doç. Dr. Abdullah Engin Özçelik'e ve deney çalışmalarım esnasında yardımcı olan değerli arkadaşım Sayın Öğr. Gör. Mehmet Selman Gökmen'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Abdullah ÇALIŞIR
KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **ix**

ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **x**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xi**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **18**

3.1. Testle İlgili Ekipmanlar 18
3.2. Yakıt Hammaddeleri 18
3.3. Yakıt Karışımları 19
3.4. Deney Motoru 20
3.4.1. Deney motoruna ait önemli teknik özellikler 21
3.5. Hidrolik Dinamometre 22
3.6. Elektronik Terazi 23
3.7. Egzoz Gazları Analiz Cihazı 24
3.8. Silindir İçi Basınç Ölçümü 25

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **27**

4.1. Efektif Güç Değerlerinin Karşılaştırılması 27
4.2. Motor Momenti Değerlerinin Karşılaştırılması 28
4.3. Özgül Yakıt Tüketimi Değerlerinin Karşılaştırılması 29
4.4. Karbon monoksit (CO) Emisyonlarının Karşılaştırılması 30
4.5. Hidrokarbon (HC) Emisyonlarının Karşılaştırılması 31
4.6. Azot oksit (NO_x) Emisyonlarının Karşılaştırılması 32
4.7. Silindir İçi Basınç Değerlerinin Karşılaştırılması 33
4.8. Deney Sonuçlarının Literatürdeki Bazı Çalışmalarla Karşılaştırılması 38
4.8.1 Efektif güç değerlerinin literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması 38
4.8.2 Motor momenti değerlerinin literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması 39
4.8.3 Özgül yakıt tüketimi değerlerinin literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması 39
4.8.4 Karbon monoksit (CO) emisyonlarının literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması 40
4.8.5 Hidrokarbon (HC) emisyonlarının literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması 40

4.8.6 Azot oksit (NO_x) emisyonlarının literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması 41

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 42

KAYNAKLAR 46

ÖZGEÇMİŞ 51

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan TSI motor
Şekil 3.2. Deney motorunun görünüşü
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan hidrolik dinamometre
Şekil 3.4. Dinamometrenin kontrol panosu
Şekil 3.5. Dinamometrenin üzerinde bulunan yük hücresi
Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan elektronik terazi
Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan egzoz gazları analiz cihazı
Şekil 3.8. Silindir içi basıncı için AVL Concerto programı
Şekil 3.9. Silindir içi basıncı için AVL Indicom programı
Şekil 4.1. N-bütanol ve izobütanolün benzin ile karışımlarından elde edilen efektif güç değerleri
Şekil 4.2. N-bütanol ve izobütanolün benzin ile karışımlarından elde edilen motor momenti değerleri
Şekil 4.3. N-bütanol ve izobütanolün benzin ile karışımlarından elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri
Şekil 4.4. N-bütanol ve izobütanolün benzin ile karışımlarından elde edilen % CO emisyon değerleri
Şekil 4.5. N-bütanol ve izobütanolün benzin ile karışımlarından elde edilen HC emisyon değerleri
Şekil 4.6. N-bütanol ve izobütanolün benzin ile karışımlarından elde edilen NO_x emisyon değerleri
Şekil 4.7.1. 95 oktan benzin yakıtı ile yapılan deneye ait silindir içi basınç grafiği
Şekil 4.7.2. N3 yakıtı ile yapılan deneye ait silindir içi basınç grafiği
Şekil 4.7.3. N5 yakıtı ile yapılan deneye ait silindir içi basınç grafiği
Şekil 4.7.4. I3 yakıtı ile yapılan deneye ait silindir içi basınç grafiği
Şekil 4.7.5. I5 yakıtı ile yapılan deneye ait silindir içi basınç grafiği

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Yakıt karşılaştırma çizelgesi
Çizelge 3.1. Deney motorunun teknik özellikleri
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan hidrolik dinamometrenin teknik özellikleri
Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan elektronik terazinin özellikleri
Çizelge 3.4. Bosch BEA 350 egzoz emisyon cihazı teknik özellikleri

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

%	: Yüzde
B100	: %100 Biyodizel
B7	: %7 Biyodizel + %93 Dizel
CO	: Karbon monoksit
CO_2	: Karbondioksit
d/d	: Devir / Dakika
E0	: Saf Kurşunsuz Benzin
E10	: %10 Etanol + %90 Benzin
E10B10	: %10 Etanol + %10 İzobütanol + %80 Benzin
E10B15	: %10 Etanol + %15 İzobütanol + %75 Benzin
E10B5	: %10 Etanol + %5 İzobütanol + %85 Benzin
E15	: %15 Biyoetanol + %85 Eurodizel
E20	: %20 Etanol + %80 Benzin
E30	: %30 Etanol + %70 Benzin
E4	: %4 Biyoetanol + %96 Eurodizel
E40	: %40 Etanol + %60 Benzin
E5	: %5 Etanol + %95 Benzin
E50	: %50 Etanol + %50 Benzin
E60	: %60 Etanol + %40 Benzin
E85	: %85 Etanol + %15 Benzin
EGR	: Egzoz Gazları Resirkülasyonu
F10	: %10 Fuzel yağı + %90 Benzin
F20	: %20 Fuzel yağı + %80 Benzin
F30	: %30 Fuzel yağı + %70 Benzin
F5	: %5 Fuzel yağı + %95 Benzin
H/Y	: Hava / Yakıt
H2.5	: %2.5 Hidrojen + %97.5 Biyodizel
HC	: Hidro Karbon
I3	: %3 İzobütanol + %97 Benzin
I5	: %5 İzobütanol + %95 Benzin
KMA	: Krank Mili Açısı
kW	: kiloWatt
M10	: %10 Metanol + %90 Benzin
M20	: %20 Metanol + %80 Benzin
M30	: %30 Metanol + %70 Benzin
M5	: %5 Metanol + %95 Benzin
MPa	: Megapascal
N3	: %3 N-bütanol + %97 Benzin
N5	: %5 N-bütanol + %95 Benzin
Nm	: Newton Metre

NO_x	: Azot Oksit
O_2	: Oksijen
ppm	: Milyonda Bir Parçacık
rpm	: Devir / Dakika

1. GİRİŞ

Enerji, insanoğlunun dünyada var oluşundan bu yana yeme, içme, barınma gibi ihtiyaçlarından sonra en temel gereksinimlerinden biri olarak benimsenmiştir. Enerji, endüstride kullanımının yanında, genellikle ısınma, ulaşım gibi ihtiyaçları karşılamak için kullanılmaktadır. Elde ediliş biçimine göre fosil ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır.

Fosil yakıtlar, dünya genelinde birincil enerji tüketiminde her zaman büyük bir paya sahip olmuştur. Toplam fosil yakıt tüketimi 1995-2015 yılları aralığında yaklaşık olarak %51 oranında artmış ve 2015-2035 döneminde ise tüketimin yaklaşık %18 daha fazla artacağı tahmin edilmektedir (Yıldız, 2018).

Mevcut fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olması ve tüketimin sürekli artması sonucu, günümüz dünyasında söz sahibi olan ve gelişmekte olan ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri alternatif kaynak temini için çeşitli faaliyetler yürütmektedirler. Bu faaliyetlerden en önemlisi de yeryüzünde sınırlı bulunan, fosil kaynakların kullanımını azaltmak ve yerine, yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarının kullanımını artırmaktır. Fosil yakıtların kullanım oranını azaltmaktaki başlıca sebeplerden biri de çevreye yaydığı zararlı emisyonlardır.

Zararlı emisyonların etkisini azaltmak için Avrupa Birliği ülkeleri, sayılı emisyon standartları yayınlamakta ve otomotiv sektöründeki üreticiler de emisyon oluşturucu faktörleri sınırlandıracak çeşitli teknolojik atılımlar ve ar-ge çalışmaları yapmaktadır. Bu çalışmalar genelinde yakıt tüketimini azaltarak emisyon oluşumunu, tüketilen yakıta oranla hacimce azaltmak ve oluşan zararlı emisyonları, daha az zararlı olduğu düşünülen başkaca emisyonlara dönüştürmek gibi metotlar geliştirilmiştir.

Alternatif yakıtların kullanımının yaygınlaşmasının başlıca sebeplerinden olduğu düşünülen fosil yakıtların çevreye yaydığı zararlı emisyonlar neticesinde, birçok ülke özellikle dizel yakıtların kullanımını ve emisyon oranlarını sınırlandırmıştır.

Emisyon sınırlarını tutturmada başarılı olamayan ülkeler arasında Fransa, İngiltere ve İtalya da bulunmaktadır. Fransa, fosil yakıtla çalışan araçların kullanımının 2040 yılı ile birlikte yasaklanacağını bildirirken, İngiltere ise hibrit taşıt özelliğine sahip olmayan dizel araçların 2040 yılı sonrasında satışına izin verilmeyeceğini açıklamıştır (Dalaman, 2018).

Fosil kaynaklı yakıtlar, sürdürülebilir olmadığı için yenilenemez olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca çevreye yaydığı zararlı emisyonlar sebebiyle de çevreye daha az zararlı ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilen alternatif yakıtların kullanımının yaygınlaştırılması için araştırma geliştirme faaliyetleri yürütülmektedir.

Dünyadaki fosil yakıt rezervleri sınırlıdır ve fosil yakıtlara alternatifler bulmak için yoğun araştırmalar yapılmıştır. Bu nedenle, araçlarda fosil olmayan kaynakların kullanılmasıyla ilgili artan bir ilgi vardır. Biyoyakıt, azalan fosil yakıt kaynaklarını desteklemek için önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Alkoller önemli bir biyoyakıt çeşididir. Etanol ve metanol, araçlar için alternatif yakıtlar olarak iyi birer aday olmuştur, çünkü bunlar sıvıdır ve benzine benzer fiziksel ve yanma özelliklerine sahiptirler (Iliev, 2015).

Kıvılcım ateşlemeli motorlarda alternatif yakıt olarak benzin ile çeşitli oranlarda karışımları çokça kullanılan etanol, ne yazık ki, düşük enerji içeriği, higroskopik (nem tutucu) davranışı ve kimyasal agresiflik gibi olumsuz özellikler sergilemektedir.

Ayrıca etanolün mevcut durumda gıda kaynaklarından üretiliyor olması, gıda sektöründeki fiyatları etkileyeceğinden, etanol üretiminde gıda dışı tarım kaynaklarının dikkate alınması gerekmektedir.

Etanole göre umut vaat eden bir alternatif olarak, dört karbonlu bir alkol olan bütanol, dört farklı izomere sahiptir (n-bütanol, 2-bütanol, izobütanol, tert-bütanol) ve bunlardan n-bütanol ve izobütanol kıvılcım ateşlemeli içten yanmalı motorlarda kullanılabilmektedir (Fenkl ve ark., 2016).

Bütanol, birincil alkoller arasında, benzine oldukça benzeyen, uygun kimyasal ve fiziksel özellikleri nedeniyle en umut verici alternatif yakıt adayı olarak kabul edilmektedir. Bütanol, herhangi bir oranda benzinle tamamen karışabilir ve kararlı bir karışım oluşturabilmektedir. Doğada, higroskopik değildir, bu nedenle etanol ve metanol gibi atmosferdeki nemi emmez, bu da onu üstün bir alternatif yakıt haline getirmektedir (Singh ve ark., 2015).

Aşağıdaki Çizelgede, mevcut tez çalışmasında deneylerde kullanılan n-bütanol, izobütanol ve benzine ait kimyasal özellikler gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Yakıt karşılaştırma çizelgesi (Elfasakhany, 2016)

Özellik	**Benzin**	**İzobütanol**	**N-bütanol**
Kimyasal formülü	C_8H_{15}	C_4H_9OH	C_4H_9OH
C,H,O içeriği %	86, 14, 0	65, 13.5, 21.5	65, 13.5, 21.5
Alt ısıl değeri (MJ/kg)	43.5	33.3	33.1
Gizli ısı (kJ/kg)	223.2	474.3	582
Stokiyometrik hava/yakıt oranı	14.6	11.1	11.2
Oksijen içeriği %	0.0	21.6	21.6
Yoğunluk (kg/m^3)	760	802	810
38 °C'de doyma basıncı (kPa)	31	2.3	2.27
Parlama noktası (°C)	-38 ila -45	28	35
Kendiliğinden tutuşma derecesi (°C)	420	415	385
Kaynama noktası (°C)	25-215	108	117.7
Araştırma oktan sayısı (RON)	95	113	94-96
Suda çözünebilirlik (ml/100 ml H_2O)	<0.1	10.6	7.7

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Hamdan ve Jubran (1986), benzin ve dizel yakıtlarının içerisindeki etanolün yüzdesel miktarının motor performansına etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda en iyi performans %5 etanol eklendiğinde elde edilmiştir. Termal verimde ise düşük hızlarda %4, yüksek hızlarda ise %21'e varan iyileşmeler olduğunu gözlemlemişlerdir.

Çıtıroğlu (1990), benzin ile %96 saflıktaki etanolün değişik oranlarda elde edilen karışımların motor performansına etkisini incelemiştir. Araştırmada, Lombardını LA 205 model, tek silindire sahip, içten yanmalı bir motorda denemeler yapmıştır. Benzine, denemeler sırasında %6, %10, %17, %20.5, %26.5, %31 ve %50 karışım oranlarında etanol eklemiştir. Her karışım oranında, moment, güç, özgül yakıt tüketimi ve ısıl verim değerleri belirlenerek, bu değerler %100 benzinle çalışmada elde edilen değerlerle karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sonunda, %6 ile %10 karışım oranındaki değerlerin dışındaki moment ve güç değerlerinde benzinle elde edilen değerlere göre, azalma gözlemiştir. Buna karşılık, özgül yakıt tüketimi ve ısıl verim değerlerinin, karışımların kullanıldığı denemelerde, arttığı gözlemiştir. Denemelerde, %31 etanol-%69 benzin karışımının, motorun performans değerleri açısından, en uygun karışım olduğu gözlemiştir. Küçük güçlü içten patlamalı motorlarda, etanol-benzin karışımının, %31 etanol- %69 benzin oranlarına kadar motorda yapısal bir değişiklik yapmadan kullanılabilirliği sonucunu elde etmişlerdir.

Guerrieri ve ark. (1995), çalışmalarında, hacimsel içeriği %10 ve %40 aralığında etanol olan benzin karışımlarının egzoz emisyonlarına etkisini araştırmışlardır. Bu çalışma sonunda en yüksek etanol içeren karışımda CO emisyonunda %50, HC emisyonunda %30 ve yakıt sarfiyatında ise %15 azalma olduğu belirlenmiştir.

Abdel-Rahman ve Osman (1997), yaptıkları çalışmalarda hacimsel olarak %10, %20, %30 ve %40 etanol içeriğine sahip, etanol-benzin karışımları ile yaptıkları deneylerde, farklı sıkıştırma oranları kullanımının motorun performansı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Testlerde kullanmak üzere hazırlanan karışımlar 72 saat bekletilip incelendiğinde faz ayrışmasının bulunmadığını gözlemlemişlerdir. Motor tam gaz yük durumundayken ve motor devri 2150 d/d iken farklı sıkıştırma oranları kullanarak indikatör diyagramında gerçekleşen değişimi incelemişlerdir. Sıkıştırma oranı 10:1 iken yapılan ölçümlerde %10 etanol içeriğine sahip karışım ile ölçülen indike basıncın benzine kıyasla %10 oranında yüksek sonuç elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Diğer karışımlarla elde edilen silindir içi basınç değerlerinin azaldığını ve deneyde kullanılan yakıtların oktan sayılarına göre elde ettikleri değerleri karşılaştırdıklarında, sırasıyla en iyi sıkıştırma oranının %10 etanol karışımında 8:1, %20 etanol karışımında 10:1, %30 etanol karışımında 12:1, %40 etanol karışımında ise 12:1 sıkıştırma oranı kullanımının uygun olduğunu bildirmişlerdir. Gerçekleştirdikleri bu deneyler sonucunda, benzine etanol eklendiğinde oktan sayısının arttığını, etanole ait buharlaşma ısısının benzine oranla daha yüksek derecede olması sebebiyle, etanol eklenmesinin karışımlara ait ısıl değeri azaltması sonucu performansı olumsuz olarak etkilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca, etanol-benzin karışımları kullanarak farklı sıkıştırma oranlarında yaptıkları çalışmalarda %10 etanol içeren karışımın maksimum silindir gaz basıncının benzine oranla daha yüksek olduğunu, kullanılan diğer karışımlarda ise benzine ait maksimum silindir gaz basıncının etanole kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Al-Dawood (1998), yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında deneysel olarak buji ile ateşlemeli bir motorda, metanol benzin ve etanol benzin karışımları kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemiştir. Çalışma sonunda elde edilen verilerde alkol karışımlarının ısıl verimlerinin benzine oranla daha iyi olduğu, metanol karışımlı yakıt ile yapılan deneylerde elde edilen ısıl verimin etanol benzin karışımlarına göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Hsieh ve ark. (2002), yaptıkları çalışmalarda, 1.6 litre silindir hacmi ve 9.5:1 sıkıştırma oranı kullanılan buji ile ateşlemeli içten yanmalı bir motorda hacimsel olarak %5, %10, %20 ve %30 etanol içeriğine sahip benzin karışımlarını yakıt olarak kullandıklarında, motor performansı ve egzoz emisyonlarındaki değişimleri gözlemlemişlerdir. Motor momenti ölçümleri sonucu çıkan değerleri incelediklerinde, etanol-benzin karışımları kullanıldığında elde edilen değerlerin yalnızca 1000, 2000, 3000 ve 4000 d/d motor devirlerinde yaptıkları deneylerde benzin kullanarak elde ettikleri değerlere yakın sonuçlar olduğunu, daha yüksek motor devirlerinde ise moment değerinin düşme eğiliminde olduğunu gözlemlemişlerdir. Bunun sebebinin, içeriğinde oksijen olan etanolün benzin ile karışması sonucu silindir içine gönderilen yakıtın fakirleşmesinden dolayı oluştuğunu belirtmişlerdir. 3000 d/d sabit motor devrinde, değişken gaz kelebek açıklıkları ile yaptıkların egzoz emisyon ölçümlerinde, CO ve HC emisyon değerlerinin, karışımdaki etanol içeriğinin artması durumunda azaldığı, bu durumun sebebinin hava fazlalık katsayısının karışımdaki etanol miktarının artmasıyla doğru orantılı olarak yükselmesi ve böylelikle tam yanmanın gerçekleşmesi sonucu olduğu ve belirtilen emisyon değerlerinin düşük çıktığı bildirilmiştir. NO_x emisyon

değerlerindeki değişim ile yakıt çeşitleri arasında belirli bir ilişki kuramadıklarını, NO_x emisyonlarının motorun çalışma parametrelerine bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir.

Al-Hasan (2003), tarafından yapılan çalışmada buji ateşlemeli içten yanmalı motorlarda kurşunsuz benzin ve etanol karışımları kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneylerde 4 zamanlı, 4 silindire sahip, 9:1 sıkıştırma oranı kullanılan, buji ateşlemeli, Toyota Tercel-3A marka motor kullanılmıştır. Deneylerde kurşunsuz benzin ve etanol karışımları farklı yüzdelerde kullanılmıştır. Bu sebeple on farklı kurşunsuz benzin ve etanol yakıt karışımı hazırlanmıştır. Her yakıt karışımı hazırlanırken etanol miktarı %2.5 oranında artırılarak %0-25 aralığındaki yakıt karışımlarında %99 saflığa sahip etanol kullanılmıştır. Motor denemeleri 3/4 gaz kelebeği açıklığı kullanılarak ve 1000 d/d ila 4000 d/d aralığında çeşitli motor devirlerinde yapılmış, H/Y oranı, yakıt tüketimi, volumetrik verim, termik verim, güç, motor torku ve özgül yakıt tüketimi gibi performans testleri ile CO, CO_2 ve yanmamış HC yönünden egzoz emisyonları incelenmiştir. Kurşunsuz benzin-etanol ile karıştırıldığında güç, tork, volumetrik verim ve termik verimin arttığı, yakıt tüketimi ile özgül yakıt tüketimi ve H/Y oranının azaldığı görülmüştür. Egzozdaki HC ve CO emisyonları azalırken, CO_2 konsantrasyonu artmıştır. Tüm motor hızlarında ölçülen tüm parametrelerde en iyi sonuç %20 etanol karışımlı yakıttan elde edilmiştir.

Arapatsakos ve ark. (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 tüketimini arttığını, CO ve HC emisyonlarının ise azaldığını göstermiştir.

He ve ark. (2003), çalışmalarında katalitik konvertör öncesinde yaptıkları ölçümlerde etanol ve benzin karışımının kullanıldığı durumlarda yanmamış HC emisyonunda kayda değer bir azalma olduğu belirtilmiş, CO ve NO_x emisyon değerlerinde ise ciddi bir azalmanın olmadığı bildirilmiştir.

Pikonas ve ark. (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 tüketiminde hafif bir artış olduğunu göstermiştir.

Abu-Zaid ve ark. (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 motor performansı değerlerinin %15 metanol ve %85 benzin karışımı kullanımında ölçüldüğü gözlemlenmiştir.

Wu ve ark. (2004), çalışmalarında %0, %5, %10, %20 ve %30 etanol içeriğine sahip benzin-etanol karışımları kullanımının, çeşitli hava fazlalık katsayısı değerlerinde motor performansı ve emisyonlara etkisini araştırmışlardır. %30 etanol içeriğine sahip yakıt ile yaptıkları çalışmada motor momenti değerinin yaklaşık %4 oranında arttığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, karışımdaki alkol miktarını artırdıklarında CO, CO_2 ve HC emisyonlarının azaldığını söylemişlerdir.

Bayraktar (2005) çalışmasında, %1.5, 3, 4.5, 6, 7.5 ,9 ,10.5 ve 12 oranlarında etanol içeren benzin karışımları kullanarak yaptığı deneylerde, buji ile ateşlemeli bir motorda benzin-etanol karışımları kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerini deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Deneyler her bir karışım için 7.75 ve 8.25 sıkıştırma oranlarında ve çeşitli motor devirlerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre yakıt içerisindeki alkol oranının artması ile CO emisyon değerinin azaldığı, özgül yakıt sarfiyatının ise arttığı belirtilmiştir. Sıkıştırma oranının artması ile de efektif verimin arttığı gözlemlenmiştir.

Ceviz ve Yüksel (2005) yaptıkları çalışmada etanol-kurşunsuz benzin karışımı kullanımının buji ile ateşlemeli motorlardaki çevrimsel değişkenlik ve emisyon değerleri üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, etanol-kurşunsuz benzin karışımının yakıt olarak kullanımının yakıt karışımındaki etanolün hacimce %10'una kadar CO_2 konsantrasyonu artarken indike ortalama efektif basınç değişim katsayısını, CO ve HC emisyon konsantrasyonların azaldığını göstermektedir. Diğer tarafta bu yakıt karışım seviyesinden sonra adı geçen parametreler üzerine ters etki gözlenmiştir. En iyi sonuçları hacimce %10 etanol oranında almışlardır.

Topgül (2006) çalışmasında kurşunsuz benzin (E0) ve kurşunsuz benzin-etanol karışımları (E10, E20, E40 ve E60) kullanımının motor performansı ve egzoz emisyon değerlerindeki etkisini deneysel olarak incelemiştir. Araştırma tek silindire sahip, 4 zamanlı ve buji ateşlemeli Hydra marka motor üzerinde yapılmıştır. Deney değişik sıkıştırma oranları (8:1, 9:1 ve 10:1) ve ateşleme zamanında 2000 d/d sabit motor devrinde tam gaz kelebeği açıklığında yapılmıştır. Deney sonuçları kurşunsuz benzin ile etanol karışımlarının fren torkunu biraz artırdığını ve CO ve HC emisyonlarını azalttığını göstermiştir. Ayrıca etanol karışımları vuruntu yapmadan sıkıştırma oranının artırılmasına izin vermektedir.

Yücesu ve ark. (2006), etanol ve benzin karışımları kullanımının farklı sıkıştırma oranlarında motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yapılan çalışmada 4 zamanlı, tek silindirli, değişken sıkıştırma oranlı, buji ateşlemeli Hydra marka motorda tam yük ve en iyi tork için minimum ateşleme avansında, Stokiyometrik H/Y oranında, sıkıştırma oranının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkileri test edilmiştir. Deney sonucunda 2000 d/d'da motor momenti ve özgül yakıt sarfiyatında, sıkıştırma oranı arttıkça iyileşme görülmüştür. 3500 d/d'da ise iyileşme miktarı daha da artmaktadır. Bununla birlikte tüm devir ve sıkıştırma oranlarında CO ve HC emisyonlarında azalma görülmüştür. Özellikle E40 ve E60 yakıtlarında egzoz emisyonlarında önemli azalmalar olmuştur. E60 yakıtı kullanıldığında 5000 d/d motor devrinde HC emisyonlarında %16,45 azalma görülmüştür.

Bilgin ve Sezer (2008) çalışmalarında, metanol ve benzin karışımlarının buji ile ateşleme sistemine sahip bir motorun performansı ve yakıt maliyetleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. %5, %10, %15 ve %20 metanol-benzin yakıt karışımları kullanarak yaptıkları çalışmanın sonucunda fren termik veriminin %20 metanol-benzin karışımında en yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca %5, %10, %15 ve %20 metanol-benzin karışımlarının maliyet artışlarının benzine oranla sırasıyla %18.86, %36.95, %54.20 ve %73.01 oranında olduğu hesaplanmıştır.

Çelik ve Çolak (2008), değişken sıkıştırma oranına sahip bir motorda yaptıkları çalışmada, saf etanol kullanımının motor performansı ve emisyonlara etkisini incelemişlerdir. Deneysel çalışmalarında buji ile ateşlemeli, dört zamanlı, tek silindirli, değişken sıkıştırma oranına sahip bir motor kullanmışlardır. Deneylerde motor 6/1 sıkıştırma oranında benzin ve etanol ile 8/1 ve 10/1 sıkıştırma oranında etanol ile çalıştırılarak ölçümler yapılmıştır. Deneylerde elde edilen sonuçlara göre 6/1 sıkıştırma oranında etanol kullanımında benzine kıyasla önemli bir güç kaybı olmaksızın CO, CO_2 ve NO_x emisyon değerlerinde azalmalar olduğunu belirtmişlerdir. Sıkıştırma oranını 10/1'e kadar artırdıklarında, etanolün benzine oranla %25 güç artışı sağladığını ve CO, CO_2 ve NO_x emisyon değerlerinde sırasıyla %41, %21 ve %26 oranında azalma olduğunu, HC emisyonunda %40 artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Etanolün alt ısıl değerinin düşük olması sebebiyle etanol miktarının artmasıyla özgül yakıt sarfiyatının da arttığı görülmüştür. Sonuçlara göre; motorlarda yüksek sıkıştırma oranında etanol kullanıldığı zaman, motor performansının önemli düzeyde arttığı ve emisyonların azaldığı belirlenmiştir.

Aktaş (2009), yaptığı deneylerde, benzin-biyodizel ve benzin-biyodizel-etanol karışımları kullanımının buji ile ateşlemeli, tek silindire sahip bir motorun performans ve emisyonlarına etkisini incelemiştir. Deneyleri 1800 d/d sabit motor hızında, tam yükte öncelikle saf benzin kullanarak, sonrasında benzine hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 etanol ilavesiyle gerçekleştirmiştir. %5 soya biyodizel-%95 benzin ve %10 soya biyodizel-%90 benzin ile oluşturdukları karışımlara, sırasıyla %5, %10, %15 ve %20 oranında etanol karıştırarak denemeleri tamamlamıştır. Yakıt sarfiyatı, kuvvet, egzoz gaz sıcaklığı değerlerini performans parametreleri olarak ve CO, HC, NO_x ve H/Y oranı değerlerini de emisyon göstergeleri olarak belirlemiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde; benzine %10 oranda biyodizel ilave edildiği zaman tork ve güçte %10.5 oranında azalma ve özgül yakıt tüketiminde ise %13 oranında artışın görüldüğü belirtilmiştir. Ayrıca, CO emisyonun değerinin de bir miktar düştüğü, fakat HC ve NO_x emisyon değerlerinin bir miktar arttığı gözlemlenmiştir. Benzin ve %5 soya dizel karışımına %20 etanol eklendiğinde motor performansında %50 ve CO emisyon değerindeki %47 azalmaya rağmen, NO_x emisyon değerinde %46 oranında artış gerçekleştiği belirlenmiştir. En iyi performans ve emisyon değerlerinin %15-20 etanol ilave edilen %10 soya dizel-%90 benzin yakıt karışımında ölçüldüğü saptanmıştır.

Koç ve ark. (2009), çalışmalarında, %50 etanol-%50 kurşunsuz benzin (E50), %85 etanol-%15 kurşunsuz benzin (E85) karışımları ile saf kurşunsuz benzin (E0) kullanımının, farklı sıkıştırma oranlarındaki (10:1 ve 11:1) motor performansı ve kirletici emisyonlara etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Deneyler sırasında dört zamanlı, buji ile ateşlemeli, tek silindire sahip bir motor kullanmışlardır. Motor devrini, gaz kelebeği tam açık konumda 1500 ile 5000 d/d aralığında değiştirmişlerdir. Motor test sonuçlarına göre, kurşunsuz benzinde etanol miktarının artması motor torkunu, gücü, yakıt tüketimini arttırmış ve karbon monoksit (CO), nitrojen oksit (NO), hidrokarbon (HC) emisyonlarını düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Ayrıca uygun sıkıştırma oranı yükseltmelerinde, etanol-benzin karışımlarının vuruntusuz çalıştığını tespit etmişlerdir. Sıkıştırma oranı 10:1 iken E50'nin torku 3000 d/d'ya kadar E85'den yüksek iken 3000 d/d'dan sonra E85'den düşük sonuç verdiğini görmüşlerdir. HC emisyon oranlarının yüksek motor devirlerinde E0, E50 ve E85'in birbirine yaklaştığı görmüşlerdir.

Balaji ve ark. (2010), çalışmalarında, izo-bütanol ve etanolün farklı oranları ile benzinin harmanlandığı yakıt karışımlarıyla yaptıkları denemelerde, dört zamanlı tek silindirli bir motor kullanmışlardır. Deneylerin sonucunda, CO ve HC emisyonlarının

azaldığını ve NO_x konsantrasyonunun arttığını gözlemlemişlerdir. Benzine %5 izobutanol ve %10 etanol eklediklerinde, tüm motor tork değerlerinde ölçülen parametreler için en iyi sonuçları gözlemlemişlerdir.

Aydoğan (2011), doktora çalışmasında yaptığı deneylerde çeşitli oranlarda hazırladığı biyoetanol ve dizel karışımlarının, dizel bir motorda motor performansı ve emisyonlara etkisini araştırmıştır. Deney sonuçlarına göre, en yüksek motor momentini E10 (%10 biyoetanol, %90 eurodizel) yakıt karışımı kullanımında ölçmüştür. En yüksek motor gücünü ise E4 (%4 biyoetanol, %96 eurodizel) yakıt karışımında ölçmüştür. Yaptığı çalışmalar sonucunda E15 (%15 biyoetanol, %85 eurodizel) oranına kadar biyoetanol ve dizel yakıt karışımlarının, dizel motorda, motor üzerinde herhangi bir değişiklik yapmaya gerek duymaksızın kullanılabileceğini belirtmiştir.

Aydogan ve Acaroglu (2011), çalışmalarında, dizel bir motorda gerçekleştirdikleri denemelerde, biyoetanol ve eurodizel karışımlarının yakıt olarak kullanımının motor performansı ve emisyonlara etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda hacimsel olarak %2 ve %5 oranında biyoetanol kullanımının motor gücü ve motor momentinde bir miktar azalmaya sebep olduğunu, ayrıca %5 oranına kadar biyoetanol karışımı ile oluşturulan dizel yakıtının motorda herhangi bir değişiklik yapılmadan kullanılabildiğini belirtmişlerdir.

Eyidoğan ve ark. (2011) kurşunsuz benzin, %5, %10 oranında etanol-benzin (E5, E10) ve %5, %10 oranında metanol-benzin (M5, M10) karışımlarının kullanıldığı bir taşıt ile yaptıkları deneysel çalışmalarda, bu yakıtların performans, yanma ve egzoz emisyon değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deneyler sırasında dört silindire sahip, dört zamanlı, buji ateşlemeli motora sahip bir taşıt, elektromanyetik şasi dinamometresi üzerine çıkarılmıştır. Deneysel çalışmalar 80 km/h sabit taşıt hızında ve tam gaz yük durumunda gerçekleşmiştir. E5, E10, M5 ve M10 yakıt karışımları kullanımında elde edilen sonuçlar, benzin ile yapılan deneylerdeki taşıt test verileri referans alınarak karşılaştırılmıştır. Tüm yakıtlar tam yük durumunda birbirine yakın tekerlek gücü değerleri üretmiştir. Ayrıca, etanol-benzin ve metanol-benzin yakıt karışımlarının kullanımı durumunda yakıt tüketiminde benzine oranla bir miktar artış gözlemlenmiştir. Benzin kullanımı sırasında ölçülen silindir içi basınç, alkol-benzin karışımları kullanımına oranla daha erken artmaya başlamış ve en düşük silindir içi basınç benzin kullanımı durumunda ölçülmüştür. Genel olarak, alkol-benzin yakıt karışımları kullanımı ile birlikte CO, CO_2, HC ve NO_x emisyon değerlerinde azalma gerçekleştiği belirlenmiştir.

Celik ve ark. (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 tüketiminin ve fren termal verimin arttırdığı sonucuna varmışlardır.

Ozsezen ve Canakci (2011), metanol ile benzin yakıt karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyon değerleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda metanol benzin karışımlarının yakıt tüketimini arttırdığını, tüm hızlarda benzine göre yanma veriminde az bir artışa neden olduğunu göstermişlerdir.

Weber ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada, n-bütanol ve benzin karışımlarının kullanımında basıncın ateşleme gecikmesine etkisini incelemişler ve yüksek basınç altında ateşleme gecikmesinin azaldığını, ayrıca sıcaklık arttıkça ateşleme gecikmesinin yine azaldığını belirtmişlerdir.

İçingür ve Calam (2012), yaptıkları deneysel çalışmalarda %5, %10, %20 ve %30 oranında fuzel yağı ile kurşunsuz benzin karışımlarının (F5, F10, F20, F30) buji ateşlemeli bir motorda, performans ve egzoz emisyon değerlerine etkisini incelemişlerdir. Tek silindire sahip, dört zamanlı, enjeksiyonlu ve buji ateşlemeli Hydra marka motorda gerçekleştirilen deneylerde, kurşunsuz benzin-fuzel yağı yakıt karışımlarının etkilerini ve değişik motor çalışma parametrelerindeki değişimleri değerlendirebilmek amacıyla farklı gaz kelebek açıklıkları, ateşleme avansları, motor hızlarında deneyler gerçekleştirilmiştir. Farklı motor hızlarında ve maksimum motor momentinin ölçüldüğü ateşleme zamanında yapılan deneylerde, benzine fuzel yağı eklendiği durumlarda motor momenti değerlerinde artış gerçekleşmiş ve en yüksek artış F30 yakıtı ile sağlanmıştır. Aynı deney koşullarında tüm yakıtlarda termik verimler birbirine yakın değerlerde elde edilmiş, maksimum motor momentinin ölçüldüğü motor devrinde ve değişik ateşleme avanslarında yapılan deneylerde kurşunsuz benzine göre tüm yakıtlarda NO_x emisyonlarının azaldığı belirlenmiştir.

Türköz (2012), yaptığı deneylerde %5, %10, %30 ve %85 oranında etanol ile benzin (E5, E10, E30 ve E85) yakıt karışımlarının motor performansı, egzoz emisyon değerleri ve yanma karakteristiğine etkilerini incelemiştir. Dört silindirli, dört zamanlı, buji ile ateşlemeli motor kullanarak yaptıkları deneylerde E5, E10, E30 ve E85 yakıtlarından elde edilen sonuçların, benzin ile yapılan test verileri referans alınarak karşılaştırılması sonucu, kurşunsuz benzine etanol ilavesinin motor torku, güç ve yakıt sarfiyatını artırdığını; CO, CO_2, HC ve NO_x emisyonlarını ise düşürdüğünü gözlemlemiştir.

Balki (2013), yaptığı deneysel çalışmalarda, yakıt olarak saf benzin ve alkol (etanol ve metanol) kullanılan bir motorun, motor performansı, egzoz emisyon değerleri ve yanma karakteristikleri açısından değişimlerini incelemiştir. Deneyler, tek silindire sahip, düşük güçlü buji ile ateşlemeli bir motorda tam gaz yük durumunda ve değişik motor hızlarında yapılmıştır. Yapılan tüm deneylerde hava fazlalık katsayısı değeri 1,0 olarak ayarlanmıştır. Etanol ve metanol ile yapılan deneylerin sonuçları benzinle yapılan deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Deneylerde etanol ve metanol kullanılması durumunda motor momentinin, ısıl verimin ve yanma veriminin arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca özgül yakıt sarfiyatı da önemli seviyede artmıştır. Silindir içi gaz basıncı ve ısı açığa çıkış hızının ise benzin ile yapılan deneylere kıyasla daha erken oluştuğu görülürken, CO_2 emisyonu artış göstermiş, HC, CO ve NO_x emisyonlarında da azalma görülmüştür.

Canakci ve ark. (2013) etanol-benzin ve metanol-benzin yakıt karışımları kullanımının motor performansı ve egzoz emisyon değerlerine etkisini araştırdıkları deneylerde 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 denemeler gerçekleştirilmiştir.. Deneylerde dört zamanlı ve dört silindire sahip benzinli bir motor kullanılmıştır. Çalışma sonucunda karışım içerisindeki alkol miktarının artmasıyla CO, CO_2, HC ve NO_x emisyon değerlerinde azalma, özgül yakıt sarfiyatında ise bir miktar artış gözlemlenmiştir.

Turner ve ark. (2013), etanol-metanol-benzin karışımlarının NO_x ve CO_2 emisyonları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Farklı yakıt karışımlarında (%29,5 benzin + %42,5 etanol + %28 metanol; %37 benzin + %21 etanol + %42 metanol; %42 benzin + %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 CO_2 ve NO_x emisyonlarının önemli oranlarda azaldığını rapor etmişlerdir.

Sileghem ve ark. (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.

Chen ve ark. (2015), N-bütanol ve benzin karışımları ile beslenen turboşarjlı benzinli direkt enjeksiyonlu bir motor üzerinde deneysel bir çalışma yapmışlardır. N-bütanol yüzdelerinin (%15, %30 ve %50) motor performansı üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve ayrıca saf benzinle karşılaştırmışlardır. Sonuçların, n-bütanol ve benzin karışımlarının yanma basıncını ve basınç artış hızını yükselttiğini, yanma hızını arttırdığını ve ateşleme gecikmesini ve yanma süresini, saf benzine kıyasla kısalttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, daha yüksek n-bütanolün kullanıldığı benzin karışımlarının yanma sıcaklığını arttırdığı, ancak genleşme strokunun sonraki aşamasında sıcaklığı düşürdüğü, bunun da yüksek yükte egzoz sıcaklığının kontrolüne katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir. Motor performansı ile ilgili olarak, karışımlarda daha yüksek n-bütanol oranlarının kullanıldığı durumlarda, frene özgü yakıt tüketiminin arttığı ve daha yüksek termal verim elde edildiği ölçülmüştür. Bununla birlikte, daha yüksek n-bütanol ilavesi ile, yanma kararlılığının arttırılmasına yardımcı olunduğu, fakat yüksek yükte hafif vuruntu oranı gösterdiği anlaşılmıştır. Bu durumda, vuruntu eğilimi, ateşleme zamanlamasının geciktirilmesiyle zayıflatılabilmektedir. Üstelik, daha yüksek n-bütanol ilavesi durumunda, NO_x emisyonlarının önemli ölçüde azaldığı, ancak CO emisyonlarının arttığı belirlenmiştir.

Özçelik ve ark. (2015), yaptıkları çalışmalarda, transesterifikasyon yöntemiyle elde ettikleri ketencik biyodizeli ile dizel yakıt karışımlarını belirli oranlarda harmanlayarak elde ettikleri yakıt karışımlarıyla çeşitli denemeler yapmışlardır. Deneyler sonucunda, HC emisyon değerlerini ölçtüklerinde, B7 (%7 biyodizel, %93 dizel) yakıtı kullanımında dizel yakıt kullanımında elde edilen sonuçlara kıyasla %37.5 azalma, B100 (%100 biyodizel) yakıtı kullanımında ise %68.8 azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Elfasakhany (2015), %3 ila %10 arasında değişen oranlarda etanol ve/veya metanol içeren benzin yakıt karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışma sonuçlarına göre metanol benzin karışımlarının diğer tüm test numunelerine göre CO ve HC emisyonlarında en fazla düşüşe neden olduğunu belirtmiştir. Ayrıca sonuçları değerlendirdiğinde, metanol-etanol-benzin karışımlarının, etanol benzin ve saf benzine göre daha az HC ve CO emisyonu ürettiğini, kısaca daha temiz yandığını ve karışım içerisindeki alkol miktarı arttıkça HC ve CO emisyonlarındaki düşüş ve CO_2 emisyonundaki artışın daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Elfasakhany (2016), benzin yakıtını, %3, %7 ve %10 karışım oranlarında izo-bütanol ve n-bütanol alkol türevleri ile harmanlayarak elde ettiği yakıtların, kıvılcım ateşlemeli bir benzin motorda, motor performansı ve zararlı emisyonlar üzerindeki etkisini deneysel olarak incelemiştir. Benzinle birlikte %10 karışım oranında kullanılan izo-bütanol ve n-bütanol karışımlarının (birlikte veya tekil olarak), diğer çift alkollü karışım oranları karşısında en iyi motor performansı ve emisyon sonucunu elde ettiğini gözlemlemiştir. Bununla birlikte, benzinin tekil yakıt olarak kullanıldığı durumlara göre, volumetrik verim, frene özgü güç, tork, silindir içi basınç ve egzoz gaz sıcaklığı değerlerinde azalmalar görülmüştür. Buna rağmen, ikili alkollerin performansı, harmanlama oranı değerini artırarak baz yakıtın performansını aşabileceğini, ayrıca çift alkollerin normal benzine göre daha temiz yandığını ve CO, CO_2 ve yanmamış HC kirleticilerinin baz yakıta göre sırasıyla yaklaşık %4.3, %40 ve %11 oranında daha az olduğunu belirtmiştir.

Scala ve ark. (2016), n-bütanol ve benzin karışımlarıyla yaptıkları çalışmada, optimum ateşleme avansının benzin ile kullanıma göre %13'e kadar geciktirilmesiyle elde edildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca yakıt olarak saf n-bütanol kullanımında, saf benzin kullanımına oranla %2 daha yüksek tork ve verimlilik elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Chen ve ark. (2017), n-bütanol ve benzin karışımlarıyla beslenen turboşarjlı benzinli bir motorda tam yükte yaptıkları deneylerde, motor emisyonlarının yanı sıra, yüksek n-bütanol içeriğinin (hacimce %30 ve %50 n-bütanol) termodinamik prosesler ve yakıt verimliliği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ayrıca, otomobillerde yaygın olarak kullanılan 93 oktan benzin ve %10 etanol / benzin karışımlı yakıtla yapılan deney sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Sonuçların, motorun yapısında ve kontrolünde herhangi bir değişiklik yapılmadan yüksek miktarda bütanol ilavesinin gerçekleştirilebileceğini gösterdiğini iletmişlerdir. Ayrıca, %50 bütanol ile motorun maksimum fren ortalama efektif basınç değerinin 1.99 MPa'ya kadar yükseldiği gözlemlenmiştir. Benzin ve %10 etanol ile karşılaştırıldığında, yüksek n-bütanol / benzin karışımlarının silindir içi yanma basıncını ve basınç yükselme oranını arttırdığı, tutuşmaya fayda sağladığı ve yanma süresini kısalttığı belirtilmiştir. Dahası, yüksek n-bütanol / benzin karışımlarının yanma kararlılığını arttırdığı ve egzoz sıcaklığını düşürdüğü, ancak vuruntunun engellenmesine mani olamadığı bilinmektedir. Bununla birlikte, yüksek n-bütanol / benzin karışımlarının, frene özgü yakıt tüketimini arttırması ve tam yükte yanma verimini ve fren ısıl verimini azaltması kaçınılmazdır. Motor emisyonları incelendiğinde, yüksek n-

bütanol / benzin karışımları HC ve CO emisyonlarını arttırmakta, ancak NO_x ve CO_2 emisyonlarını azaltmaktadır. Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, %0 ile %50 aralığındaki bütanol / benzin harmanlarının, 93 oktan benzin veya %10 etanol katkılı (E10) benzin ile çalışan mevcut motorlarda kullanılan yakıtların yerine geçebileceği ifade edilmektedir.

Dhamodaran ve ark. (2017), yaptıkları çalışmada dört silindirli, çok nokta enjeksiyonlu bir benzin motorunda, %10, %20 ve %30 n-bütanol içeren benzin karışımları ile, 20Nm sabit bir yük altında, motor devri 1400 ve 2800 devir/dakika aralığında, bir motor dinamometresi ile yaptıkları testlerde n-bütanol harmanlarının kullanıldığı durumlarda, kurşunsuz benzine göre daha düşük HC ve CO seviyeleri elde edildiğini, ancak NO_x emisyonlarının benzine kıyasla daha yüksek oluştuğunu ortaya koymuşlardır. Ateşleme zamanlaması geciktirildiğinde ise tüm n-bütanol karışımları için NO_x emisyonlarının azaldığını belirtmişlerdir.

Hossain ve ark. (2017), yaptıkları çalışmalarda biyoetanolün fermantasyon yöntemiyle atık biyokütleden elde edilmesinin diğer yöntemlere göre daha az maliyetli olduğu sonucuna varmış ve bu yöntemle lignoselülozik bitkilerden biyoetanol eldesinde herhangi bir zararlı kimyasalın açığa çıkmadığını saptamışlardır.

Yusoff ve ark. (2017), n-bütanol, izo-bütanol ve benzin ile yaptıkları çalışmada, kıvılcım ateşlemeli bir benzin motorunda, %20 hacimsel oranda n-bütanol ve izo-bütanol, benzin ile karışım yapıldıktan sonra, tam yük koşullarında, 1000 ila 5000 devir/dakika motor devri aralığında motor performansı ve emisyon sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Sonuçlara göre, motor torkunda, frene özgü güçte, özgül yakıt tüketimi ve CO_2 emisyonlarında belirtilen alkol karışımları için, saf benzine göre önemli bir artış olduğunu göstermektedir. N-bütanol ve izobütanol ile benzin karışımları, daha yüksek motor devirlerinde saf benzinden daha yüksek bir ısıl verim ve egzoz gazı sıcaklığı verir. % 20 izobütanol bulunan karışım, çalışmada test edilen tüm harmanlar arasında en yüksek motor torku, frene özgü güç ve ısıl verim sağladığı belirtilmiştir. İzobütanol ve n-butanol karışımlarının, sırasıyla en düşük CO ve HC emisyonlarına neden olduğu ölçülmüştür.

Feng ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada, tek silindirli, kıvılcım ateşlemeli bir benzin motorunda, n-bütanolün direkt enjeksiyonu ve benzinin port enjeksiyonu sayesinde çift yakıt kullanımının yanma performansı üzerine etkilerini karşılaştırmışlardır. Deneyleri 1500 devir/dakika, tam yük ve stokiyometrik hava-yakıt karışımı ile gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda, tam yükte, n-bütanol ve benzin

karışımı, saf bezine oranla daha fazla ortalama indike basınç üretmekte ve bu sayede %20 n-bütanol (%80 benzin) ve %50 n-bütanol (%50 benzin) karışımlarında daha yüksek vuruntu eğilimi ve daha yoğun vuruntu olduğunu gözlemlemişlerdir. N-bütanolün kütlesel oranı %80'e ulaştığında, n-bütanolün buharlaşması sonucu silindir içi soğutma etkisi artmış ve vuruntu oluşumunun azaldığı görülmüştür. Ayrıca n-bütanol karışımının kullanıldığı durumlarda, saf benzine oranla enerji çevrim veriminin üstün seviyelerde olduğu ölçülmüştür.

Galloni ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada, n-bütanol ve benzin karışımlarının, kıvılcım ateşlemeli bir benzin motor düzeneğinde emisyon sonuçlarını araştırmışlardır. Yapılan çalışmanın sonucunda CO_2 emisyonunda saf benzinin kullanıldığı durumlara göre, n-bütanol benzin karışımlarının kullanıldığı durumlarda azalma görüldüğünü belirtmişlerdir.

Wang ve ark. (2018), çift enjeksiyon sistemi ile donatılmış kıvılcım ateşlemeli bir benzin motorda, n-bütanol ve benzinin farklı karışım oranlarıyla yaptıkları deneylerde, partikül madde emisyonlarının n-bütanol karışım oranının artmasıyla birlikte devamlı azaldığını ve emisyonlar açısından optimum karışım oranının %20 n-bütanol oranında elde edildiğini belirtmişlerdir.

Yu ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada farklı hava fazlalık katsayısı (λ) ve n-bütanol karışım oranları kullanarak kıvılcım ateşlemeli bir benzin motorda, n-bütanolün karışımdaki hacimsel oranına bağlı olarak emisyon ve yanma özelliklerini incelemişlerdir. Yaptıkları incelemede, n-bütanol ilavesi arttıkça NO_x ve CO emisyonlarının azaldığını tespit etmişlerdir. N-bütanol hacimsel oranı %40'ın altına düştüğünde saf benzine kıyasla HC emisyonlarında azalma görülmüştür. Özellikle %20 n-bütanol karışım oranında HC emisyonları minimum seviyeye düşmektedir. Sonuç olarak, %20 n-bütanol ilavesi hem partikül hem de gaz emisyonlarının, benzine kıyasla optimize edilmesini sağlamaktadır.

Zaharin ve ark. (2018), çalışmalarında, etanol ve benzin karışımına ek olarak izo-bütanol ilavesinin sonuçlarını araştırmak için kıvılcım ateşlemeli dört silindirli bir motorda, %10 sabit etanol oranına ek olarak, %5, %10 ve %15 izo-bütanol ilave ederek deneyler yapmışlardır. Çift alkol karışımlı bu deneyler sonucunda, motor performansı açısından, harmanlanmış yakıt numuneleri, E10, E10B5, E10B10 ve E10B15 için sırasıyla %7.71, %10.21, %10.89 ve %11.54 oranında artışla baz benzinli yakıttan daha yüksek frene özgü güç sergilemiştir. Baz benzin yakıtı ile karşılaştırıldığında E10, E10B5, E10B10 ve E10B15 ile elde edilen özgül yakıt tüketiminde sırasıyla %3.57,

%5.15, %7.14 ve %10.89 oranında önemli azalma gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, harmanlanmış yakıt örneklerinde alkol konsantrasyonu arttıkça, yoğunluk ve kinematik viskozite artmıştır. İzo-bütanol ilavesi durumunda, baz benzin ve benzin-etanol karışımlarına kıyasla, CO ve HC emisyonları azalmış, yüksek yanma sıcaklığına bağlı olarak CO_2 ve NO_x artmıştır.

Köse ve Acaroğlu (2020), yaptıkları çalışmada, cynara cardunculus (yabani enginar) bitkisinden elde ettikleri biyodizel ile dizel ve hidrojen yakıt karışımlarının dizel bir motorda kullanımının, motor performansı ve emisyonlara etkisi üzerine çeşitli deneyler yapmışlardır. Deneyler sonucunda, en düşük CO emisyon değerini B100 (%100 biyodizel) kullanımında ve H2.5 (%2.5 oranında hidrojen) yakıtının ilavesiyle %0.04 olarak ölçmüşlerdir.

Tian ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada n-bütanol ve benzin karışımlarının şehir içi koşullarda %10 ve %35 gaz açıklığında emisyon sonuçlarını, kullandıkları bir simülasyon yazılımı sayesinde karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda benzine n-bütanol ilavesinin, silindir içi maksimum sıcaklığı düşürdüğünü, ısıl verimi artırdığını saptamışlardır. Genel olarak %40 n-bütanol oranının, belirtilen koşullar için en uygun karışım olduğunu belirtmişlerdir. N-bütanol ve benzin karışımlarının CO ve NO_x emisyonlarını azaltabileceğini ve fakat HC emisyonlarını artırabileceğini gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak n-bütanol ve benzin karışımlarının, saf benzinin yerine kullanılabileceğini göstermişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada çeşitli alkol türevlerinin (n-bütanol ve izobütanol) benzin karışımları ile yeni nesil bir TSI motorda, farklı motor devirlerinde, motor performansı ve emisyonlar açısından karakteristiği incelenecek ve bu sayede daha temiz, daha verimli, daha yüksek güç/hacim oranı, daha düşük emisyonlar, daha az yakıt tüketimi, daha fazla tork, daha az sürtünme ve daha uzun malzeme ömrü elde edilmesine ilişkin en uygun çalışma şartlarının araştırılması ve deneyler ışığında karşılaştırılması öngörülmüştür.

Deneyler motor dinamometresine bağlı olan TSI motor üzerinde emisyon test cihazı ve yakıt tüketimi ölçüm düzeneği ile Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Motor Test ve Yakıt Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Günümüzde TSI teknolojisine sahip bir motorda farklı alkol karışımları ile ilgili ülkemizde herhangi bir araştırma olmadığı saptanmıştır. Bu açıdan, yeni ve güncel bir motor teknolojisi olan TSI motorda yapılan deney ve araştırmalar, bu alanda çalışacak olan araştırmacılara ve konunun muhatabı öğrencilere rehber olacak niteliktedir. Ayrıca çalışmada kullanılan farlı alkol türevlerinin motor performansı ve emisyonlarına etkisinin araştırılması sonucu, uygun karışım oranlarının belirlenmesi ile alternatif biyoyakıtların içten yanmalı motorlarda kullanımının artacağı öngörülmektedir.

3.1. Testle İlgili Ekipmanlar

a) Yeni nesil benzinli TSI Motor
b) Motor dinamometresi
c) Silindir için basınç düzeneği
d) Emisyon ölçüm test sistemi
e) Yoğunluk ölçer
f) Yakıt tüketiminin kütlesel bazda belirlenmesi için hassas terazi

3.2. Yakıt Hammaddeleri

a) Kurşunsuz benzin (%3 biyoetanol katkılı)
b) Normal-bütanol (n-bütanol) (%3 ve %5 oranında)
c) İzobütanol (%3 ve %5 oranında) kullanılmıştır.

3.3. Yakıt Karışımları

Kurşunsuz benzin (%3 biyoetanol katkılı), Normal-bütanol (n-bütanol %3 ve %5 oranında), İzobütanol kullanılmıştır (izobütanol %3 ve %5 oranında) olacak şekilde denemeler yürütülmüştür. Kurşunsuz benzin şahit yakıttır. Diğer karışımlarda;

n-bütanol %3 (% 3 n-bütanol + %97 kurşunsuz benzin [N3]

n-bütanol %5 (%5 n-bütanol +%95 kurşunsuz benzin [N5]

izobütanol %3 (% 3 izobütanol + %97 kurşunsuz benzin [I3]

izobütanol %5 (%5 izobütanol + %95 kurşunsuz benzin [I5] şeklinde kodlandırılmıştır.

Motor denemelerinde her 500 devirde bir güç, tork, özgül yakıt tüketimi, emisyon değerleri ve silindir içi basınç değerleri ölçülerek kaydedilmiş ve sonuçlar bulunan değerlere göre yorumlanmıştır.

Deneysel çalışmalar, Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Motor Test ve Yakıt Laboratuvarında üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmaların birinci aşamasında; benzin şahit yakıt olarak kullanılacak, n-bütanol ve izobütanol farklı karışımlarda harmanlanarak motorda denenmiştir. Karışım oranları olarak her alkol için %3 ve %5 olarak düşünülmüştür.

Deneysel çalışmaların ikinci aşamasında; Harmanlanan yakıt karışımlarının VW marka, 4 silindirli, 4 zamanlı, TSI motorda tam yük şartlarında ve farklı devirlerde deneyleri yapılmıştır. Üçüncü aşamada ise:

a) Silindir içi basınç ve krank mili konum sensörü motor üzerine yerleştirilmiş ve bilgisayar bağlantısı yapılmış ve tüm veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

b) Motor çalıştırılarak hidrolik dinamometre ile motor yüklenmiş, devri kontrol edilerek denemeler gerçekleştirilmiştir.

c) Bu esnada çıkan emisyon değerleri de her karışım için ayrı ayrı ölçülmüştür.

d) Yakıt ölçer ile motorun harcadığı yakıt miktarı ölçülmüş, özgül yakıt tüketimi ve performans eğrileri belirlenmiştir.

Bunun için ilk önce deney motoru sehpaya alınmıştır. Daha sonra bir şaft ile dinamometreye bağlanmıştır. Motor üzerinde egzoz, yağ, ve soğutma suyu motora giriş ve çıkış sıcaklıklarının ölçülebilmesi amacıyla uygun bağlantılar yapılmıştır.

3.4. Deney Motoru

Deneyler, dört zamanlı, dört silindirli, Volkswagen TSI marka, benzinli motorda gerçekleştirilmiştir. Deneyde kullanılan motora ait resim Şekil 3.1'de, üretici firma tarafından tanımlanan teknik özellikler Çizelge 3.1'de verilmektedir.



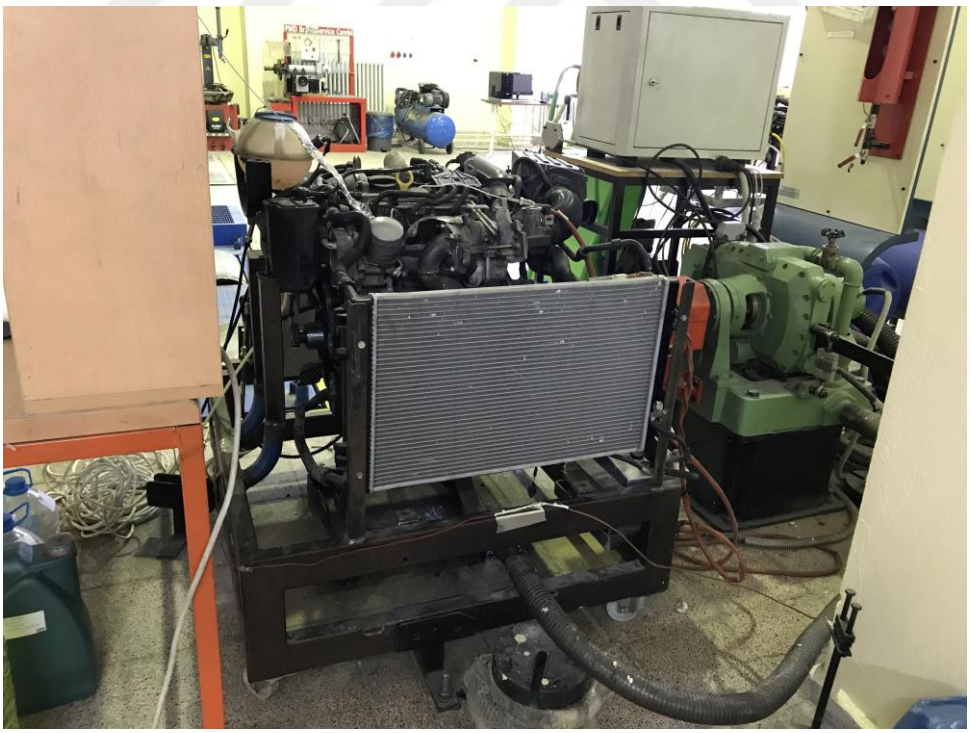
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan TSI motor

Çizelge 3.1. Deney motorunun teknik özellikleri

Motor kodu	CBZB
Yapısı	Üretim motoru
Silindir sayısı	4
Silindir başına supap sayısı	2
Hacim	1197 cm^3
Silindir çapı	71 mm
Strok	75.6 mm
Kompresyon oranı	10: 1
Azami güç çıkışı	5000 rpm devirde 77 kW
Azami tork	1500-3500 rpm aralığında 175 Nm
Kontrol ünitesi	Continental Simos 10.1
Yakıt	95 oktan süper kurşunsuz
Egzoz son işlemi	Üç yollu katalitik konvertör, katalitik konvertörden önce lineer lamda sondası, katalitik konvertörden sonra ani hareketli lamda sondası
Emisyon standardı	EU5

3.4.1. Deney motoruna ait önemli teknik özellikler

i) 2 supap teknolojisi
ii) Silindir bloğu ve silindir kapağı alüminyum alaşımdan yapılmıştır
iii) Karter havalandırması silindir bloğuna entegre edilmiştir
iv) Dökme silindir gömlekleri gri dökme demirden yapılmıştır
v) Eksantrik mili kayışının çıktısı
vi) Emme borusunda sıvıyla çalışan turbo hava soğutması
vii) Elektromanyetik kumandalı enjektörler
viii) Süper şarjlı homojen şarj
ix) Elektrikli kumandalı baypas valfli turbo şarj
x) Sodyum dolu egzoz supapları
xi) Kapatma mekanizmalı mekanik soğutma suyu pompası
xii) Entegre yağ filtresi ve yağ soğutuculu dinamo taşıyıcısı
xiii) Zincir tahrik muhafazasının bölünmüş kaplama paneli



Şekil 3.2. Deney motorunun görünüşü

3.5. Hidrolik Dinamometre

Çalışmada kullanılan dinamometre şekil 3.3'de gösterilmiştir. Su basıncı ile çalışan fren sistemine sahip olan dinamometreye ait teknik özellikler Çizelge 3.2'de verilmiştir. Hidrolik dinamometre üzerinde moment ölçümü için şekil 3.4 ve 3.5'de görülen bir adet yük hücresi bulunmaktadır.



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan hidrolik dinamometre

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan hidrolik dinamometrenin teknik özellikleri

Fren Modeli	BT-190 FR
Maksimum frenleme gücü	100 kW
Maksimum devir	6000 d/d
Maksimum moment (tork)	750 Nm
Fren suyu çalışma basıncı	0-2 kg/cm^2
Maksimum güç için su ihtiyacı	2.3 m^3/sa
Maksimum fren suyu çıkış sıcaklığı	80 ^oC
Tork ölçümü	Elektronik load-cell
Dönüş yönü	Sağ ve sol dönüşlü



Şekil 3.4. Dinamometrenin kontrol panosu



Şekil 3.5. Dinamometrenin üzerinde bulunan yük hücresi

3.6. Elektronik Terazi

Motor deneyleri sırasında yakıt tüketiminin ölçülmesi gereklidir. Yakıt tüketiminin ölçülmesi, performans parametrelerinin belirlenmesi için oldukça önemlidir.

Şekil 3.6'da yakıt tüketiminin ölçülmesinde kullanılan elektronik terazi görülmektedir. Bu terazi belirli bir zaman sürecinde tüketilen yakıt miktarını kütlesel olarak ölçmeye yarar. Terazinin özellikleri Çizelge 3.3'de görülmektedir.



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan elektronik terazi

Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan elektronik terazinin özellikleri

Marka	Dikomsan
Model	JS-30BM
Hassasiyeti	1 g
Ölçüm ağırlığı	30 kg
Güç Kaynağı	Batarya veya adaptör

3.7. Egzoz Gazları Analiz Cihazı

Yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan azot oksitler (azot oksit NO ve azot dioksit ki genellikle NO_x diye gruplandırılır), karbon monoksit (CO), yanmamış hidrokarbon (HC), karbondioksiteler CO_2 ve partikül madde gibi egzoz emisyonları önemli motor çalışma parametreleridir. Bu parametrelerin ölçümü için deneylerde Bosch marka BEA 350 model emisyon ölçüm cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz benzinli ve dizel motorlar için tasarlanmış ve HC, CO, CO_2, NO_x egzoz emisyonları ile is emisyonu ölçümü seçenekleri bulunan bir cihazdır. Şekil 3.7.'de egzoz emisyon cihazı ve Çizelge 3.4'de teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.4. Bosch BEA 350 egzoz emisyon cihazı teknik özellikleri

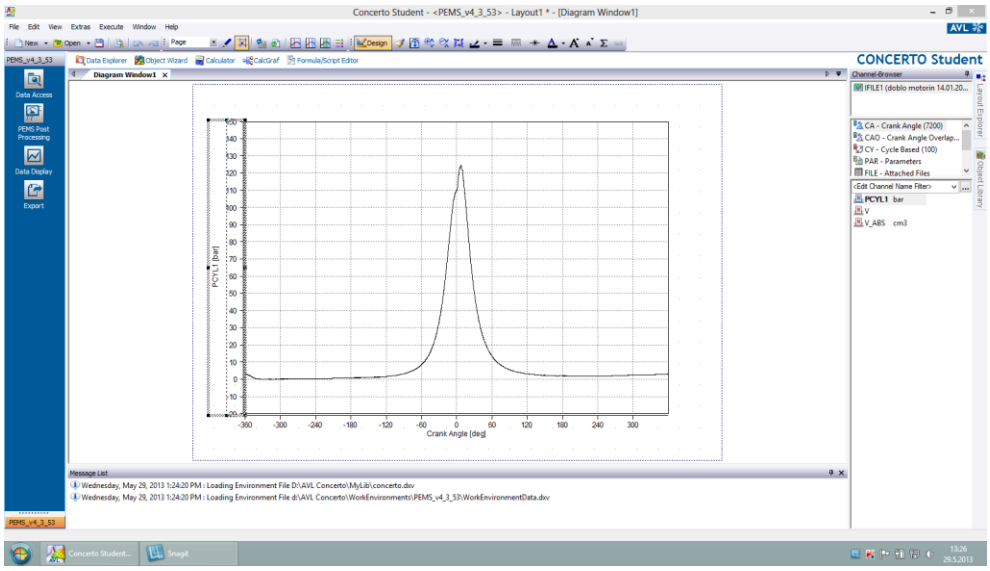
Bosch BEA 350	**Ölçüm Aralığı**	**Hassasiyet**
CO	% 0.000...10.00 hacimsel	% 0.001 hacimsel
CO_2	% 0.00...18.00 hacimsel	% 0.01 hacimsel
HC	0... 9999 ppm hacimsel	1 ppm hacimsel
NO_x	0..,5000 ppm	1 ppm hacimsel
O_2	% 0.00 ... 22.00 hacimsel	% 0,01 hacimsel
Lamda	0.500 ... 9.999	0.001
Bulanıklık derecesi	0 - 100 %	0.1 %



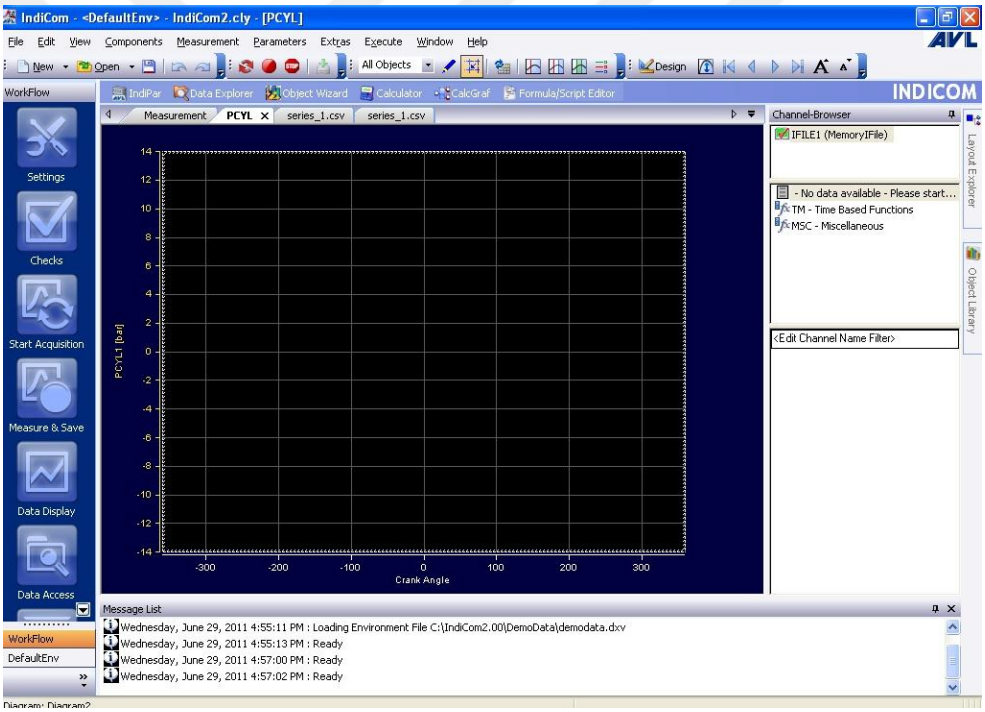
Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan egzoz gazları analiz cihazı

3.8. Silindir İçi Basınç Ölçümü

Deney sırasında elde edilen silindir içi basınç ve sıcaklık verileri krank mili açısına bağlı olarak programlar kullanılarak bilgisayara kaydedilmiş ve şekilleri çizilmiştir. Deneysel çalışmalarda motorun her çevrimi için 0.2º KMA açısına bağlı olarak veriler alınmıştır. Silindir içi basınç ve sıcaklık verileri için kullanılan programlar AVL Concerto Şekil 3.8.' de ve AVL Indicom Şekil 3.9.' da verilmiştir.



Şekil 3.8. Silindir içi basıncı için AVL Concerto programı



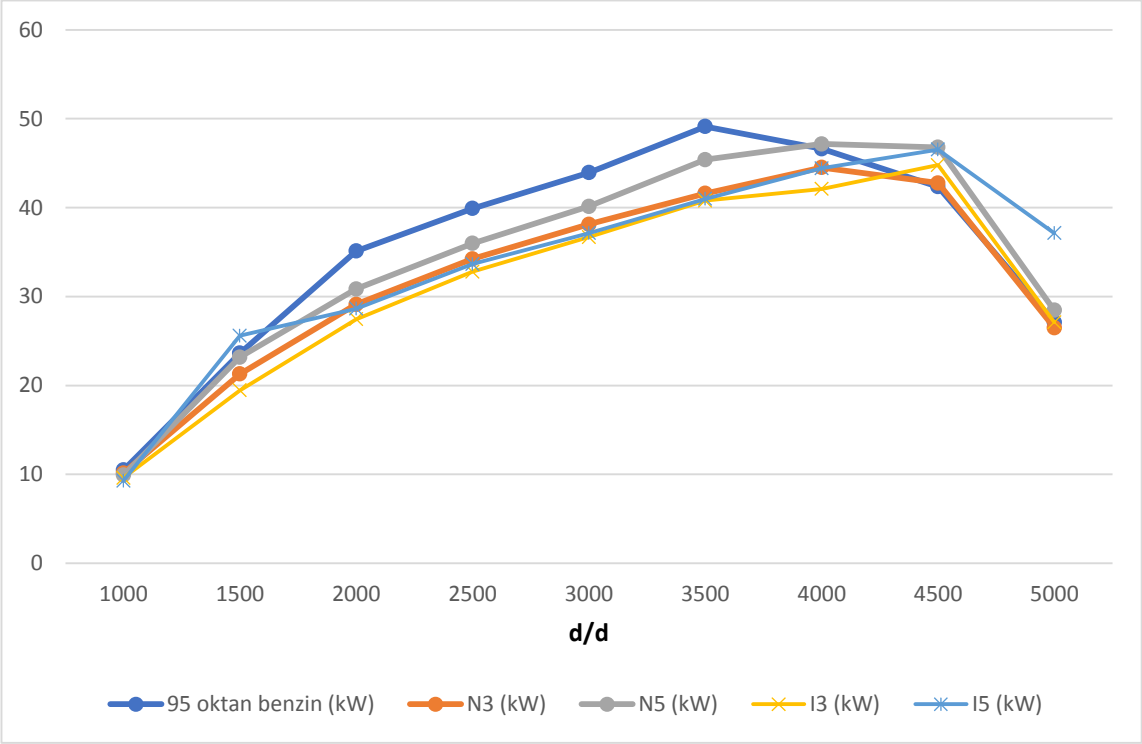
Şekil 3.9. Silindir içi basıncı için AVL Indicom programı

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Efektif Güç Değerlerinin Karşılaştırılması

Motor dinamometresinde yapılan deneyler sonucunda, Şekil 4.1'de n-bütanol ve izobütanolün 95 oktan benzin ile karışımlarına ait motor efektif gücü değerlerinin motor devrine bağlı değişimleri gösterilmiştir. Şekildeki değerler incelendiğinde, maksimum efektif güç değerinin farklı yakıt karışımları için 3500, 4000 ve 4500 d/d'da ölçüldüğü görülmektedir. En yüksek efektif güç değeri 49,13 kW olarak 95 oktan benzin yakıtında 3500 d/d'da ölçülmüştür. Diğer yakıtlarda ise en yüksek efektif güç değerleri, N5 yakıtında 4000 d/d'da 47,16 kW, I5 yakıtında 4500 d/d'da 46,53 kW, I3 yakıtında 4500 d/d'da 44,78 kW ve N3 yakıtında 4000 d/d'da 44,51 kW olarak ölçülmüştür.

Şekil incelendiğinde motor efektif gücü değerlerinin, maksimum efektif gücün elde edildiği devre kadar, motor devri arttıkça yükseldiği ve 95 oktan benzin içerisindeki karışım yüzdesinin artmasıyla birlikte maksimum efektif gücün daha üst devirlerde gerçekleştiği görülmektedir.

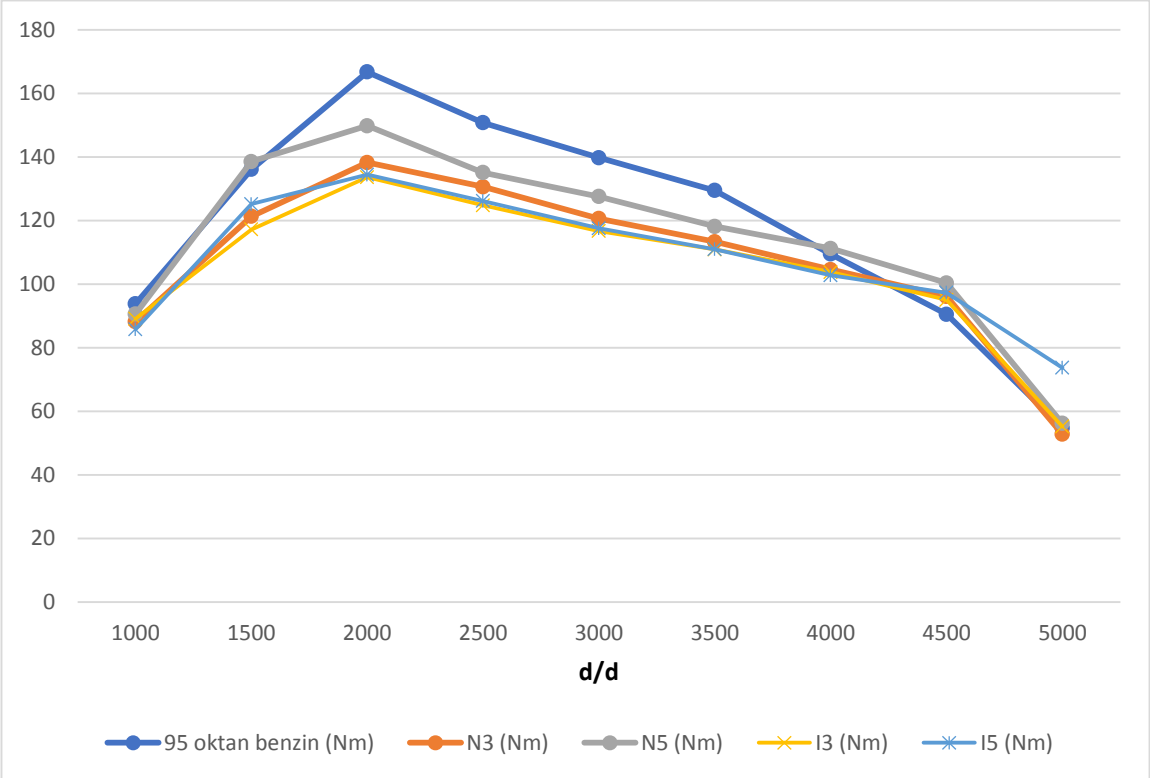


Şekil 4.1. N-bütanol ve izobütanolün benzin ile karışımlarından elde edilen efektif güç değerleri

4.2. Motor Momenti Değerlerinin Karşılaştırılması

Motor dinamometresinde yapılan deneylerde elde edilen sonuçlara göre, Şekil 4.2'de n-bütanol ve izobütanolün 95 oktan benzin ile karışımlarına ait motor momenti değerlerinin motor devrine bağlı değişimleri gösterilmiştir. Şekildeki değerler incelendiğinde, maksimum moment değerinin tüm deney yakıtları için 2000 d/d'da ölçüldüğü görülmektedir. En yüksek motor momenti 2000 d/d'da; 95 oktan benzin yakıtında 166,75 Nm, N5 yakıtında 149,82 Nm, N3 yakıtında 138,23 Nm, I5 yakıtında 134,40 Nm, I3 yakıtında ise 133,61 Nm olarak ölçülmüştür. Ölçülen motor momenti değerleri tüm yakıtlarda 2000 d/d'ya kadar artmış ve maksimum seviyeye ulaşmış, sonrasında ise en düşük motor momenti değerinin elde edildiği 5000 d/d'ya kadar azalmıştır.

Şekil incelendiğinde, maksimum moment değerinin 95 oktan benzin ile yapılan ölçümde elde edildiği, bununla birlikte maksimum motor momenti değerinin elde edildiği 2000 d/d'da, karışım içerisindeki n-bütanol ve izobütanol yüzdesi arttıkça maksimum motor momenti değerinin arttığı gözlemlenmiştir.

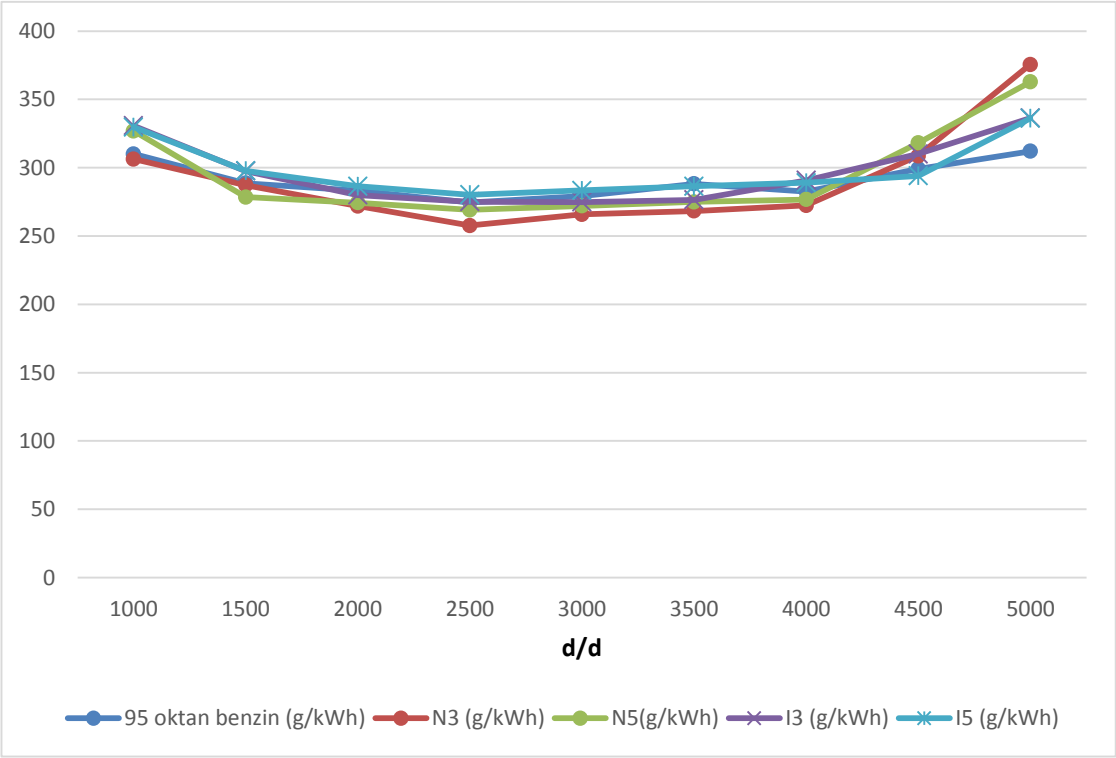


Şekil 4.2. N-bütanol ve izobütanolün benzin ile karışımlarından elde edilen motor momenti değerleri

4.3. Özgül Yakıt Tüketimi Değerlerinin Karşılaştırılması

Motor dinamometresindeki deneyler sırasında yapılan yakıt sarfiyatı ölçümlerine göre, Şekil 4.3'de n-bütanol ve izobütanolün 95 oktan benzin ile karışımlarına ait özgül yakıt tüketimi değerlerinin motor devrine bağlı değişimleri gösterilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, en düşük özgül yakıt tüketimi, N3 yakıtında 2500 d/d'da 257,668 g/kWh, N5 yakıtında 2500 d/d'da 269,155 g/kWh, 95 oktan benzin yakıtında 2500 d/d'da 274,656 g/kWh, I3 yakıtında 3000 d/d'da 274,820 g/kWh, I5 yakıtında ise 2500 d/d'da 280,204 g/kWh olarak ölçülmüştür.

Şekil incelendiğinde, en düşük özgül yakıt tüketiminin 2500 d/d ve 3000 d/d aralığında ölçüldüğü görülmektedir. Ölçüm yapılan 5 yakıttan 4'ünde en düşük özgül yakıt tüketiminin, maksimum motor momentinin elde edildiği 2000 d/d motor devrine yakın bir devirde 2500 d/d'da ölçüldüğü görülmektedir. Ayrıca, şekildeki 2000 – 3000 d/d aralığında yapılan ölçümlerde tüm yakıtlar için daha stabil ve en düşük özgül yakıt tüketim değerlerine yakın sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. N3 ve N5 yakıtlarındaki ölçümler sonucu elde edilen en düşük özgül yakıt tüketimi değerleri, 95 oktan benzin, I3 ve I5 yakıtlarındaki ölçümlerden daha düşük olarak gerçekleşmiştir.



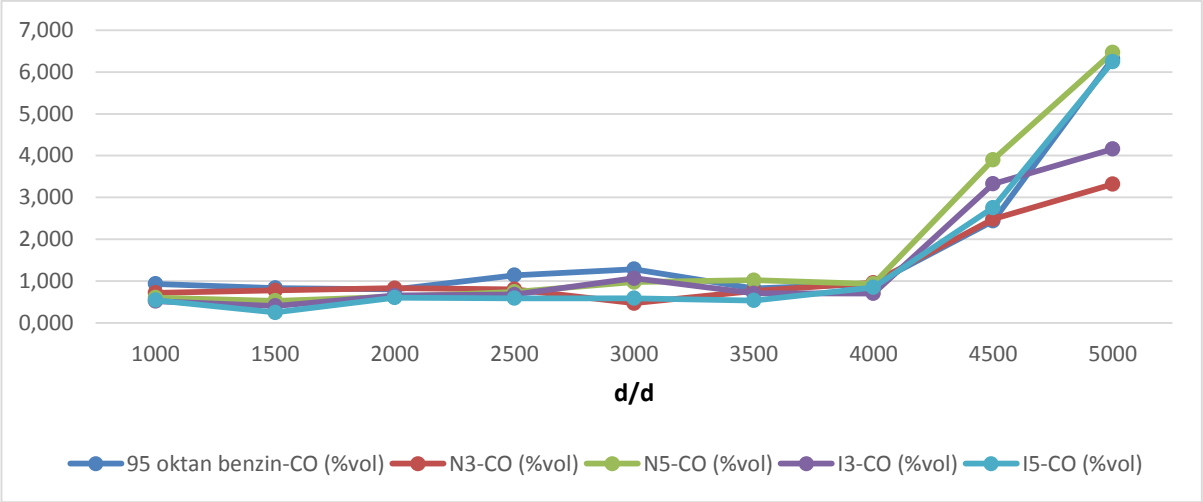
Şekil 4.3. N-bütanol ve izobütanolün benzin ile karışımlarından elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri

4.4. Karbon monoksit (CO) Emisyonlarının Karşılaştırılması

Motor dinamometresindeki deneylerle eşzamanlı olarak yapılan egzoz gazı emisyon ölçümlerine göre, Şekil 4.4'de n-bütanol ve izobütanolün 95 oktan benzin ile karışımlarına ait hacimsel olarak % CO emisyon değerlerinin motor devrine bağlı değişimleri gösterilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, en düşük % CO emisyonu I5 yakıtında 1500 d/d'da %0,249 olarak, I3 yakıtında 1500 d/d'da %0,408 değerinde, N3 yakıtında 3000 d/d'da %0,471 değerinde, N5 yakıtında 1500 d/d'da %0,529 değerinde ve 95 oktan benzin yakıtında da 2000 d/d'da %0,803 olarak ölçülmüştür. İzobütanol ve n-bütanol karışımlarında elde edilen en düşük % CO emisyon değerleri, 95 oktan benzine göre daha düşük seviyede gerçekleşmiştir.

Yanma ürünleri içinde CO emisyon değerinin bulunmasına ait asıl sebep oksijenin yetersiz olması veya tam yanmanın olmaması durumundan kaynaklanır. Yanma odası tümüyle değerlendirildiğinde, oksijenin yetersiz olması veya karışımın homojen olmayışından dolayı bölgesel olarak da oksijen yetersizliği olabilmektedir. CO oluşumu hava fazlalık katsayısının kuvvetli bir fonksiyonu olarak değişmekte ve yanma sonucu ürünler arasında, motorda kullanılamayan gücü ifade ettiği için önemli bir göstergedir (Aydoğan, 2011). Yanma sonrası oluşan CO miktarı, karışımın zengin veya fakir olduğunun ve tam yanmanın gerçekleşip gerçekleşmediğinin anlaşılması hususunda önemli bir parametredir.

Şekil incelendiğinde, 1000 d/d ile 4000 d/d aralığında tüm yakıtlar için düzgün bir eğri olduğu, 4000 d/d ile 5000 d/d aralığında ise % CO emisyon değerlerinde muazzam bir artış olduğu görülmektedir ve belirtilen devir aralığında motor gücünün nispeten düştüğü, özgül yakıt tüketiminin arttığı, motor momentinin düştüğü bilinmekte ve % CO emisyon değerlerinden de anlaşılacağı üzere yanma veriminin azaldığı sonucuna varılmıştır.



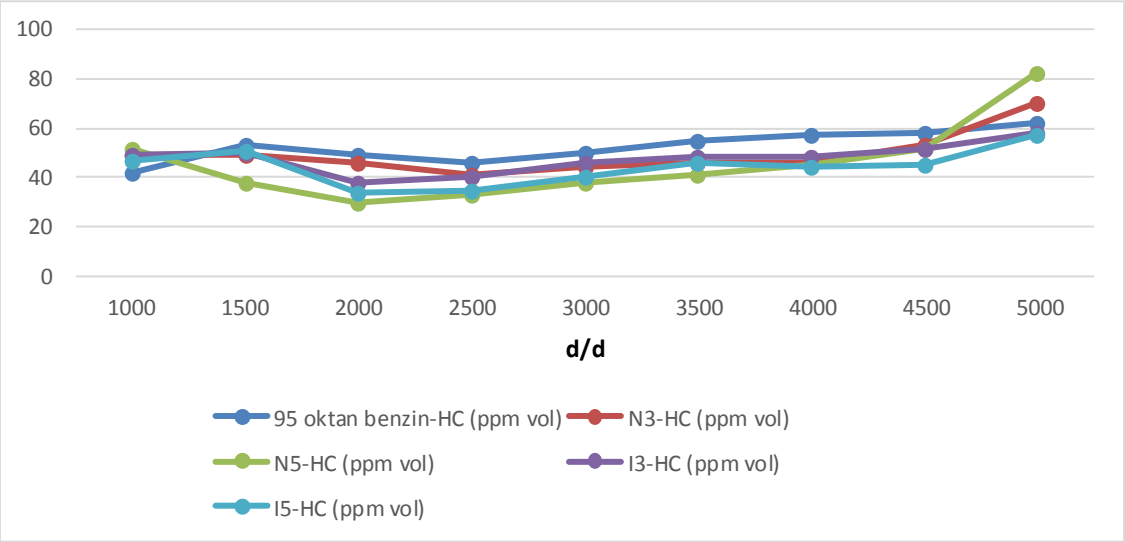
Şekil 4.4. N-bütanol ve izobütanolün benzin ile karışımlarından elde edilen % CO emisyon değerleri

4.5. Hidrokarbon (HC) Emisyonlarının Karşılaştırılması

Motor dinamometresindeki deneylerle eşzamanlı olarak yapılan egzoz gazı emisyon ölçümlerine göre, Şekil 4.5'de n-bütanol ve izobütanolün 95 oktan benzin ile karışımlarına ait hacimsel olarak HC partikül emisyon değerlerinin motor devrine bağlı değişimleri gösterilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, en düşük HC emisyonu N5 yakıtında 2000 d/d'da 30 ppm, I5 yakıtında 2000 d/d'da 34 ppm, I3 yakıtında 2000 d/d'da 38 ppm, N3 yakıtında 2500 d/d'da 41 ppm ve 95 oktan benzin yakıtında 1000 d/d'da 42 ppm olarak gerçekleşmiştir.

Yanma sonrası egzoz gazlarında HC oluşumu yakıtın yanma için yeterli oksijeni bulamamasından, yakıtın tutuşma sıcaklığına gelememesinden ve yakıtın yanma için yeterli zamanı bulamayışından dolayı gerçekleşir (Liberman, 2010). Egzoz gazında yanma sonucu oluşan HC emisyonu, yanmamış yakıt partikülleri olarak tanımlanmaktadır.

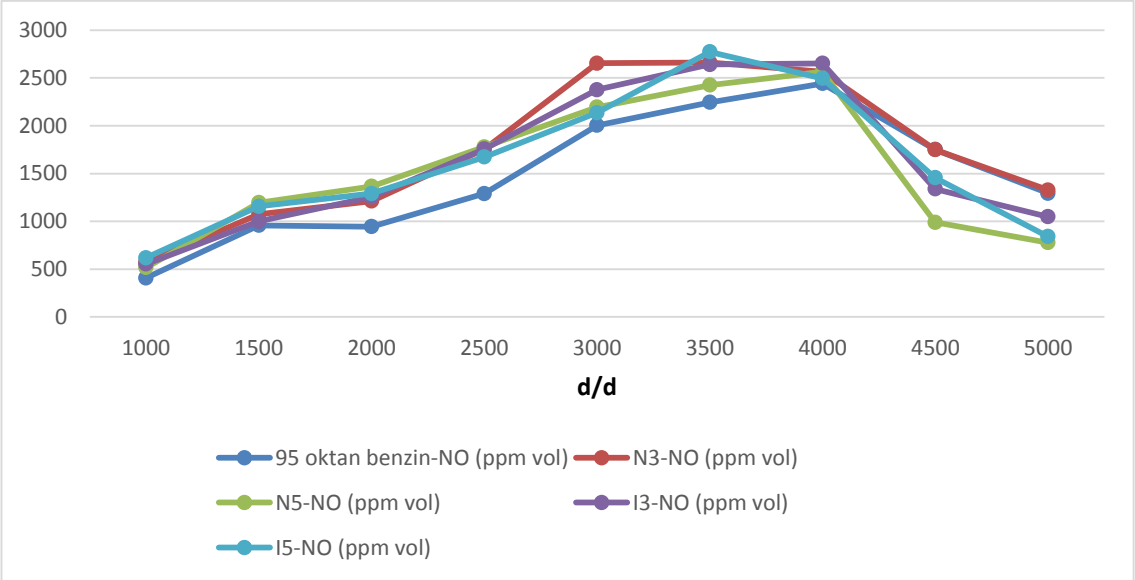
Şekil incelendiğinde, 95 oktan benzin içerisindeki n-bütanol ve izobütanol karışımı hacimsel olarak arttıkça, ölçülen en düşük HC emisyon değeri azalmıştır. HC emisyonları çoğunlukla 2000 d/d'da en düşük değerde ölçülürken, 5000 d/d'ya doğru tüm yakıtlarda ölçülen değerler artış göstermiştir. Bu artışın başlıca sebepleri yüksek devirlerde silindir içerisine yeterli havanın emilememesi, böylece yeterli oksijenin silindir içine alınamaması ve yakıtın yanması için gerekli sürenin sağlanamamasıdır.



Şekil 4.5. N-bütanol ve izobütanolün benzin ile karışımlarından elde edilen HC emisyon değerleri

4.6. Azot oksit (NO_x) Emisyonlarının Karşılaştırılması

Motor dinamometresindeki deneylerle eşzamanlı olarak yapılan egzoz gazı emisyon ölçümlerine göre, Şekil 4.5'de n-bütanol ve izobütanolün 95 oktan benzin ile karışımlarına ait hacimsel olarak NO_x partikül emisyon değerlerinin motor devrine bağlı değişimleri gösterilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, en düşük NO_x emisyonu tüm yakıtlar için 1000 d/d'da gerçekleşmiş olup; en düşük değerler sırasıyla, 95 oktan benzin yakıtında 1000 d/d'da 408 ppm, N5 yakıtında 1000 d/d'da 517 ppm, I3 yakıtında 1000 d/d'da 554 ppm, N3 yakıtında 1000 d/d'da 570 ppm ve I5 yakıtında 1000 d/d'da 618 ppm olarak ölçülmüştür.

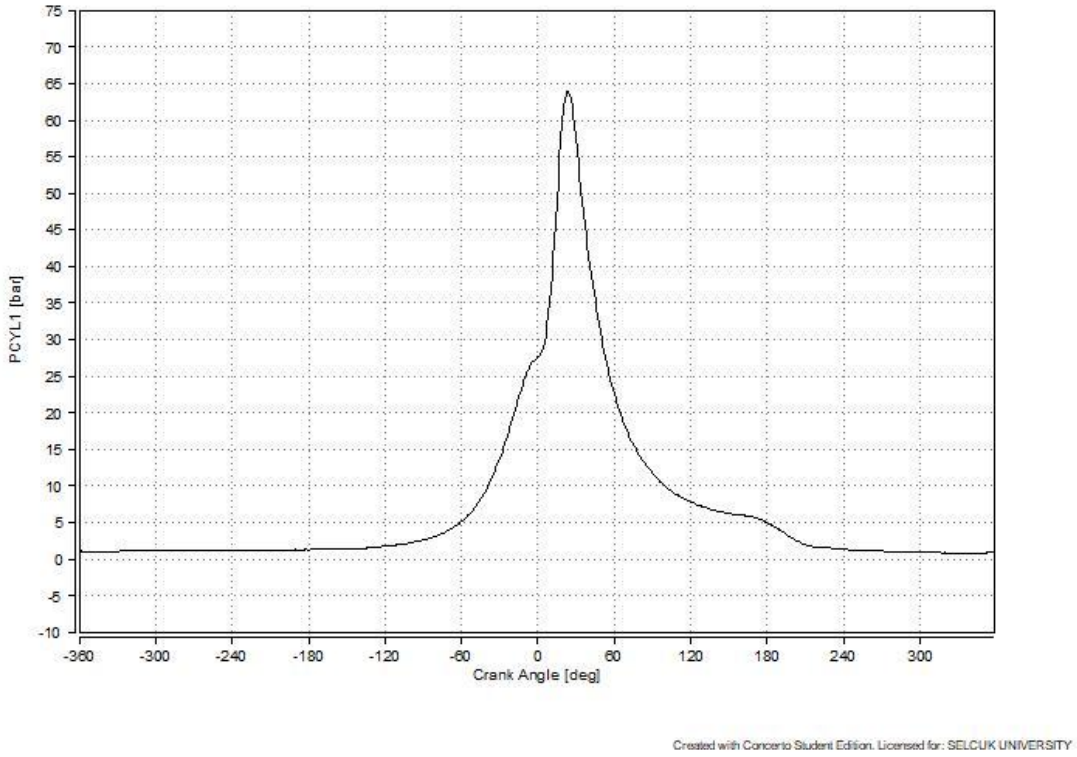


Şekil 4.6. N-bütanol ve izobütanolün benzin ile karışımlarından elde edilen NO_x emisyon değerleri

4.7. Silindir İçi Basınç Değerlerinin Karşılaştırılması

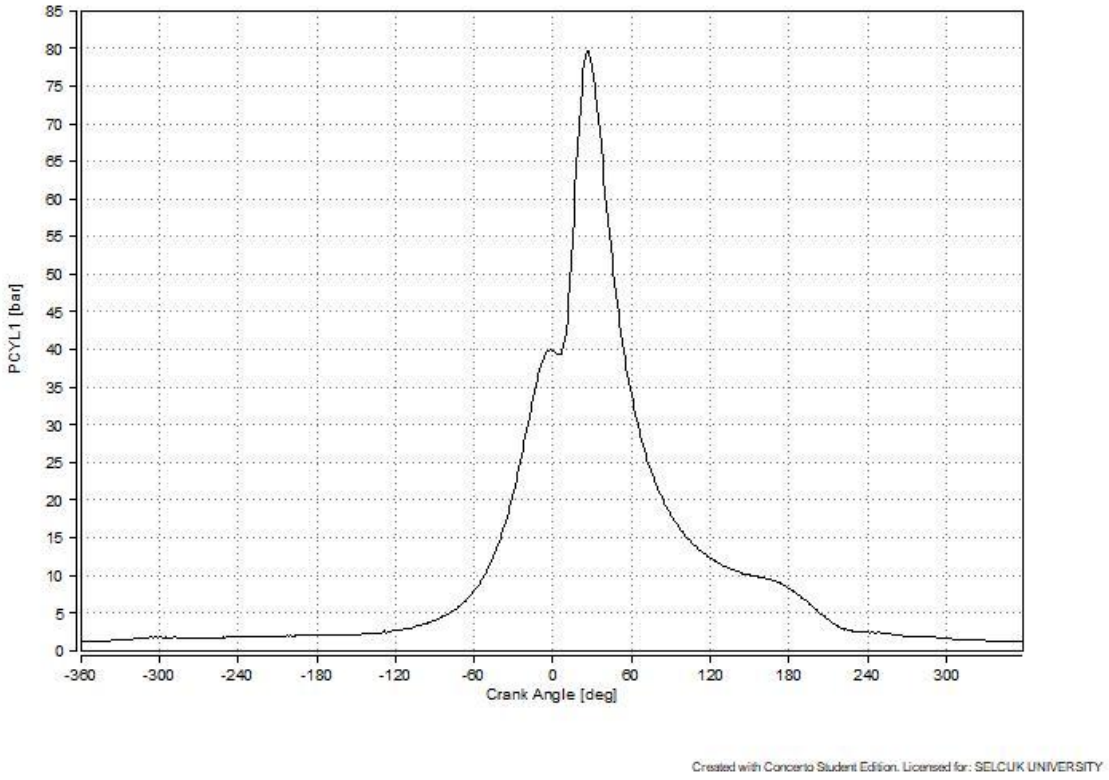
Aşağıda sırasıyla 95 oktan benzin, N3, N5, I3 ve I5 yakıtlarıyla yapılan deneylerde, AVL firmasına ait silindir içi basınç sensörü yardımıyla ölçülen silindir içi basınç değerleri şekillerde gösterilmiştir. Ölçümler maksimum motor momentinin elde edildiği 2000 d/d'da, 1 nolu silindire bağlı, ateşleme bujisine entegre edilmiş silindir içi basınç sensörü ile yapılmıştır.

Şekil 4.7.1 incelendiğinde, 95 oktan benzin yakıtı kullanımında yapılan silindir içi basınç ölçümünde, yaklaşık 64 bar değerinde maksimum basınç elde edilmiştir. Piston üst ölü noktayı geçer geçmez tutuşmanın başladığı ve piston üst ölü noktayı yaklaşık 25 derece geçtiğinde maksimum silindir içi basıncın oluştuğu, piston üst ölü noktayı 180 derece geçtiğinde ise egzoz valfinin açılmasıyla birlikte silindir içi basınçta ani bir düşüş gerçekleştiği görülmektedir.



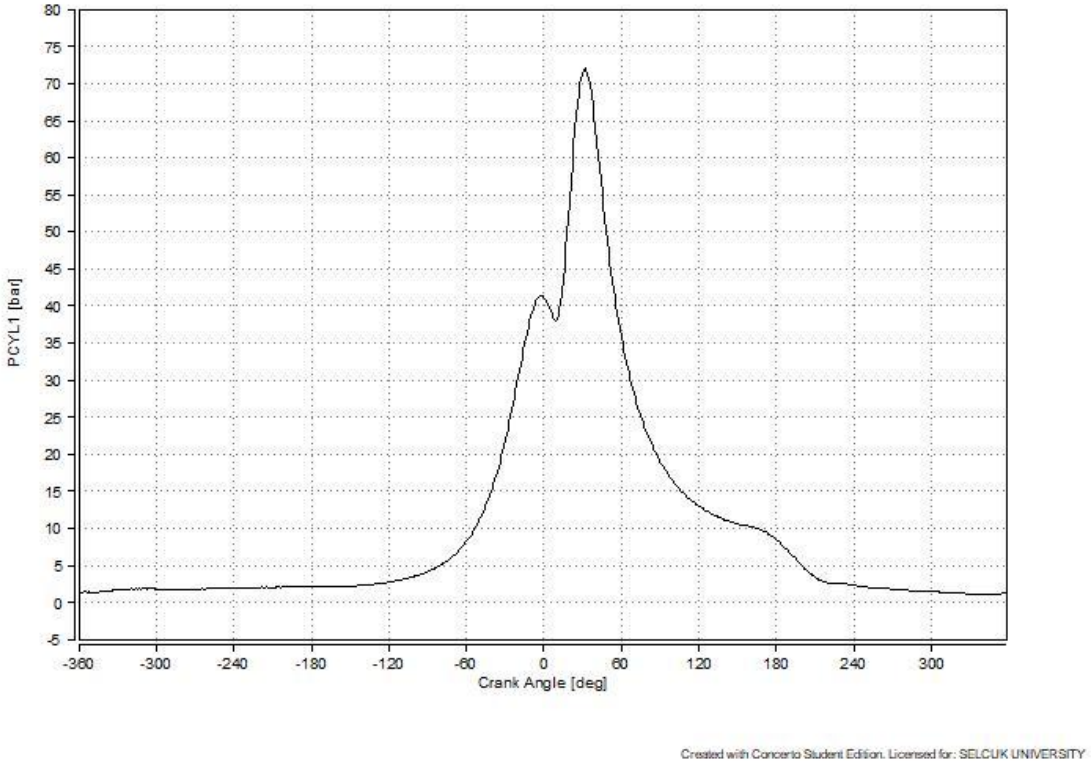
Şekil 4.7.1. 95 oktan benzin yakıtı ile yapılan deneye ait silindir içi basınç grafiği

Şekil 4.7.2 incelendiğinde, N3 yakıtı kullanımında yapılan silindir içi basınç ölçümünde, yaklaşık 80 bar değerinde maksimum basınç elde edilmiştir. Piston üst ölü noktayı geçer geçmez tutuşmanın başladığı, fakat tutuşma gecikmesinin 95 oktan benzin grafiği ile kıyaslandığında daha belirgin olduğu görülmektedir. Bunun başlıca nedeni n-bütanol karışımının yakıttaki oktan seviyesini yükseltmesi sonucunda, yakıtın daha geç tutuşmasıdır. Maksimum silindir içi basınç, yine aynı noktalarda oluşmasına rağmen, 95 oktan benzine kıyasla ciddi derecede yüksek bir değere ulaşarak, 80 bar seviyelerinde ölçülmüştür. Maksimum silindir basıncı yanmanın verimi ve yakıtın motor performansına etkisi noktasında önemli bir ölçüttür. Silindir içinde oluşan daha yüksek basınç, piston alt ölü noktaya doğru ilerlerken daha fazla itme kuvveti oluşturacağından, motor performansını önemli derecede etkilemektedir. Şekilde egzoz valfinin açılması sonrası yanmış gazların tahliye edildiği, piston üst ölü noktayı 180-240 derece geçtiği aralıkta, gaz akışının daha hızlı ve ani olduğu görülmektedir.



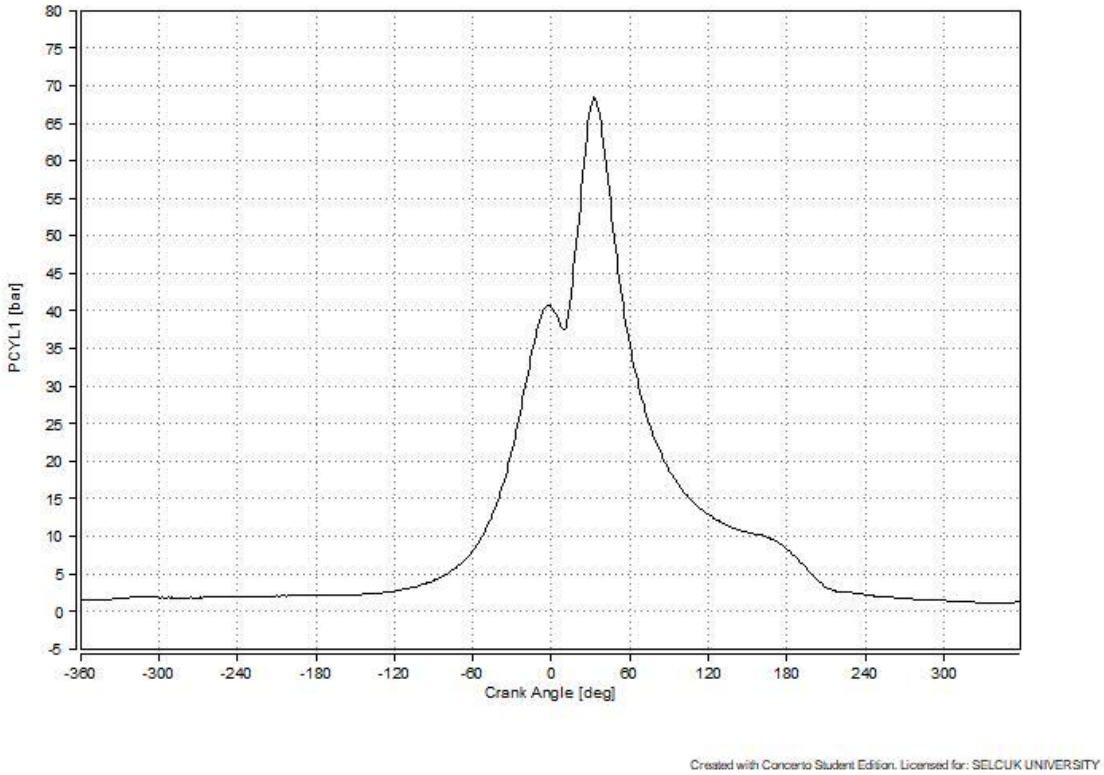
Şekil 4.7.2. N3 yakıtı ile yapılan deneye ait silindir içi basınç grafiği

Şekil 4.7.3 incelendiğinde, N5 yakıtı ile yapılan deneyde elde edilen silindir içi basınç grafiği görülmektedir. Şekil incelendiğinde, yaklaşık 73 bar seviyelerinde maksimum basınç ölçüldüğü, piston üst ölü noktaya geldiğinde ise N3 yakıtı ile kıyaslandığında daha belirgin bir tutuşma gecikmesi gerçekleştiği ve sonrasında aynı açılarda maksimum basıncın elde edildiği görülmektedir. Piston alt ölü noktaya doğru ilerlerken yine 180 derece sonrasında egzoz valfinin açılmasıyla birlikte ani bir basınç kaybı gözlemlenmektedir.



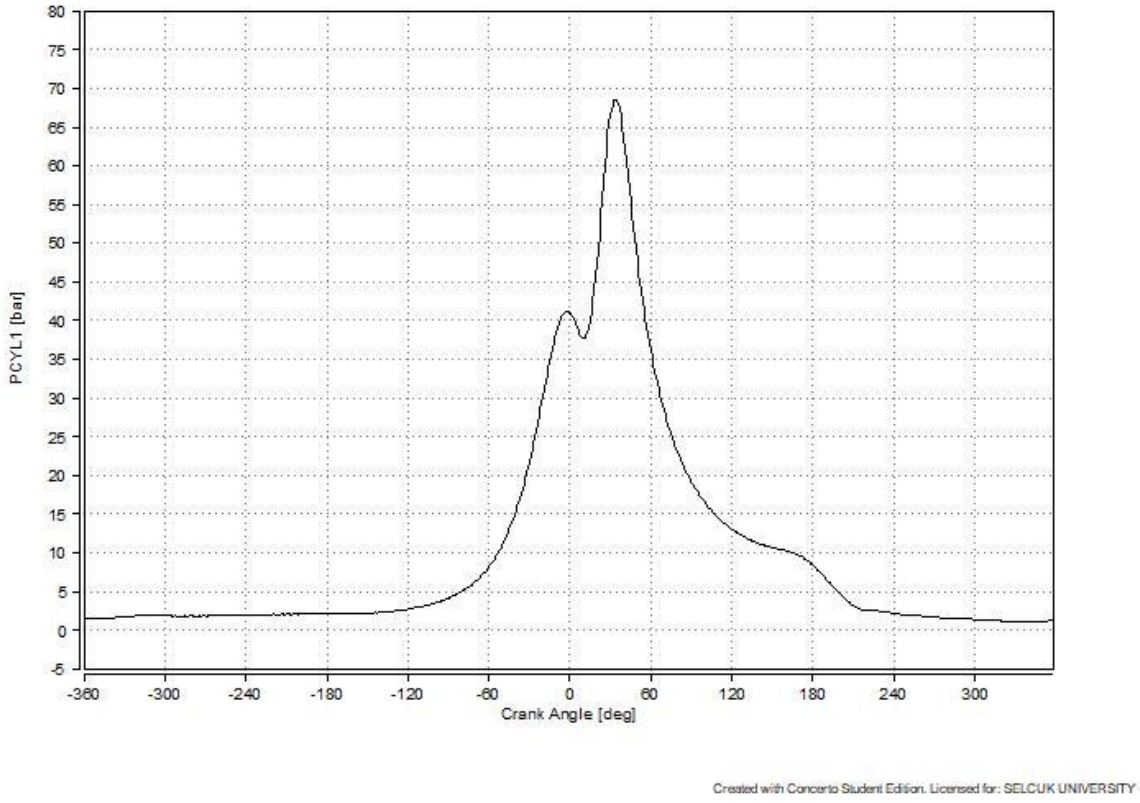
Şekil 4.7.3. N5 yakıtı ile yapılan deneye ait silindir içi basınç grafiği

Şekil 4.7.4 incelendiğinde, I3 yakıtı ile yapılan deneye ait silindir içi basınç değerleri görülmektedir. Şekil incelendiğinde, maksimum silindir içi basıncın 69 bar seviyelerinde ölçüldüğü, piston üst ölü noktayı geçer geçmez tutuşma gecikmesinin belirgin bir düzeyde gerçekleştiği ve sonrasında yine 180 derece civarlarında egzoz valfinin açılmasıyla ani bir basınç düşüşünün gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 4.7.4. I3 yakıtı ile yapılan deneye ait silindir içi basınç grafiği

Şekil 4.7.5 incelendiğinde, I5 yakıtı kullanılarak yapılan deneye ait silindir içi basınç değerleri görülmektedir. Şekildeki sapmalar I3 yakıtında elde edilen sonuçlarla benzeşmektedir. Şekil incelendiğinde, maksimum silindir içi basıncın 69 bar seviyelerinde ölçüldüğü, piston üst ölü noktadayken tutuşma gecikmesinin belirgin bir düzeyde gerçekleştiği, devamında maksimum silindir içi basıncın gerçekleştiği ve sonrasında yine krank mili açısının yaklaşık 180 dereceyi gösterdiği andan itibaren egzoz valfinin açılmasıyla ani bir basınç kaybının oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.7.5. I5 yakıtı ile yapılan deneye ait silindir içi basınç grafiği

4.8. Deney Sonuçlarının Literatürdeki Bazı Çalışmalarla Karşılaştırılması

4.8.1 Efektif güç değerlerinin literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması

N5 yakıtıyla yapılan çalışmada, motor efektif gücü değerlerinde 4000 d/d'da 95 oktan benzine oranla yaklaşık %1 artış gözlemlenmiş ve bu sonuç Yusoff ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışma ile uyumludur. Ayrıca 4000 d/d ve 5000 d/d aralığında yaptıkları ölçümlerde, %20 n-bütanol ve %20 izobütanol karışımı bulunan yakıtların motor efektif güç değerlerinin, 95 oktan benzine kıyasla yaklaşık %1 ila %3 aralığında arttığı gözlemlenmiştir.

N3, N5, I3 ve I5 yakıtıyla yapılan çalışmalarda 1000 ila 3500 devir aralığında 95 oktan benzine kıyasla daha düşük motor efektif güç değerleri elde edilmiş olup, sonuçlar Mittal ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışma ile uyumludur. İzobütanol ve n-bütanol karışımları ile yapılan çalışmada elde edilen bu değerlerin 95 oktan benzine kıyasla daha düşük çıkmasının başlıca nedenleri, n-bütanol ve izobütanolün stokiyometrik hava/yakıt oranlarının 11.1 iken, 95 oktan benzinde 14.6 olması

sebebiyle, 95 oktan benzin ile aynı seviyede gücü elde etmek için daha fazla yakıtın silindir içine alınması gerekmektedir. Ayrıca, 95 oktan benzin 42,9 MJ/kg alt ısıl değere sahipken, bütanol 32,01 MJ/kg alt ısıl değere sahiptir. Bunun sonucu olarak bütanol kullanımında, birim ağırlıkta elde edilen enerji daha düşüktür ve 95 oktan benzin ile aynı gücü elde etmek için daha fazla yakıt enjeksiyonu gerekmektedir.

4.8.2 Motor momenti değerlerinin literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması

N5 yakıtıyla yapılan çalışmada, diğer bütanol karışımları arasında yapılan çalışmaların içinde en yüksek motor momenti değerleri elde edilmiştir. N5 yakıtıyla elde edilen motor momenti değerleri, 95 oktan benzin ile elde edilen sonuçlara göre, 1500 d/d'da %1,8 fazla, 4000 d/d'da %1,6 fazla, 4500 d/d'da %10 fazla ve 5000 d/d'da yapılan çalışmada %2,7 fazla olarak ölçülmüştür. I5 yakıtıyla yapılan çalışmada 5000 d/d'da 95 oktan benzine kıyasla %34 daha fazla motor momenti elde edilmiştir.

Maksimum motor momentinin elde edildiği 2000 d/d'da ve 2500, 3000, 3500 d/d'da 95 oktan benzin ile yapılan ölçümde, diğer tüm yakıt karışımlarından daha yüksek motor momenti elde edilmiştir. Bu devir aralıklarında bütanol karışımlarıyla yapılan çalışmalarda motor momentinde oluşan farklar, aynı devirlerde elde edilen motor efektif güç değerlerine orantılı olarak gerçekleşmektedir ve aynı yakıtlarla daha düşük gücün elde edildiği devirlerde, daha düşük motor torku değerlerinin elde edilmesi moment ve güç ilişkisinden ileri gelmektedir. Sonuçlar, Elfasakhany (2016) tarafından, izobütanol, n-bütanol ve benzin karışımlarıyla yapılan çalışma ile ve Pechout ve ark. (2012) tarafından n-bütanol kullanılarak yapılan çalışma ile uyumludur.

4.8.3 Özgül yakıt tüketimi değerlerinin literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması

Yapılan ölçümler sonucu elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri incelendiğinde, en düşük özgül yakıt tüketimi 2500 d/d'da N3 yakıtı ile ölçülmüştür. 1000 ila 5000 d/d aralığında yapılan ölçümlerin ortalaması alındığında, en düşük özgül yakıt tüketimi sırasıyla N3, 95 oktan benzin, N5, I3 ve I5 yakıtlarında ölçülmüştür. Yakıtların büyük çoğunluğunda 2000 d/d'da diğer devirlerle kıyaslandığında daha düşük özgül yakıt tüketimi oluştuğu, n-bütanol ve izobütanolün karışım içindeki yüzdesi arttıkça, ortalama özgül yakıt tüketiminin de arttığı gözlemlenmiştir. Bunun başlıca

sebebi n-bütanol ve izobütanolün alt ısıl değerinin 95 oktan benzine kıyasla daha düşük olması ve böylelikle, 95 oktan benzin ile aynı gücü elde etmek için daha fazla yakıt enjeksiyonuna ihtiyaç duyulmasıdır. Sonuçlar Chen ve ark. (2015), ayrıca Singh ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmalar ile uyumludur.

4.8.4 Karbon monoksit (CO) emisyonlarının literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması

Yapılan emisyon ölçümlerinde en düşük CO emisyonu 1500 d/d'da I5 yakıtıyla yapılan çalışmada, sonrasında 3000 d/d'da N3 yakıtında kaydedilmiştir. 1000 ila 5000 d/d aralığında yapılan ölçümlerin ortalaması alındığında en düşük CO emisyonu N3 yakıtında ve sırasıyla I3, I5, 95 oktan benzin, N5 yakıtından elde edilen değerler yer almıştır.

Motor devrinin yükselmesiyle birlikte 4000 ile 5000 d/d aralığında CO emisyonu belirgin bir şekilde artmıştır. Bunun başlıca nedeni yüksek devirlerde silindir içine alınan oksijenin azalması, düşük devirlere oranla daha fazla yakıtın silindir içine alınması ve yakıtın yeterli oksijenle tepkimeye girememesi sonucudur. Ölçüm sonuçları Singh ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışma ile uyumludur.

4.8.5 Hidrokarbon (HC) emisyonlarının literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması

Yapılan emisyon ölçümlerinde, en düşük HC emisyonu 2000 d/d'da N5 yakıtı kullanımında ölçülmüştür. 1000 ila 5000 d/d aralığında yapılan ölçümlerin ortalamasına göre, en düşük HC emisyonu ortalaması I5 yakıtında, daha sonra sırasıyla N5, I3, N3 ve 95 oktan benzin kullanımında gerçekleşmiştir. En düşük HC emisyonu maksimum motor momentinin elde edildiği ve özgül yakıt tüketiminin de en düşük seviyelerde olduğu 2000 d/d'da ölçülmüştür. HC emisyonu; düşük sıcaklıkta yanma, eksik yanma, zengin karışım gibi durumlarda daha fazla oluştuğundan, yanma veriminin yüksek olduğu, motor momentinin ve motor gücünün optimum seviyelerde olduğu durumlarda daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Sonuçlar Singh ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışma ile uyumludur.

4.8.6 Azot oksit (NO_x) emisyonlarının literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması

Yapılan ölçümlerde, en düşük NO_x emisyonu 1000 d/d'da 95 oktan benzin ile ölçülmüştür. Motor devrine bağlı olarak 1000 ila 4000 d/d seviyelerine kadar tüm yakıtlar için NO_x emisyonu artmış ve sonrasında 4000 ila 5000 d/d aralığında azalmıştır. NO_x oluşumunu artıran en büyük faktörler silindir içindeki aşırı yüksek sıcaklık ve oksijenin karışımın içinde fazlaca bulunması, yani aşırı fakir karışım ile yanmanın gerçekleşmesidir. Sonuçlar Singh ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışma ile uyumludur.

Deney düzeneğinde EGR (Egzoz Gazı Resirkülasyonu) sistemi devre dışı bırakıldığı için NO_x oluşumu, normal seviyeden bir miktar daha fazla gerçekleşmiştir. EGR sistemi kullanılarak silindir içindeki sıcaklık düşürülerek NO_x oluşumu azaltılabilmektedir. Ayrıca Uyumaz ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada tutuşma gecikmesinin azaltılması durumunda NO_x oluşumunun azaldığı belirtilmiştir. N-bütanol ve izobütanol karışımlarıyla yapılan çalışmada tutuşma gecikmesinin ve NO_x oluşumunun karışımdaki bütanol oranı ile doğru orantılı olması bu durumu desteklemektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, dört silindirli, dört zamanlı, turbo doldurmalı, su soğutmalı, direkt enjeksiyon sistemine sahip, VW marka, 1197 cc silindir hacmine sahip, 77 kW gücünde, 175 Nm torka sahip bir TSI motorda, n-bütanol ve izobütanol yakıtlarının 95 oktan benzin ile karışımlarının motor performansı ve emisyon değerlerine etkileri araştırılmıştır. Bu tez, ülkemizde ilk defa TSI teknolojisine sahip bir motorda farklı alkol karışımlarıyla yapılan bir araştırma niteliği taşımaktadır.

Egzoz emisyonlarının doğru bir şekilde ölçülebilmesi için EGR sistemi ve katalitik konvertör devre dışı bırakılmıştır. Bu sistemler devre dışı bırakılmasaydı, emisyon değerlerinde bir miktar daha azalma sağlanabilirdi.

Deneylerde, 95 oktan benzin, N3 olarak isimlendirilen %3 n-bütanol (%97 oranında 95 oktan benzin), N5 olarak isimlendirilen %5 n-bütanol (%95 oranında 95 oktan benzin), I3 olarak isimlendirilen %3 izobütanol (%97 oranında 95 oktan benzin), I5 olarak isimlendirilen %5 izobütanol (%95 oranında 95 oktan benzin) karışımları kullanılarak toplamda 5 farklı yakıt ile motor efektif gücü, motor momenti, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları ölçülmüştür. Deneyler motor dinamometresi ile tam yük şartlarında, 1000 d/d ve 5000 d/d aralığında yapılmıştır. Yakıt karışımları hazırlanırken, ülkemizdeki petrol istasyonlarında halihazırda satışa sunulan ve %3 biyoetanol katkısı içeren 95 oktan benzin kullanılmış olup, n-bütanol ve izobütanol karışımları %3 biyoetanol içeren 95 oktan benzine ilave edilerek hazırlanmıştır.

Motor dinamometresinde yapılan deneylerde, en yüksek motor efektif gücü 3500 d/d'da 95 oktan benzin kullanımında 49,13 kW olarak ölçülmüştür. Diğer yakıtlarla yapılan deneylerde en yüksek efektif güç değerleri, N5 yakıtı kullanımında 4000 d/d'da 47,16 kW, I5 yakıtı kullanımında 4500 d/d'da 46,53 kW, I3 yakıtı kullanımında 4500 d/d'da 44,78 kW ve N3 yakıtı kullanımında 4000 d/d'da 44,51 kW olarak ölçülmüştür. 95 oktan benzin kullanılarak 1000 ila 5000 d/d aralığında yapılan motor efektif gücü ölçümlerinin ortalaması, diğer yakıt karışımları arasında en yüksek motor efektif gücü değerlerine sahip N5 yakıtı kullanımında elde edilen ortalamadan yaklaşık %3 daha fazladır. Bunun başlıca sebebi n-bütanol 33,1 MJ/kg ve izobütanol 33,3 MJ/kg alt ısıl değere sahip iken, 95 oktan benzinin 43,5 MJ/kg ısıl değere sahip olmasıdır. Başka bir deyişle, 1 kg 95 oktan benzin ile aynı ısıl değeri elde etmek için yaklaşık 1,31 kg n-bütanol veya 1,30 kg izobütanol kullanılması gerekir. N-bütanol ve izobütanol karışımlarının kullanımında motor efektif gücünü artırmak için, enjeksiyon sürelerinde

modifikasyonlar yapılarak, uygun miktarda, daha fazla yakıt enjeksiyonu yapılabilir. Ayrıca benzinin stokiyometrik hava/yakıt oranı 14,6 iken, n-bütanolün 11,2 ve izobütanolün ise 11,1'dir. Deney motorunda benzin kullanımına göre ön ayarlı hava/yakıt karışımı yapıldığından, hava fazlalık katsayısının 1 olduğu ideal durumda bile izobütanol veya n-bütanol karışımına sahip yakıt kullanımı sırasında, hava yakıt karışımı saf benzine kıyasla daha fakir olmaktadır. Bu durumu eşitlemek için yakıt enjeksiyon haritasında gerekli modifikasyonlar yapılabilir.

Motor dinamometresinde yapılan deneylerde, en yüksek motor momenti 2000 d/d'da; 95 oktan benzin yakıtı kullanımda 166,75 Nm, N5 yakıtı kullanımında 149,82 Nm, N3 yakıtı kullanımında 138,23 Nm, I5 yakıtı kullanımında 134,40 Nm ve I3 yakıtı kullanımında ise 133,61 Nm olarak ölçülmüştür. Motor momenti silindir içerisinde yanma sonucu açığa çıkan basıncın oluşturduğu kuvvetin krank mili üzerinden pistonlara iletilen döndürme etkisidir. Bu sebeple, ölçülen motor momenti değerleri, yanma sonucu oluşan verileri doğrudan etkileyen silindir içi basınç, motor efektif gücü ve yakıtların alt ısıl değerlerinin bir bileşkesi olarak gerçekleşmiştir.

Deneylerde ölçülen özgül yakıt tüketimi değerlerine göre, en düşük özgül yakıt tüketimi 2500 d/d'da N3 yakıtı kullanımında ölçülmüştür. 1000 ila 5000 d/d aralığında yapılan ölçümlerin ortalaması alındığında, en düşük özgül yakıt tüketimi sırasıyla N3, 95 oktan benzin, N5, I3 ve I5 yakıtlarında ölçülmüştür. Yakıtların büyük çoğunluğunda 2000 d/d'da diğer devirlerle kıyaslandığında daha düşük özgül yakıt tüketimi oluştuğu, n-bütanol ve izobütanolün karışım içindeki yüzdesi arttıkça, ortalama özgül yakıt tüketiminin de arttığı gözlemlenmiştir. Bu durumun birincil nedeni, n-bütanol ve izobütanolün alt ısıl değerinin 95 oktan benzine kıyasla daha düşük olması sonucu daha az enerji içeriğine sahip olmasıdır. Deney sonuçlarında N3 yakıtı kullanımında görüldüğü üzere, uygun karışım yüzdeleri kullanılması durumunda, özgül yakıt tüketimi nispeten azaltılabilmektedir. Ayrıca, alkol karışımlarının kullanıldığı durumlarda tutuşma gecikmesinin artması sebebiyle, elektronik kontrol ünitesindeki mevcut yazılımın modifikasyonu ile uygun olan daha fazla ateşleme avansı verilmesi sonucu yanma verimi artırılarak özgül yakıt tüketimi de azaltılabilir.

Deneyler sırasında yapılan egzoz emisyon ölçümlerine göre, en düşük CO emisyon değeri 1500 d/d'da I5 yakıtı kullanımında, sonrasında 3000 d/d'da N3 yakıtı kullanımında ölçülmüştür. 1000 ila 5000 d/d aralığında yapılan ölçümlerin ortalaması alındığında en düşük CO emisyonu N3 yakıtı kullanımında ve devamında I3, I5, 95 oktan benzin, N5 yakıtı kullanımında ölçülmüştür. I5 yakıtı kullanımında 1500 d/d'da

ölçülen emisyon değeri, 95 oktan benzin kullanımında aynı motor devrindeki emisyona oranla yaklaşık %70 daha az olarak ölçülmüştür. Deney sonuçlarından da anlaşılacağı üzere, uygun karışım oranlarında n-bütanol ve izobütanol kullanımı sayesinde CO emisyonu ciddi seviyelerde azaltılabilmektedir.

Deneylerde yapılan emisyon ölçümlerinde, en düşük HC emisyonu N5 yakıtı kullanımında 2000 d/d'da ölçülmüştür. 1000 ila 5000 d/d aralığında yapılan egzoz emisyonu ölçümlerinin ortalaması alındığında, en düşük HC emisyonu ortalaması I5 yakıtı kullanımında, devamında sırasıyla N5, I3, N3 ve 95 oktan benzin kullanımında gerçekleşmiştir. Emisyon değerleri incelendiğinde, I5 yakıtı kullanımında, HC emisyon değeri, 95 oktan benzin yakıtı kullanımına oranla ortalamada %15 azalmıştır. Ayrıca N5 yakıtı kullanımında, motor momentinin ve özgül yakıt sarfiyatının en iyi seviyelerde gerçekleştiği 1500 d/d'da ölçülen HC emisyon değeri, aynı motor devrinde 95 oktan benzin kullanımında ölçülen değerden yaklaşık %39 daha az olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlara göre, uygun karışım oranları kullanıldığında, n-bütanol ve izobütanol katkısı ile HC emisyonu önemli derecede azaltılabilmektedir.

Deneylerde yapılan emisyon ölçümlerinde, en düşük NO_x emisyonu 95 oktan benzin kullanımında 1000 d/d'da ölçülmüştür. Motor devri arttıkça 1000 ila 4000 d/d seviyelerine kadar tüm yakıtlar için NO_x emisyon değeri artmış ve devamında 4000 ila 5000 d/d aralığında azalmıştır. Yapılan ölçümlerde, en düşük NO_x emisyonu tüm yakıtlarda 1000 d/d'da ölçülürken; en düşük değerler sırasıyla, 1000 d/d'da 95 oktan benzin kullanımında 408 ppm, N5 yakıtında 517 ppm, I3 yakıtı kullanımında 554 ppm, N3 yakıtı için 570 ppm ve I5 yakıtında ise 618 ppm olarak ölçülmüştür. NO_x oluşumunu artıran başlıca nedenler, silindir içerisindeki aşırı yüksek sıcaklık ve oksijenin karışımın içinde fazlaca bulunması, yani aşırı fakir karışım ile yanmanın gerçekleşmesidir. Bu durumun n-bütanol ve izobütanol kullanımında daha belirgin oluşmasının ana sebebi, bütanolün stokiyometrik hava/yakıt oranının benzine kıyasla daha düşük olması sonucu, silindir içerisine alınan karışımın daha fakir olmasıdır. Motor üzerinde gerekli modifikasyonlar yapılarak uygun hava yakıt karışımları kullanımıyla NO_x oluşumu azaltılabilir. Ayrıca, egzoz emisyonlarının gerçek değerlerde ölçülebilmesi için deney motorundan sökülen EGR ve katalitik konvertörün kullanımı sayesinde NO_x oluşumu önemli ölçüde engellenebilir.

Motor dinamometresinde yapılan ölçümler ile eşzamanlı olarak, AVL firmasına ait Concerto yazılımı ve silindir içi basınç sensörü yardımıyla, 2000 d/d'da yapılan ölçümlere göre, en yüksek silindir içi basınç N3 yakıtı kullanımında yaklaşık 80 bar

olarak, N5 yakıtı kullanımında 73 bar olarak, I3 yakıtı kullanımında 69 bar olarak, I5 yakıtı kullanımında 69 bar olarak ve 95 oktan benzin yakıtı kullanımında 64 bar olarak ölçülmüştür. Silindir içi basınç değeri yanmanın verimini doğrudan etkileyen bir dinamik olması sebebiyle, yanma sonucu elde edilen basınç ile doğru orantılı olarak pistonu iterek, krankta oluşturduğu dönme kuvvetiyle, motor gücü, motor momenti değerlerini belirlemektedir.

KAYNAKLAR

Abdel-Rahman, A. ve Osman, M., 1997, Experimental investigation on varying the compression ratio of SI engine working under different ethanol–gasoline fuel blends, *International Journal of Energy Research*, 21 (1), 31-40.

Abu-Zaid, M., Badran, O. ve Yamin, J., 2004, Effect of methanol addition on the performance of spark ignition engines, *Energy & Fuels*, 18 (2), 312-315.

Aktaş, A., 2009, Benzin-Biyodizel ve Benzin-Biyodizel–Etanol Karışımlarının Buji Ateşlemeli Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (4), 43-53.

Al-Dawood, A. M., 1998, Effects of blending MTBE, methanol, or ethanol with gasoline on performance and exhaust emissions of SI engines, *King Fahd University of Petroleum and Minerals*.

Al-Hasan, M., 2003, Effect of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission, *Energy Conversion and Management*, 44 (9), 1547-1561.

Arapatsakos, C. I., Karkanis, A. N. ve Sparis, P. D., 2003, Behavior of a small four-stroke engine using as fuel methanol-gasoline mixtures, *SAE Technical Paper*.

Aydogan, H. ve Acaroglu, M., 2011, Effects of Bioethanol-Diesel Fuel Blends on Emissions of a Diesel Engine, International Conference on Energy and Electrical Systems (ICEES 2011) Kuala Lumpur, MALAYSIA AUG 12-14, 2011, ASME, Proceedings of the 2011 3rd International Conference on Software Technology and Engineering (ICSTE 2011) Pages: 593-597 ,2011, p.

Aydoğan, H., 2011, Biyoetanol-dizel yakıtı karışımlarının (e-dizel) motor performans ve emisyonlarına etkisinin araştırılması, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Balaji, D., Govindarajan, P. ve Venkatesan, J., 2010, Influence of isobutanol blend in spark ignition engine performance and emissions operated with gasoline and ethanol, *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2 (7), 2859-2868.

Balki, M. K., 2013, Metanol ve etanolün buji ateşlemeli bir motora uygulanmasında performans ve emisyon parametrelerinin incelenmesi, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.

Bayraktar, H., 2005, Experimental and theoretical investigation of using gasoline–ethanol blends in spark-ignition engines, *Renewable Energy*, 30 (11), 1733-1747.

Bilgin, A. ve Sezer, I., 2008, Effects of methanol addition to gasoline on the performance and fuel cost of a spark ignition engine, *Energy & Fuels*, 22 (4), 2782-2788.

Canakci, M., Ozsezen, A. N., Alptekin, E. ve Eyidogan, M., 2013, Impact of alcohol–gasoline fuel blends on the exhaust emission of an SI engine, *Renewable Energy*, 52, 111-117.

Celik, M. B., Özdalyan, B. ve Alkan, F., 2011, The use of pure methanol as fuel at high compression ratio in a single cylinder gasoline engine, *Fuel*, 90 (4), 1591-1598.

Ceviz, M. ve Yüksel, F., 2005, Effects of ethanol–unleaded gasoline blends on cyclic variability and emissions in an SI engine, *Applied Thermal Engineering*, 25 (5-6), 917-925.

Chen, Z., Yang, F., Xue, S., Wu, Z. ve Liu, J., 2015, Impact of higher n-butanol addition on combustion and performance of GDI engine in stoichiometric combustion, *Energy Conversion and Management*, 106, 385-392.

Chen, Z., Zhang, Y., Wei, X., Zhang, Q., Wu, Z. ve Liu, J., 2017, Thermodynamic process and performance of high n-butanol/gasoline blends fired in a GDI production engine running wide-open throttle (WOT), *Energy Conversion and Management*, 152, 57-64.

Çelik, M. B. ve Çolak, A., 2008, Buji Ateşlemeli Bir Motorda Alternatif Yakıt Olarak Saf Etanolun Kullanılması, *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 23 (3).

Çıtıroğlu, R., 1990, Değişik oranlardaki etanol-benzin karışımlarının küçük güçlü, içten patlamalı motorlarda kullanılabilme imkanlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak*, 50.

Dalaman, C., 2018, Almanya'da Dizel Motorlu Araçlara Yasak Kararı, https://www.amerikaninsesi.com/a/almanyada-dizel-motorlu-araclara-yasak-karari/4272468.html: [2018, Temmuz 26].

Dhamodaran, G., Esakkimuthu, G. S., Pochareddy, Y. K. ve Sivasubramanian, H., 2017, Investigation of n-butanol as fuel in a four-cylinder MPFI SI engine, *Energy*, 125, 726-735.

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 (4), 713-719.

Elfasakhany, A., 2016, Experimental study of dual n-butanol and iso-butanol additives on spark-ignition engine performance and emissions, *Fuel*, 163, 166-174.

Eyidoğan, M., Çanakcı, M., Özsezen, A., Alptekın, E., Türkcan, A. ve Kılıçaslan, İ., 2011, Etanol-Benzin Ve Metanol-Benzin Karışımlarının Buji İle Ateşlemeli Bir Motorun Yanma Parametrelerine Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der*, 26 (3), 499-507.

Feng, D., Wei, H., Pan, M., Zhou, L. ve Hua, J., 2018, Combustion performance of dual-injection using n-butanol direct-injection and gasoline port fuel-injection in a SI engine, *Energy*, 160, 573-581.

Fenkl, M., Pechout, M. ve Vojtisek, M., 2016, N-butanol and isobutanol as alternatives to gasoline: Comparison of port fuel injector characteristics, *EPJ Web of Conferences*, 02021.

Galloni, E., Fontana, G. ve Scala, F., 2018, Experimental and Numerical Analyses of a Spark-Ignition Engine Firing with N-Butanol-Gasoline Blends at High Load Operation, *Energy Procedia*, 148, 336-343.

Guerrieri, D. A., Caffrey, P. J. ve Rao, V., 1995, Investigation into the vehicle exhaust emissions of high percentage ethanol blends, *SAE Technical Paper*.

Hamdan, M. ve Jubran, B., 1986, The effect of ethanol addition on the performance of diesel and gasoline engines, *Dirasat*, 13 (10), 229-244.

He, B.-Q., Wang, J.-X., Hao, J.-M., Yan, X.-G. ve Xiao, J.-H., 2003, A study on emission characteristics of an EFI engine with ethanol blended gasoline fuels, *Atmospheric Environment*, 37 (7), 949-957.

Hossain, N., Haji Zaini, J. ve Mahlia, T. M. I., 2017, A Review of Bioethanol Production from Plant-based Waste Biomass by Yeast Fermentation, p.

Hsieh, W.-D., Chen, R.-H., Wu, T.-L. ve Lin, T.-H., 2002, Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol–gasoline blended fuels, *Atmospheric Environment*, 36 (3), 403-410.

İçingür, Y. ve Calam, A., 2012, Fuzel Yağı Benzin Karışımlarının Buji ile Ateşlemeli Bir Motorda Performans ve Emisyonlara Etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27 (1).

Iliev, S., 2015, A Comparison of Ethanol and Methanol Blending with Gasoline Using a 1-D Engine Model, *Procedia Engineering*, 100, 1013-1022.

Koç, M., Sekmen, Y., Topgül, T. ve Yücesu, H. S., 2009, The effects of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine, *Renewable Energy*, 34 (10), 2101-2106.

Köse, H. ve Acaroğlu, M., 2020, The effect of hydrogen addition to Cynara biodiesel on engine performance and emissions in diesel engine, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1-20.

Liberman, M. A., 2010, Introduction to physics and chemistry of combustion: explosion, flame, detonation, Springer Science & Business Media, p.

Mittal, N., Athony, R. L., Bansal, R. ve Kumar, C. R., 2013, Study of performance and emission characteristics of a partially coated LHR SI engine blended with n-butanol and gasoline, *Alexandria Engineering Journal*, 52 (3), 285-293.

Ozsezen, A. N. ve Canakci, M., 2011, Performance and combustion characteristics of alcohol–gasoline blends at wide-open throttle, *Energy*, 36 (5), 2747-2752.

Özçelik, A. E., Aydoğan, H. ve Acaroğlu, M., 2015, Determining the performance, emission and combustion properties of camelina biodiesel blends, *Energy Conversion and Management*, 96, 47-57.

Pechout, M., Mazac, M. ve Vojtisek-Lom, M., 2012, Effect of higher content n-butanol blends on combustion, exhaust emissions and catalyst performance of an unmodified SI vehicle engine, *SAE Technical Paper*.

Pikonas, A., Pukalskas, S. ve Grabys, J., 2003, Influence of composition of gasoline-ethanol blends on parameters of internal combustion engines, *Journal of KONES*, 10 (1-2), 205-211.

Scala, F., Galloni, E. ve Fontana, G., 2016, Numerical analysis of a downsized spark-ignition engine fueled by butanol/gasoline blends at part-load operation, *Applied Thermal Engineering*, 102, 383-390.

Sileghem, L., Coppens, A., Casier, B., Vancoillie, J. ve Verhelst, S., 2014, Performance and emissions of iso-stoichiometric ternary GEM blends on a production SI engine, *Fuel*, 117, 286-293.

Singh, S. B., Dhar, A. ve Agarwal, A. K., 2015, Technical feasibility study of butanol–gasoline blends for powering medium-duty transportation spark ignition engine, *Renewable Energy*, 76, 706-716.

Tian, Z., Zhen, X., Wang, Y., Liu, D. ve Li, X., 2020, Combustion and emission characteristics of n-butanol-gasoline blends in SI direct injection gasoline engine, *Renewable Energy*, 146, 267-279.

Topgül, T., 2006, Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Etil Alkol-Benzin Karışımı Kullanımında Optimum Çalışma Parametrelerinin Araştırılması, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Turner, J. W., Pearson, R., Dekker, E., Iosefa, B., Johansson, K. ve Ac Bergström, K., 2013, Extending the role of alcohols as transport fuels using iso-stoichiometric ternary blends of gasoline, ethanol and methanol, *Applied energy*, 102, 72-86.

Türköz, N., 2012, Etanol-benzin karışımlarının motor performansı ve emisyonlarına etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi*.

Uyumaz, A., Fahrettin, B., Yılmaz, E., Solmaz, H. ve Polat, S., 2017, Taşıt Egzoz Emisyonlarını Azaltma Yöntemlerindeki Gelişmeler, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8 (Özel (Special) 1), 15-24.

Wang, Y., Yu, X., Ding, Y., Du, Y., Chen, Z. ve Zuo, X., 2018, Experimental comparative study on combustion and particle emission of n-butanol and gasoline adopting different injection approaches in a spark engine equipped with dual-injection system, *Fuel*, 211, 837-849.

Weber, B. W., Kumar, K., Zhang, Y. ve Sung, C.-J., 2011, Autoignition of n-butanol at elevated pressure and low-to-intermediate temperature, *Combustion and flame*, 158 (5), 809-819.

Wu, C.-W., Chen, R.-H., Pu, J.-Y. ve Lin, T.-H., 2004, The influence of air–fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol–gasoline-blended fuels, *Atmospheric Environment*, 38 (40), 7093-7100.

Yıldız, İ., 2018, 1.12 Fossil Fuels, In: Comprehensive Energy Systems, Eds: Dincer, I., *Oxford*: Elsevier, p. 521-567.

Yu, X., Guo, Z., He, L., Dong, W., Sun, P., Shi, W., Du, Y. ve He, F., 2018, Effect of gasoline/n-butanol blends on gaseous and particle emissions from an SI direct injection engine, *Fuel*, 229, 1-10.

Yusoff, M. N. A. M., Zulkifli, N. W. M., Masjuki, H. H., Harith, M. H., Syahir, A. Z., Kalam, M. A., Mansor, M. F., Azham, A. ve Khuong, L. S., 2017, Performance and emission characteristics of a spark ignition engine fuelled with butanol isomer-gasoline blends, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 57, 23-38.

Yücesu, H. S., Topgül, T., Cinar, C. ve Okur, M., 2006, Effect of ethanol–gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in different compression ratios, *Applied Thermal Engineering*, 26 (17-18), 2272-2278.

Zaharin, M. S. M., Abdullah, N. R., Masjuki, H. H., Ali, O. M., Najafi, G. ve Yusaf, T., 2018, Evaluation on physicochemical properties of iso-butanol additives in ethanol-gasoline blend on performance and emission characteristics of a spark-ignition engine, *Applied Thermal Engineering*, 144, 960-971.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Abdullah ÇALIŞIR
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi : Meram 20.02.1990
E-mail : abdullahcalisir@mail.ru

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Konya Y.D.A. Lisesi, Meram, Konya	2009
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi	2015
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi F.B.E.	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2016- 2017	Hasan Kulu A.Ş.	İthalat Müdürü
2017-	Akış Asansör Makina Motor Ltd.Şti.	Dış Ticaret Müdürü

UZMANLIK ALANI : Dış Ticaret, Alternatif Yakıtlar

YABANCI DİLLER : İngilizce, Arapça, Rusça

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR

Çalışır, A. ve Acaroğlu, M., 2020, The Effect of Alternative Fuel Use on a New Generation Gasoline TSI Engine on Engine Performance and Emissions, *Advances in Cleaner Production, Proceedings of the 9th International Workshop*, Melbourne, Australia, Page 285.