



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

**JENERATÖR TAHRİKİNDE KULLANILAN AĞIR HİZMET BİR DİZEL
MOTORDA OKTANOLÜN DİZEL VEYA BİYODİZEL KULLANIMINA
ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

**Selim AKYÜZ
Yüksek Lisans Tezi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ağustos-2019
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Selim AKYÜZ tarafından hazırlanan “JENERATÖR TAHRİKİNDE KULLANILAN AĞIR HİZMET BİR DİZEL MOTORDA OKTANOLÜN DİZEL VEYA BİYODİZEL KULLANIMINA ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması 20/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan
Dr. Öğr. Üy. Orhan ARPA

Danışman
Prof. Dr. Hüseyin AYDIN

Üye
Dr. Öğr. Üy. Hasan DÜZ

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Şahbaz TİGREK
FBE Müdürü



TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this seminar document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Selim AKYÜZ
Tarih: 20/08/2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

JENERATÖR TAHRİKİNDE KULLANILAN AĞIR HİZMET BİR DİZEL MOTORDA OKTANOLÜN DİZEL VEYA BİYODİZEL KULLANIMINA ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Selim AKYÜZ

**Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin AYDIN

2019, 43 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Hüseyin AYDIN

Dr. Öğr. Üy. Orhan ARPA

Dr. Öğr. Üy. Hasan DÜZ

Bu çalışmada, ülkemizde üretim imkânı fazlaca olan aspir yağından üretilen biyodizelin alternatif yakıt olarak oktanol katkısı ile birlikte bir dizel motor dayanma, performans ve egzoz emisyonları parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, literatürdeki bilgilerden de faydalanılarak, transesterifikasyon yöntemiyle aspir yağından biyodizel üretilmiştir. Aspir, hem oktanol (OC100) hemde dizel ile karışım oluşturularak (OB50, OD50, B100, ULSD) motorda test edilmiştir. Test yakıtları karşılaştırmalı deneyleri için testle motor devri 1500 d/dk'da sabit tutularak, motor yükü %20 yüke denk gelen 3,6 kw, %40 yüke denk gelen 7,2 kw, %60 yüke denk gelen 10,8 kw yüklerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar aynı deney koşulları için saf biyodizel (B100) olan saf aspir ve saf oktanol (OC100) için tutuşma gecikmesi sürelerinin daha uzun olduğu görülmektedir. Oktan-ol-biyodizel (OB50) ve Oktan-ol-dizel (OD50) karışımları için tutuşma gecikmesi süreleri dizel yakıtına benzer olarak gerçekleşmiştir. Oktan-ol kullanıldığında yanma saf biyodizele göre iyileşmekte olup, özgül yakıt tüketiminde de iyileşmeler görülebilmektedir. En düşük HC değerleri yüksek alev hızları nedeni ile sönme bölgesinin daralması dolayısıyla oktanol içeren yakıtlar olan OB50 yakıtında ve OC100 ile OD50 yakıtı karışımında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel; Oktan-ol; Dizel motor; Jeneratör; Aspir

ABSTRACT

MS THESIS

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF OCTANOL ON DIESEL OR BIODIESEL USAGE IN A HEAVY DUTY DIESEL ENGINE USED IN GENERATOR DRIVE

SELİM AKYÜZ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MECHANICAL ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Hüseyin AYDIN

2019, 43 Pages

Jury

**Prof. Dr. Hüseyin AYDIN
Dr. Öğr. Üy. Orhan ARPA
Dr. Öğr. Üy. Hasan DÜZ**

In this study, the effects of biodiesel produced from safflower oil, which has high production possibilities in our country, as an alternative fuel with using octanol as the additive on combustion, performance and exhaust emission parameters in a diesel engine were investigated. For this purpose, biodiesel was produced from safflower oil by transesterification method. Safflower was blended with octanol by 50% (OB50) and was compared with octanol-diesel blend (OD50), and also with B100, ULSD. For testing fuels comparative tests were carried out at 3.6 kw, corresponding to 20% load, 7.2 kw corresponding to 40% load, 10.8 kw corresponding to 60% load, keeping engine speed constant at 1500 rpm. The results show longer ignition delay times for pure safflower and pure octanol (OC100), pure biodiesel (B100) for the same experimental conditions. Ignition delay times for octanol-biodiesel (OB50) and octanol-diesel (OD50) mixtures were similar to diesel fuel. When octanol is used, combustion is improved compared to pure biodiesel, and specific fuel consumption can also be improved. The lowest HC values were obtained in the OB50 fuel, which is the octanol-containing fuel, and in the mixture of OC100 and OD50 fuel due to the contraction of the extinction zone due to the high flame velocities.

Keywords: Biodiesel; Octanol; Diesel engine; Generator; safflower

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında katkı ve görüşlerini eksik etmeyen, değerli önerileri ve yorumları ile beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Prof.Dr. Hüseyin AYDIN'a ve yine deneyler aşamasında bana yardımcı olan değerli arkadaşım Yüksek Makine Mühendisi Mehmet Salih YÜKSEL, Sayın Dr. Öğr. Üyesi M. Zerrakki IŞIK hocalarıma katkılarından ötürü teşekkür ederim. Benden manevi olarak hiçbir desteği esirgemeyen ailem ve iş arkadaşlarıma en derin sevgi ve saygılarımı sunarım.

Selim AKYÜZ
BATMAN 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Alternatif Yakıtlar	2
1.1.1. Sıvı Yakıtlar	2
1.1.1.1. Alkoller	2
1.1.1.1.1 Oktanol.....	3
1.1.2. Bitkisel Yağlar	4
2. BİYODİZEL.....	4
2.1. Biyodizel Özellikleri.....	5
2.2. Biyodizelin Üretimi	8
2.2.1. Seyreltme	8
2.2.2. Mikroemülsiyon Oluşturma	8
2.2.3. Proliz.....	8
2.2.4. Transesterifikasyon.....	9
3. ASPİR	9
3.1. Aspir Çeşitleri	10
3.2. Sanayide İşlenmesi	10
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI.....	11
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
5.1. Deneysel Materyaller	14
5.1.1. Dizel Motor ve Deney Seti	14
5.1.2. Metil Alkol (Metanol).....	17
5.1.3. Oktanol.....	18
5.1.4. Katalizör.....	18
5.2. Aspir Yağı ve Biyodizel Üretimi	19
5.3. Deneylerde Kullanılan Yakıtlar ve Karışım Oranları	22

5.4. Yanma Analizi Sistemi ve Hesaplanan Parametler	22
5.4.1.Febris Yanma Analiz Sistemi	22
5.4.2.Motor Performans Parametleri.....	24
6. DENEYSEL SONUÇLAR	25
6.1. Yanma Parametreleri	25
6.1.1.Silindir Basıncı	25
6.1.2.İsı Salınım Hızı	27
6.1.3.Ortalama Gaz Sıcaklığı.....	28
6.2. Performans Parametreleri	29
6.2.1.Kütlesel Yakıt Tüketimi.....	29
6.2.2.İsıl Verim Değişimi	30
6.2.3.Özgül Yakıt Tüketiminin (Bsfc) Yüke Bağlı Olarak İsıl Değişimi	31
6.3. Emisyon Parametreleri.....	32
6.3.1.Karbonmonoksit (CO) Emisyonları.....	32
6.3.2.Azot Oksit (NOx) Emisyonları	33
6.3.3.Hidrokarbon (HC) Emisyonları	34
7. SONUÇLAR	36
8. KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 5.1.Dizel Jeneratör Setinin Görünümü.....	15
Şekil 5.2.Deney düzeneğinin şematik görünümü.....	15
Şekil 5.3. Deneyde kullanılan hassas terazi.....	17
Şekil 5.4.Biyodizel üretiminde kullanılan metil alkol	18
Şekil 5.5.Biyodizel üretiminde kullanılan katalizör.....	19
Şekil 5.6.Aspir Yağının Isıtılması.....	19
Şekil 5.7.Katalizör ve Metil Alkol Katılarak Isıtılan Yağ.....	20
Şekil 5.8.Dinlenmeye bırakılan karışım	20
Şekil 5.9.Isıtılan Biyodizel.....	21
Şekil 5.10.Yıkanmış Biyodizeldeki Faz Ayrımı.....	22
Şekil 5.11.Febris Yanma Analizi Programının Görünümü	23
Şekil 6.1.Test Yakıtlarının Kullanımında Farklı Motor Yükleri İçin Oluşan Basınç Eğrisi.....	26
Şekil 6.2.Test Yakıtları İçin Isı Salınım Hızı Grafiklerinin Krank Açısına Göre Değişimi.....	28
Şekil 6.3.Test Yakıtlarının Kullanımında Ortalama Gaz Sıcaklıklarının Krank Açısına Göre Değişimi	29
Şekil 6.4.Kütleli Yakıt Tüketimi.....	30
Şekil 6.5.Tüm Test Yakıtlarının Yüke Bağlı Olarak Isıl Verim Değişimi	31
Şekil 6.6.Özgül Yakıt Tüketimi (Bsfc) Yüke Bağlı Olarak Isıl Değişimi.....	32
Şekil 6.7.Karbonmonoksit (CO) Emisyonları	33
Şekil 6.8.NOx (Azotoksit) Emisyonları	34
Şekil 6.9. HC (Hidrokarbon) Emisyonları	35

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1.1.Oktanöl ve Dizel Yakıtının Fizikokimyasal Özellikleri.....	4
Tablo 2.1.EN 14214 Biyodizel Avrupa Standartları.....	6
Tablo 2.2.ASTM D6751 Biyodizel Standardı	7
Tablo 3.1.Aspir Çeşitleri ve Bunlara Ait Özellikler.....	10
Tablo 5.1.Dizel Motorunun Özellikleri.....	16
Tablo 5.2.Emisyon Cihazının Teknik Özellikleri.....	16

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 5.1.Sıcaklık Ölçüm Cihazının Teknik Özellikleri.....	18
Çizelge 5.2.Oktanölün Çeşitli Yakıt Özellikleri	18

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A_{100}	: Saf Aspir
B	: Yakıt tüketimi (gr/sn)
be	: Özgül yakıt tüketimi (gr/kW-saat)
H_u	: Yakıtın alt ısı değeri (kJ/kg)
P	: Silindir basıncı
P_e	: Efektif güç (kW)
η_e	: Efektif verim (%)
γ	: Özgül ısıları oranı
θ	: Krank açısı

Kısaltmalar

ASTM	: Amerikan Test ve Materyalleri Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AB	: Avrupa Birliği
EN	: Avrupa Standardı
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbon dioksit
KOH	: Potasyum hidroksit
NaOH	: Sodyum hidroksit
NO _x	: Azot oksit
O ₂	: Oksijen
CH ₃ OH	: Metil Alkol
C ₈ H ₁₈ O	: Oktanol
ÖYT	: Özgöl Yakıt Tüketimi
B5	: %5 Biyodizel- %95Dizel
B20	: %20Biyodizel- %80Dizel
B50	: %50Biyodizel- %50Dizel
B100	: %100 Biyodizel
OD50	: %50Oktanol- %50Dizel
OB50	: %50Oktanol- %50 Biyodizel
OC100	: %100Oktanol
BD50	: %50Biyodizel- %50Dizel
ULSD	: Euro dizel
HC	: Hidrokarbon
OCT10D90	: %10 Oktanol-%90 Dizel
OCT20D90	: %20 Oktanol-%80 Dizel
OCT30D90	: %30 Oktanol-%70 Dizel
OCT40D90	: %40 Oktanol-%60 Dizel

1.GİRİŞ

Günümüz gelişmiş ve gelişimini sürdürmekte olan ülkelerin enerji ihtiyaçları giderek artmaktadır. Buna karşın enerji kaynaklarına ulaşım düzeyleri ülkelerin sahip olduğu doğal enerji kaynaklarının miktarı ile ilgili olduğundan enerji açığı oluşmaktadır. Bu durum yeni ve alternatif enerji kaynaklarının arayışını gerektirmektedir. Bunu yanı sıra enerji kaynaklarını kullanımı, dönüşümü ve üretimi sırasında ortaya çeşitli atıklar atılmaktadır. Sözkonusu yanma olayı olduğunda bu enerji kaynaklarının kullanımı sırasında hava kirliliği meydana gelmektedir. Bunu önlemek için ulusal veya uluslararası düzeyde çeşitli regülasyonlar bulunmakta ve sürekli olarak güncellenmektedir. Bu nedenle günümüzde enerji kaynaklarının kullanımı veya üretimi çalışmaları, çevre kirliliğini de gözönüne almaktadır.

Enerji, insanların yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli olan en önemli öğelerden biridir. Enerji bir ülkenin gelişmişliğinin göstergesidir. İnsan nüfusunun sürekli artması nedeniyle enerji ihtiyacı da o oranda artmaktadır. Bu sebeple ortaya enerji açığı çıkmaktadır (Soysal, 2008). Enerji ihtiyacımızın büyük bir kısmını fosil yakıtlardan sağlamaktayız. Fosil yakıtların sınırlı olmasından dolayı, yakın bir zamanda büyük bir enerji açığının olacağı açık bir şekilde görülmektedir. Ayrıca fosil yakıtlar çevreye oldukça zarar vermekte ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Hem enerji açığını kapatmak hem de fosil yakıtların çevreye verdiği zararı azaltmak için tüm dünyada alternatif yakıtlar üzerine çok kapsamlı çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca soruna ek olarak üretilmek istenilen alternatif enerji kaynağının ekonomik olması da çok önemlidir.

Özet olarak üretilmek istenilen alternatif enerji kaynağı yenilenebilir, çevreye zarar vermeyen ekonomik olması istenmektedir. İstenilen bu özellikler göz önüne alındığında alternatif enerji kaynakları arasında en önemli dereceye sahip olan biyokütle enerjisidir (Akdere, 2006). Günümüzde insanlar enerjinin çoğunu yakıt olarak kullanırlar ve bu yakıtları genellikle içten yanmalı motorlarda kullanmaktadır. Bu sebepten dolayı alternatif enerji olarak biyokütleden elde edilen yakıtlar daha önemli hale gelmiştir. Dizel motorlarda kullanılabilme özelliği, ülkemizde kolaylıkla üretilmesi sebebiyle bitkisel yağlar sıvı yakıtlar içerisinde çok öneme sahiptir. Ülkemizde üretim imkânlarının kolay olması ve iklim şartlarının uygun olması nedeni ile aspir bitkisinden elde edilecek aspir tohumu yağı en önemli biyodizel kaynaklarından biridir.

Aspir, boyu 80 cm ile 1 metre arasında değişen, dikenli ve dikensiz olabilen dikenli çeşitleri dikensiz olanlara göre daha çok yağlı olan bir bitki çeşididir. Aspir, doğada

çeşitli renklerde bulunabilir. Aspir yağı yemeklik olarak da kullanılabilir. Aynı zamanda hayvan yemi olarak da kullanılabilir. Aspir bitkisi kuraklığa oldukça dayanıklıdır. Bu bitki 4- 5 ay içerisinde yetişebilen bir yağ bitkisidir (Baydan, 2008).

Aspirden biyodizel üretimi ve bu biyodizelin dizel motortarında kullanımı ile ilgili literatürde birçok çalışma olmakla birlikte aspir yağı biyodizelinin yüksek oranlarında dizel yakıtı ile karışım şeklinde kullanımı veya saf halde kullanımının çeşitli sorunlara neden olabileceği bildirilmiştir. Bu nedenle yüksek oranlarda farklı bir katkı veya yakıt ile karışım şeklinde kullanımı araştırma konusudur. Bu amaca yönelik olarak çoğu zaman biyodizel yakıtları alkollerle ikili veya üçlü karışımlar şeklinde kullanılabilir. Oktanol bir alkol yakıtı olup bazı yakıt özellikleri dizel yakıtına oldukça benzemektedir. Bu çalışmada ilk kez aspir biyodizeli oktanol ile karışım şeklinde ve yüksek oranlarda dizel motorda yakıt olarak kullanılmıştır. Oktanolün aspir biyodizelinin veya dizel ile karışımın dizel motorları için bir yakıt kaynağı olabilme potansiyeli araştırılmıştır.

1.1.Alternatif Yakıtlar

Alternatif yakıtları iki kısımda incelemek mümkündür. Bunlardan birincisi gaz yakıtlar diğeri de sıvı yakıtlardır. Gaz yakıtlar hidrojen, doğal gaz, sıvılaştırılmış petrol gazıdır. Sıvı yakıtlar ise alkoller ve bitkisel yağlardır.

1.1.1. Sıvı Yakıtlar

1.1.1.1. Alkoller

Alkoller hem tek başına hem de petrol kökenli yakıtlara belirli düzeylerde katılarak kullanılabilen sıvı yakıtlardır. Bu yakıt türlerine en güzel örnek metanol ve etenoldür (Sezer, 2002).

Etanol, şeker, şeker pancarı, patates ve benzeri tarımsal ürünlerin fermantasyonu sonunda elde edilen temiz renksiz zehirsiz yenilenebilir bir sıvı yakıt türüdür. Etanol kısmı oksitlenmiş bir yakıt türüdür. Etanol benzine göre daha düşük ısı değere sahiptir. Etanolün oktan sayısı oldukça yüksektir. Fakat setan sayısı düşüktür. Etanol'un kendi kendine tutuşma özelliği nedeniyle dizel motorlarda kullanılması sakıncalıdır. Bu özelliğinden dolayı benzinli motorlarda kullanılabilir. Benzin ile etanol, faz ayrışmasından dolayı doğrudan karışmayabilir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için

çözünürlüğü artıcı katkı maddeleri kullanılabilir. Motorlarda yakıt olarak etanol kullanılmasında ortaya çıkan diğer bir zorlukta mekanik parçaları korozyona uğratmasıdır. Şimdilik etanol'ün yakıt olarak kullanılması üretiminin pahalı olması ve gıda ürünlerine bağlı olması nedeniyle zordur. Eğer etanol için daha ucuz ve kolay üretim metodu bulunursa yakıt olarak kullanılabilir. Etanol hem saf olarak hemde benzin katkısı olarak motorda yakıt olarak rahatlıkla kullanılabilir. Etanol ve benzin karışımı motorda herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan kolayca motorlarda yakıt olarak kullanılabilir. Fakat saf olarak benzinli motorlarda kullanılabilmesi için motorun ateşleme sisteminde bazı değişikliklere ihtiyaç duyulabilir (Bayraktar, 2005; Bilgin vd., 2002).

Benzinli motorlarda yakıt olarak kullanılabilen diğer bir alkol çeşidi de metanoldür. Metanol renksiz saydam biraz kokulu etanol ün tersine zehirli bir sıvıdır. Metanol çok rahatlıkla doğalgaz, kömür, endüstriyel ve evsel atıklardan üretilebilir. Bu nedenle diğer alternatif yakıtlar içerisinde en uzun ömürlü alternatif yakıt olarak düşünülmektedir (Bilgin ve Sezer,2008).

Metanol de etanol gibi yüksek oktan sayısına sahip olduğundan benzinli motorlarda rahatlıkla kullanılabilir. Fakat dizel motorlarda buharlaşma ısısına sahip olmasından açtığından kullanılması uygun görülmemektedir. Dizel yakıt ile karıştırıldığı zaman karışımın viskozitesi düşmekte ve böylece motor içerisine rahatlıkla püskürtülebilmektedir. Bu karışımlarda karşılaşılan en büyük sorun faz ayrışma sorunudur. Bu sorunu ortadan kaldırmak için uygun katkı maddeleri katılabilir (Bayraktar, 2007).

Hem etanol hem de metanol de oktan sayılarının yüksek olmasından dolayı benzin motorlarda çok rahatlıkla kullanılabilir. Dizel motorlarda saf olarak karıştırılıp kullanılması önerilmemektedir (Durgun ve Şahin, 2004).

1.1.1.1.1. Oktanol

Motorin viskozitesinden %53 daha fazla renksizdir. Koruyucu kaplamalar için solvent olarak kullanılır. Hindistan cevizi yağlarından hazırlanabilir, ayrıca asetaldehit ve krotonaldehit reaksiyonundan üretilebilir. Oktanol sodyum indirgenmesi ya da doğal olarak bulunan kaprilik asitin esterlerinin hidrojenlenmesiyle yapılır (O'Neil M.J., 2001- Bingham E.,2001 vs)

Oktanol parfüm, kozmetik, solvent üretimi, tatlandırıcı sitrik asitin alınması gibi yerlerde kullanılır. Yüksek miktarda sıvı çamura eklenmesiyle sondaj sırasındaki

köpürmeyi önler. Tütün sanayisinde kullanılır. Şampuan, mürekkep sanayi, plastik üretimi, sentetik deterjanlar gibi alanlarda da kullanımı vardır (Sheftel V.O., 2000 vs)

Tablo 1.1: Oktanol ve dizel yakıtının fizikokimyasal özellikleri

Özellikler	ASTM Metod	Motorin	1-Oktanol
*Yoğunluk (kg/m ³ 15 °C)	D-4052	820	823
Kaynama Noktası °C	D-5399	215 [49]	196 [50]
*Parlama Noktası °C	D-93	53	80
Setan Sayısı	D-613	49 [41]	39 [50]
*Viskozite (40 °C’de)	D-445	3,15	5,92
*Kalori Değeri (Kj/kg)	D-4809	4523	4065
*CFPP (°C)	D-6371	6	-15

*Özellikler laboratuarda ölçülmüştür.

1.1.2. Bitkisel Yağlar

Birçok bitki tohumu yağlı yapısından dolayı bir ısıl değere sahip olduğundan dizel yakıt olarak kullanılabilir. Günümüzde dünyanın birçok yerinde bazı bitki tohumları dizel yakıt olarak kullanılmaktadır. Birçok bilim adamı bitkisel yağların dizel yakıt kullanımı için çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Fakat motorlarda uzun süreli bitkisel yakıt kullanımı bir takım sorunları ortaya çıkarmaktadır. Karşılaşılan problemlerden bir kaçı enjektörlerde kurum bağlama ve kullanılan motor yağında zamanla bozulmadır. Ortaya çıkan bu sorunların nedeni ise bitkisel yağların sahip olduğu yüksek viskozitedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için bitkisel yağları saf halde kullanmak yerine bazı katkı maddeleri katarak viskozitesini azaltarak kullanmaktır (Sezer, 2002).

2. BİYODİZEL

Dizel tarafından 1930 larda üretilen dizel motorlarda yakıt olarak bitkisel yağ kullanılmıştır (Clements, 1996). Motorinin hem ucuz hemde fazla miktarda bulunması nedeniyle dizel motorunun, kökü petrol olan yakıtlar ile uyum sağlayacak şekilde geliştirilmesine sebep olmuştur.

Biyodizel, bitkisel yağlardan, bitkisel atık yağlardan hayvansal yağlardan transesterifikasyon yöntem kullanılarak üretilen olan dizel araç yakıtına verilen isimdir (Baydan,2008). Biyodizel hem saf olarak hemde dizel yakıtla karıştırılarak birlikte de

kullanılabilir. Biyodizel isim olarak ilk defa 1992 yılında Amerika Ulusal SoyDiesel Geliştirme Kuruluşu tarafından kullanılmıştır (Soysal, 2008).

Saf biodizel ve dizel-biodizel karışımları dizel motorunda herhangi bir değişiklik yapılmadan direk olarak motorda kullanılabilir. Biodizel, dizel ile yaptığı karışım oranları aşağıda görüldüğü gibi adlandırılmaktadır (Pireli, 2006).

B5 : %5 Biodizel + %95 Dizel
 B20 : % 20 Biodizel + %80 Dizel
 B50 : % 50 Biodizel + %50 Dizel
 B100 : %100Biodizel

2.1 Biyodizel Özellikleri

Biyodizel C16–C18 yağ asidi zincirlerine sahip metil veya etil ester tipi bir yakıt türüdür. Biyodizelin ağırlık olarak %11'i oksijendir. Biyodizelin ısı değeri dizel yakıtına yakın değerdedir. Aynı zamanda dizel yakıtına göre daha yüksek alevlenme noktasına sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı dizel yakıtı göre daha güvenilirdir (Ölçüm, 2006).

Biyodizeli oluşturan yağ asid zincirleri kolay ve hızla parçalanarak bozunurlar. Su içerisinde 1 aylık sürede biyodizelin %95'i bozunmaktayken, dizel yakıtı ise %40 bozunmaktadır (Ölçüm, 2006).

Biyodizelin zehirli bir etkisi yoktur. Biyodizel, sofr tuzuna göre ağızdan alınan öldürücü doz değeri 10 kat daha az değerdedir. Biyodizelin elle temas halinde zararlı bir etkisin oluşmadığı görülmektedir. Fakat Biyodizelin zehirli olmamasına rağmen yinede gerekli standart koşulların kullanılması önerilmektedir (Soysal, 2008).

Dizel yakıtı için önerilen depolama koşulları biyodizel için de geçerlidir. Biyodizel, dizel yakıtta olduğu gibi kuru, karanlık ortamda depolanmalı ve sıcak ortamda bulundurulmamalıdır. Depo malzemesi yumuşak çelik veya florlanmış polietilen seçilebilir. Depolama ve taşıma için doğal ve butil kauçukların kullanılması bu malzemeleri parçalayacağından dolayı oldukça sakıncalıdır (Soysal, 2008).

Yakıtın viskozitesi, içten yanmalı motorlardaki ısı veriminde oldukça önemlidir. Bitkisel yağ esterlerinin akışkanlığı dizel yakıtı göre daha yüksektir. Akma noktası bakımından bitkisel yağlar dizel yakıtı göre daha yüksektir. Bu sebeple soğuklarda kullanımı sıkıntı çıkarabilir. Fakat katkı maddeleri kullanarak akma noktaları düşürülebilir (Soysal, 2008).

Dizel motorlarda püskürtülen yakıtın kendi kendine tutuşması, bir gecikme olması istenir. Bu gecikme yanma verimliliğini etkileyen en önemli olgudur. Biyodizelin setan sayısı dizel yakıtının setan sayısından daha yüksektir. Bu özellik dizel yakıttaki yanma verimini pozitif etkileyen bir faktördür (Soysal, 2008).

Biyodizelin güvenilirliği belli standartlara göre açıkça belirtilmelidir. Biyodizelin herkes tarafından bilimsel olmayan yöntemlerle üretilmesi bu yakıta olan güveni azaltmaktadır (Ölçüm, 2006).

Biyodizel ile ilgili ilk standart değerler Avusturya'da kolza yağından elde edilen biyodizel için çıkarılarak, ON C 1190 olarak adlandırılmıştır. Daha sonra yine Avusturya tarafından yağ-asit-metil esterleri için ON C 1191 standardı çıkartılmıştır. Birçok ülke biyodizeler için çeşitli standartlar oluşturmuştur. Biyodizel için ABD ise ASTM normlarını oluşturmuştur. ASTM ve AB standartları 2002 yılında oluşturulmuştur. Tablo 1'de Avrupa Standartları, Tablo 2'de de ASTM standartları görülmektedir (Ölçüm, 2006).

Tablo 2.1 EN 14214 Biyodizel Avrupa Standartları (Ölçüm, 2006).

Yakıt Özellikleri	Test Metodu	Biyodizel
Yoğunluk,	15 °C, kg/m ³ EN ISO 3675	860-900
Kinematik Viskozite,	, 15 °C, cSt EN ISO 3104	3,5-5,0
Alevlenme Noktası,	, °C, min. ISO/CD 3679	101
Soğukta Filtre Tıkanma Noktası, °C	DIN EN 116	0 -10 -20
15 Nisan – 30 Eylül		
1 Ekim – 15 Kasım		
16 Kasım – 28 Şubat		
Karbon Bakiye, Ağır.%'si, maks.	EN ISO 10370	0,3
Bakır Korozyon Testi, min.	EN ISO 2160	No:1
Oksidasyon Stabilitesi,	110 °C, saat, min. EN 14112	6
Setan Sayısı,	min EN ISO 5165	51
Asit İndisi	mg/kg, maks. EN 14104	0,5
İyot İndisi maks.	EN 14111	120
Ester Ağır.%'si, min.	EN 14103	96,5
Kükürt İçeriği, mg/kg, maks.	EN ISO 14596	10
Su İçeriği, mg/kg, maks.	EN ISO 12937	500
Sediment İçeriği, mg/kg, maksimum	EN 12662	24
Sülfate Kül İçeriği, Ağırlık %'si, maks.	ISO 3987	0,02

Serbest Gliserin İçeriği, Ağır.%'si, maks.	EN 14105	0,02
Toplam Gliserin İçeriği, Ağır.%'si, maks	EN 14105	0,25
Fosfor İçeriği, mg/kg, maks.	EN 14107	10
Metanol İçeriği, Ağır.%'si, maks.	EN 14110	0,2
Trigliserit İçeriği, Ağır.%'si, maks.	EN 14105	0,2
Diğliserit İçeriği, Ağır.%'si, maks.	EN 14105	0,2
Monogliserit İçeriği, Ağır.%'si, maks.	EN 14105	0,8
Alkali İçeriği (Na+K), mg/kg, maks.	EN 14108	5
Linoleik Asit Metil Esteri Miktarı, Ağır.%'si, maks.	EN 14103	12

Tablo 2.2ASTM D6751 Biyodizel Standardı (Ölçüm, 2006).

Yakıt Özellikleri	Test Metodu	Biyodizel
Kinematik Viskozite,	15 °C, cSt D 445	1,9-6,0
Alevlenme Noktası, °C, min.	D 90	130
Bulutlanma Noktası, °C	D 2500	(-3) - (-12)
Karbon Bakiye, Ağırlıkça %'si, maks.	D 4530	0,05
Bakır Korozyon Testi, min.	D D 130	No:3
Setan Sayısı, min	D 613	47
%90 Distilat Toplanma Sıcaklığı, °C, maks.	D 1160	360
Asit İndisi, mg KOH/g, maks.	D 664	0,8
Kükürt İçeriği, Ağırlıkça %'si, maks.	D 5453	0,05
Su ve Sediment İçeriği, Hac.%'si, maks.	D 2709	0,05
Sülfate Kül İçeriği, Ağır.%'si, maks.	D 874	0,02
Serbest Gliserin İçeriği, Ağır.%'si, maks.	D 6584	0,02
Toplam Gliserin İçeriği, Ağırlıkça %'si, maks.	D 6584	0,24
Fosfor İçeriği, mg/kg, maks.	D 4951	0,001

2.2 Biyodizelin Üretimi

Biyodizel üretiminde kullanılan bitkisel yağların dizel motorlarda yakıt olarak kullanılmasında engelleyici faktör viskozitedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için yapılacak olan yöntemler aşağıda sıralanmıştır (Soysal, 2008).

- 1) Seyreltme
- 2) Mikroemülsiyon oluşturma
- 3) Piroliz
- 4) Transesterifikasyon

2.2.1. Seyreltme

Bu yöntemin amacı dizel yakıtta belirli oranda bitkisel yağlar katılarak bitkisel yağın viskozitesini düşürmektir. Ziejewki ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışma sonucunda belirli hacim oranlarında bitkisel yağ dizel yakıtta katıldığında viskozite 4,88 mm²/s olarak bulunmuşlardır. ASTM (American Society for Testing and Material) standartlarına göre dizel yakıtın üst sınırını 4,0 mm²/s belirlemiş olduklarından bu karışımın direkt enjeksiyonlu olan dizel motorlarda kullanılmaması gerektiği anlaşılmıştır. Başka bir çalışmada ise ağırlıkça %10 oranında kolza yağı dizel yakıtına eklenmiş olup bu karışımın yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda dizel motorda kullanılacağı anlaşılmıştır (Ölçüm, 2006).

2.2.2 Mikroemülsiyon Oluşturma

Biyodizel oluşturmada kullanılan bitkisel yağların vizkozitesini düşürmek için kullanılan diğer bir metodta bitkisel yağlara kısa zincirli olan etanol ya da metanol gibi alkollerle karıştırmaktır. Bu karıştırma yönteme mikroemülsiyon denir. Mikroemülsiyon yöntemi normalde iki sıvı birbiriyle karışmıyor ve bir veya birden fazla amfifilin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Fakat yapılan araştırmalarda kullanılacak alkol, amfifilin ve yağ sisteminde faz dengelerinin, karışabilme limitleri incelenmesi gerekmektedir (Ölçüm, 2006).

2.2.3 Piroliz

Piroliz yöntemi, küçük moleküllerin oluşması demektir bunun için ise kimyasal bağların kırılması gerekmektedir. Bu yöntemde bitkisel yağların kapalı bir kaptaki ve ısı etkisiyle bozundurulmakta başka uygulamalarda ise ısı bozundurmaya tabi tutulmaktadır (Ölçüm, 2006).

2.2.4. Transesterifikasyon

Dizel motorlarda kullanılabilecek uygun standartlarda biyodizel oluşturmak için kullanılan diğer bir metot da transesterifikasyondur. Bu yöntemde bitkisel yağların viskozitelerini düşürmek yağın basit alkollerle reaksiyona sokmaktır. Bu yöntemle elde edilen biyodizel, oldukça viskozitesi düşük dizel motorlarda kullanılabilen bir yakıt türüdür. Bu yöntemle elde edilen reaksiyonlar aşağıda verilmiştir.



Bu reaksiyonun stokiyometrisi alkolün yağa göre 3 kat daha fazla olması gerekmektedir. Alkolün fazla tutulmasındaki amaç ester dönüşümü elde etmek içindir. Bu yöntemle amaçlanan biyodizel elde etmek için kullanılan bitkisel yağların metil ve etil esterlere dönüştürerek yağın viskozitesini düşürüp yan ürün olarak da gliserin elde etmektir. Bu yöntemle ile soya, yerfıstığı, kolza, ayçiçeği, palm yağı gibi bitkisel yağlar ile endüstriyel atık ve artık yağların değerlendirilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır (Demirbaş, 2002).

Esterleşme reaksiyonları iki kısımda incelenir. Bunlardan birincisi doğrudan esterleşme diğeri ise interesterleşmedir. Doğrudan esterleşme, bir yağ asidi ile alkol arasında meydana gelir. Esterleşme reaksiyonları katalitik reaksiyonlardır. Alkoliz reaksiyonu bir trigliserid yağ ile monohidrikalkol arasında oluşur. Bu reaksiyonun stokiyometrisine göre 3 mol ester ve 1 mol gliserin elde etmek için 1 mol trigliseridin 3 mol alkol ile reaksiyona girmesi gerekir. Bu reaksiyonlar için kullanılan katalizörler NaOH (sodyum hidroksit) veya KOH (potasyum hidroksit)'tır (Soysal, 2008).

3. ASPIR

Aspir, genellikle 1 m ye yakın boyu olan dikensiz ve dikenli çeşitleri olan, dikenli çeşitleri dikensiz çeşitlerine göre yağ oranı bakımından daha fazla olan bir bitki türüdür. Aspir bitkisi doğada çeşitli renklerde olabilir. Tohumları, beyaz, kahverengi rengine de dallanan ve her dalın ucunda tohumları olan bitkidir. Aspir yağı yemeklik olarak da kullanılabilir. Aspir kuraklığa dayanıklı bir bitkidir. Aspir yılda bir defa yetişir (Baydan,2008)

Aspir, kışın büyümesi oldukça zor olduğu için bu bitki bahar ayında ekilmelidir. Fakat çok soğuk olmayan bölgelerde de kışın ekilebilir (Baydan,2008)

3.1 Aspirin Çeşitleri

Türkiye’de kayıtlı olan 3 çeşit aspir bitkisi vardır. Ülkemizde tescillenmiş olan aspir çeşitleri ise Yenice, Dinçer ve Remzibey’ dir. Tablo 3.1’de bu 3 aspir bitkisinin özellikleri yer almaktadır.

Tablo 3.1 Aspir çeşitleri ve bunlara ait özellikler(Baydan,2008).

ÇEŞİTLER	Dikenlilik	Çiçek Rengi	Bitki Boyu (cm)	Tane Rengi	Yağ Oranı (%)	1000 Tane Ağırl.(g)
YENİCE	Dikensiz	Kırmızı	100-120	Beyaz	24-25	38-40
DİNÇER	Dikensiz	Turuncu	90-110	Beyaz	25-28	45-49
REMZİBEY	Dikenli	Sarı	60-80	Beyaz	35-40	46-50

Aspir bitkisi fazlaca yağlı olduğundan endüstride yağ elde etmek için kullanılır. Ayçiçeğinde olduğu gibi aynı şartlarda aspir bitkisinde de yağ elde edilebilir. Aspir bitkisinin yağı alındıktan sonra geriye kalan yan üründe hayvansal yem olarak kullanılabilir (Baydan,2008)



Resim1. Aspir Tarlası (Erol, 2006)



Resim 2. Aspir Çiçeği (Erol, 2006)

3.2. Sanayide İşlenmesi

Sanayilerde yağ elde etmek için kendiliğinden yağlı olan Aspir kullanılmaktadır. Yağı elde etmek çokta zor değildir, makinelerin ayçiçeği işliyor olması yeterlidir. Ayçiçek işleyen her makine aspride işlemektedir. Bu yüzden ki makine değişikliği de gerekmemektedir. Makine değişikliği gerekmediğinden, ülkemizde sanayide işlenmemesi için hiçbir sebep yoktur.

Yağ alındıktan sonra geriye bir miktar küspe kalmaktadır. Küspe ise içerdiği yaklaşık %23'lük protein sebebiyle iyi bir hayvan yemi olarak değerlendirilebilmektedir.

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüzde birçok araştırmacı bitkisel yakıtların alternatif bir yakıt olarak kullanıp kullanılmayacağını araştırmışlardır. Yapılan çalışmaların bazıları biyodizelin kimyasal özelliklerini bazı araştırmacılar motora ve motor parçalarına olan etkisini bazı araştırmacılarda şu an dizel motorlarda kullanılan dizel yakıt ile karşılaştırmışlardır. Bazı bilim insanları çevreye olan etkisini bazılarıda ekonomik açıdan incelemişlerdir.

Biodizel bitkisel ve hayvansal yağ ile atıklarının bir takım kimyasal işlemler yaptıktan sonra dizel motorlarda kullanılabilen bir sıvı yakıt türüdür.

Bitkisel yağların yakıt olarak sahip olduğu güç dizel yakıtlarla aynı düzeydedir. Bitkisel yağlar dizel yakıtlara göre birçok dezavantaja sahiptir. Bunlardan en önemlisi yüksek viskoziteye sahip olmasıdır. Bu nedenle enjektörlerde kurum birikimi, yağlanma ve motor yağında incelme gibi sorunlar oluşmaktadır. Motor yağında ki incelme motor ömrünü de azaltmaktadır. Bitkisel yağların bütün dizel motorlarda sürekli olarak kullanımı imkânsızdır (Erol, 2006).

Değişik dizel yakıtları belirli oranlarda karıştırılarak dizel motorlarda yakıt olarak kullanılabilir. Burada ki amaç çeşitli dizel yakıtları karıştırıp hem motora zarar vermemesi hem de maliyeti düşürmektir, yapılan çalışmalar sonucu maliyetin düştüğü görülmektedir (İçingür,2003)

Biodizel üretimi üzerine yapılan ilk çalışma prosesi üzerine ciddi çalışmaların 1940 da E.L.du Pont ve Colgate-Palmolive-Peet tarafından yapılmıştır. Yapılan bu çalışmadaki amaç patlayıcı yapımında kullanılan gliserin elde etmektir (Bradshaw,1942). Yapılan araştırmalar sonucunda bitkisel yağların transesterifikasyon reaksiyonu ile elde edilen yakıt türüne biyomotorin ismi verilmiştir. Biyomotorinin birçok ülkede uygulamaları mevcuttur. Türkiye'de kolay ve ekonomik her türlü yağlı tohum bitkisi üretilebilir. Günümüzde çok rahallıkla elimizdeki teknoloji ile biyomotorin üretilebilir. (Karaosmanoğlu, 2002)

Bitkisel yağların dizel motorlarda tam yanmanın gerçekleşmemesi nedeniyle direk olarak kullanılmasının mümkün değildir. Fakat bitkisel yağların dizel yakıt içerisine belli oranlarda katarak yakıt olarak kullanılabilir (Erdoğan,1991).

Deneme amaçlı yetiştirilen aspir bitkisi yağının viskozitesini düşürmek için seyreltme yöntemi uygulanmış ve dizel motorda yakıt olarak kullanımı için çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu aspir yağından elde edilen yakıtla dizel yakıtın benzer değerler gösterdiği görülmüştür (Işığür, 1992).

Aspir yağından elde edilen biyodizel için ekonomik açıdan inceleme yapılmış ve litre başına 0.55 € civarında olduğu görülmüştür (Acaroğlu, M, Demirbağ, A. ,2005)

1/4 oranında yağı ile 3/4 oranında D2 dizel yakıtı ve 1/4 oranında aspir yağı ile %75 D2 dizel yakıtını karıştırarak, motor parçaları üzerine etkisi incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda supab kafasındaki karbonlaşma oranı karşılaştırılmış her iki karışım içinde karbonlaşma oranının 2,20 olduğu görülmüştür. Piston tepesindeki karbonlaşma oranı birinci karışım için 1,44 ikinci karışım da 1,46 olduğu görülmüştür. Her iki karışım da motor parçalarına etkisinin aynı olduğu görülmüştür (Ziejewski ve diğ. 2006).

Biyodizel üretiminde kullanılan aspir yağı için iki çeşit katalizör kullanılmış ve bu katalizörlerden potasyum hidroksit in sodyum hidroksite göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür (Işığür ve diğ. 1994).

1992 -1995 yılları arasında yapılan literatür çalışmaların hemen hemen tamamında biyodizel, motorun gücünü azalttığını göstermektedir. Bu güç kaybının asıl nedeni biyodizelin ısı değeri n in düşük olması ve yüksek viskozite değeridir (Lauperta ve diğ. 2007).

Biyodizel ile çalışan motorlarda yapılan incelemeler sonucunda yakıt tüketimi motor içerisine erken püskürtmeden dolayı artmaktadır (Lauperta ve diğ. 2007).

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda biyodizel ile çalışan motorlarda yakıt tüketiminin biyodizelde ki oksijen miktarı ile orantılı olduğu görülmüştür. Bunun en önemli nedeni ise oksijen miktarı arttıkça yakıtın ısı kapasitesi düşmektedir (Rakopoulos ve diğ. 2004).

Avrupa ülkelerinde ve ABD'de biyodizel üretimi incelenmiş bazı petrol şirketlerinin motorinin dağıtılması sırasında içerisine belli oranda biyodizel ilave edilerek satılmaktadır (Körbitz,1999).

Dizel motorlarda biyodizel kullanımının motor performansına etkisi incelenmiş ve yapılan araştırmalar sonucunda bitkisel yağların motor performansı motorine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Fakat bitkisel yağlardan elde edilen metil esterlerin motor performanslarının motorine yakın olduğu görülmüştür (Yücesu ve ark 2001).

Biyodizel günümüzde yeteri kadar önemi anlaşılmasa da geleceğin yakıtıdır (Öğüt ve Oğuz 2005).

Günümüzde ki biyoetanol'ün ham maddesi buğday, şeker pancarı, şeker kamışı ve mısırdır. Biyodizel'in ham maddesi ise kolza, ayçiçeği, soya, aspir, çığıttır (Eser ve ark. 2007).

Dizel motorun mucidi olan Rudolf Diesel dizel motoru çalıştırmak için yerfıstığı yağı kullanmıştır. 1911 de “bitkisel yağlar dizel motorlarda kullanabilir ve ülkelerin ziraatinin kalkınmasına önemli oranda yardım edecektir” demiştir (Koç,2010).

1900 ile 2005 arasında 50 araştırmacının yapmış olduğu çalışmalar incelenmiş ve yapılan deneylerde ham biyodizelin yakıt olarak kullanılmasının motora güç vermesi açısından yeterli olamadığını ve aynı zamanda motorun çeşitli parçalarına zarar verdiği görülmüştür (Ejaz M. Shahid ve Younis Jamal, 2008).

Bitkisel yağlar ham olarak sadece küçük motorlarda kullanılabilir fakat büyük motorlarda ham olarak kullanılamaz. Ancak dizel yakıtla karıştırılarak kullanılabilir. Bitkisel yağlar kullanılan motor türüne göre farklı etkiler göstermektedir. Endirekt enjeksiyonlu motorlarda direk enjeksiyonlu motorlara göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Ayrıca eğer yakıt olarak bitkisel yağ kullanılıyorsa bu motorların düzenli bir bakıma ihtiyacı vardır (Ejaz M. Shahid ve Younis Jamal, 2008)

İlk dizel motorun üretiminden bu yana 30 farklı bitkisel yağ dizel motorlarda kullanıldı. Yapılan araştırmalar sonucunda motorun çeşitli parçalarında bazı problemler ortaya çıkardı. Aynı zamanda motorun ömrünü azalttığı da görülmektedir (Ejaz M. Shahid ve Younis Jamal, 2008)

Yapılan araştırmalar sonucu Hindistan da dizel yakıt benzine göre 7 kat daha fazla kullanılmaktadır. Bundan dolayı bitkisel yağlar dizel yakıtlara alternatif olarak kullanılmalıdır. Biyodizel yakıtların özellikleri incelenmiş ve dizel yakıtlarla karşılaştırılma yapılmıştır ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır (A. Murugesan ve arkadaşları 2009).

Bitkisel yakıtların dizel yakıt olarak ham şekilde kullanılabileceği fikri çok yaygın olarak düşünülmüş fakat bitkisel yağların yüksek viskozite değerinden dolayı birçok problem ortaya çıkarmıştır (Çanakçı,1999).

Yapılan incelemeler sonucu biyodizel için en iyi laboratuvar koşulları belirlenmiş ve bu değerler; reaksiyon sıcaklığı 60 °C reaksiyon süresi 1 saat molar olarak alkol yağ oranı 6/1 olarak belirlenmiştir (Stidham,W.D., Soaman,D.W.,M.F.Danzer, 2000)

Yapılan incelemeler sonucu araştırmacıların biyodizel üretimi için alkali katalizör kullanımını önerdikleri görülmüştür. Fakat asit katalizör kullanımını da öneren çalışmalar vardır. Katalizör kullanımı, yüksek orandaki serbest yağ asitlerinin estere dönüştürülmesinde faydası olmaktadır (Assman,G.,Blasey,G.,Gutsch,B., Jeromin,L., Rigay, J.,Armengand,R., Cermory, B., 1996)

Oktanöl ve dizelin karışım prosesi çok karmaşık değildir. Herhangi bir faz ayrışma problemi olmadan kolayca karışabilir. OCT10D90 olarak isimlendirilen karışım %10 Oktanöl %90 dizel eklenerek hazırlanmıştır. Aynı şekilde %20, %30, %40 oktanölün %80, %70, %60 dizele karıştırılmasıyla OCT20D80, OCT30D70 ve OCT40D60 karışımları elde edilmiştir. Oktanöl miktarı arttıkça yoğunluk ve viskozitesinin arttığı ama kalori değerinin düştüğü görülmüştür. Aynı zamanda viskozitede ki artış ateşleme gecikmesine neden olmuştur (A., Kumar, N., Karnwal, A. , Gupta, D., 2014).

Yapılan araştırmalar sonucu dizel motorda ham pamuk yağının ve pamuk yağı metil esterinin yakıt olarak kullanılabilirliği test edilmiş her iki yakıt türü dizel yakıtla karşılaştırılmış ve her iki yakıt türünün de dizel motorlarda yakıt olarak kullanılabilirliği ortaya çıkarılmıştır.

Çeşitli metil/etil esterleri ve bitkisel yağlar dizel motorlarında testleri yapılmıştır. Deneysel sonuçlar bütün tohumu yağı metil esteri karışımlarının ön ısıtma ve hiçbir motor modifikasyonu olmadan emisyonlar ve performans parametreleri yönünden pek çok çalışma koşullarında kısmi olarak motorinin yerine konulabilir olduğunu belirtmişlerdir (Usta 2005).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Deneysel Materyaller

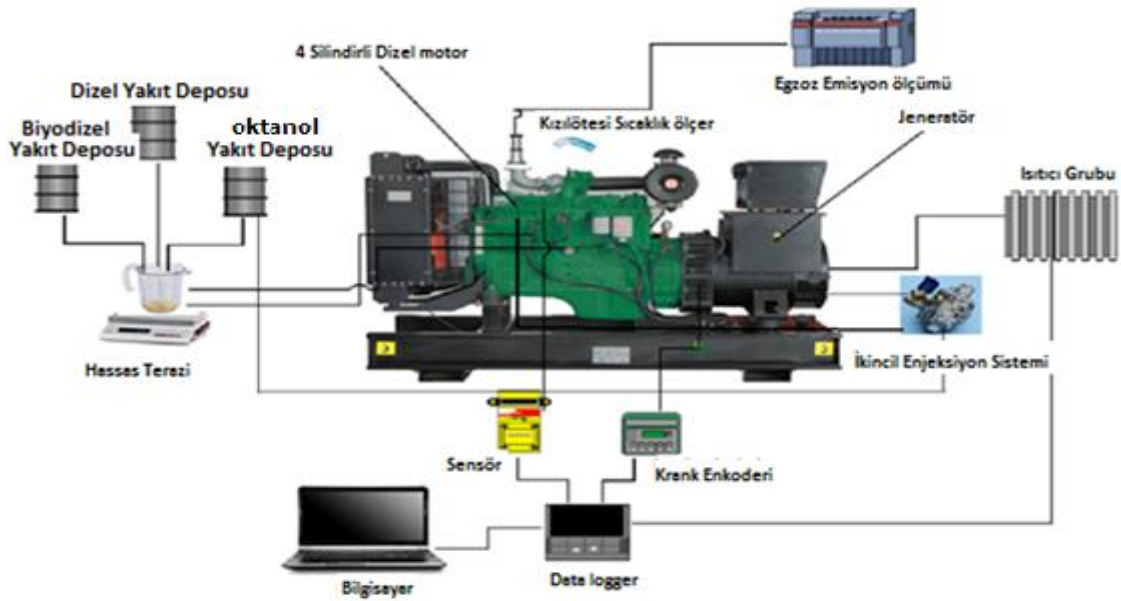
5.1.1. Dizel Motor ve Deney Seti

Deneyler Batman Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Motor Test Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deneysel düzeneğin diyagram şeması aşağıdaki şekilde verilmiştir. Deneyler 4 silindirli, 4 Stroklu direkt enjeksiyonlu ve su soğutmalı NWK22 dizel jeneratör motoru ile yapılmıştır. Motor yanma ve performans değerleri bilgisayarla bütünleşik yanma analizi kontrol ünitesi kullanılarak tespit edilmiştir. Gaz analiz cihazıyla egzoz gazı incelenirken sıcaklık kızılötesi sıcaklık ölçerle tespit edilmiştir. Motorun özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir. Deneylerdeki yakıtların emisyon ölçümleri CAPELEC CAP3200 marka emisyon ölçüm cihazı ile yapılacaktır.

Cihazın teknik özellikleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Cihaza NO_x sensörü bağlanmıştır. Cihaz OIML99, ISO 3930 ve BAR97 standartlarına uygundur. Her bir parametrenin yanıtlama süresi 5 saniyenin altındadır. Egzoz sıcaklığı, egzoz manifoldu üzerinde yanma odasına en yakın noktada temassız kızılötesi sıcaklık ölçen bir cihazla ölçülmektedir.



Şekil 5.1 Dizel jeneratör setinin görünümü



Şekil 5.2. Deney düzeneğinin şematik görünümü

Egzoz emisyon sonuçlarının ölçülmesinde Batman Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölüm Makine Laboratuvar'ında bulunan CAPELEC CAP 3200 markalı egzoz emisyon cihazı kullanılmıştır.

Egzoz gaz emisyonları ve duman koyuluğunu ölçmek için CAPELEC marka CAP 3200 model analiz cihazının ölçüm aralığı ve hassasiyeti Tablo 5.2'de görülmektedir.

Tablo 5.1. Dizel motorun özellikleri

İmalat	NWK22
Güç Çıkışı @1500 rpm	18 kW
Motor Soğutma Sistemi	Su Soğutmalı
Emme Sistemi	Doğal Emişli
Motor Modeli	4DW81-23D
Çap x strok (mm)	85x100
Silindir Hacmi (cm ³)	2400
Silindir Sayısı	4
Tutuşturma sistemi	Direkt enjeksiyon
Sıkıştırma Oranı	17:1
Püskürtme Enjektörü sayısı	4

Tablo 5.2. Emisyon cihazının teknik özellikleri

Parametre	Değer Aralığı	Hassasiyet
HC	0-20,000 ppm	1 ppm
CO₂	%0-20	%0.1
CO	%0-15	%0.001
O₂	%0-21.7	%0.01
NO_x	0-5000 ppm	1 ppm
Duman opaklığı	% 0-99,9	% 0,01

Aşağıda Şekil 5.3'te görülmekte olan hassas terazi, biyodizel elde etmek için kullanılan katalizör ve yakıt numunelerini hassas olarak tartmaya yarar. Gram cinsinden ağırlıklar ölçülmüştür.



Şekil 5.3. Deneyde kullanılan hassas terazi

Deney yapılırken sıcaklık ölçümlerini yapmak için dijital Raytek Raynger ST4 markalı temassız bir kızılötesi cihaz kullanılmıştır.

Egzoz sıcakları alınırken olabildiğince yanma odasına en yakın noktada egzoz manifoldunun üst kısmında sıcaklıklar alınmıştır. Kullanılan cihaza ait teknik özellikler çizelge 5.1’ de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Sıcaklık ölçüm cihazının teknik özellikleri.

Tip	Raytek Raynger ST4
Sıcaklık ölçüm aralığı	(-32 ile +400°C)
Lazer tip	Tek nokta
Hassasiyet	%±1
Tepki süresi	500µsn
Difüzyon hızı	%95

5.1.2 Metil Alkol (Metanol)

Aspir yağından biyodizel elde etmek için, 20 °C sıcaklıkta, 0,791-0,793 kg/l yoğunlukta ve 32,04 g/mol molekül ağırlığında olan CH₃OH (metil alkol) kullanılmıştır.



Şekil 5.4. Biyodizel üretiminde kullanılan metil alkol

5.1.3. Oktanol

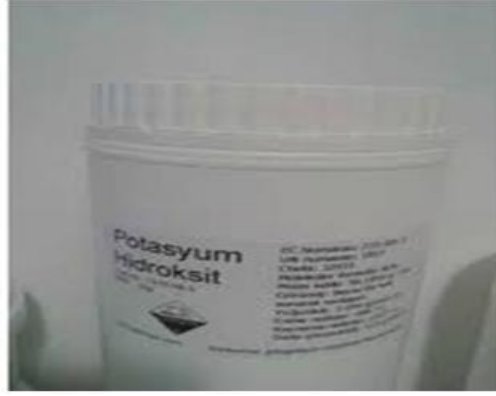
Oktan-1-ol olarak da bilinen 1-Oktan-1-ol, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{OH}$ moleküler formülüne sahip organik bileşiktir. Bu tür alkoller yağlı alkollerdir. İzomerlerin çoğu, genel olarak oktanoller olarak bilinmektedir. 1-Octanol, parfüm ve aromalar da kullanılmak üzere esterlerin sentezi için üretilmiştir (Deep A. vs. 2014). Deneyde aşağıdaki özelliklere sahip 1 litre oktan-1-ol kullanılmıştır.

Çizelge 5.2. Oktanolün çeşitli yakıt özellikleri

Formül	$\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$
Kaynama noktası	194 °C
Yoğunluk	0,825 gr/cm ³
Alt Isıl değer	40723 kJ/kg
Molar kütle	130,23 g/mol
Setan Sayısı	36,7
Viskozite	8,92 mm ² /sn
Suda çözünürlük	0,3 kg/m ³
PubChem Bileşik Kimlik Numarası	957

5.1.4. Katalizör

Aspir yağından biyodizeli elde etmek için katalizör olarak kullanılan KOH (potasyum hidroksit) aşağıda Şekil 5.5' te gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Biyodizel üretiminde kullanılan katalizör

5.2. Aspir Yağı ve Biyodizel Üretimi

Deneyde kullanılan 10 litre aspir yağı, metil alkol, oktanol ve KOH ticari firmalardan temin edilmiş olup aspir yağından metil biyodizelinin üretimi deney yapılarak laboratuvar şartlarında elde edilmiştir.

Aspir yağından metanol biyodizelinin üretimi:

1. İlk olarak yağın içindeki suyu kurutmak amaçlandığından yağ 100°C nin üstünde ısıtıldıktan sonra 45°C 'deki bir sıcaklığa kadar soğutulmaya bırakılmıştır.
2. Yaklaşık 1 litrelik aspiyyağı beher kaba konulup elektrikli ısıtıcı ile 55°C ye kadar ısıtılmıştır. Sıcaklığını 55°C de sabit tutmak için manyetik karıştırıcı da belli bir devirde karıştırılmıştır.



Şekil 5.6.Aspir yağının ısıtılması

Bir sonra ki aşama için karışıma eklemek üzere metil alkol ve KOH maddeleri de başka bir beher kaptaki; kullanılan yağın %20 si kadar alkol ve yaklaşık 3 gr KOH

karıştırılmıştır. Katalizör görevi gören KOH, alkolün içinde eriyene kadar karıştırma işlemine devam edilmiştir. Hazırlanan bu karışımı sabit sıcaklıkta tutulan aspir yağının üzerine eklenmiştir. Uçucu olan metil alkolün eksilmemesi için alüminyum folyo ile beher kabın ağzı kapatılmıştır.



Şekil 5.7. Katalizör ve metil alkol katılarak ısıtılan yağ

Sıcaklık 55°C de sabit tutmak için 1 saat boyunca manyetik karıştırıcı ile karıştırılmaya devam edilmiştir. Biyodizel üretimi için reaksiyonun sıcaklık ve sürelerine dikkat edilmesi gerektiğinde bu parametrelerde hassas davranılmıştır.

Bu işlem tamamlandıktan sonra, gliserinin çökmesi için aşağıdaki Şekil 5.8.' de görüldüğü üzere önceden hazırlanan ayırma hunisine aktardıktan sonra 13 saatlik dinlenmeye bırakılmıştır.



Şekil 5.8. Dinlenmeye bırakılan karışım

3. 13 saatlik sürenin tamamlandıktan sonra çökmüş gliserin başka kaba alınmıştır.
4. Her ne kadar gliserini alınmış olsada elde edilen biyodizelin içerisinde reaksiyona girmemiş olan alkol, katalizör madde ve ayrışma sırasında gliserin kalmış olma ihtimalini ortadan kaldırmak için yıkama işlemi yapılmıştır.

İki aşamada yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir:

Birinci aşamada: 1 litre biyodizel ve 1 litre saf su karıştırılarak elektrikli ısıtıcı ile belli bir süre yaklaşık 85°C - 95°C aralığında ısıtılmıştır. Biyodizelden daha ağır olduğunu gördüğümüz altta kalan suyun çıkarılıp buharlaşması için kaynama işlemi için manyetik karıştırıcıdan da destek alınmıştır. Bir süre bekledikten sonra sıcaklığın artmasıyla da içindeki suyun hepsinin buharlaşmasıyla, sıcaklık yaklaşık 120°C 'de iken ısıtma işlemine son verilmiştir. Bu işlem bittiğinde ise biyodizelimizi elde etmiş olduk.



Şekil 5.9.Isıtılan biyodizel

İkinci aşamada: 1'er litre su ve gliserini alınan yağ kaba konularak belirlenmiş olan süre zarfında çalkalanarak dinlenmeye bırakılmıştır. Amaç su ile yağ arasında bir faz ayrımı oluşturmaktır. Bu işlem sonunda dibe çökeni yok etmek için yaklaşık 1 saat boyunca ısıtılıp suyun buharlaşması beklenilmiştir. Bu ısıtma işlemi yaklaşık 120°C civarında gerçekleştirilmiş ve durdurulmuştur.



Şekil 5.10.Yıkanmış biyodizeldeki faz ayrımı

5.3 Deneylerde Kullanılan Yakıtlar Ve Karışım Oranları

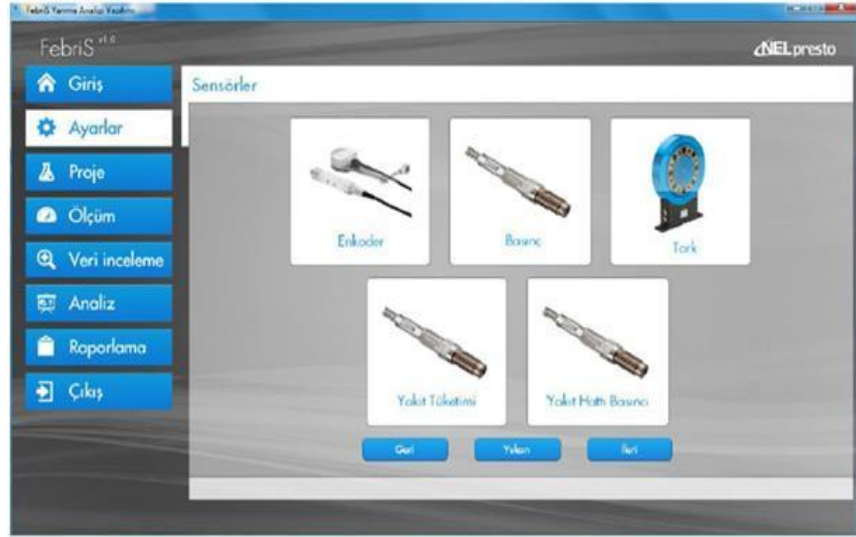
Biyodizel, dizel motorlarında saf yakıt olarak kullanılabildiği gibi kökeni petrol olan dizel yakıtlarla veya alkollerle de karıştırılarak kullanılabilir. Saf olarak biyodizel kullanıldığından B100, %50 oktanol ve %50 biyodizel yakıt içeren bir karışım OB50 olarak adlandırılır. Biyodizel, oktanol ve dizel ile karışım oranları bazında aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır.

- OB50 : % 50 Oktanöl + %50 Biyodizel
- OC100: % 100 Oktanöl
- OD50: % 50 Oktanöl + %50 Dizel
- B100 : %100 Biyodizel
- ULSD : %100 Dizel

5.4 Yanma Analizi Sistemi ve Hesaplanan Parametreler

5.4.1 Febris yanma analizi sistemi

Yanma parametrelerinin analizi için veriler FEBRIS yazılımı tarafından toplanır ve analiz edilir. Febris yanma analizi programının görünümü aşağıdaki Şekil 7.12.'de görülmektedir. Silindir hacmi, silindir gaz basıncı değerleri, ortalama piston hızı, piston ivmesi ve krank milinin pozisyonu program vasıtasıyla belirlenir. Silindir gazı basınç verileri basınç sensörü ile elde edilir.



Şekil 5.11.FebriS Yanma Analizi Programının Görünümü

Aşağıda verilen denklem vasıtasıyla her bir krank açısı için parametreler ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Termodinamiğin birinci kanunu ve kapalı sistemlerdeki ideal gaz kanunu göz önüne alınarak ısı salınım hızı denklem kullanılarak belirlenmiştir. Isı salınım hızı, yanma odasındaki enerji yayılımının geçici olarak izlediği yol olarak tanımlanır. Isı salınım hızının integrali, toplam ısı salınımı veya yanma fonksiyonu olarak düzenlenmiştir.

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{\gamma}{\gamma-1} P \frac{dV}{d\theta} + \frac{1}{\gamma-1} V \frac{dP}{d\theta} \quad (\text{Merker ve ark., 1998; Harıram ve Shangar, 2015})$$

1'deki denklem birikmiş ısı salınımının hesaplanmasında kullanılır.

$$\int dQ = \int \left(\frac{\gamma}{\gamma-1} \right) p(dV) + \left(\frac{1}{(\gamma-1)} \right) V(dP)$$

Burada γ , 1.32 olarak alınan özel bir sıcaklık oranı, θ krank açısı, P silindir gaz basıncı ve V ise silindir hacmidir.

Burada, basınç verisi basınç sensöründen ayrılmıştır ve; V ve $dV/d\theta$ terimleri aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır:

$$V = V_c + A \cdot r \left\{ 1 - \cos \left(\frac{\pi A}{180} \right) + \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \left(\frac{\pi \theta}{180} \right)} \right) \right\}$$

$$\frac{dV}{d\theta} = \left(\frac{\pi A}{180} \right) \times r \left\{ \sin \left(\frac{\pi \theta}{180} \right) + \frac{\lambda^2 \sin^2 \left(\frac{\pi \theta}{180} \right)}{2 \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \left(\frac{\pi \theta}{180} \right)}} \right\}$$

Burada, $\lambda = \frac{l}{r}$ ve $A = \frac{\pi D^2}{4}$

Burada, r krank yarıçapı $H/2$, l rod bağlantı çubuğunun uzunluğu, D silindir çapı ve V_c ise strok hacmidir.

Ortalama gaz sıcaklığı sonuçları yanma odasındaki gaz sıcaklığının bölgesel ortamlarından alınır. Yanma odası sistemi genellikle ideal karışım olarak görüldüğünden ortalama gaz sıcaklığı ideal gazlar için durum denklemi ile kolaylıkla bulunur. Piston ve silindir için genellikle lokal sabit ısı kullanılır. Genleşme stroğupolitropik olduğu kabul edilmekte ve sıradaki denklem kullanılarak ortalama gaz sıcaklığı hesaplanır.

$$T_i = P_i V_i \frac{T_{ref}}{P_{ref} V_{ref}} \quad (\text{Can, 2012}).$$

Burada, T_i ; ortalama gaz sıcaklığı P_i ve V_i eşzamanlı basınç ve silindir hacmini T_{ref} , P_{ref} ve V_{ref} politropik genleşme eğrisinin herhangi bir noktasındaki referans parametleridir.

5.4.2. Motor Performans Parametreleri

Yakıt tüketimi ölçmek için 1 g hassasiyeti olan elektronik terazi ve dijital kronometre ile kütesel olarak yapılmıştır. Bir süre sonra yakıt kütesindeki değişim elektronik terazide görülmüş olup kaydedilmiş ve birim zamandaki yakıt tüketiminin hesabı yapılmıştır. Ölçmüş olduğumuz çıkış gücü, yakıt tüketimi ve ısı değerleri kullanılarak motor performansın değerlendirilmiştir. Ölçmüş olduğumuz bu değerlerle özgül yakıt tüketimi (ÖYT) ve efektif verim değerleri hesaplanmıştır. Özgül yakıt tüketimi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır: $be = \frac{B}{Pe} * 1000$

be : Özgül yakıt tüketimi (gr/kwh)

B : Yakıt tüketimi (gr/sn)

Pe : Efektif güç (kw)

$$\text{Efektif verim ise; } \eta_e = \frac{1000}{be * Hu}$$

Formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Burada;

η_e = Efektif verim (%)

be = Özgül yakıt tüketimi (kg/kwh)

Hu= Yakıtın alt ısı değeri (kj/kg)

6.DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Oktanolin biyodizel ve dizel kullanımına etkileri araştırılacaktır. Bu kapsamda oktanol saf halde kullanıldığında (OC100), biyodizel saf halde kullanıldığında (B100) ve bunların karışımından olan oktanol-dizel (OD50) ve oktanol-biyodizel (OB50) karışım yakıtlarının kullanıldığında, çeşitli yüklerde ve 1500 d/dk'da motor performansı, yanma parametreleri ve emisyon parametreleri üzerindeki etkileri açıklanmıştır.

Yanma parametreleri ise 10,8 kw sabit yük ve 1500 d/dksabit devir şartlarında araştırılmıştır. Yanma parametrelerinden olan silindir içi basıncının krank açısına göre değişimi, ısı salınım hızının krank açısına değişimi ve ortalama gaz sıcaklığının krank açısına göre değişimi verilmiştir. Bu parametreler yanma parametreleri kapsamında verilmiştir.

Performans parametreleri kapsamında ise motor devri 1500 d/dk'da sabit tutulmuş motor yükü %20 yüke denk gelen 3,6 kw, %40 yüke denk gelen 7,2 kw , %60 yüke denk gelen 10,8 kw yüklerinde yapılmıştır. Performans parametrelerinden kütleli yakıt tüketimi, özgül yakıt tüketimi ve efektif (termal) verim araştırılmıştır. Bu 3 parametrenin 1500 d/dk ve farklı yüklerdeki değişimleri incelenmiştir.

Emisyon parametrelerinden ise yine bu bölümde farklı yüklerde ve 1500 d/dk'da motor çalışırken bu yükler ve devirdeki emisyonların yakıt türüne göre değişimi incelenmiştir. Bu emisyonlardan karbondioksit (CO₂), karbonmonoksit (CO), yanmamış hidrokarbon (HC) ve azotoksit (NO_x) emisyonları açıklanmaya çalışılmıştır.

6.1. Yanma parametreleri

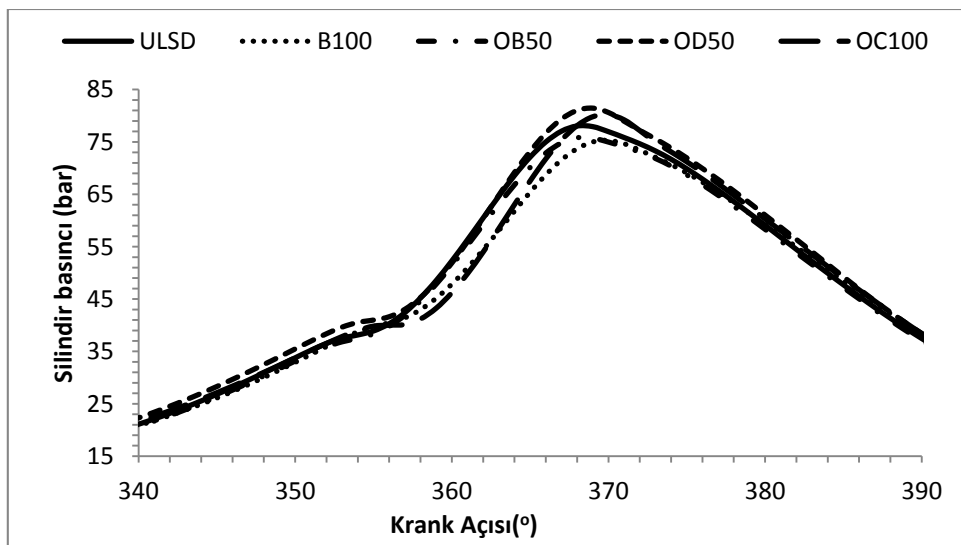
6.1.1. Silindir Basıncı

Şekil 6.1.'de motor yakıtlarının kullanımında 10,8 kw yükte oluşan basıncın krank açısına göre değişimleri gösterilmiştir. Bütün yakıtlar için basınç grafikleri beklenen şekilde gerçekleşmiş olup 330 krank mili açısı civarında püskürtme noktaları belirgin şekilde görülmektedir. Ayrıca pik basınçlar birbirinden farklılaşmıştır, onun dışında 340° ye kadar olan krank açıları ve 390° den sonra basınçlar birbirine

oldukça paralel seyretmiştir. Yanma kısmını gösteren 330° ile 390° arası olan krank açısı bölümünde farklı yakıtlar için farklı basınçlar oluşmuştur.

Şekil incelendiğinde saf aspir biyodizeli (B100) ve saf oktanol (OC100) için tutuşma gecikmesi sürelerinin daha uzun olduğu görülmektedir. Oktanöl-biyodizel (OB50) ve Oktanöl-dizel(OD50) karışımları için tutuşma gecikmesi süreleri dizel yakıtına benzer olarak gerçekleşmiştir. Biyodizel ve saf oktanol için tutuşma gecikmesi süresinin uzun olmasının nedeni hem biyodizel hemde oktanölün viskozitesinin dizel yakıtına göre yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Pik basınçlar incelendiğinde en düşük pik basıncının B100 yakıtı için elde edildiği, en yüksek pik basınç değerlerinin ise oktanöl-dizel (OD50) ve saf oktanol (OC100) için elde edildiği görülmektedir. Oktanöl (OC100) için tutuşma gecikmesi uzun olmasına rağmen pik basıncın yüksek olması oktanölün alkol olması nedeniyle uçuculuğu ve karışım oluşturma hızının yüksek olmasından dolayı hızlı buharlaşım hızla yanmasına bağlanabilir.

Biyodizel için en düşük pik basıncı elde edilmiştir. Bunun nedeni ise karışım oluşturma özelliklerinin ve viskozitesinin olumsuz olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Karışım yakıtlar olan oktanöl-biyodizel (OB50) ve oktanöl-dizel (OD50) yakıtlarının karışımları göz önüne alındığında hem tutuşma gecikmelerinin hem de pik basınçlarının dizel yakıtlarına benzer olduğu görülebilmektedir. Ancak oktanöl-dizel karışımının (OD50) pik basıncının daha yüksek olduğu görülmektedir. Buda oktanölün hızlı yanma özelliklerine bağlanabilir. Oktanöl (OC100) yakıtının ve saf biyodizelin (B100) tutuşma gecikmelerinin uzun olması olumsuz olarak değerlendirilir.



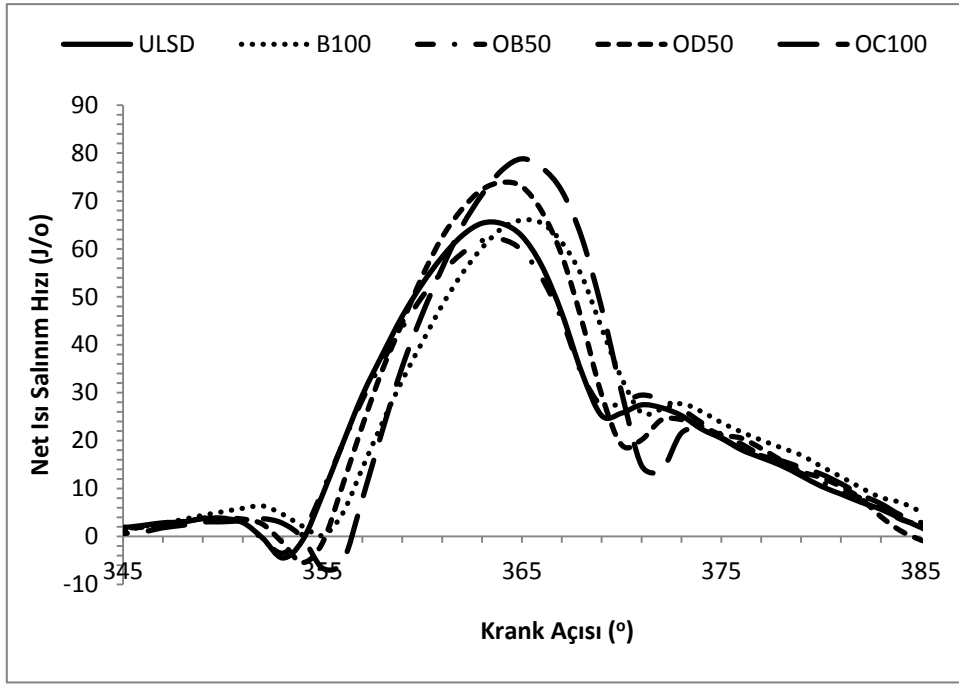
Şekil 6.1. Test yakıtlarının kullanımında farklı motor yükleri için oluşan basınç eğrileri

6.1.2. Isı Salınım Hızı

Şekil 6.2.'de bütün test yakıtları incelendiğinde ısı salınım hızı grafiklerinin beklendiği gibi birbirine benzer olduğu görülmektedir. Şekilde püskürtmenin olduğu nokta ve yanmanın başladığı noktalar tüm yakıtlar için belirgin şekilde görülebilmektedir. Ayrıca ısı salınım hızlarının pik noktalarında belirgin olarak görülmektedir. Bunun dışında püskürtmenin sona erdiği noktalarda belirgin bir şekilde grafik üzerinde görülebilmektedir.

Grafik incelendiğinde püskürtmenin başladığı nokta ile yanmanın başladığı noktalar arasında ki bölüm olan tutuşma gecikmesi periyotlarının test yakıtları için karşılaştırılabilir olduğu görülmektedir. Burada açık bir şekilde oktanolün saf hali olan OC100 ve saf halde kullandığımız biyodizel B100 tutuşma gecikme sürelerinin diğer yakıtlara göre daha uzun olduğu görülebilmektedir. Yukarıda açıklandığı gibi bu durum biyodizel ve oktanolün yüksek olan viskozitelerine bağlanmıştır.

Pik noktalar incelendiğinde oktanol (OC100) yakıtının ısı salınım hızının maksimum değerlerinin diğer yakıtlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca oktanol50-biyodizel50 (OB50) kullanımında yine ısı salınım hızı grafiğinin diğer yakıtlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum oktanolün hızlı yanma özelliğine bağlanabilir. Alkoller genel olarak daha uçucu olup karışım oluşturma özellikleri daha yüksektir. Bu da yanma başladıktan sonra alevin ilerleme hızının alkol yakıtları için daha yüksek olmasına bağlanabilir. Buda pik ısı salınım hızı değerlerini oktanol karışımı için yükseltmiştir. Biyodizelin saf hali olan B100 kullanımında yanmanın hem tutuşma gecikmesi periyodunun hemde pik noktanın beklenenden daha fazla sarktığı görülmektedir. Bu durum biyodizelin saf halinin hem tutuşma gecikmesinin yüksek olmasına hem de yanma hızının düşük olmasına bağlanabilir.

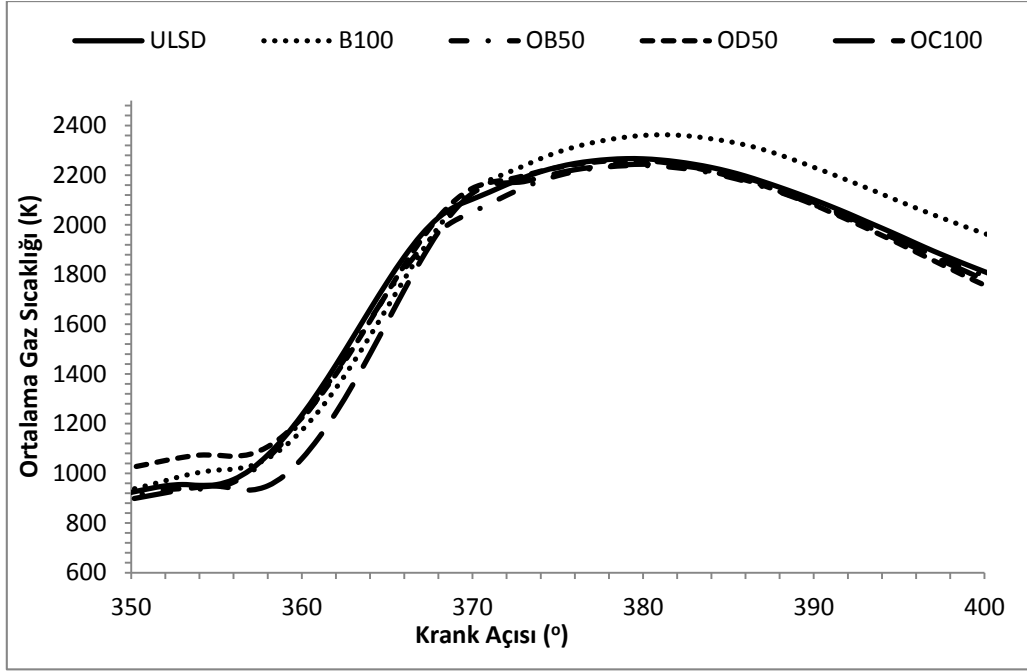


Şekil 6.2. Test yakıtları için ısı salınım hızı grafiklerinin krank açısına göre değişimi

6.1.3. Ortalama Gaz Sıcaklığı

Şekil 6.3'te test yakıtlarının kullanımında ortalama gaz sıcaklıklarının krank açılarına göre değişimi görülmektedir. Tüm yakıtlar için 355° krank açısı civarında yanmanın başladığı ve sıcaklıkların hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir. Yüksek sıcaklıklar incelendiğinde test yakıtları için silindir içi sıcaklıklarının basınca göre daha geç bir krank açısında elde edildiği görülmekte ve buda beklenen bir durumdur.

Test yakıtları karşılaştırıldığında ise biyodizelin saf hali olan B100 yakıtının geç krank açılarında ortalama gaz sıcaklığının daha yüksek olduğu görülmektedir. Alkol yakıtlarının yani Oktanol (OC100), oktanol50-dizel50 (OD50), oktanol-biyodizel50 (OB50) yakıtlarının tüm durumlarda sıcaklıklarının diğer yakıtlara göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu da oktanolün buharlaşma ısısının yüksek olmasına ve buharlaştığında ortamdan ısı çekmesine bağlanabilir. Bu durum genel olarak alkollerin düşük sıcaklıklı yanmaya neden olduğu şeklinde yorumlanabilir. Biyodizelin saf halinin sıcaklığının yüksek olmasının nedeni ise yanmanın geç krank açılarına sarkmasına bağlanabilir.



Şekil 6.3. Test yakıtlarının kullanımında ortalama gaz sıcaklıklarının krank açısına göre değişimi

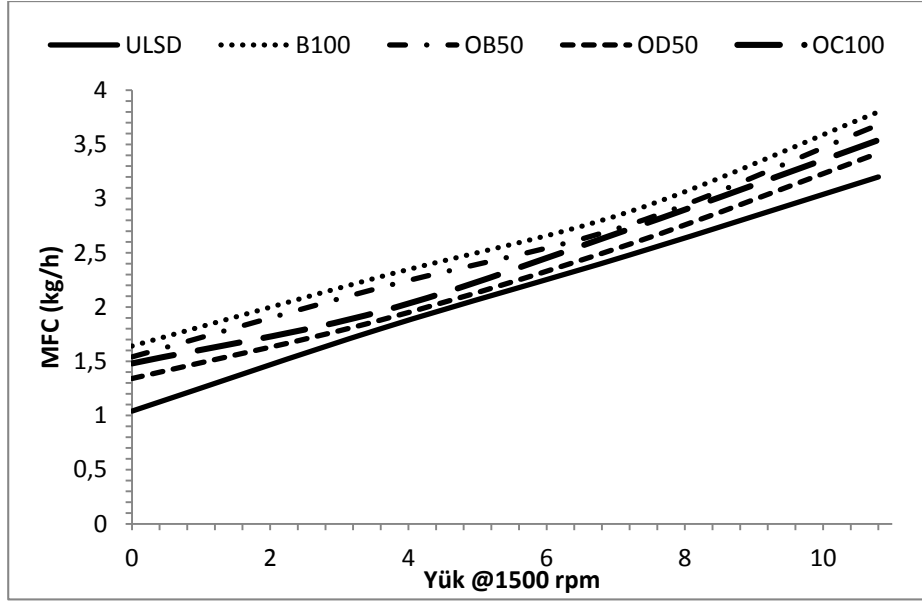
6.2. Performans Parametreleri

6.2.1. Kütleli Yakıt Tüketimi

Şekil 6.4'te kütleli yakıt tüketimi değerlerinin farklı motor yüklerinde motor test yakıtlarının türüne göre değişimi verilmiştir. Burada motor devri 1500 d/dk'da sabit tutulmuş olup, yük yüzde olarak gösterilmiştir. Bu durumda test yakıtlarının kullanımında oluşan kütleli yakıt tüketimi değerleri ölçülmüş ve grafik haline getirilmiştir.

Şekil incelendiğinde tüm yüklerde kütleli yakıt tüketimi değerlerinin dizel yakıtı için diğer yakıtlara göre daha düşük olduğu görülmektedir. En yüksek kütleli yakıt tüketimi değerleri ise saf biyodizel olan B100 yakıtında elde edilmiştir. Bu durum biyodizelin diğer yakıtlara göre düşük olan ısı değeriyle bağlantılıdır. Saf dizel yakıtı olan ULSD yakıtının kütleli yakıt tüketimi değerlerinin diğer yakıtlara göre daha düşük olmasının nedeni dizel yakıtının yüksek olan alt ısı değeriyle bağlantılıdır.

Karışım yakıtları incelendiğinde oktanol dizel karışımı (OD50) yakıtının kütleli yakıt tüketimi değerlerinin dizel yakıtına benzer olduğu görülebilmektedir. Bu durum oktanolün, saf biyodizele göre yüksek olan alt ısı değeri ve ayrıca oktanolün kullanımında yanmanın veriminin iyileşmesine bağlanabilir.

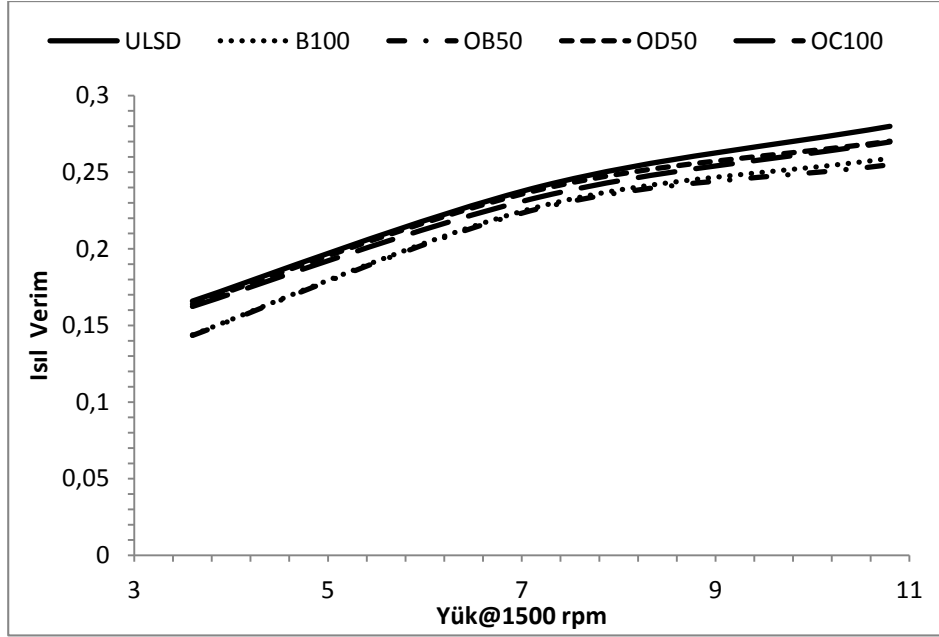


Şekil 6.4. Kütlesel yakıt tüketimi

6.2.2. Isıl Verim Değişimi

Tüm test yakıtları için ısı verim değerlerinin motor yüküne göre değişimi Şekil 6.5.'te gösterilmiştir. Şekil 6.5. incelendiğinde tüm yakıtlar için yüke bağlı olarak ısı veriminin artış eğiliminde olduğu görülebilmektedir. Bu durum yük arttıkça yanmanın iyileşmesine bağlanabilir. Motor sıcaklığı yüke bağlı olarak arttığından silindir içerisinde yanma ortamında iyileşmeler olmaktadır ve bu durumda yanma daha iyi olabilmektedir. Bu durum termal (ısı) verimin bütün test yakıtları için yüke bağlı olarak artmasına neden olur.

Test yakıtları incelendiğinde oktanol karışımları ve normal dizel yakıtı ısı verim değerlerinin diğer yakıtlara göre daha yüksek olduğu görülebilmektedir. Oktanölün saf hali ve diğer iki karışımının ısı verim değerlerinin dizel yakıtına oldukça yakın olduğu görülmektedir. Biyodizelin saf halinin yani B100 ısı veriminin tüm test yakıtları arasında daha düşük olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Bu durum yanma sırasında biyodizelin hem yoğunluğunun hem viskozitesinin hem de karışım oluşturma özelliklerinin kötü olmasına bağlanabilir. Oktanöl karışımları için ise yanmanın iyileşmesi alkolün karışım oluşturma özelliklerine bağlanabilir.

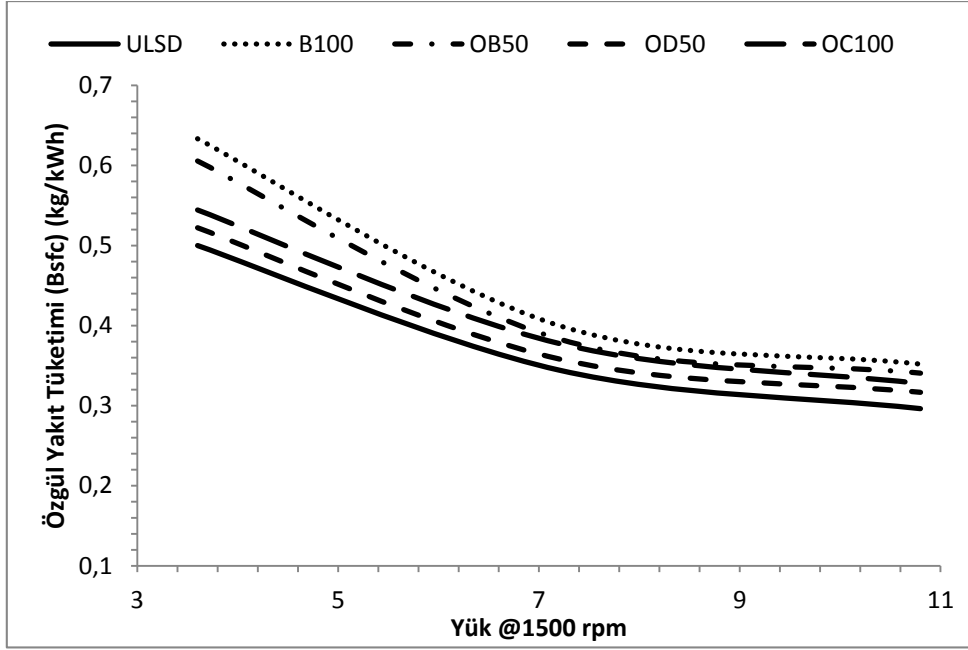


Şekil 6.5. Tüm test yakıtlarının yüke bağlı olarak ısı verim değişimi

6.2.3. Özgül Yakıt Tüketiminin (Bsfc) Yüke Bağlı Olarak Değişimi

Şekil 6.6. Özgül yakıt tüketimi (Bsfc) değerlerinin yüke bağlı olarak değişimi görülmektedir. Şekil 6.6 incelendiğinde bütün test yakıtları için özgül yakıt tüketimi değerlerinin yük artışıyla beraber azaldığı görülebilir. Özgül yakıt tüketimi genel olarak termal (ısı) verim grafiklerinin simetrisi şeklinde olup bu durum iki şekil beraber incelendiğinde de görülebilmektedir.

Test yakıtları incelendiğinde en düşük özgül yakıt tüketimi değerlerinin sırasıyla saf dizel yakıtı ve oktanol-dizel karışım yakıtı için elde edildiği görülmektedir. En yüksek özgül yakıt tüketimi değerlerinin tüm yükler için B100 yakıtı için elde edildiği görülmektedir. Bu yakıtı oktanol ve biyodizel karışımı yakıtı olan OB50 takip etmektedir. Bu da biyodizelin olumsuz olan yanma özelliklerine bağlanabilir. Ancak oktanol kullanıldığında bu durum nispeten iyileşmekte olup, özgül yakıt tüketiminde de iyileşmeler görülebilmektedir. Buda oktanolün daha yüksek olan alev hızına ve karışım oluşturma özelliğine bağlanabilir.



Şekil 6.6. Özgül yakıt tüketimi (bsfc) yüke bağlı olarak ısı değişimi

6.3.Emisyon Parametreleri

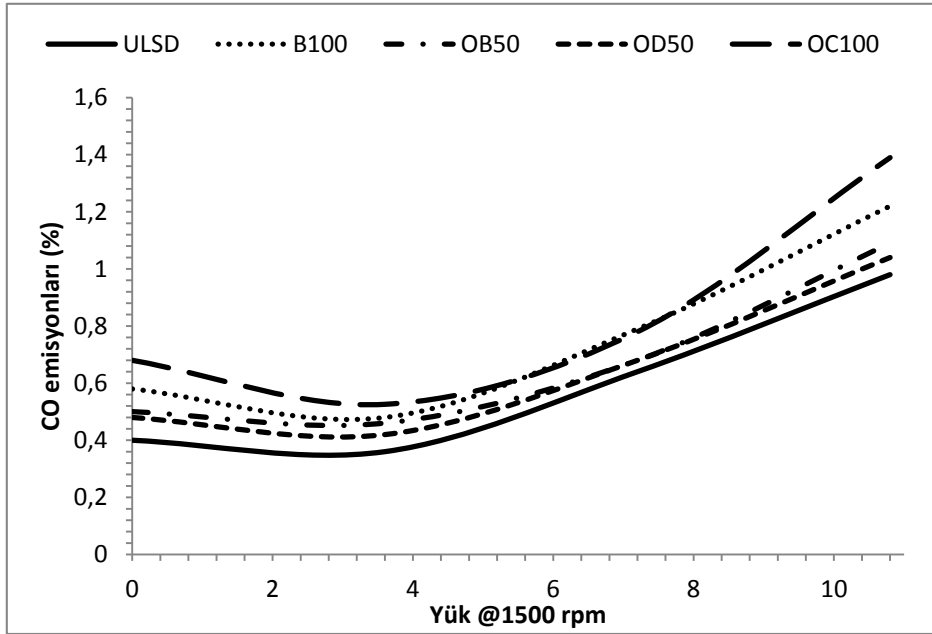
6.3.1. Karbonmonoksit (CO) Emisyonları

Şekil 6.7.'de karbonmonoksit emisyonlarının motor yüküne bağlı olarak değişimlerinin test yakıtları için değerleri verilmiştir. Şekil 6.7. incelendiğinde motorun orta yüklerinde en düşük karbonmonoksit emisyonlarının elde edildiği görülmektedir. Düşük yüklerde de yük arttıkça karbonmonoksit emisyonlarının değerlerinin tekrar yükseldiği görülmektedir. En düşük motor yüklerinde yani motor yüksüz durumda iken karbonmonoksit emisyonlarının yüksek olmasının nedeni düşük olan yanma sıcaklığının yani yükün düşük olmasına bağlı olarak motorun soğuk olmasının eksik yanmaya neden olmasına bağlanabilir. Düşük yüklerde motor soğuk olduğu için yanma kötüleşmekte ve eksik yanma ile sonuçlanmaktadır. Yük arttıkça orta yüklere kadar yanmanın iyileşmesine bağlı olarak karbonmonoksit emisyonları düşüş göstermiş ancak ortalama %50 yükten sonra tekrar artış göstermiştir. Yüksek yüklerde karbonmonoksit emisyonlarının yeniden yükselmesinin nedeni yakıtın yanma odasına daha fazla püskürtülmesine bağlanabilir.

Dizel motorları normalde fazla hava ile çalışır ve yaklaşık olarak atmosferik motorlarda aynı hava içeri alınmaktadır. Fakat yük arttıkça silindire püskürtülen yakıt daha fazla olmaktadır. Bu durum yüksek yüklerde zengin karışıma neden olur, zengin karışımla çalıştırmayı gerektirir ve sonuçta eksik hava karbonmonoksit emisyonlarının

artmasına neden olur. Karbonmonoksit emisyonları genel olarak yüksek sıcaklıklarda ve eksik hava ortamlarında oluşmaktadır. Sıcaklık yükseldi ise ve ortamda oksijen yetersizliği varsa karbonmonoksit karbondioksite dönüşmemekte ve karbonmonoksit olarak dışarıya salınmakta, buda karbonmonoksit emisyonlarının artmasına neden olmaktadır.

Test yakıtları karşılaştırıldığında en düşük karbonmonoksit emisyonlarının sürekli dizel yakıtı için elde edildiği ve en yüksek karbonmonoksit emisyonlarının ise OC100 yakıtında elde edildiği görülmektedir. Bu durum OC100 yakıtı kullanımında yanma odasının sıcaklığının düşük olmasına bağlı olarak yanmanın daha eksik tamamlanmasına bağlanabilir. OC100 yakıtını B100 yakıtı takip etmektedir. B100 yakıtının karbonmonoksit emisyonlarının daha düşük olmasının nedeni ise biyodizelin olumsuz karışım oluşturma özelliklerine ve düşük alev hızına bağlanabilir.



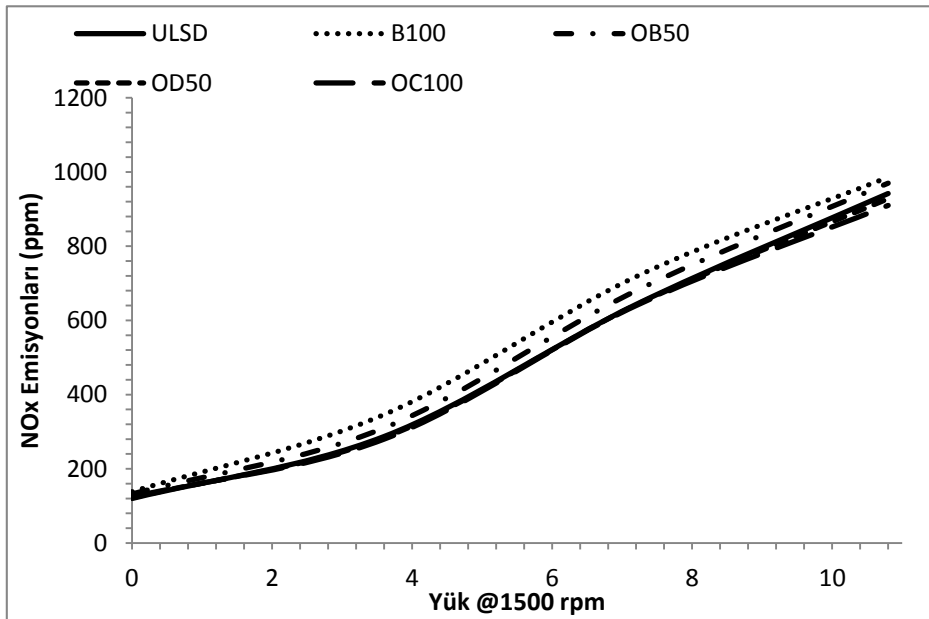
Şekil 6.7. Karbonmonoksit (CO) Emisyonları

6.3.2. NO_x (Azot Oksit) Emisyonları

NO_x emisyonlarının motor yüküne bağlı olarak değişimleri Şekil 6.8.'de gösterilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde yük artışına bağlı olarak bütün test yakıtları için azotoksit emisyonlarının yükseldiği görülebilmektedir. Azotoksit emisyonlarının oluşum nedeni yüksek sıcaklıklardır. Azot 1800°K'den sonra oksijenle birleşerek azot oksit emisyonlarını oluşturur. Motor yüküne bağlı olarak azotoksit emisyonlarının artmasının nedeni ise bu durumdan dolayıdır.

Bütün test yakıtları için yük arttıkça silindir içerisindeki sıcaklıklarda arttığı için NO_x emisyonları da artış göstermiştir. Test yakıtları karşılaştırıldığında en yüksek azotoksit emisyonlarının biyodizel saf hali olan B100 yakıtı için elde edildiği görülmekte ve bütün yüklerde bu durum böyle gerçekleşmiştir. Bu yakıtı oktanol-biyodizel (OB50) karışım yakıtı takip etmiştir.

Genel olarak oktanoldizel (OD50) ve saf oktanol (OC100) için NO_x emisyonları değerleri diğer yakıtlara göre daha düşük olarak gerçekleşmiştir. Bu durumları yorumlayacak olursak; B100 yakıtı için NO_x emisyonlarının yüksek olmasının nedeni biyodizelin yüksek olan adyabatik alev sıcaklığına bağlanabilir. Buda biyodizelin oksijen içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanan bir durumdur. Oktanol yakıtı için Azotoksit emisyonlarının azalmasının nedeni ise düşük sıcaklıklı yanmaya sebebiyet vermesidir. Alkoller için genel olarak yanma daha soğuk olarak gerçekleşmektedir. Bu durum azot oksit emisyonlarını azaltmaktadır.



Şekil 6.8. NO_x (Azot Oksit) Emisyonları

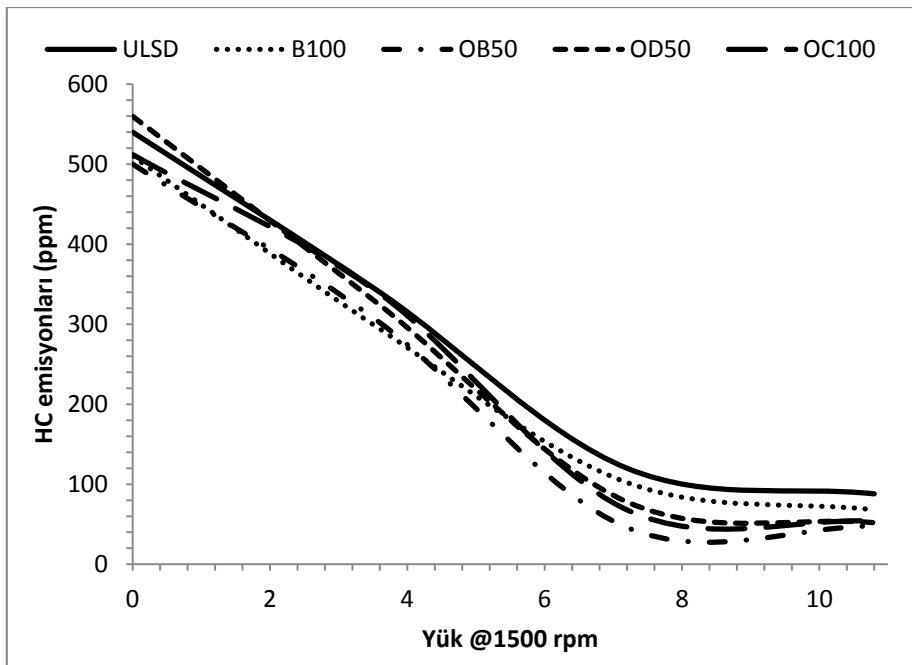
6.3.3. HC (Hidrokarbon) Emisyonları

Yanmamış hidrokarbon (HC) emisyonları motor yüküne bağlı olarak değişimi tüm test yakıtları için Şekil 6.9.'da gösterilmiştir.

Şekil 6.9. incelendiğinde bütün test yakıtları için hidrokarbon emisyonlarının motor yüküne bağlı olarak oldukça dramatik bir şekilde azaldığı görülebilmektedir. Bu durum motor yüküne bağlı olarak silindir içerisindeki sıcaklıkların artmasına bağlanabilir. Hidrokarbon emisyonlarının oluşumunun en önemli nedeni silindir

içerisinde yanmanın olduğu bölgenin uzak bölgeleridir. Yani motor silindir cidarlarına yakın olan bölgelerde hidrokarbon emisyonları genel olarak oluşmaktadır. Motor yükü arttıkça silindir içerisindeki sıcaklıklar daha fazla cidarlara yayılabilmekte ve burada yanmanın devam etmesine yani sönme bölgesinin kısılmasına neden olur. Sönme bölgelerinin kısılması hidrokarbon emisyonlarının azalmasına neden olur. Genel olarak bütün yakıtlar için yük arttıkça sönme bölgesi azaldığından hidrokarbon emisyonlarında azalmaktadır.

Test yakıtları karşılaştırıldığında ise düşük yüklerde biyodizel karışımı yakıtlarının yani B100 ve OB50 yakıtlarının diğer yakıtlara göre daha düşük hidrokarbon emisyonunu saldığı görülebilmektedir. Bu durumda düşük yüklerde olsa bile biyodizelin yüksek olan adyabatik alev sıcaklığına bağlanabilir. Yük arttıkça yüksek yüklerde ise en düşük yanmamış hidrokarbon değerleri yine OB50 yakıtında ve OC100 ile OD50 yakıtı karışımında elde edilmiştir. Bu durum yüksek yüklerde alev hızının oktanol için artmasına bağlı olarak sönme bölgesinin kısılmasına bağlanabilir. Yüksek yüklerde hidrokarbon emisyonları genel olarak bütün yakıtlar için düşük olarak elde edilmiştir ve standartların oldukça altında oluşmuştur. Dolayısıyla bu durum çok sorun teşkil etmemiştir.



Şekil 6.9. HC (Hidrokarbon) Emisyonları

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada oktanolün biyodizel ve dizel kullanımına etkileri araştırılmıştır. Bu kapsamda OC100, B100 ve bunların karışımınlarından olan OD50 ve OB50 yakıtlarının kullanımında, çeşitli yüklerde ve 1500 d/dk'da motor performansı, yanma parametreleri ve emisyon parametreleri üzerindeki etkileri açıklanmıştır. Çalışma neticesinde elde edilen genel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Saf biyodizel (B100) ve oktanol (OC100) için tutuşma gecikmesi sürelerinin daha uzun olduğu görülmektedir. Oktanöl-biyodizel (OB50) ve Oktanöl-dizel(OD50) karışımları için tutuşma gecikmesi süreleri dizel yakıtına benzer olarak gerçekleşmiştir.

Yanma parametrelerinden silindir basıncı şekline baktığımızda, bütün yakıtlar için basınç grafikleri beklenen şekilde gerçekleşmiş olup 330 krank mili açısı civarında püskürtme noktaları belirgin şekilde görülmektedir. Ayrıca pik basınçlar birbirinden farklılaşmıştır, onun dışında 340°'ye kadar olan krank açıları ve 390°'den sonra basınçlar birbirine oldukça paralel seyretmiştir. Yanma kısmını gösteren 330° ile 390° arası olan krank açısı bölümünde farklı yakıtlar için farklı basınçlar oluşmuştur.

Isı salınım hızı şekline baktığımızda, bütün test yakıtları incelendiğimizde ısı salınım hızı grafiklerinin beklendiği gibi birbirine benzer olduğu görülmektedir. Püskürtmenin olduğu nokta ve yanmanın başladığı noktalar tüm yakıtlar için belirgin şekilde görülebilmektedir. Ayrıca ısı salınım hızlarının pik noktalarında belirgin olarak görülmektedir. Bunun dışında püskürtmenin sona erdiği noktalarda belirgin bir şekilde grafik üzerinde görülebilmektedir. Grafik incelendiğinde püskürtmenin başladığı nokta ile yanmanın başladığı noktalar arasında ki bölüm olan tutuşma gecikmesi periyotlarının test yakıtları için karşılaştırılabilir olduğu görülmektedir. Burada açık bir şekilde oktanölün saf hali olan OC100 ve saf halde kullandığımız biyodizel B100 tutuşma gecikme sürelerinin diğer yakıtlara göre daha uzun olduğu görülebilmektedir.

Ortalama gaz sıcaklığına şekline baktığımızda, test yakıtlarının kullanımında ortalama gaz sıcaklıklarının krank açılarına göre değişimi görülmektedir. Tüm yakıtlar için 355° krank açısı civarında yanmanın başladığı ve sıcaklıkların hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir. Yüksek sıcaklıklar incelendiğinde test yakıtları için silindir içi sıcaklıklarının basınca göre daha geç bir krank açısında elde edildiği görülmekte ve buda beklenen bir durumdur. Test yakıtları karşılaştırıldığında ise biyodizelin saf hali olan B100 yakıtının geç krank açıları ortalama gaz sıcaklığının daha yüksek olduğu görülmektedir. Alkol yakıtının yani Oktanöl (OC100), oktanöl50-dizel50 (OD50) ve

oktanol-biyodizel50 (OB50) yakıtlarının tüm durumlarda sıcaklıklarının diğer yakıtlara göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Performans parametrelerini incelediğimizde kütleli yakıt tüketimi şekline baktığımızda, kütleli yakıt değerlerinin farklı motor yüklerinde motor test yakıtlarının türüne göre değişimi verilmiştir. Şekil incelendiğinde tüm yüklerde kütleli yakıt tüketimi değerlerinin dizel yakıtı için diğer yakıtlara göre daha düşük olduğu görülmektedir. En yüksek kütleli yakıt tüketimi değerleri ise saf biyodizel olan B100 yakıtında elde edilmiştir.

Isıl verim şekline baktığımızda, tüm yakıtlar için yüke bağı olarak ısı değeri artış eğiliminde olduğu görülebilmektedir. Bu durum yük arttıkça yanmanın iyileşmesine bağlanabilir. Test yakıtları incelendiğinde oktanol karışımları ve normal dizel yakıtı ısı değeri değerlerinin diğer yakıtlara göre daha yüksek olduğu görülebilmektedir. Oktanolün saf hali ve diğer iki karışımının ısı verim değeri değerlerinin dizel yakıtına oldukça yakın olduğu görülmektedir. Biyodizelin saf halinin yani B100 ısı verim değeri değerinin tüm test yakıtları arasında daha düşük olduğu açık bir şekilde görülmektedir.

Özgü yakıt tüketimi şekline baktığımızda, bütün test yakıtları arasında test yakıtları için özgül yakıt tüketimi değeri değerlerinin yük artışıyla beraber azaldığı görülebilir. Özgül yakıt tüketimi genel olarak termal (ısı) verim grafiklerinin simetrisi şeklinde olup bu durum iki şekil beraber incelendiğinde de görülebilmektedir. Test yakıtları incelendiğinde en düşük özgül yakıt tüketimi değeri değerlerinin sırasıyla saf dizel yakıtı, OC50 karışım yakıtı için elde edildiği görülmektedir. En yüksek özgül yakıt tüketimi değeri değerlerinin tüm yükler için B100 yakıtı için elde edildiği görülmektedir. Bu yakıtı oktanol ve biyodizel karışımı yakıtı olan OB50 takip etmektedir.

Emisyon parametrelerini incelediğimizde ise karbonmonoksit emisyonu şekline baktığımızda, motorun orta yüklerinde en düşük karbonmonoksit emisyonlarının elde edildiği görülmektedir. Düşük yüklerde de yük arttıkça karbonmonoksit emisyonlarının değeri değerlerinin tekrar yükseldiği görülmektedir. Yük arttıkça orta yüklerle kadar yanmanın iyileşmesine bağı olarak karbonmonoksit emisyonları düşüş göstermiş ancak ortalama %50 yükten sonra tekrar artış göstermiştir. Test yakıtları karşılaştırıldığında en düşük karbonmonoksit emisyonlarının sürekli dizel yakıtı için elde edildiği ve en yüksek karbonmonoksit emisyonlarının ise OC100 yakıtında elde edildiği görülmektedir.

NO_x emisyonu şekline baktığımızda, yük artışına bağı olarak bütün test yakıtları için Azotoksit emisyonlarının yükseldiği görülebilmektedir. Test yakıtları karşılaştırıldığında en yüksek azotoksit emisyonlarının biyodizel saf hali olan B100

yakıtı için elde edildiği görülmekte ve bütün yüklerde bu durum böyle gerçekleşmiştir. Bu yakıtı oktanol-biyodizel (OB50) karışım yakıtı takip etmiştir. Genel olarak oktanol-dizel (OD50) ve saf oktanol (OC100) için NO_x emisyonları değerleri diğer yakıtlara göre daha düşük olarak gerçekleşmiştir.

Hidrokarbon (HC) emisyonu şekline baktığımızda, bütün test yakıtları için hidrokarbon emisyonlarının motor yüküne bağlı olarak oldukça dramatik bir şekilde azaldığı görülebilmektedir. Test yakıtları karşılaştırıldığında ise düşük yüklerde biyodizel karışımı yakıtlarının yani B100 ve OB50 yakıtlarının diğer yakıtlara göre daha düşük hidrokarbon emisyonunu saldığı görülebilmektedir. Yük arttıkça yüksek yüklerde ise en düşük yanmamış hidrokarbon değerleri yine OB50yakıtında ve OC100 ile OD50 yakıtı karışımında elde edilmiştir.

8. KAYNAKLAR

Ağbaba M., 2013. Etanol ve Propan su buharı reforming prosesi ile katalitik hidrojen üretimi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum

Acaroğlu, M, Demirbaş,A., (2005),Relationships between viscosity and densit measurements of biodiesel fuels. Energy Sources.

Akdere, Y., 2006. Soya Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarda Yakıt olarak kullanımının Deneysel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.

Assman,G.,Blasey,G.,Gutsch,B.,Jeromin,L., Rigay, J., Armengand,R.,Cermory,B., “ Continous progress for the production of lower alkaly esters”, U.S Patent ,14 (1996).

A. Murugesan, C. Umarani, R. Subramanian, N. Nedunchezian. Bio-diesel as an alternative fuel for diesel engines—A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13(2009) 653–662

Baydan, E., Biyoetanol, metil ester ve dizel yakıt karışımlarının dizel motorlarda kullanımının motor performansına etkisinin belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Makine Eğitimi Anabilim Dalı Konya 2008*

Bayraktar, H. ve Durgun O., 2004. Investigation the Effects of LPG on Spark IgnitionEngine Combustion and Performance, Energy Conversion and Management46, 2317-2333.

Bayraktar, H., 2007. An Experimental Study on the Performance Parameters of an Experimental CI Engine Fueled with Diesel-Methanol-Dodecanol Blends, *Fuel* 87, 158-164.

Bilgin, A., Durgun, O. ve Şahin, Z., 2002. The Effects of Diesel-Ethanol Blends on Diesel Engine Performance, *Energy Sources*, 24, 432-440.

Bilgin, A. ve Sezer, İ., 2008. Effects of Methanol Addition to Gasoline on the Performance and Fuel Cost of a Spark Ignition Engine, *Energy & Fuels*, 22, 2782-2788.

Bingham E., Cohrssen B., Powell C. H.; Patly's Toxicology volumes 1-9; 5 th edition; John Wiley&Sons, New York, 2001

Bradshaw, G.B., "New Soap Process", *Soap*, London, 23-24, 69-70 (1942).

Can, Ö., 2012, Bir dizel motorda etanol ön karışımli kısmi-hccı uygulamasının yanma ve emisyonlar üzerine etkilerinin incelenmesi, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Deep A., Kumar, N., Karnwal, A., Gupta, D. "Assesment at the performance ad emission chanactenistic of 1-Octanol/diesel fuel blends in a water cooled compression ignition engine," *SAE Technical paper 2014-01-2830*, 2014,

Deep, A., Singh A., Vibhanshu, V. Khandelwal, A., "Expenimental Investigation of orange peel oil methyl ester on single cylinder diesel engine," *SAE Technical Paper 2013-24-0171*, 2013

Demirbaş, A., 2002. Biodiesel Fuels from Vegetable Oils Via Catalytic and Non-Catalytic Supercritical Alcohol Transesterifications and Other Methods: a survey, *Energy Conversion and Management* 44, 2093-2109.

Durgun, O. ve Şahin, Z., 2004. Etanol Fumigasyonunun Diesel Motoru Çevrim Parametreleri, Motor Karakteristikleri ve Eksoz Emisyonları Üzerindeki Etkisi, 8. Uluslar Arası Yanma Sempozyumu, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Ejaz M. Shahid, Younis Jamal. A review of biodiesel as vehicular fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12(2008) 2484-2494

Erdogan D., (1991). Bitkisel Yağların Diesel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılması. T.Mek. 13. Ulusal Kongresi 25-27 Eylül 1991, Konya, s.30-37.

Erol, A. 2006, Değişik yağlardan Elde Edilen Biodizellerin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Eser, V., Sarsu, F., Altunkaya, M., 2007 Biyoyakıt Üretiminde Kullanılan Bitkilerin Mevcut Durumu ve Geleceği. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu 12-13 Aralık Ankara.

<http://www.eere.energy.gov/afdc/progs/>

<http://www.ebb-eu.org>

Hamilton-Kemp Thomas, Newman Melissa, Collins Randall, Elgaali Hesham, Yu Keshun, Archbold Douglas, production of the Long-Chain Alcohols octanol, Decanol and Dodecaol by Escherichia coli, Current Microbiology, Volume 51, usue 2, pp 82-86, ISSN 0343-8651

Işığür, A., 1992. Türkiye kökenli aspir tohum yağlarının transesterifikasyonu ve diesel yakıt alternatifi olarak değerlendirilmesi. Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü İTÜ.

Isigigur, A., Karaosmonolu F., Aksoy, H.A., 1994. "Methyl ester from safflower seed oil of Turkish origin as a biofuel for diesel engines", Applied Biochemistry and Biotechnology, Vol.45/46, 103–112

İçingür, Y, And Eray,M. "Değişik Yakıt Harmanlarının Dizel Motorlarında Kullanılabilirliğinin Deneyisel Olarak İncelenmesi ",Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev, 16(3):589-599 (2003).

Karaosmanoğlu, F., "Enerji ve Kojenerasyon Dergisi, ICC1 2002 Özel Sayısı, 10 50 (2002)

Kirk-Othmer Encyclopedia of chemical Technology 3rd edition, Newyork: John Wiley and Jons 1-26

Koç Ö., 2010. Dizel Motorlarda Biodizel kullanımının motora etkilerinin dizel yakıtı ile deneyisel karşılaştırmalı olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.

Körbitz, W., 1999 Biodiesel Production in Europe and north America, an encouraging prospect. Renewable energy 16 p 1078 – 1083

Lapuerta, M., Armas, O., Fernandez, J.R., 2007. Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions, ScienceDirect., Progress In Energy and Combustion Science.

Materials safety datasheet of HP Diesel

Mc Cormick Robert L., Ross Jefffrey D., and Graboski Michael S., Effect of Several Oxygenates on regulated Emissions from Heavy-Duty Diesel Engines, Environmental Science&Technology 1997 31(4), 1144-1150

Merker, G. P., Schwarz, C., & Teichmann, R., 1998, Combustion Engines Development Mixture Formation, Combustion, Emissions and Simulation, Springer Heidelberg Dordrecht, London New York, DOI 10.1007/978-3-642-14094-5.

Monyem, A., Canakcı, M. ve Van Gerpen, J., Investigation of Biodiesel Termal Stability Under Simulated In-Use Conditions, ASAE Annual International Meeting, (1999).

Robert L., Ross Jeffrey D., and Graboski Michael S., Effect of Several Oxygenates on regulated Emissions from Heavy-Duty Diesel Engines, *Environmental Science&Technology* 1997 31(4), 1144-1150

Rakopoulos CD, Hountalas DT, Zannis TC, Levendis YA., 2004. Operational and environmental evaluation of diesel engines burning oxygen-enriched intake air or oxygen-enriched fuels: a review. SAE paper, 2004-01-2924.

Sheftel V.O.; Indireef food additives and polymers. Migrations and Toxicology. Lewis Publishers, Boca Raton, F.L.2000

Sezer, İ., 2002. Normal Benzine Metanol ve MTBE Katılmasının Buji Ateşlemeli Motorun Performansına ve Eksoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

1-Oktanöl, Hazard Substances Data Bank, U.S. National Library of Medicine <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB> [Ziyaret Tarihi: 15 Mart 2019].

O'Neil M.J (Sth Edition), The Merck Index-An Encyclopedia of chemicals, Drugs and biologicals.13th Edition, Whitehouse Station, NJ: Merck and CO. Inc 2001

Ögüt, H. ve Oguz, H. (2005) Üçüncü Milenyum Yakıtı. Nobel Yayın, İstanbul, 134s.

Ölçüm, T., 2006. Biyodizel Teknolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Pireli E., 2006 , Biyodizel ve dizel yakıtı ile çalışan tek silindirli bir dizel motorda püskürtme basıncının performansa etkisi, Bilimsel uzmanlık tezi, Zonguldak Karaelmas Üniv.

Rakopoulos CD, Hountalas DT, Zannis TC, Levendis YA., 2004. Operational and environmental evaluation of diesel engines burning oxygen-enriched intake air or oxygen-enriched fuels: a review. SAE paper, 2004-01-2924.

Sezer, İ., 2002. Normal Benzine Metanol ve MTBE Katılmasının Buji Ateşlemeli Motorun Performansına ve Eksoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.

Sheftel V.O.; Indireef food additives and polymers. Migrations and Toxicology. Lewis Publishers, Boca Raton, F.L.2000

Soysal C., 2008. Dizel motorlarında biodizel-dizel yakıtı karışımlarının kullanılmasının motor performansına etkisinin deneysel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Stidham,W.D.,Soaman,D.W.,M.F.Danzer,2000)Stidham,W.D.,Soaman,D.W.,M.F. Danzer, ” Method for preparing a loweralkalyester product from vegetable oil “, U.S Patent,56 (2000).

Ullmann's Encyclopedia of Industrial chemistry. 6th edition, volume 1: Federal republic of Germany: Wiley-VCH verlag GmbH&Co.2003.

Usta, N., 2005, Use of tobacco seed oil methyl ester in a turbocharged indirect injection diesel engine., Biomass and Bioenergy 28: 77–86.

Vallon Tobias, Glemser Matthios, Dr. Malca Sumire Handa, Dr. Scheps Daniel, Dr. Schmid Joachim, Dr. Sieman-Herzberg Martin, Prof. Dr. Haver Bemhard and Prof. Dr. Takors Rolf, Production of 1-Octanol from n-octane by *prsevdomonas putida* KT2440, Chemie ingenieur technik, volume 85, usue 6, pages 841-848, June,2013, ISSN 1522-2640

Verschueren, K. Handbook of Envinanmental data on organic chemicals, volumes 1-2, 4th edition, John wiley-VCH Verlog GmbH&Co.2003

Yücesu, H. S., Altın, R. ve Çetinkaya S., 2001. Dizel Motorlarında Alternatif Yakıtlararak Bitkisel Yağ Kullanımının Deneysel İncelenmesi, Türk J EnginEnviron Sci, TÜBİTAK, 25, 39-49.

Ziejewski M., Goettler, H.J., Haines, H., Huang, C., 1996. “EMA Durability tests on high oleic sunflower and safflower oils in diesel engines”, SAE Paper, No:961846

https://www.google.com/search?q=1+octanol&stick=H4sIAAAAAAAAAAONgFuLSz9U3iLcwqSiuUkJiawlnJ1vpJ-fn5ubnWRVnpqSWJ1YWL2LlNFTITy5JzMvPAQD_o4U2OwAAAA&sa=X&ved=2ahUKEwjNkvGDoIDjAhWq5aYKHVzdDeAQzTooATAUegQIDBAC&biw=1366&bih=625 [Ziyaret Tarihi: 18 Mayıs 2019].

ÖZGEÇMİŞ**Kişisel Bilgiler**

Adı Soyadı: Selim Akyüz

Uyruğu: T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi: Batman 04/03/1982

Telefon: 0 536 733 19 98

e-mail: selim.akyuz@tupras.com.tr

Medeni Hali: Evli

Eğitim

Lise: 1996-1999 Batman Endüstri Meslek Lisesi

Lisans: 2001- 2005 Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Talaşlı Üretim

Öğretmenliği

Lisans: 2013-2014 Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans: 2014- Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı (Enerji)

Çalıştığı Kurumlar

2005-2007 YG İnşaat Taah. Turz. Mad. Ltd. Şti.- Kalite Kontrol Sorumlusu

2007- Tüpraş Batman Rafinerisi- İşletme Güvenirliği Müdürlüğü'nde- Başteknisyen