



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ASPIR YAĞI METİL VE ETİL
ESTERLERİNİN DİZEL MOTORLARDA
PERFORMANS, YANMA VE EGZOZ
EMİSYONLARI ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mehmet Salih YÜKSEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Kasım-2017
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet Salih YÜKSEL tarafından hazırlanan "Aspir yağı metil ve etil esterlerinin dizel motorlarda performans, yanma ve egzoz emisyonları üzerindeki etkilerinin araştırılması" adlı tez çalışması 02/11/2017 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

Doç. Dr. Hasan BAYINDIR

Danışman

Doç. Dr. Hüseyin AYDIN

Üye

Doç. Dr. Şehmus ALTUN

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Bahattin İŞCAN

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 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.

Mehmet Salih YÜKSEL

Tarih:02/11/2017

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ASPIR YAĞI METİL VE ETİL ESTERLERİNİN DİZEL MOTORLARDA PERFORMANS, YANMA VE EGZOZ EMİSYONLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet Salih YÜKSEL

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

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin AYDIN

2017, 48 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Hasan BAYINDIR

Doç. Dr. Hüseyin AYDIN

Doç. Dr. Şehmus ALTUN

Bu çalışmada, ülkemizde yüksek bir üretim potansiyeline sahip aspir yağından üretilen biyodizelin alternatif yakıt olarak bir dizel motorda yanma, performans ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, literatürde var olan bilgiler ışığında, transesterifikasyon yöntemiyle aspir yağından hem etil ester hemde metil ester esaslı biyoyakıtlar üretilmiştir. Aspir yağı etil ve metil esterleri hem saf halde (M100,E100) hem de dizel ile karışım oluşturularak (M50D50, M20D80, E50D50, E20D80) motorda test edilmiştir. Test yakıtları ile motor 1500 dev/dak sabit hızda ve bu devirdeki maksimum güç çıkışının yaklaşık %0, %20, %40 ve %60'na denk gelen dört farklı güç çıkışında (Yüksüz, 3,6 kw, 7,2 kw ve 10,8 kw) deneyler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar aynı deney koşulları için dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. %20 biyodizel içeren karışımlar için yanmanın başlangıç noktaları iyileşmekle birlikte tüm test yakıtları için genel olarak benzer yanma davranışları gözlenmiştir. Ancak saf biyodizeller için yanma eğrilerinde düzensizlikler görülmüştür. Biyodizellerin ısı değerlerinin düşük olmasından kütleli yakıt tüketimleri hem etil hemde metil esterler için dizel göre fazla olmuştur. Ancak, %20 biyodizel içeren karışımlar için yanmanın iyileşmesiyle hem özgül yakıt tüketimi hemde verim parametreleri iyileşmiştir. Bu sonuçlar, ısı değeri yüksek olduğundan metil ester biyodizeli için etil estere oranla daha iyi olmuştur.

Anahtar Kelimeler:Biyodizel;Biyoetanol;Dizel jeneratör; Aspir

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF SAFFLOWER OIL METHYL AND ETHYL ESTERS ON THE PERFORMANCE, COMBUSTION AND EXHAUST EMISSIONS IN DIESEL ENGINES

Mehmet Salih YÜKSEL

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

Advisor: Assoc.Prof. Dr. Hüseyin AYDIN

2017,48 Pages

Jury

Assoc.Prof. Dr. Hasan BAYINDIR

Assoc.Prof. Dr. Hüseyin AYDIN

Assoc.Prof. Dr. Şehmus ALTUN

In this study, the effects of biodiesel produced from safflower oil, which has a great growing potential in Turkey, as an alternative fuel on combustion, performance and exhaust emissions in a diesel engine were investigated. For this purpose, in the light of informations presented in the literature, both ethyl and methyl esters based biofuels from safflower oil were produced via transesterification reaction. Safflower oil ethyl and methyl esters were tested in engine in the forms of both as pure (M100, E100) and in blends with diesel (M50, D50, M20D80, E50D50, E20D80). Experiments were conducted using test fuels and engine was run at a constant speed of 1500 rpm and at four different power output corresponding to 0%, 20%, 40% and 60% of max output power at this speed (noload, 3,6 kw, 7,2 kw and 10,8 kw). Results were compared with diesel fuel for same experimental conditions. For Blends containing %20 biodiesel the starting points of combustion is improved, and for all test fuels, similar combustion behaviour was observed, However, in case of pure biodiesel fuels, irregularity curves were seen mass fuel consumption was higher for both ethyl and methyl esters than for diesel due to lower heating value of biodiesel fuels. However, for 20% biodiesel containing blends, specific fuel parameter consumption and efficiency were improved with developing the combustion. These results were better for methyl ester biodiesel than ethyl one due to higher heating value.

Keywords:Biodiesel;Bioethanol;Diesel engines;Safflower oil

ÖNSÖZ

Tarım, sanayi ve inşaat gibi birçok sektörde kullanılan dizel motorların önemli kullanım alanlarından biri de jeneratör setleridir. Dizel motorlu jeneratör setlerinde petrol esaslı dizel yakıtların kullanılması ve jeneratörlerin yerleşim alanlarında kullanılıyor olması ile birlikte, günümüzde dizel motorlar için dikkate alınan en önemli alternatif dizel yakıtları olan biyodizel, etanol ve metanol gibi alkol yakıtlarının bu tür uygulamalarda emisyon azaltım potansiyellerinin araştırılması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada da bir dizel motorlu jeneratörün egzoz emisyonları üzerinde farklı dizel yakıtlarının etkisi incelenmiştir.

Bu tez çalışmasının her aşamasında katkı ve görüşlerini eksik etmeyen, değerli önerileri ve yorumları ile beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Doç.Dr. Hüseyin AYDIN'a ve yine tezimin her aşamasında önerileri ve yorumları ile beni yönlendiren Sayın Doç.Dr. Şehmus ALTUN'a yardım ve desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim. Ayrıca deneyler aşamasında bana yardımcı olan değerli arkadaşım Makine mühendisi Selim AKYÜZ, Sayın Yrd. Doç. Dr.M. Zerrakki IŞIK ve Yrd. Doç. Dr. Fevzi YAŞAR hocalarıma katkılarından ötürü teşekkür ederim. Bugünlere gelmemde maddi manevi her türlü desteği sağlayan annem ve babama da en derin sevgi ve saygılarımı sunarım.

Mehmet Salih YÜKSEL
BATMAN-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. BİYOYAKITLAR VE GELİŞİM SÜRECİ	2
2.1 Dünya Biyoyakıt Üretimi.....	3
3. DİZEL YAKITLARI (MOTORİN)	3
4.BİYODİZEL	4
4.1 Biyodizel nedir.....	4
4.1.1 Biyodizelin Üretimi ve Özellikleri	4
4.1.2 Biyodizel Üretimi	4
4.1.3 Biyodizelin Özellikleri.....	5
4.1.4 Biyodizelin Çeşitleri ve Standartları	7
4.1.5 Dünya Biyodizel Üretimi.....	8
4.1.6 Türkiyede Biyodizel Üretimi ve Gelişimi	9
4.1.7 Biyodizel Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları	9
4.1.8 Biyodizelin Dizel Motorlarda kullanımı	10
5.ASPİR BİTKİSİ VE YAĞI	11
5.1 Aspir Bitkisinin Yetiştirilmesi	12
6. KAYNAK ARAŞTIRMASI	13
7. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
7.1. Deneysel Materyeller	17
7.1.1 Dizel Motor ve Deney Seti	17
7.1.2 Metil Alkol (Metanol).....	21
7.1.3 Etil alkol (etanol)	21
7.1.4 Katalizör.....	21
7.2 Aspir Yağı ve Biyodizel Üretimi	22
7.3 Deneylerde kullanılan yakıtlar ve karışım oranları.....	26
7.4 Yanma Analizi Sistemi ve Hesaplanan Parametreler	27
7.4.1 Febris yanma analizi sistemi.....	27

7.4.2. Motor Performans Parametreleri	29
8. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	29
8.1 Yanma Deneyleeri	29
8.1.1 Silindir Basıncı	30
8.1.2 Isı Salınım Hızı	31
8.1.3 Toplam Isı Salınımı	32
8.1.4 Ortalama Gaz Sıcaklığı.....	33
8.1.5 Kütleleel Yanma Oranı	34
8.2 Performans Sonuçları.....	35
8.2.1 Kütleleel Yakıt Tüketiminin Değerlendirilmesi.....	35
8.2.2 Özgül Yakıt Tüketiminin değerlendirilmesi	36
8.3 Emisyon Sonuçları	37
8.3.1 karbonmonoksit (CO) Emisyon Değişimi	37
8.3.2 Karbondioksit(CO ₂) emisyonlarının Değişimi	38
8.3.3 Hidrokarbon(HC) Emisyonlarının Değişimi	39
8.3.4 Azotoksit (NO _x) Emisyonlarının Değişimi.....	40
8.3.5 Oksijen Emisyonlarının Değişimi.....	41
9. SONUÇ	42
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1. Transesterifikasyon reaksiyonu.....	4
Şekil 5.1. Aspir bitkisi.....	12
Şekil 5.2. Aspir Çeşitleri.....	12
Şekil 7.1. Dizel jeneratör setinin görünümü.....	18
Şekil 7.2. Deney düzeneğinin şematik görünümü.....	19
Şekil 7.3. Deneyde kullanılan hassas terazi.....	20
Şekil 7.4. Biyodizel üretiminde kullanılan metil alkol.....	21
Şekil 7.5. Biyodizel üretiminde kullanılan etil alkol.....	21
Şekil 7.6. Biyodizel üretiminde kullanılan katalizör.....	21
Şekil 7.7. Aspir yağının ısıtılması.....	24
Şekil 7.8. katalizör+metil alkol katılarak ısıtılan yağ.....	24
Şekil 7.9. Dinlenmeye bırakılan karışım.....	25
Şekil 7.10. Isıtılan biyodizel.....	25
Şekil 7.11. Yıkanmış biyodizeldeki faz ayrımı.....	26
Şekil 7.12. Febris yanma analizi programının görünümü.....	28
Şekil 8.1. Test yakıtlarının kullanımında farklı motor yükleri için oluşan basınç eğrileri.....	30
Şekil 8.2. Deney yakıtlarının kullanımında oluşan ısı salınımı değerlerinin motor yüküne göre değişimi.....	31
Şekil 8.3. Deney yakıtlarının kullanımında oluşan kümülatif ısı salınımı değerlerinin motor yüküne göre değişimi.....	32
Şekil 8.4. Deney yakıtlarının kullanımında oluşan kümülatif ortalama gaz sıcaklığı değerlerinin motor yüküne göre değişimi.....	33
Şekil 8.5. Deney yakıtlarının kullanımında oluşan kütleli yanma oranı değerlerinin motor yüküne göre değişimi.....	34

Şekil 8.6. Kütleli Yakıt Tüketimi.....	35
Şekil 8.7. Özgül Yakıt Tüketimi.....	36
Şekil 8.8. karbonmonoksit emisyon Değişimi.....	37
Şekil 8.9. karbondioksit Emisyon Değişimi.....	38
Şekil 8.10.Hidrokarbon Emisyon Değişimi.....	39
Şekil 8.11. Azot oksit Emisyonları.....	40
Şekil 8.12. O ₂ Emisyonu.....	41



TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1. Biyodizel yakıtının ASTM D 6751-02' ye göre standart özellikleri.....	6
Tablo 4.2. farklı yağlardan elde edilen metil ve etil ester yakıtların özellikleri.....	6
Tablo 7.1. Deney motorunun teknik özellikleri.....	18
Tablo 7.2. Gaz analiz cihazının teknik özellikleri.....	19
Tablo 7.3. Test yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	27



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1.Dizel ve Biyodizelin Özellikleri.....	8
Çizelge 4.2.Dünya Biyodizel üretimi.....	8
Çizelge 7.1.Sıcaklık ölçüm cihazının teknik özellikleri.....	20



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A100	: Saf Aspir
B	: Yakıt tüketimi (gr/sn)
<i>be</i>	: Özgül yakıt tüketimi (gr/kW-saat)
Hu	: Yakıtın alt ısı değeri (kj/kg)
P	: Silindir basıncı
Pe	: Efektif güç (kW)
η_e	: Efektif verim (%)
γ	: Özgül ısıları oranı
θ	: Krank açısı



Kısaltmalar

EE	:Etil Esteri
ME	:Metil Esteri
ASTM	:Amerikan Test ve Materyalleri Birliği
ABD	:Amerika Birleşik Devletleri
AB	:Avrupa Birliği
KMA	:Krank Mili Açısı
LPG	:Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
CO	:Karbon monoksit
SO ₂	:Kükürt dioksit
SO _x	:Kükürt oksitler
CO ₂	:Karbon dioksit
E20	:%20 biyoetanol + %90 dizel karışımı
KOH	:Potasyum hidroksit
NaOH	:Sodyum hidroksit
NO _x	:Azot oksit
NO	:Azot monoksit
NO ₂	:Azot dioksit
O ₂	:Oksijen
CH ₃ OH	:Metil Alkol
C ₂ H ₅ OH	:Etil Alkol
EE	:Etil Esteri
ME	:Metil Esteri
B2	:%2 Biyodizel- %98Dizel
B5	:%5 Biyodizel- %95Dizel
B20	:%20Biyodizel- %80Dizel
B50	:%50Biyodizel- %50Dizel
B100	:%100 Biyodizel
M100	:%100 Metil Esteri
M50D50	:%50Metil Esteri- %50Dizel
M20D80	:%20Metil Esteri- %80Dizel
E100	:%100Etil Esteri
E50D50	:%50Etil Esteri- %50Dizel
E20D80	:%20Etil Esteri- %80Dizel
ULSD	:Euro dizel
NIS _{max}	:Maksimum Net Isı Salınımı
ÖYT	:Özgöl Yakıt Tüketimi
PM	:Partikül Madde
PTDY	:Petrol Türevi Dizel Yakıtı
RPM	:Revolution Per Minute
TSE	:Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
ÜÖN	:Üst Ölü Nokta
HC	:Hidrokarbon
ÖTV	:Özel Tüketim Vergisi

1. GİRİŞ

Dünyada, gün geçtikçe özellikle sanayi alanında büyük gelişmeler görülmektedir. Bunun neticesinde artan nüfusla birlikte yaşam standardını yükseltme çalışmaları ve sanayileşme enerjide duyulan ihtiyacı arttırmıştır. Artan bu enerji ihtiyacının büyük bölümü yenilenemeyen fosil kökenli yakıtlardan karşılanmıştır. Fakat fosil kökenli yakıtların yenilenemez oluşu, rezervlerinin azalması ve aşırı tüketim sonucunda meydana gelen çevre kirliliği, ülkeleri alternatif enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Fosil kökenli yakıtların dünyada belli bölgelerde olması beraberinde petrol krizlerinin çıkması gibi unsurlar alternatif enerji kaynaklarına olan eğilimi hızlandırmıştır.

Fosil kökenli yakıtların aşırı tüketilmesi sonucu çevreye verdiği zararları azaltmak için yeni enerji kaynaklarını bulmak adeta bir zaruret olmuştur. Ülkemiz tarım şartlarında bilhassa yağlı tohumlu bitkilerden elde edildiğinden tarıma önemli katkıları olmuştur. Bu bakımdan çevre dostu ve yenilenebilir enerji olan biyodizel bitkisel, hayvansal ve atık kızartma yağlarının kimyasal ve biyolojik yollarla elde edilmesi sonucu oluşur.

Biyodizel, motorda herhangi bir değişiklik yapmadan kullanılabilmesi gibi belirli miktarlarda petrol türevli yakıtların karıştırılmasıyla da kullanılabilir. Yüksek viskozite, eksik yanma ve motorda karbon birikmesi gibi nedenlerle bitkisel ve hayvansal yağlar motorlarda doğrudan kullanılamamaktadır. Yağların yakıt halini alması için ya transesterifikasyon yöntemi ya da mikro emülsiyon, piroliz gibi yöntemlerden geçmesi gerekmektedir. Bu yöntemlerde, bitkisel ve hayvansal yağlardan gliserini uzaklaştırarak kalan yağ asidinin biyodizel olarak kullanılmasını sağlamaktır.

Dünyada fosil kökenli yakıtların çok kullanılmasından dolayı sera etkisi sonucu küresel ısınma gibi bir tehlikeye sebebiyet vermektedir. Ayrıca emisyon değerlerindeki olumsuzluklarda bu tehdidi arttırmaktadır. Küresel anlamda ortaya çıkan bu olumsuz durum buzulların erimesine ve deniz seviyelerinin yükselmesiyle birlikte birçok yerin sular altında kalacağı öne sürülmektedir.

Dünyamızı tehdit eden bu unsurları ortadan kaldırmak için biyodizel gibi çevre dostu yakıtları kullanmamız gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ülkeler kendi iklim koşullarına göre yağ içeriği zengin yağ bitkilerini yetiştirmeli ve bu yağ bitkilerinin tohumlarını işleyebilmek için de uygun sanayiye kurmalıdırlar. Aspir bitkisi, biyodizelin ham maddesi olarak kullanılan bitkilerden birisidir ve yüksek oranda oleik asit içeren bu bitki ülkemiz iklim şartlarında tarımı yapılabilmektedir.

Bu çalışmada günümüzde dizel motorlar için dikkate alınan en önemli alternatif yakıt olan biyodizel yakıtının dizel motorlu bir jeneratör setinde yanma, performans ve egzoz emisyon karakteristiklerine etkisi incelenmiştir. Alternatif yakıt olarak aspir yağından üretilen etil ve metil ester esaslı biyodizel yakıtlar ve petrol türevi dizel yakıtı ile uygulamada kullanılan karışım oranları dikkate alınarak hazırlanan karışım yakıtları kullanılmıştır.

2. BİYOYAKITLAR VE GELİŞİM SÜRECİ

Dünyada ve Türkiye’de gelişen teknoloji ve artan nüfus ile birlikte enerji ihtiyacı da doğru orantılı olarak artmaktadır. Yeryüzündeki enerji kaynaklarına bakıldığında ise fosil yakıtların ömrünü yitirecek olması da dikkatleri alternatif kaynaklara çekmiştir. Sıvı yakıtların enerji tüketiminin büyük bir kısmını oluşturması da alternatif sıvı yakıtın araştırılmasına ön ayak olmuştur. Bu araştırmalarda, dikkate değer bir şekilde çevreye zarar vermeyen biyokütle enerji kaynaklarının kullanılması olmuştur. Biyokütle enerjisi tükenmez bir kaynak olması, kolay bulunması, bilhassa kırsal bölgelerde ekonomik gelişmelere yardımcı olması sebebiyle önemli ve elverişli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Biyokütle için mısır, buğday gibi bitkiler hususi olarak yetiştirilirler. Petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtların kısıtlı olması, çevre kirliliği oluşturması sebebi ile biyokütle kullanımı enerji problemini çözmek için git gide önem kazanmaktadır. Çalışmamızda da kullandığımız ikincil biyoyakıtlar olan biyodizel, biyoetanol ve biyometanol ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Biyodizel: Biyodizel, ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel yağların veya hayvansal yağların bir çözücü yardımıyla bir alkol ile (metanol veya etanol) transesterifikasyon tepkimesi sonucunda oluşan ve yakıt olarak yararlanılan bir üründür. Ayrıca kızartma yağları ve hayvansal yağlardan da biyodizelin hammaddesi olarak faydalanılabilir.(Anonymous, 2012a)

Biyoetanol : Şeker pancarı, mısır, buğday ve odunsular gibi şeker ve nişastalı tarım ürünlerinden elde edilerek belirli miktarlarda benzinle karıştırılarak yararlanılan alternatif bir yakıttır. Biyoetanol berrak, renksiz ve kendine has kokulu bir sıvı olup oktan sayısı yüksektir. Biyoetanol yaygın olarak iki şekilde kullanılır.

• E-10(%10 Biyoetanol+ %90 Benzin) ve • E-85(%85 Biyoetanol+ %15 Benzin)'dir(Anonymous, 2012a).

Biyometanol : bitkisel, hayvansal ürünlerin ve bunlara bağlı sanayilerin tüm atık, artık veya evsel atıklarının biyolojik olarak indirgenebilen kısımları diye tanımlanan biyokütle metanol üretimi için kullanılan bir hammaddedir. Isı vasıtasıyla basınç altında gaz faza dönüştürülerek partiküllerine ayrılan maddede kül, sıvı ve atık meydana gelir. Bu aşamadan sonra gerçekleşen faz şartlanmasında katran metan ve gaz evresinde emisyonlar mevcut olup, ısı ve katalizörler yardımıyla başlatılan reaksiyonda oluşan sıvı atıklar sistem dışına alınır ve sisteme buhar verilerek distilasyon prosesi yapıldıktan sonra metanol elde edilir.(Altınay, 2005)

2.1 Dünya Biyoyakıt Üretimi

Dünyada , ABD etanolü üretmede ilk sırayı almaktadır. Etanolü üretirken hammadde olarak mısırı, biyodizeli elde ederken de soyayı kullanmaktadırlar. ABD’ den sonra Brezilya önemli bir etanol üreticisidir ve etanolü üretirken hammadde olarak şeker kamışından faydalanıyorlar. Avrupa birliği ise biyodizel üretiminde dünyada ilk sırada yer almaktadır ve genellikle hammadde olarak kolza ve yağlı tohumlu bitkileri kullanmaktadırlar.

3. DİZEL YAKITLARI (MOTORİN)

Ham petrolün damıtılmasıyla 315-375 °C’de oluşan motorin dizel motorlarında yakıt olarak kullanılmaktadır. Bir varil petrolden yaklaşık %15- %20 oranında motorin elde edilmektedir. Genel formüllü hidrokarbonlardan oluşup kapalı formülü $C_{15}H_{32}$ - $C_{18}H_{38}$ dir. 2015’te 11.884.892 tonu ithal edilmişken 8.509.77 ton ise üretilerek 2012-2015 yılları arasında Türkiye’de talebin en çok olduğu yakıt olmuştur(Anonymous, 2015c). 2015 yılında benzine 5.122.722 ton ve dizele 20.601.315 ton talep olmuştur(Anonymous,2015c).Türkiye’de mevcut dizel motorlu araç sayısı gün geçtikçe arttığı için aynı oranda tüketilen yakıt miktarı da artmaktadır. Yukarıda söylenen rakamlar da motorinin daha çok tüketildiğini göstermektedir. 2016 yılı mart ayında açıklanan TÜİK verilerinde dizel motorlu araç sayısının 20.252.146 dizel araç olduğu belirtilmiştir (tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21603).

Türkiye, ihtiyaç duyduğu petrolün büyük kısmını ithal ederken, çok az kısmını kendi kaynaklarıyla üretmektedir. Bundan dolayı dışa olan bağımlılığımız ve petrol ithalatı artmaktadır. Dünya genelinde petrol fiyatlarındaki değişimler motorin ve benzinin birim fiyatınada yansımaktadır(Anonim, 2015a).

4.BİYODİZEL

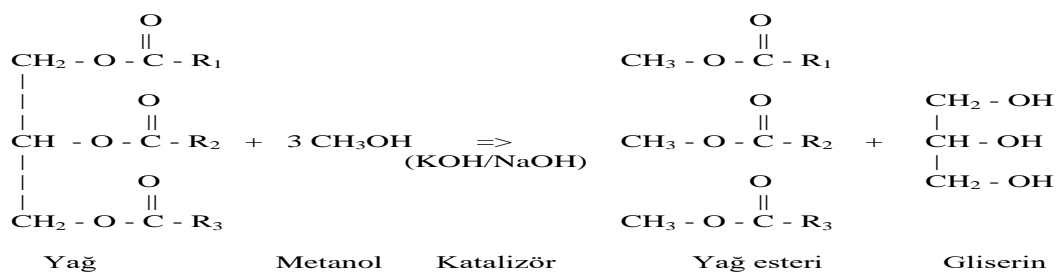
4.1 Biyodizel nedir

Motor üzerinde herhangi bir değişikliğe gidilmeden tüm dizel motorlarda çalışabilen bir yakıt olan biyodizel bitkisel yağlardan yapılırlar. Biyodizel hemen hemen tüm yağlı tohum bitkilerinden elde edilebilirler. Ayrıca restoranlarda kullanılmış yağlardanda biyodizel yakıtı yapılabilmektedir(Anonymous, 2017a).Kimyasal açıdan dizel yakıtlara benzeyen biyodizel, dizel bir aracın yakıt deposuna başka bir işleme gerek duyulmadan katmak mümkündür. Biyodizelde daha az emisyon olması, bir ülkenin kendi öz kaynaklarıyla üretilmesi gibi birçok avantajlara sahip olmasından ötürü alternatif enerji kaynağı olarak birçok alanda kullanılabilirler. Bitkilerden elde edildiğinden motorun çalışma verimini olumsuz yönde etkilemez.

4.1.1 Biyodizelin Üretimi ve Özellikleri

4.1.2 Biyodizel Üretimi

Bitkisel ve hayvansal yağların dizel motorlarında kullanımı için seyreltme, mikro emülsiyon, proliz ve transesterifikasyon olmak üzere dört farklı yöntem vardır. Bunların arasında bitkisel ve hayvansal yağların transesterifikasyonu genellikle tercih edilen bir yoldur. Transesterifikasyon tepkimesinde yağ, kısa zincirli bir alkolle (etanol veya metanol), katalizör (NaOH veya KOH) varlığında yağ asidi esterleri ve gliserini oluşturmak üzere tepkimeye girerler. Transesterifikasyon reaksiyonu Şekil 1'de verilmiştir. Yüksek viskoziteli yağların uygun bir seyrelticiyle viskozitelerini düşürme yöntemine seyreltme denir. Genellikle seyreltme işlemi için dizel yakıtı kullanılır. Mikro emülsiyon oluşturma, normalde karışmayan iki sıvı ile bir veya daha fazla amfi filinin bir araya getirilmesidir. Piroлиз veya craking, kimyasal bağların daha küçük moleküller oluşturmak üzere kırılması işlemidir. Bu yöntemde yağ kapalı bir kaptta veya standart ASTM distilasyonu ile ısı parçalanma etkisinde tutularak bağları kırılmaktadır.



Şekil 4.1. Transesterifikasyon reaksiyonu (Altun,2009 ;Işığtığür, 1992).

Biyodizelin, yaşamımıza getireceği katkılarının istenilen seviyede oluşabilmesi, ancak uluslar arası standartlara uygun bir çalışma ile gerçekleşebilir. Üretim aşamasındaki imkansızlıklar ürün kayıplarına sebep olacağı gibi, üretimin düşmesine de neden olup verimliliği ve ürünün kullanılabilirliğini olumsuz yönde etkileyecektir. Kalitesi düşük ürün kullanımının getireceği güçlüklerin yanında, kullanıldığı motorların doğrudan zarar görmesine de neden olacaktır. Biyodizel elde etmenin farklı yolları olmakla birlikte bugünlerde en sık olarak başvuru olan yöntem transesterifikasyondur.

Biyodizel üretiminde dikkat edilecek hususlar

- Metil alkol canlı sağlıklarından zararlı bir ürün olduğu için dikkatli kullanılmalıdır.
- Biyodizel üretiminde kullanılmış yağlar kullanıldığında; bu yağlar 20 °C'de konsantre durumunda ise reaktansları eklemeyen önce yağın ısıtılarak kullanılması gerekir.
- Üretimde kullanılacak kaplar sıcaklığa ve korozyona dayanıklı olmalıdır.

Sodyum metoksit (metil alkol+sodyum hidroksit) , zehirli ve boyalara karşı epeyce aşındırıcı olan bir maddedir. Sodyum hidroksit, çinko, veya teneke kaplarla tepkimeye girerler. Bu yüzden bu tür malzemelerle işlem yapılmamalıdır. Çelik kapları kullanmak daha faydalı olacaktır.(Anonymous,2014).

4.1.3 Biyodizelin Özellikleri

Tablo 4.1'de biyodizel yakıtının ASTM D 6751-02'ye göre sağlaması gereken özellikleri verilmiştir. Tablo 2'de ise farklı yağ kaynaklarından elde edilen (m)etil esterlere (biyodizel) ait yakıt özellikleri verilmiştir. Viskozite, parlama noktası, yoğunluk gibi özelliklerinin dizel yakıtından biraz yüksek ısı değerinin ise biraz düşük olduğu görülmekte ve bu durum yakıt sisteminde zorlanmalara ve motor performansında biraz düşüşe sebep olmaktadır. Bunun yanında setan sayısının yüksek oluşu, oksijen içeriği, sülfür ve aromatik içermemesi gibi özellikleri motor yakıtı olarak onu cazip kılmaktadır. Biyodizel yakıtlarının viskozite ve yoğunlukları hammadde ve yapılan işlemlere bağlı olarak değişmekle birlikte dizel yakıtından biraz daha yüksektir. Biyodizel yakıtları içinde esterleştirme safhasında kullanılan çözücülerden kaynaklanan partiküllerin miktarı yakıtın kül miktarını artırır. Yakıt içinde çözünebilir metallere çökelti oluşturarak iç parçaların aşınmasına sebep olurlar.

Tablo 4.1. Biyodizel yakıtının ASTM D 6751-02 standart özellikleri (Çanakçı, 2007; Anonymous, 2014).

Özellik	Metot	Limit	Birim
Parlama noktası (kapalı kapta)	D 93	min. 130	⁰ C
Su ve tortu	D 2709	max. 0,05	% Hacim
Kinematik viskozite (40 ⁰ C'de)	D 445	1,9-6,0	mm ² /sn
Sülfat kül	D 874	max. 0,02	% Kütle
Sülfür	D 5453	max. 0,05	% Kütle
Setan sayısı	D 613	min. 47	-
Asit sayısı	D 664	0,8	mg KOH / g
Serbest gliserin	D 6584	0,02	% Kütle
Toplam gliserin	D 6584	0,240	% Kütle
Fosfor içeriği	D 4951	0,001	% Kütle
Distilasyon sıcaklığı,	D 1160	max. 360	⁰ C
Oksidasyon stabilitesi	EN 14112	min. 3	Saat

Biyodizel hammaddelerinde çok düşük miktarda kükürt mevcuttur. Ancak biyodizel üretim sürecinde kükürt oluşumuna sebebiyet verebilirler. Biyodizel yakıtlarda bulutlanma noktası dizel yakıtından daha yüksek olduğu için bu durum soğukta çalışma kabiliyetini düşürmektedir. Biyodizeller yağ asidi miktarı yüksek ürünlerden oluşturulduğu için bulutlanma noktasında yüksek olmaktadır. Bu yüzden yakıtın içerisine bazı katkı maddeleri eklenerek bulutlanma noktasının düşürülmesi sağlanır.

(Tillem, 2005; Van gerpen ve Ark., 2004).

Tablo 4.2. farklı yağlardan elde edilen metil ve etil ester yakıtların özellikleri (Graboski and McCormick, 1998)

Yakıt	Setan Sayısı (SS)	Parlama Noktası (⁰ C)	Yoğunluk (kg/l)	Isıl Değer (Mj/kg)	Viskozite (mm ² /sn)	Akma Noktası (⁰ C)
Soya Yağı ME	50,9	131	0,8853	37,5	4,08	-3,8
Soya Yağı EE	48,2	160	0,881	-	4,41	-4
Kolza Yağı ME	52,9	170	0,882	37,3	4,83	-10,8
Kolza yağı EE	64,9	185	0,876	-	6,17	-15
Ayçiçek yağı ME	49	183	0,88	37,5	-	-7
Pamuk yağı ME	51,2	110	0,88	37,5	-	3
Palm yağı ME	50	174	0,87	37,2	4,5	16
Kızartılmış yağ EE	61	124	0,8716	36,7	5,78	8
Donyağı EE	-	-	0,8710	-	5,93	6
Donyağı ME	58,8	117	0,8856	-	4,8	9
No.2 Dizel	52	60-72	0,85		2,6	-35 - -15

Biyodizel, motorinden daha yüksek akma ve bulutlanma noktasına sahip olduğu için yakıtın soğuk ortamda kullanımında problemler oluşturur. Yeterli miktarda katkı maddeleri ile bu sorun en aza indirilebilmektedir. Biyodizeli oluşturan C16-C18 metil esterleri doğada kolayca ve hızla parçalanarak bozunur, 10000 mg/l'ye kadar herhangi bir olumsuz mikrobiyolojik etki göstermezler. Suya bırakıldığında biyodizelin 28 günde %95'i, motorinin ise %40'ı bozunabilmektedir. Biyodizelin doğada bozunabilme özelliği dekstroza (şeker) benzemektedir (Karaosmanoğlu, 2002).

4.1.4 Biyodizelin Çeşitleri ve Standartları

Biyodizel dizel yakıtla belirli miktarlarda karıştırılarak kullanılabilirdiği gibi saf yakıt olarak ta motor üzerinde herhangi bir değişiklik yapmadan da kullanılabilir. Genel olarak biyodizelin karışımları en çok şöyle gerçekleşmektedir; B2, B5, B20 ve B100 bu yakıtların karışım içeriği;

- . B2: %2 biyodizel + %98 dizel
- . B5: %5 biyodizel + % 95 dizel
- . B20: %20 biyodizel + % 80 dizel
- . B100: %100 biyodizel olarak gösterilebilir. (NREL, 2008).

B50 karışımının da (%50 biyodizel + %50 dizel) bazı çalışmalarda yer aldığı görülmüştür (Karaosmanoğlu, 2008)

Dizel ve biyodizel yakıtları karşılaştırabilmek için yakıt özellikleri aşağıda verilen Çizelge 4.1'e 'baktığımızda her iki yakıtın yapı yönünden benzer olduğu ancak biyodizelin parlama, kaynama noktası sıcaklığı ve setan sayısının yüksek olması onu daha avantajlı kılmaktadır. Bunun yanı sıra yüksek setan sayısından dolayı enerji açısından motorun daha iyi ve verimli çalışmasına imkan vermektedir. Biyodizelin alt ısı enerji ve üst ısı enerji değerlerinin dizelden daha düşük değerlerde bulunması, biyodizelli araçlarda oluşan devir düşüklüğüne veya gidilen yolun az olması gibi hususlara sebep olmaktadır.

Çizelge 4.1Dizel ve Biyodizelin Özellikleri(NREL, 2008)

Yakıt Özelliği	Dizel	Biyodizel
Yakıt Standardı	ASTM D 975	ASTM D 6751
Alt ısıl Değeri (kJ/kg)	42.000-44.000	39.000-42.000
Kinematik Viskozite(mm ² /sn) 40°C(104°F)	2-4	2-6
Yoğunluk, gr/cm ³	800-850	850-900
Karbon (ağırlığın % si)	87	77
Hidrojen (ağırlığın % si)	13	12
Oksijen (ağırlığın % si)	0	11
Kükürt (ağırlığın % si)	Maksimum 0.0015	0.0-0.0024
Kaynama Noktası, °C	188-340	315-350
Parlama Noktası °C	60-80	100-170
Bulutlanma Noktası °C	-35...+5	-3...+15
Akma Noktası °C	-35...-15	-15...+10
Setan sayısı	40-55	48-65

4.1.5 Dünya Biyodizel Üretimi

Çizelge 4.2’de AB ülkelerinin biyodizel üretiminde ilk sırada olduğu bunları ABD, Arjantin ve Brezilya gibi ülkeler takip ettiği görülmektedir. AB ve ABD dünya biyodizel üretiminin yaklaşık %64’ ünü karşılamaktadırlar.

Çizelge 4.2.Dünya Biyodizel üretimi(Anonymous, 2010c)

Dünya Biyodizel Üretimi(Milyon Ton)			
	ÜLKE	MİKTAR	YÜZDE PAY(%)
1	A.B.	9,18	54
2	A.B.D.	1,65	9,7
3	Arjantin	1,57	9,3
4	Brezilya	1,55	9,1
5	Malezya	0,76	4,5
6	Avustralya	0,62	3,7
7	Diğer	1,64	9,7
Toplam		17,01	100,0

4.1.6 Türkiyede Biyodizel Üretimi ve Gelişimi

Dünyada yıl giderek önemi artan biyoyakıtlar, ülkemizde Atatürk döneminde kullanımı teşvik edilerek biyoyakıt üretimine başlanarak traktörlerde bitkisel yağların yakıt olarak kullanılması sağlanmıştır.(Hatunoğlu, 2010) sonuçta biyodizelin araç motorlarında kullanımı gerçekleştirilmiştir.

2000'li yıllarda dünyadaki gelişmeler doğrultusunda biyoyakıtlar Türkiyedeki ilgili kamu ve özel kuruluşların işbirliği ile biyoyakıt üretimine farklı bir yol haritası çizilerek özel sektöründe bu alandaki girişimlerini harekete geçirmiştir.(Hatunoğlu, 2010). Ayrıca günümüzde biyodizel ile ilgili yatırımların özel tüketim vergisinden muaf(ÖTV) tutulması bu alandaki yatırımların artmasını sağlamıştır.

4.1.7 Biyodizel Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları

Biyodizelin alternatif motor yakıtı olarak kullanılmasında en önemli avantaj mevcut dizel motorlu araçlarda kullanılabilmesidir. Yani biyodizeli yakıt olarak kullanmak için motor konstrüksiyonunu modifiye etmeye gerek yoktur. Bilindiği gibi dizel motor teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak dizel motorlu araç sayısı da artmakta, otomobillerde kullanımı yaygınlaşmaktadır. Diğer alternatifler gibi (hidrojen, LPG, CNG gibi) ek bir sistem gerektirmemesi onu alternatif yakıt olarak cazip kılmaktadır. Bunun yanında biyodizel aşağıda sıraladığımız bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir.

- Biyodizel biyolojik olarak yenilebilir ve bozunabilir yapıda bir yakıttır.
- Saf biyodizel su ile temas ettiğinde 28 gün içinde %80–90 oranında bozunur.
- Karbondioksit gibi sera etkisi yapan gazların etkisi önlenmektedir.
- Biyodizel yaklaşık %11 oranında oksijen ihtiva etmektedir.
- Biyodizel motorine kıyasla düşük enerjilidir. Fakat biyodizelin setan sayısı petrol dizelinin setan sayısından daha yüksek olduğu için motor daha az vurunutulu çalışmaktadır.
- Donma noktasının daha yüksek oluşu nedeniyle soğuk havalarda katkı gerektirmektedir.

- Biyodizel iyi bir yağlama yeteneğine sahiptir ve böylece yüksek derecede motor aşınması oluşturmamaktadır.
- Biyodizel katkı motorin kullanıldığında motorin içinde bulunan tortular biyodizel tarafından çözülür. Bu durum ise filtrelerin tıkanmasına neden olur. Bazı araçların motor sistemleri biyodizel kullanıldığı zaman tahrip olmaktadır. Yakıt sistemleri ve pompa sistemlerinde kullanılan bazı malzemeler lastik ve nitrik sızdırmazlıkları gibi %100 biyodizel kullanıldığı zaman problem olmaktadır. Eğer araçlar %100 oranında biyodizel kullanılacaksa contaları değiştirmekte yarar vardır. %20 oranında kullanılıyorsa gerek olmayabilir. Fakat sızdırmaz olup olmadığı izlenmelidir. Korozyonu önlemek için lastik contalar plastik contalarla değiştirilebilir.
- Biyodizelin alevlenme noktası petrol dizelden daha yüksektir ve bu özelliğin biyodizelin kullanımı, taşınımı ve depolanması sırasında daha güvenli bir yakıt olmasını sağlar.
- Bunların yanında biyodizel kullanımı tüketici tasarrufu, petrol ithalatının azalması, sürdürülebilir enerjiye destek, enerji tarımının (yağlı tohum tarımının) gelişmesini, kırsal kesimin sosyo-ekonomik yapısının iyileşmesi, yerel iş imkânları, imalat sanayisinin gelişmesi, doğal enerji kaynakları ve çevrenin korunmasına katkı sağlamaktadır.

4.1.8 Biyodizelin Dizel Motorlarda kullanımı

Dizel motorlar, yüksek verimleri ve düşük yakıt tüketimleri nedeniyle enerji üretiminden yolcu ve yük taşımacılığına, tarımsal faaliyetlerden inşaat işlerine kadar çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. İvmelenme kabiliyetlerinin düşük olması, gürültülü ve sesli çalışmaları, birim güç başına ağırlıklarının yüksek oluşu, ilk alım maliyetlerinin yüksek oluşu ve bakım zorluğu nedenleriyle daha çok ağır vasıta araçlarda kullanılmışlardır. Teknolojideki gelişmelere paralel olarak dizel motorlarda yanmanın iyileşmesi, yakıt enjeksiyon sistemlerindeki gelişmeler ve motor yapısında değişimler dizel motorların otomobillerde de kullanılmasını kolaylaştırdı. Günümüzde artık otomobillerde dizel motorlar tercih edilmekte ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu durum dizel yakıtlarına olan ihtiyacı artırmaktadır(Aydın, 2007 ; Aydın,2011).

Ancak günümüzde petrol kökenli dizel yakıtların tüketiminin gittikçe artması ve bu yakıtların yanması sonucu çevre kirliliğini artıran karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), kükürt oksitler (SO_x), azot oksitler (NO_x) ve partikül maddeler (PM) gibi

yanma ürünlerinin başta küresel iklim değişikliği, hava, toprak ve su kirliliği üzerinde payı bulunmaktadır (Altun,2009 ; Lloyd and Cackette, 2011).

Dolayısıyla dizel motorlarda petrole dayalı yakıt tüketiminin azaltılması ve bu motorlardan kaynaklanan zararlı emisyonların düşürülmesi çalışmaları dünya genelinde önemli destekler görmekte ve başta Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere birçok gelişmiş ülkede bu konuda ciddi çalışmalar yapıp olumlu sonuçlar hayata geçirilmektedir. Bu çalışmalardan biri alternatif dizel motor yakıtlarının araştırılması ve geliştirilmesidir. Bir alternatif yakıtın, teknik ve ekonomik yönden uygun, çevre dostu ve kolay elde edilebilir olması gerekmektedir.(Altun,2009 ; Srivastova and Prasad,2000).

Türkiye bir tarım ülkesi olduğundan dolayı bitkisel yağların yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılması önem kazanmıştır. Bitkisel yağların dizel motor yakıtı olarak kullanımı eskilere dayanmaktadır. Rudolph Diesel, yarfıstığı yağını 1900’de yakıt olarak motorunda kullanmıştır (Altun,2004; Georing ve arkadaşları,1982). Günümüzde ise petrol rezervlerinin azalması ve bitkisel yağların yenilenebilir oluşu araştırmaların bitkisel yağlar üzerinde hız kazanmasına sebep olmuştur.

Bitkisel yağların doğrudan kullanılmasında bazı problemlerin ortaya çıkması nedeniyle günümüzde onları kendi esterine dönüştürülmeleri gibi uygulamalar ile dizel motorlarda kullanılmaya daha uygun bir hale getirilmektedir. Bugün bitkisel yağlar transesterifikasyon tepkimesi sonucu oluşan yakıtları dizel motorlarında rahatlıkla kullanılabilir. Bu yakıtı biyodizel denilmektedir (Karaosmanoğlu,2002).

5. ASPİR BİTKİSİ VE YAĞI

Dikenli ve dikensiz özelliklere sahip olan aspir yaklaşık 70-90 cm civarında uzayabilen bir bitkidir. Dikenli olanlarının yağ oranı daha fazladır. Sarı, beyaz, kırmızı ve turuncu gibi değişik renklerde çiçeklere sahip, tohumları, beyaz, kahverengi ve üzerindeki koyu çizgiler bulunan beyaz taneler şeklinde olan (ender durumlarda siyah tohumlara da rastlanabilir), tohumlarında % 30-50 arasında yağ bulunan, Linoleik(Omega-6) ve Oleik (Omega-9, zeytinyağı kalitesinde) olmak üzere 2 ayrı tipi mevcuttur. Kaliteli yemeklik Yağı ile, biyodizel yapımında da kullanılabilen, küspesi hayvan yemi olarak değerlendirilen, kuraklığa dayanıklı, yazlık karakterde ve ortalama 108-135 gün arasında yetişebilen tek yıllık bir yağ bitkisidir. Yağlık bir ürün olan Aspir, sanayide yağ elde etmek üzere değerlendirilir.Yağ elde edilmesinde, ayçiçeği işleyen tüm makineler aspir bitkisi için de kullanılabilir. Bu sebeple, ülkemizde sanayi şartlarında kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir.Yağ alındıktan sonra

kalan kspe içerdiği % 22-24 protein nedeniyle iyi bir hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir(Aydın, 2010;Anonymous,2014a).



Şekil 5.1. Aspir bitkisi (Anonymous,2014a).

5.1 Aspir Bitkisinin Yetiştirilmesi

Aspir bitkisi yaklaşık 115-125 günde ürün vermektedir. Aspir bitkisi, toprak sıcaklığı 5°C 'ye vardığında imlenmektedir. rn zamanına kadar 290 mm'lik yağışa ihtiyaç duymaktadır. Aspir bitkisinin ekiminden önce toprağın neminin uygun olduğu sonbahar mevsiminde sürümü yapılır ve ilkbaharda toprak ekilmeye hazır bir duruma getirilir. İç Anadolu bölgesindeki toprak sıcaklığının elverişli olduğu zaman aralıklarında aspir ekimi yapılır. Ekilen aspiden iyi bir verim alabilmek için toprağın gbrenlenmesi ve bakımı zamanında yapılarak özellikle yabancı otların oluşumuna engel olunur.



Dinçer(Dikensiz-Kırmızı)



Dikenli-Sarı



Yenice Dikensiz-Kırmızı



GelenDost-1(Dikenli-Turuncu)



GelenDost-2(Dikensiz-Turuncu)

Şekil 5.2 Aspir eşitleri (Uysal, 2006)

6. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde dizel motorlarında ve özellikle dizel motorlu jeneratör setlerinde yakıt olarak biyoetanol, biyometanol ve biyodizel gibi alternatif yakıtların kullanımı ile motor performansı, yakıt tüketimi, egzoz emisyonları ile yanma karakteristiklerindeki değişimlerin incelendiği çalışmalar sunulmuştur.

Joshi ve diğ., (2010) soya yağından metil ve etil alkol ile ikisinin karışımlarını sabit molar oranda katalizör olarak KOH kullanarak biyodizel üretimini ve yakıt özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında metil ester oluşumunun etil estere göre daha hızlı olduğunu ve genel olarak yüksek oranlarda dönüşüm verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir. Çalışmada ayrıca, 1:2 ve daha üstü metanol:etanol molar oranlarında elde edilen soya yağı esaslı biyodizelinin düşük sıcaklık özelliklerinin ve oksidasyon kararlılığının geliştiğini ve ayrıca saf soya metil esterine göre mükemmel yağlayıcılık özelliklerine sahip olduğu belirtilmiştir.

İlkılıç ve diğ.,(2011) aspir yağından transesterifikasyon reaksiyonu ile ürettikleri biyodizel yakıtını konvansiyonel dizel yakıtı ile hacimsel olarak %5, %20 ve %50 oranlarında karıştırarak yakıt özelliklerini ve motor performansı ile egzoz emisyonlarını araştırmışlardır. Çalışmalarında biyodizel karışımlarının dizel yakıtı yerine kullanılması ile özgül yakıt tüketiminin bir miktar arttığını bununla beraber partikül madde ve duman emisyonlarının önemli bir derecede azaldığını bildirmişlerdir. Ancak biyodizel içeren yakıt karışımlarının NOx emisyonlarında bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir.

Aydın (2016) Aspir yağı biyodizelini kerosen ile belirli oranlarda karıştırarak bir dizel motorlu jeneratör setinde yanma , performans ve emisyon karakteristiklerini incelemek üzere test etmiş ve konvansiyonel dizel ile karşılaştırmıştır. Sabit motor devir sayısı ve farklı yük şartlarında yapılan testlerde karışım yakıtlarının yanma parametrelerinin dizel yakıtına benzer olduğunu ayrıca yakıt tüketiminin arttığını ve yanmamış HC emisyonlarının bir miktar yükseldiğini rapor etmiştir. Karışım yakıtların dizel yakıtına göre NOx emisyonlarının önemli bir şekilde düşük olduğu bildirilmiştir.

Lapuerta ve diğ.,(2008), atık pişirme yağlarından metil ve etil alkol kullanarak ürettikleri yağ asidi metil ve etil esterlerini (biyodizel) bir common- rail dizel motorunda test etmişlerdir. Çalışmalarında her iki biyodizel yakıtının bir miktar yakıt tüketiminin artmasına karşılık toplam HC ve partikül madde emisyonlarında çok önemli

düşüşlerin olduğunu bununla beraber NOx emisyonlarının önemli bir şekilde değişmediğini rapor etmişlerdir.

Thomas ve diğ.,(2012), hint yağını alkoller ile transesterifikasyonu ile elde ettiği biyodizelde viskositenin ayçiçeği yağı biyodizelinden yüksek olduğunu ve bunu düşürmek için dizel ile karıştırılmasına gereksinim duyulduğunu bildirmiştir.

Sanli ve diğ., (2015), metanol ve etanolu kullanarak atık kızartma yağlarından elde ettikleri biyodizel yakıtları ve konvansiyonel dizel yakıtıyla %20 oranındaki karışımlarını değişik motor hızlarında(1100, 1400 and 1700 rpm) ve sabit yük koşullarında test etmişlerdir. Çalışmada karışım yakıtların özgül yakıt tüketiminin dizele göre daha yüksek olduğu ve yanmamış HC emisyonlarının daha az ancak NOx emisyonlarının birbirine çok yakın olduğu bildirilmiştir.

Thomas ve diğ.,(2013) aspir, pamuk, hint ve kullanılmış pamuk gibi farklı kaynaklardan elde edilen yağların alkol olarak metanol ve etanol katalizör olarak ta hem sodyum hem de potasyum hidroksit kullanarak gerçekleştirilen transesterifikasyon reaksiyonu verimini inceledikleri çalışmada metanolün daha iyi bir çözücü sodyum hidroksitin ise daha iyi bir katalizör olduğu belirtilmiştir. En çok viskos olan hint yağının vizkositesi transesterifikasyondan sonra önemli bir derecede düşmüş olduğu aspirin hem metil hemde etil esterinin ise dizel yakıtına benzer viskoziteye sahip olduğu bildirilmiştir.

Işık ve diğ.,(2016), aspir yağı biyodizel karışımlarını kullanarak bir dizel jeneratör setinde RCCI 'nin etkilerini sabit motor gücü ve sabit hızlarda motorun yanma, emisyon ve performansını test ettikleri çalışmalarında, yanmanın her iki durum için geciktiğini ancak B50 nin kullanılmasıyla etanol RCCI çalışmasının üst basınç değerlerini arttırdığını bununla beraber yanma ve performans parametrelerinin geliştirildiğini ancak özgül yakıt tüketiminin çok arttığını yanmamış HC 'ların küçük bir artışı olurken NOx emisyonlarının da çok azaldığını bildirmişlerdir.

Vieira da silva ve diğ.,(2017)., transesterifikasyon yoluyla etil ve metil esterlerini kullanarak soya yağı, palmye yağı ve atık kızartma yağlarından dizel-biyodizel karışımlarını % 20 ve % 50 oranlarında sabit içten yanmalı bir dizel motorda NOx emisyonlarını test ettikleri çalışmada etil karışımların daha düşük NOx emisyonlara sahip olduğu bununla beraber en iyi sonucu palmye etil esterlerinin gösterdiğini ancak bütün faktörler göz önüne alındığında soya metil esterinden B20 nin en düşük NOx emisyonlara sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Mihaela ve diğ.,(2013)., güneydoğu Avrupa için aspir yağını kolza ve soya yağı ile karşılaştırarak aspir yağının perpektifini çıkardıkları çalışmalarında, analiz edilen aspir yağının yağ asitleri profilinin yüksek miktarlarda(%69,65) linoleic asit içerdiğini göstermişlerdir. Yüksek içerikli linoleic asidin kolza biyodizeline benzer özelliklere sahip olması ile bulut noktası, akma noktası ve soğuk filtre tıkanma noktası ile ilgili biyodizele biraz kalite sağlayacağını ayrıca düşük oksidasyon kararlılığını diğer biyodizel ve antioksidan katkı maddeleri ilavesi ile iyileştirilebileceğini bildirmişlerdir.

Bueno ve diğ.,(2011)., soya yağı biodizelini dizel yakıtı ile hacimsel olarak %10-%30 gibi düşük oranlarda karıştırarak bir yüksek hızlı turbo şarjlı bir dizel motorunda test ederek yanma karakteristiklerini inceledikleri çalışmalarında %20 oranında biyodizel içeren karışım yakıtın termik verim yönünden en iyi sonuçları gösterdiği ancak motor gücü ve özgül yakıt tüketimi dikkate alındığında %10 biyodizel karışım yakıtının daha iyi bir performans sergilediğini belirtmişlerdir.

Alptekin (2017)., petrol kökenli dizel yakıtını, kanola ve aspir biyodizel yakıtlarının karışımlarını ve solketal ve etanol gibi oksijenli yakıt katkılarını bir common rail dizel motorunda farklı motor hızlarında ve sabit motor yükünde test etmiştir. Oksijenli katkı maddesi eklenmiş biyodizel ve karışımlarının petrol kökenli dizel yakıtına göre özgül yakıt tüketimini artırdığını belirtmiştir. Yakıt katkısı olarak solketal ve etanol kullanımının NO_x emisyonlarını artırdığı bununla beraber CO₂ , CO ve toplam HC emisyonlarında biyodizel kullanımına göre bir düşüş sağladığı çalışmada bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca Biyodizele etanol veya solketal eklenmesiyle birbirine benzer sonuçların elde edildiği belirtilmiştir.

Altun ve ark. (2011), yaptıkları deneysel bir çalışmada dört silindirli doğal emişli ve direk püskürtmeli bir dizel motorunda tam yükte biyodizel-dizel-etanol (BDE) yakıtlarını kullanarak petrol kökenli dizel yakıtı ve B20 olarak bilinen biyodizel-dizel yakıtı ile karşılaştırmışlardır. Biyodizeli atık pişirme yağlarından elde etmişlerdir. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında karışım yakıtlar için fren özgül yakıt tüketimin arttığını gözlemlemişlerdir. Karbon monoksit (CO) emisyonunun karışım yakıtlar için düşük olduğu, azot oksit (NO_x) emisyonları ise dizel yakıtıyla karşılaştırıldığında B20 için biraz yüksek iken BDE yakıtı için düşük olduğunu gözlemlemişlerdir.

Aydın ve Öğüt(2013)., aspir yağından elde ettikleri biyodizel yakıtını petrol kökenli dizel ve etanol ile belli oranlarda karıştırarak bu karışım yakıtların hem yakıt özelliklerini hem de bir dizel motorunda kullanılmaları durumunda performans ve emisyon karakteristiklerindeki değişimleri inceledikleri çalışmada performans açısından

değerlendirme yapıldığında optimum yakıtın % 100 dizel olduğunu ancak emisyon parametreleri dikkate alındığında ise %92,5 dizel % 5 biyodizel ve %2,5 biyoetanolden oluşan yakıt karışımını en iyi özelliklere sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Can ve diğ.,(2017),, dizel yakıtını hacimsel olarak %5,%10, %15 ve %20 oranlarında kanola biyodizeli ekleyerek elde ettikleri yakıt karışımlarını tek silindirli ve direk püskürtmeli bir dizel motorunda farklı yüklerde test ederek yanma karakteristiklerini test etmişlerdir. Çalışmada biyodizel karışımlarının kullanımında tutuşma gecikmesinin tüm yük şartları için daha kısa sürdüğü ve maksimum ısı salınımının karışımdaki biyodizel oranının artmasıyla düştüğü belirtilmiştir. Aynı zamanda biyodizel karışımlarının yaklaşık %6,5 oranında özgül yakıt tüketimini arttırdığını bununla beraber daha yüksek NO_x emisyonları ile daha düşük duman CO ve toplam HC emisyonu verdiği bildirilmiştir.

Rashed ve diğ.,(2016),, palm, jatrofa ve moringa yağı metil ester yakıtlarını hacimsel olarak %20 oranında dizel yakıtı ile karıştırarak bir dizel motorunda test etmişlerdir. Çalışmada beklendiği gibi tüm biyodizel içeren karışım yakıtların kullanımı ile dizel yakıtı kullanımına göre motor gücünün düştüğünü bununla beraber özgül yakıt tüketiminin arttığı bildirilmiştir. Aynı şekilde karışım yakıtları CO ve HC emisyonlarını düşürürken NO_x emisyonlarında artış olmuştur. Test edilen biyodizel yakıtları arasında palm biyodizelinin performans ve emisyon yönünden jatrofa ve moringa biyodizellerine göre daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Eryılmaz ve Yeşilyurt(2016),, aspir tohumlarından elde ettikleri aspir yağından biyodizel üretimini araştırdıkları çalışmalarında aspir yağı ve metil esterinin yüksek oranda linoleic asit içerdiği ve dolayısıyla iyi düşük sıcaklıkta akış özelliklerine sahip olduğu belirtilmiştir. Bununla beraber viskozite yoğunluk ısı değer parlama noktası su içeriği gibi yakıt özelliklerinin değerlendirilmesi sonucunda aspir yağının önemli bir biyodizel kaynağı olabileceği belirtilmiştir.

Eryılmaz ve diğ.,(2014),,Yozgat ili şartlarında yetiştirdikleri aspirin Dinçer çeşidinden ürettikleri biyodizel yakıtın özelliklerini belirledikleri çalışmalarında, aspir yağı biyodizelinin 15°C de ki yoğunluğu (882,97 kg/m³), PH değeri (6), parlama noktası (178°C), bakır şerit korozyon(1a), su içeriği(499,20 mg/kg), ısı değeri(38,448 Mj/kg), bulutlanma, akma ve donma noktaları (-5,7°C, -12,9°C ve -15,8°C)olarak tespit ettikleri verilere göre aspir yağı biyodizel üretimi sınır değerlerinde olduğu ve biyodizel üretimi için uygun olacağını belirtmişlerdir.

Çelikten ve Arslan,(2008),, kanola yağı ve soya yağı metil esterlerinin performans ve emisyon değişimlerinin dizel yakıtı ile biyodizel yakıtlarını 4 zamanlı ve 4 silindirli direkt püskürtmeli dizel motorunda test ettikleri çalışmalarında, en yüksek motor performansının dizel yakıtıyla olduğunu ancak normal dizel yakıtı NO_x değerinin kanola ve soya esterlerinininkinden daha düşük çıktığını bununla beraber en düşük duman ve CO emisyon değerini veren yakıtın kanola yağı metil esterinin olduğunu belirtmişlerdir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde alternatif yakıt olarak dizel-etanol karışımı yakıt kullanımında özgül yakıt tüketiminin ve NO_x salınımının artarken motor gücünün düştüğü gözlemlenmiştir. Dizel-metanol karışımının ise etanol karışımına göre motor performansını arttırdığını, NO_x ve CO salınımı ise düşürmüştür. Biyometanol yakıt özelliklerinin dizel yakıt özelliklerine yakın olması ve her oranda dizel yakıtı ile etanole göre daha iyi karışım oluşturması biyometanolü etanole göre daha fazla tercih ettirmiştir. Alternatif yakıt olarak biyodizel-dizel karışımının kullanılması durumunda ise motor performansında dizel yakıtına göre farkın çok az olduğu gözlemlenmiştir. Bu karışımların kullanımında NO_x emisyonlarında artış olurken; CO ve HC'lerde azalma olduğu tespit edilmiştir. Ancak yukarıda verilen literatür çalışmalarından da anlaşılacağı üzere bu yakıt karışımlarının dizel motorlu jeneratör setlerinde kullanılmaları durumunda özellikle yakıt tüketimi ve yanmamış HC emisyonlarında farklı sonuçlar bildirilmiştir.

7. MATERYAL VE YÖNTEM

7.1. Deneysel Materyeller

7.1.1 Dizel Motor ve Deney Seti

Batman Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Makine Mühendisliği Bölümü Makine Laboratuvarında bulunan 4 silindirli ve 4 zamanlı, direkt püskürtmelive doğal emişli dizel motorlu jeneratör setinde 230/400 V fırçasız senkron alternatör ile kontrolü ve çalıştırılması için gerekli araçlar bulunmaktadır. Motorun yüklenme durumu rezistans modülü ile gerçekleştirilmiştir. Modülde 2 kw gücünde 3 adet ile 1,5 kw gücünde 3 adet rezistans kullanılmış ve çıkış gücü set üzerine entegre ampermetre ve voltmetrelerin dijital gösterge üzerinden okunan değerler kullanılmıştır. Deneylede kullanılan motorun teknik özellikleri Tablo 7.1'de gösterilmiştir. Şekil 7.1 ve 7.2'de ise deney setinin fotoğrafik ve şematik resmi gösterilmiştir. Ölçüm yapmadan önce her bir test için ilgili yakıt ile motor kararlı hale geldiğinde çalıştırılmıştır. Kararlı çalışma

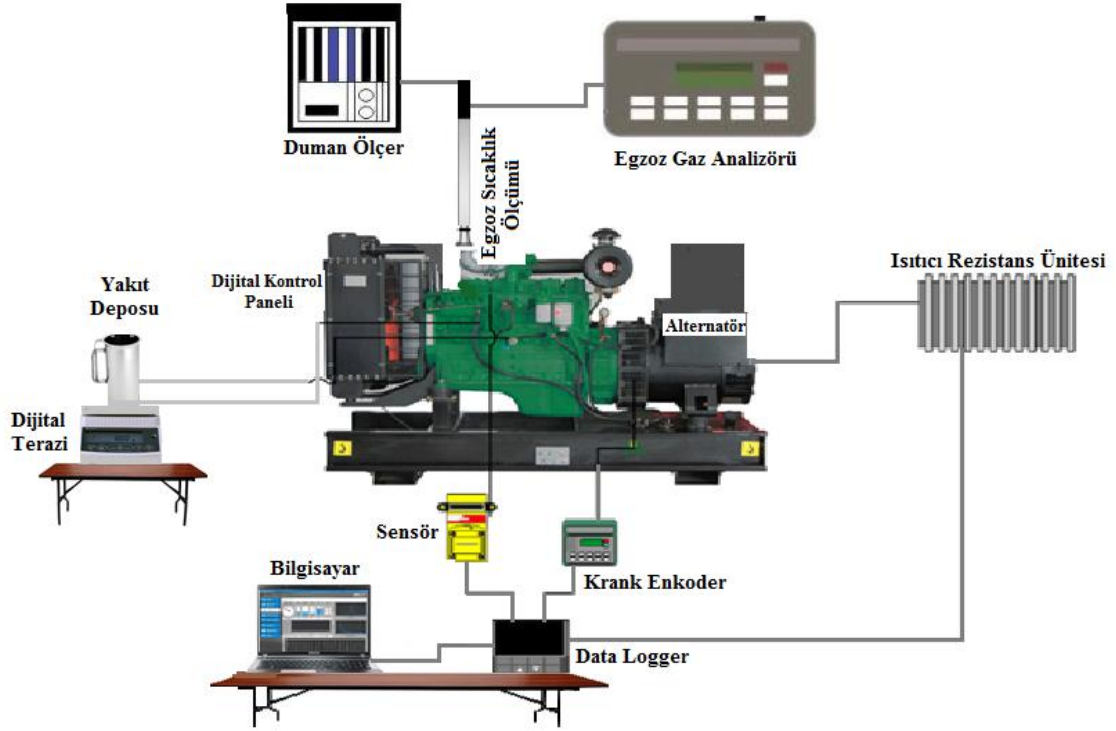
şartlarında her bir test yakıtı ile motor 1500 dev/dak sabit hızda ve bu devirdeki maksimum güç çıkışının yaklaşık %0, %20, %40 ve %60'na denk gelen dört farklı güç çıkışında (Yüksüz, 3,6 kw, 7,2 kw ve 10,8 kw) deneyler gerçekleştirilmiştir. Soğutma sıvısı sıcaklığı kontrol panelinde bulunan göstergeden okunmuş olup egzoz sıcaklığı ise egzoz manifoldundan bir lazer termometre kullanılarak ölçülmüştür.

Tablo 7.1. Deney motorunun teknik özellikleri

Marka ve model	Kraft-4DW81-23D
Çıkış Gücü	1500 dev/dk'da 18 kW
Soğutma	Su soğutma
Emme sistemi	Doğal emişli
Çap x strok (mm)	85x100
Silindir sayısı	4
Püskürtme sistemi	Direkt
Sıkıştırma oranı	17:1
Enjektör memesi sayısı	4



Şekil 7.1 Dizel jeneratör setinin görünümü



Şekil 7.2. Deney düzeneğinin şematik görünümü

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

Egzoz gaz emisyonları ve duman koyuluğunu ölçmek için CAPELEC marka CAP 3200 modelanaliz cihazının ölçüm aralığı ve hassasiyeti Tablo 7.2'de görülmektedir.

Tablo 7.2 Gaz analiz cihazının teknik özellikleri

Parametre	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
HC	0-20 ppm	1 ppm
CO ₂	%0-20	%0,1
CO	%0-15	%0,001
O ₂	%0-21,7	%0,01
NO _x	0-5000 ppm	1 ppm
Duman koyuluğu	% 0-99,9	% 0,01

Biyodizel elde etmek için deneylerde kullanılan katalizör miktarı ve yakıt numunelerini gram cinsinden hassas olarak ölçen terazi kullanılmıştır.



Şekil 7.3. Deneyde kullanılan hassas terazi

Deney çalışmalarında sıcaklık numunelerin sıcaklığını ve egzoz sıcaklıklarını ölçmek için dijital Raytek Raynger ST4 markalı temassız bir kızılötesi sıcaklık ölçüm cihazı kullanılmıştır. Egzoz sıcaklığının ölçümünde yanma odasına en yakın noktada egzoz manifoldunun üst kısmı alınmıştır. Kullanılan cihaza ait teknik özellikler çizelge 7.1' de verilmiştir.

Çizelge 7.1 Sıcaklık ölçüm cihazının teknik özellikleri.

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

7.1.2 Metil Alkol (Metanol)

Aspir yağından biyodizel üretmek için, 20 °C de 0,791-0,793 kg/l yoğunluğa ve 32,04 g/mol molekül ağırlığında olan metil alkol (CH_3OH) kullanılmıştır.



Şekil 7.4. Biyodizel üretiminde kullanılan metil alkol

7.1.3 Etil alkol (etanol)

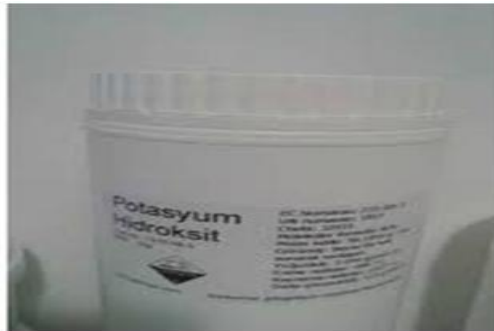
Aspir yağından biyodizel üretmek için, 20°C de 0,804-0,807 kg/l yoğunluğa ve 47,07 g/mol molekül ağırlığında olan etil alkol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) kullanılmıştır.



Şekil 7.5. Biyodizel üretiminde kullanılan etil alkol

7.1.4 Katalizör

Aspir biyodizeli üretiminde katalizör olarak potasyum hidroksit (KOH) kullanılmıştır.



Şekil 7.6. Biyodizel üretiminde kullanılan katalizör

7.2 Aspir Yağı ve Biyodizel Üretimi

Aspir bitkisi biyodizel üretiminde kullanıldığı gibi mutfaklarımızda da yemeklik yağı olarak kullanılmaktadır. Günümüzde yağın kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Biyodizel üretiminde bitkisel yağların değerlendirilmesi, yağlı tohumlu bitkileri daha önemli bir hale getirmiştir. Biyodizel üretiminin çeşitli yolları vardır. Transesterifikasyon metodu bunların en yaygın kullanılanıdır. Bu metotta; bitkisel yağlar bir katalizör yardımıyla alkol ile reaksiyonu sonucu yeniden esterleşirler. Viskozitenin düşürülmesinde en etkili yöntemdir(Öğüt ve Oğuz 2006). Karabaş, aspir yağından biyodizel üretimini ve yakıt özelliklerini incelediği çalışmasında; Remzibey-05 aspir tohumlarını 1 saat 120 °C sıcaklıkta kuruttuktan sonra onları elektrikli değirmende öğüterek dönel evaporatörün cam balonuna alıp 1:3 tohum:solvent karışım oranı ile n-hekzan solventini ekledikten sonra 600 d/d karıştırma hızında, 40 °C sıcaklıkta 2 saat süreyle ekstraksiyon işlemine tabi tutmuştur. Süre sonunda karışımı filtreden geçirdikten sonra tohumun küspe kısmını ayırmış ve geriye kalan solventle karışık yağı tekrar evaporatöre almış ve vakum altında solventi uçmasını sağlamıştır. Elde ettiği aspir tohumu yağının ağırlıkça %56,82 oranında linoleik (C18:2) ve %33,98 oleik (C18:1) asitten oluştuğunu ve %91,17 oranında doymamış yağ asitlerinden oluştuğunu bildirmiştir. Ayrıca; aspir tohumu yağının 15 °C'deki yoğunluğu 819 g/mL, 40 °C'deki kinematik viskozitesinin 16,5 mm²/sn ve serbest yağ asitliğini % 0,28 olarak tespit etmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, Karabaş, elde ettiği aspir yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel elde etmek amacıyla ön çalışmalar yaparak optimum reaksiyon şartlarını belirlemiştir. 1:6 yağ:alkol molar oranı, %1 katalizör (NaOH) miktarı, 60 °C reaksiyon sıcaklığı ve 45 dakika reaksiyon süresinde %98 metil ester dönüşüm oranı ile elde ettiği biyodizelin EN14214 ve ASTM D6751 standartlarını sağladığını belirtmiştir. Transesterifikasyon işlemi sonunda ham aspir yağının 16,5 mm²/sn olan kinematik viskozite değeri 4,1 mm²/sn'ye düştüğü rapor edilmiştir.(Karabaş, 2013)

Aspir yağı metil esteri üzerine bir başka çalışmada Meka ve arkadaşları gerçekleştirmiştir. Meka ve arkadaşları aspir yağı metil esteri üretiminin optimum koşulları üzerine çalışmışlardır. Bunun için sıcaklık, yağ/alkol mol oranı ve katalizör miktarının etkisini incelemiş ve en uygun koşul olarak 1/6 yağ/alkol mol oranı, yağın ağırlıkça %2'si oranında sodyumhidroksit seçilmiş ve uygun reaksiyon sıcaklığı 60 °C

olarak , Bu koşullarda elde edilen ester içeriğini ise %96,5 olarak belirlemişler(Meka ve ark.,2007)

Başka bir çalışmada ise; Rashid ve Anwar yağ/alkol mol oranı, sıcaklık, karıştırma hızı, katalizör miktarı ve katalizör cinsinin aspir yağı ve metanolün Tranesterifikasyon reaksiyonu üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. %98 oranında ester içeriğinin elde edildiği reaksiyon koşullarını şu şekilde tespit etmişler: Reaksiyon sıcaklığı: 60⁰C, yağ/alkol mol oranı: 1/6, katalizör miktarı: yağın ağırlıkça %1,9'u oranında NaOCH₃, karıştırma hızı: 600 rpm. Elde edilen ester ürünün pek çok özelliğinin ASTM D 6751 ve EN 14214 standartlarına uygun olduğu ancak ürünün soğukta filtre tıkanma noktası, bulutlanma noktası ve akma noktasının motorine göre daha yüksek olduğunu rapor etmişler(Rashid and Anwar,2008)

Düz ve arkadaşları ise; aspir yağı metil esteri üretimini mikrodalga ışınlaması yöntemiyle gerçekleştirmişlerdir. Tranesterifikasyon reaksiyonu koşulları şu şekildedir: Katalizör miktarı: yağın ağırlıkça %1'i oranında NaOH, yağ/alkol mol oranı: 1/10, reaksiyon süresi: 6 dakika. Elde edilen ürünün yakıt özellikleri No.2 motorinin yakıt özellikleri ile karşılaştırmışlar ve mikrodalga ışınlaması yönteminin trigliseritlerin 5:1 metanol ile alkoliz reaksiyonunun gerçekleştirilmesinde hızlı bir alternatif yöntem olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır(Düz ve ark.,2011).

Biyodizelin üretim safhaları: katalizör ve alkolün karıştırılması, reaksiyon, ayırma, yıkama ve kurutmadır (Eryılmaz,2009).

Deneyde kullandığımız aspir yağı(10litre), metil alkol, etil alkol ve KOH ticari bir firmadan temin edilmiş olup aspir yağından etil ve metil biyodizelinin üretimi laboratuvar şartlarında deneyler yapılarak elde edilmiştir.

Aspir yağından metanol biyodizelinin üretimi:

1.İlk önceyağ 100°C nin üstünde ısıtılarak içindeki suyun kurutulması sağlanmış daha sonra 45°C deki bir sıcaklığa kadar soğutulmuştur.

2.1000 ml'lik aspiryağı beher kaba konularak elektrikli ısıtıcı 55°C ye kadar ısıtılmıştır. Sıcaklığı bu seviyede sabit tutup manyetik karıştırıcı ile belli bir devirde karıştırılmıştır.



Şekil 7.7. Aspir yağının ısıtılması

Daha sonra karışıma eklenecek metil alkol ve KOH maddeleri de başka bir beher kapta; kullanılan yağın %20 si oranında alkol ve yaklaşık 3 gr KOH karıştırılarak KOH'in alkolün içinde eriyinceye kadar karıştırma işlemine devam edilmiştir. Bu karışımı sabit sıcaklıkta tuttuğumuz aspir yağının üzerine ekleyerek metil alkolün uçmaması için beher kabın ağzı alüminyum folyo ile kapatılmıştır.



Şekil 7.8. katalizor+metil alkol katılarak ısıtılan yağ

1 saat boyunca sıcaklık 55°C de sabit tutularak manyetik karıştırıcı ile karıştırılmaya devam edilmiştir. Ayrıca biyodizel üretiminde reaksiyonun süresi ve sıcaklığına da dikkat edilmiştir.

Bu işlemin ardından, gliserinin çökmesi için önceden hazırlanan ayırma hunisine karışımı aktarıp 13 saat süre ile dinlenmeye bırakılmıştır.



Şekil 7.9. Dinlenmeye bırakılan karışım

3. 13 saatlik sürenin sonunda çöken gliserin başka bir kaba alınmıştır.

4. gliserini alınmış biyodizelin içerisinde reaksiyona girmeyen alkol, katalizör madde ve ayrışma sırasında gliserinin kalmış olması riskinden dolayı yıkama işlemi yapılmıştır.

Yıkama işlemi iki aşamada yapılmıştır:

Birinci aşamada: 1 litre saf su ve 1 litre biyodizel karıştırılarak elektrikli ısıtıcıda belli bir süre 85 °C- 95 °C aralığında ısıtılmıştır. Biyodizelin altında bulunan suyun yüzeye çıkarılıp buharlaşması için kaynama işlemi manyetik karıştırıcı ile desteklenmiştir. Bir süre sonra sıcaklığın artmasıyla beraber içindeki suyun tamamen buharlaşmasıyla, sıcaklık 120°C civarında iken ısıtma işlemi durdurulmuştur. Bu işlem sonucunda biyodizel elde edilmiştir.



Şekil 7.10. Isıtılan biyodizel

İkinci aşamada: 1 litre su ile 1 litre gliserini alınan yağ belli bir süre bir kap içerisinde çalkalanarak dinlenmeye bırakılmıştır. Su ile yağ arasında bir faz ayrımı oluşmuştur bu işlem sonunda dibe çöken suyun uzaklaştırılması için yaklaşık 1 saat boyunca ısıtılmıştır. Bu ısıtma işlemi 120°C civarında iken ısıtıcı durdurulmuştur.



Şekil 7.11.Yıkanmış biyodizeldeki faz ayrımı

Aspir yağından etanol biyodizelinin üretimi:

Aspir yağından etanol biyodizelinin üretimi, metanol biyodizelinin üretmek için yukarıda anlatılan aşamalardan geçilerek yapılmıştır. Etanol biyodizeli için;1000 ml yağ yaklaşık 3-4 gr KOH kullanılarak yaptığımız bir iki denemeden biyodizel oluşmadığını gördük, bunun üzerine katalizör miktarını artırdığımızda (1000 ml yağ, 7-8 gr KOH) biyodizelin oluştuğunu gördük. Ayrıca etil ester tepkime süresi metil esterden daha uzun sürmüştür.

7.3 Deneylerde kullanılan yakıtlar ve karışım oranları

Deneylerde kullanılmak üzere hazırlanan karışımların yüzde miktarları aşağıda verilmiştir.

M100 % 100 Metil Ester Biyodizeli

M50D50 % 50 Metil Ester biyodizeli + % 50 Euro dizel

M20D80 % 20 Metil Ester biyodizeli + % 80 Euro dizel

E100 % 100 Etil Ester biyodizeli

E50D50 % 50 Etil Ester biyodizeli + % 50 Euro dizel

E20D80 % 20 Etil Ester biyodizeli + % 80 Euro dizel

ULSD (Euro dizel) % 100 Dizel

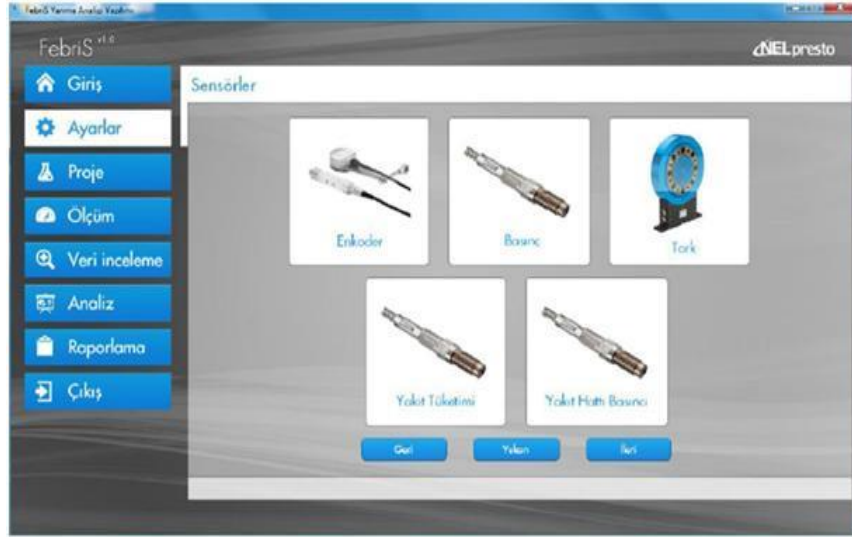
Tablo 7.3. Test yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Test Yakıtları/ Özellikleri	ULSD	M100	E100
Yoğunluk gr/cm³ (API)	0,830	0,880	0,89
Kin.Viskozite mm²/s	2,8	3,94	4
Tutuşma Noktası °C	62,5	140+	156
Dizel İndeksi	52,3	54,2	53
Kükürt Miktarı %	0,01	0,01	0,01
Isıl Değer(kj/kg)	42350	39100	38500

7.4 Yanma Analizi Sistemi ve Hesaplanan Parametreler

7.4.1 Febris yanma analizi sistemi

Silindir basınç ölçümü için bir fiber-optik basınç sensörü, Oprtrand D33294-Q, (1.35mV/psi hassasiyetli) kullanılmıştır. Krank açısı ise manyetik devir sensörü ile belirlenmiştir. Manyetik devir sensörü, krank kasnağında üst ölü nokta (ÜÖN) için belirlenen yer kullanılarak ÜÖN'de sinyal üretecek şekilde monte edilmiştir. Basınç sensörlerinden gelen sinyaller, sinyal şartlandırıcı ve veri toplama kartı ile bilgisayara aktarılmıştır. Bu verilerin işlenmesi Febris yanma analizi yazılımı ile gerçekleştirilmiştir(Şekil 7.12).



Şekil 7.12. FebriS yanma analizi programının görünümü

Isı dağılımı, termodinamiğin birinci kanunu ve ideal gaz denkleminde yararlanılarak; hacmi bilinen bir silindirden alınan basınç verileriyle analiz edilmektedir.

Termodinamiğin I. Kanunundan; Isı salınımı hızı;

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{\gamma}{\gamma-1} p \frac{dV}{d\theta} + \frac{1}{\gamma-1} V \frac{dp}{d\theta} \text{ denklemleri ile,}$$

Kümülatif ısı salınımı ise;

$$\int dQ = \int \left(\frac{\gamma}{\gamma-1} \right) p(dV) + \int \left(\frac{1}{\gamma-1} \right) V(dp) \text{ denklemi ile bulunabilir.}$$

γ özgül ısıları oranı 1.32 olarak alınmıştır, θ krank açısı, P silindir basıncı, ve V silindir hacmini belirtir. Burada, basınç değerleri ölçülerek; V ve $dV/d\theta$ terimleri aşağıda verilen denklem ile hesaplanır:

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

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

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

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

Burada; $r = H/2 =$ krank yarıçapı, $l =$ biyel kolu uzunluğu, $D =$ silindir çapı, $A =$ piston tepe alanı, $V_c =$ strok hacmi

7.4.2. Motor Performans Parametreleri

Yakıt tüketimi 1 g hassasiyetli bir elektronik terazi ve dijital kronometre ile kütleli olarak ölçülmüştür. Belirli bir zaman içerisinde dijital terazide görülen yakıt kütleliindeki değişim kaydedilmiş ve birim zamandaki yakıt tüketimi hesaplanmıştır. Motor performansının değerlendirilebilmesi için ölçülen çıkış gücü ve yakıt tüketimi ile birlikte yakıtların ısıli değerleri kullanılarak 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)

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

formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Burada;

$\eta_e =$ Efektif verim (%)

$be =$ Özgül yakıt tüketimi (kg/kwh)

$Hu =$ Yakıtın alt ısıli değeri (kj/kg)

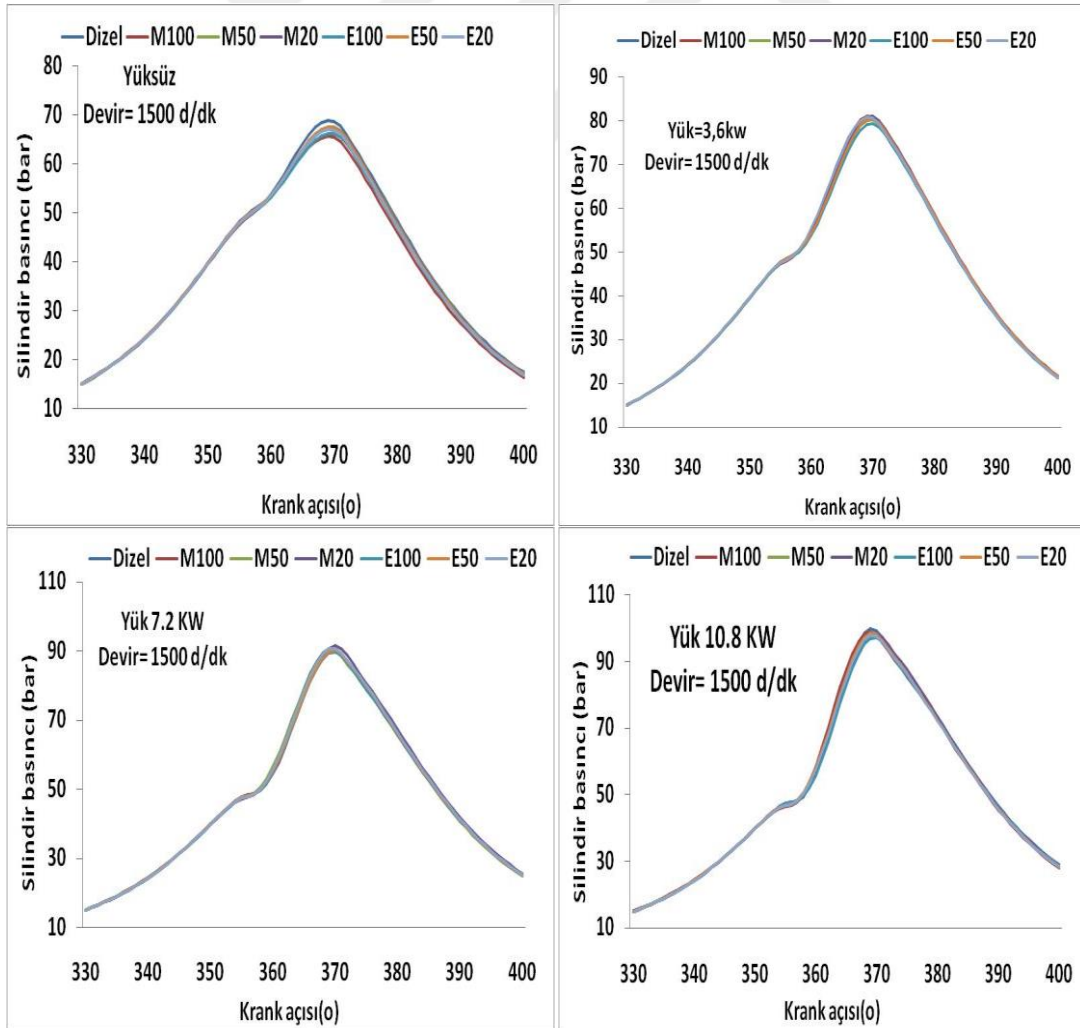
8. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

8.1 Yanma Deneyleri

Bu bölümde petrol dizel yakıtı ULSD, E100, E50, E20 ve M100, M50, M20 yakıtlarının deney motorunda Yüksüz, 3,6 kw, 7,2 kw, 10,8 kw olmak üzere dört farklı yük kademesinde test edilmeleri sonucu elde edilen yanma, performans ve egzoz emiyonu değerleri grafikler haline getirilerek sunulmuştur.

8.1.1 Silindir Basıncı

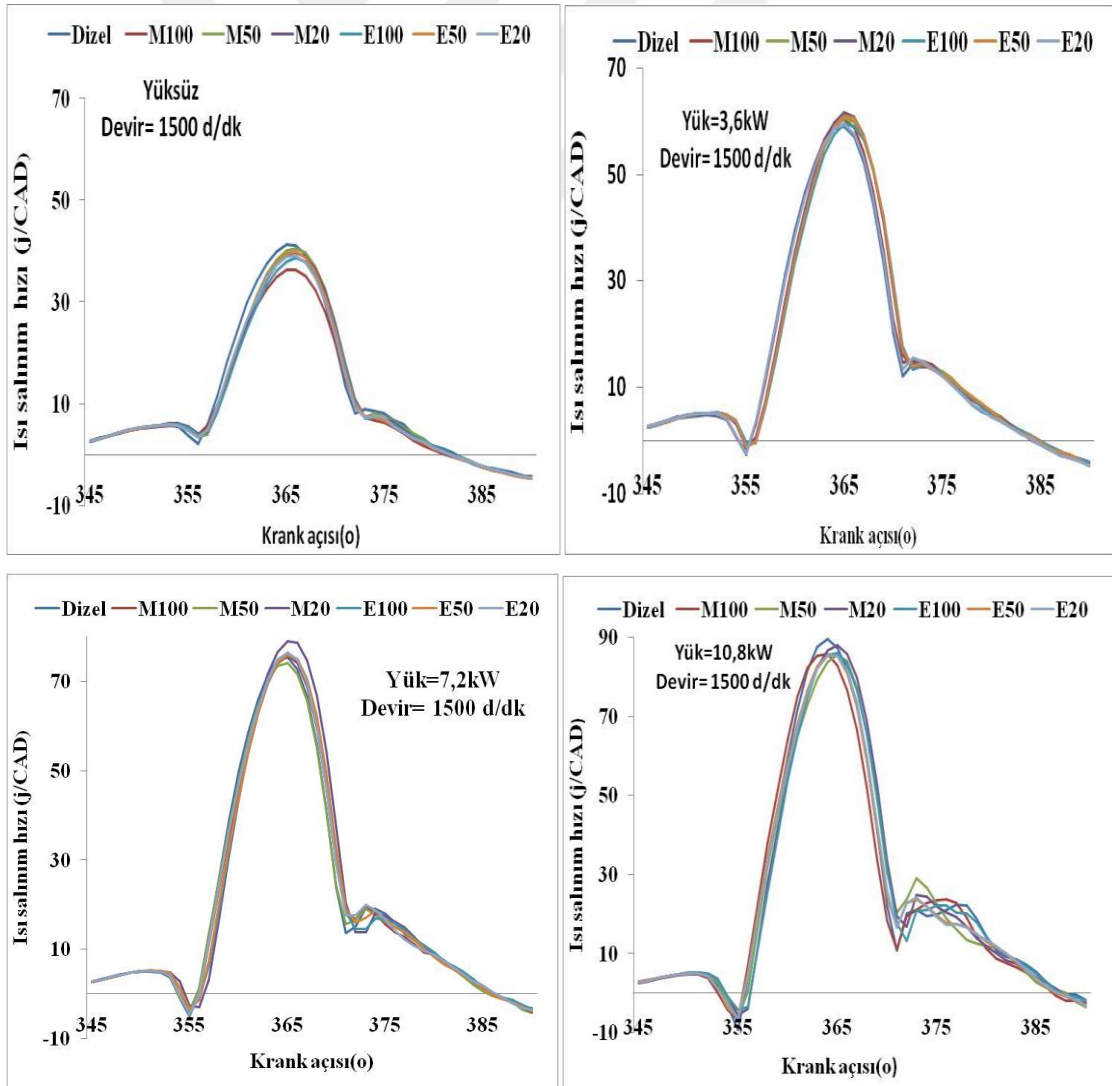
Şekil 8.1' de silindir basıncının krank açısına göre değişimi görülmektedir. Bu şekilde test yakıtlarının farklı yük koşullarındaki silindir içi yanma davranışlarının nasıl olduğu anlaşılmaya çalışılmaktadır. Şekilde açıkça görüleceği gibi yük artışı ile tüm yakıtlar için basınç artışı neredeyse orantılı bir şekilde gerçekleşmiştir. Şekillerde görüleceği gibi özellikle orta ve yüksek yüklerde yanmanın başlama noktasının biyodizel – dizel karışımları için daha erken bir krank açısında gerçekleşmiştir. Dizel ve saf biyodizeller için tutuşma daha geç başlamıştır. Etil ve metil esterler karşılaştırıldığında ise orta ve yüksek yük koşullarında etil ester biyodizelinin daha erken tutuşma kabiliyetine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca orta ve yüksek yüklerde pik basınçlarının sırasıyla dizel, M100 ve E100 yakıtları için oluştuğu görülmektedir. Anlaşılacağı gibi tutuşma gecikmesi sürelerinin etil ester biyodizeli ve dizel karışımları için diğer tüm yakıtlardan daha kısa olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 8.1. Test yakıtlarının kullanımında farklı motor yükleri için oluşan basınç eğrileri

8.1.2 Isı Salınım Hızı

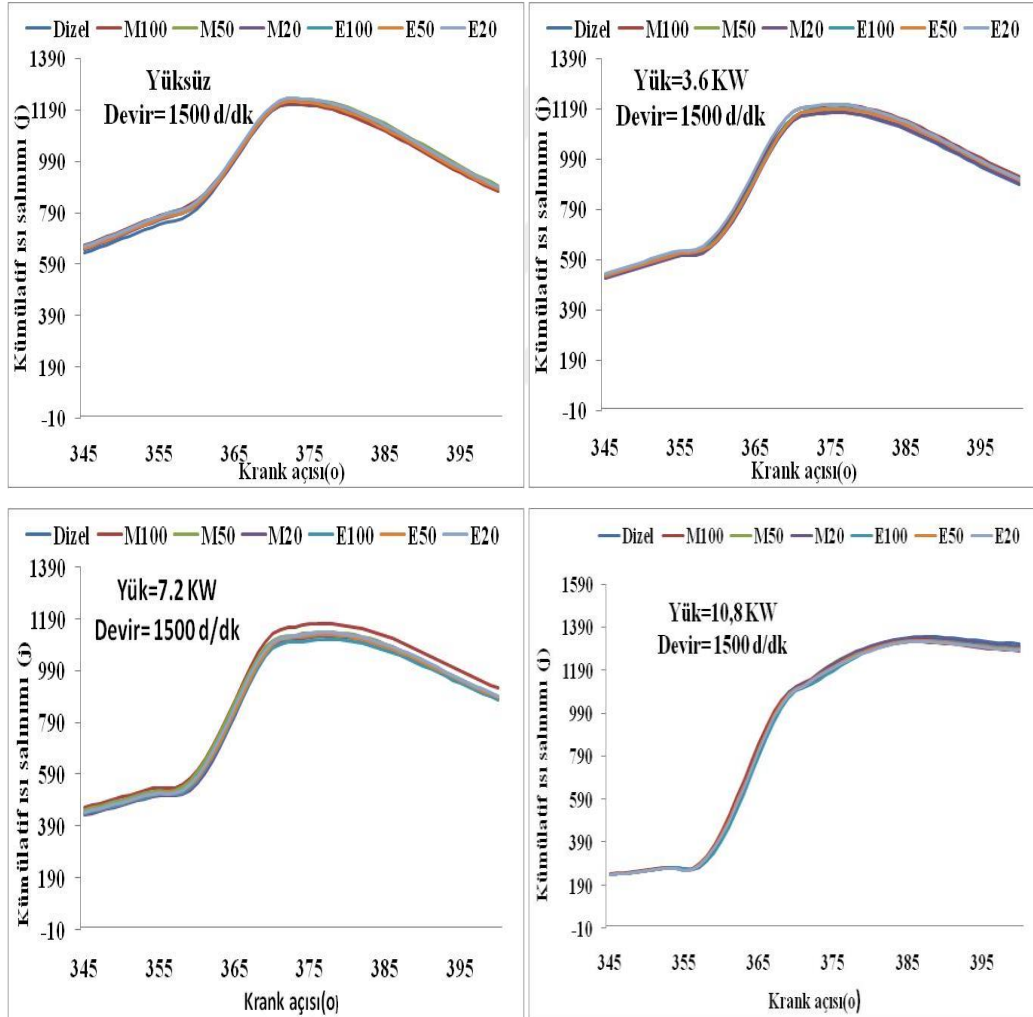
Yukarıda basınç eğrileri ile anlatılan ve anlaşılmaya çalışılan olguların daha iyi anlaşılabilmesi için yani bir dizel yakıtının yanma davranışının daha iyi anlaşılması için ısı salınım hızı grafiklerinden faydalanılır. Şekil 8.2 ' de ısı salınım hızı değerlerinin farklı motor yakıtları ve farklı yük koşullarındaki çalışmalarından elde edilen eğrileri gösterilmiştir. Yük arttıkça beklenildiği gibi krank açısı başına açığa çıkan enerji miktarı da artış göstermiştir. Tüm test yakıtları için farklı yüklerdeki ısıl salınım hızı davranışları basınç artış davranışıyla benzerlik göstermiştir. Yanmanın başlangıç noktaları en erken metil ester yakıtları ve dizel ile karışımları durumunda elde edilmiştir. Tutuşma noktaları dizel ve metil ester biyodizelinin saf hali için daha geç olmuştur. Anlaşılacağı gibi etil ester biyodizeli dizel karışımları için tutuşma gecikmesi daha kısa olmuştur. Bu durum etil esterin yüksek olan setan sayısına bağlanabilir.



Şekil 8.2. Deney yakıtlarının kullanımında oluşan ısı salınımı değerlerinin motor yüküne göre değişimi

8.1.3 Toplam Isı Salınımı

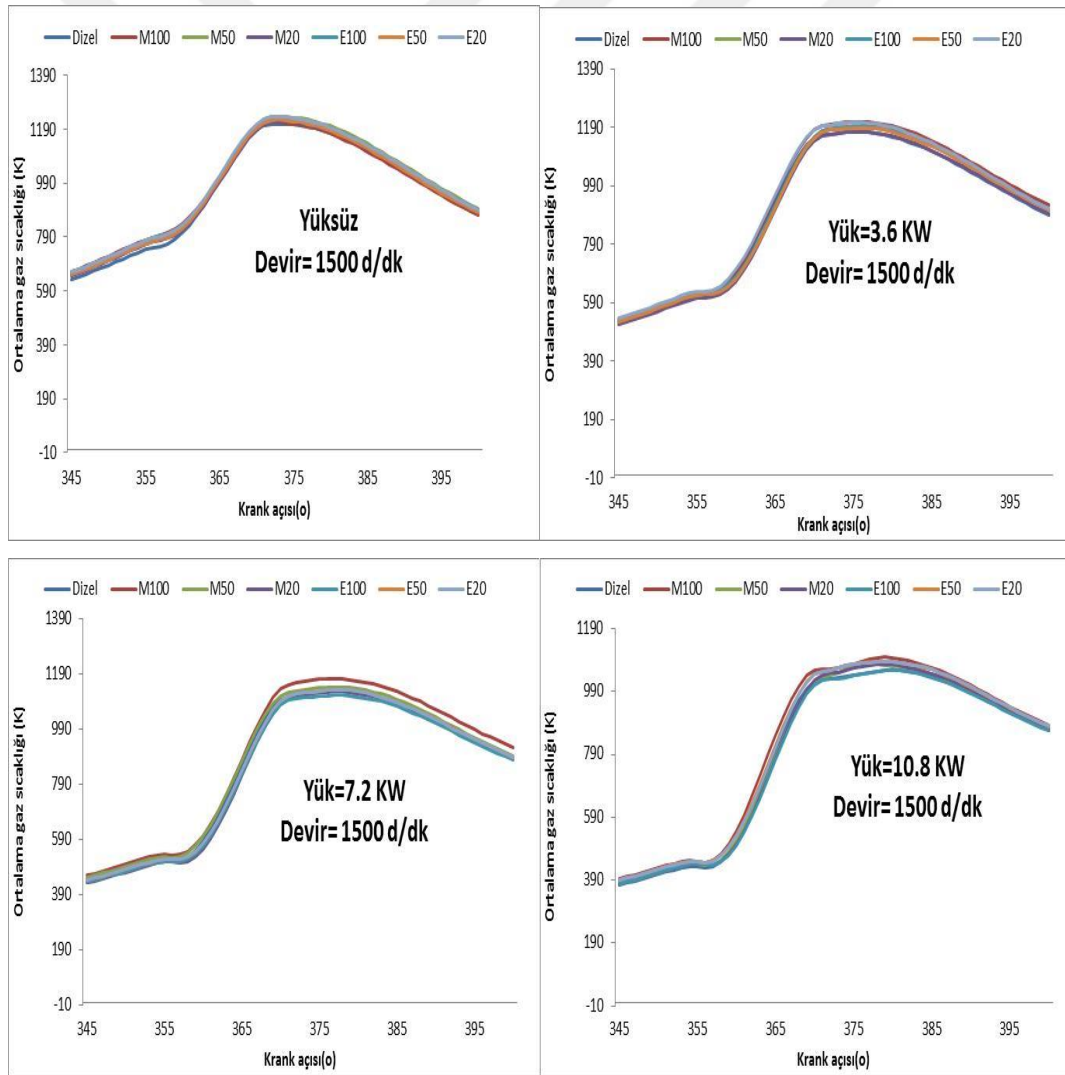
Şekil 8.3'te deney yakıtlarının kullanımında oluşan kümülatif ısı salınım değerlerinin krank açısına göre değişimi görülmektedir. Şekilde, beklenildiği gibi yük arttıkça kütleli olarak yanan yakıt miktarı arttığından açığa çıkan ısı miktarı da artış göstermiştir. Kümülatif ısı salınım eğrisi o kullanılan yakıtların ısıl değerlerinin değişimi ile etkilenmektedir. Bu nedenle metil ester yakıtlarının ısıl değerleri genel olarak düşük olduğundan kümülatif ısı salınım değerleri de metil ester yakıtları için daha düşük çıkmıştır.



Şekil 8.3. Deney yakıtlarının kullanımında oluşan kümülatif ısı salınımı değerlerinin motor yüküne göre değişimi

8.1.4 Ortalama Gaz Sıcaklığı

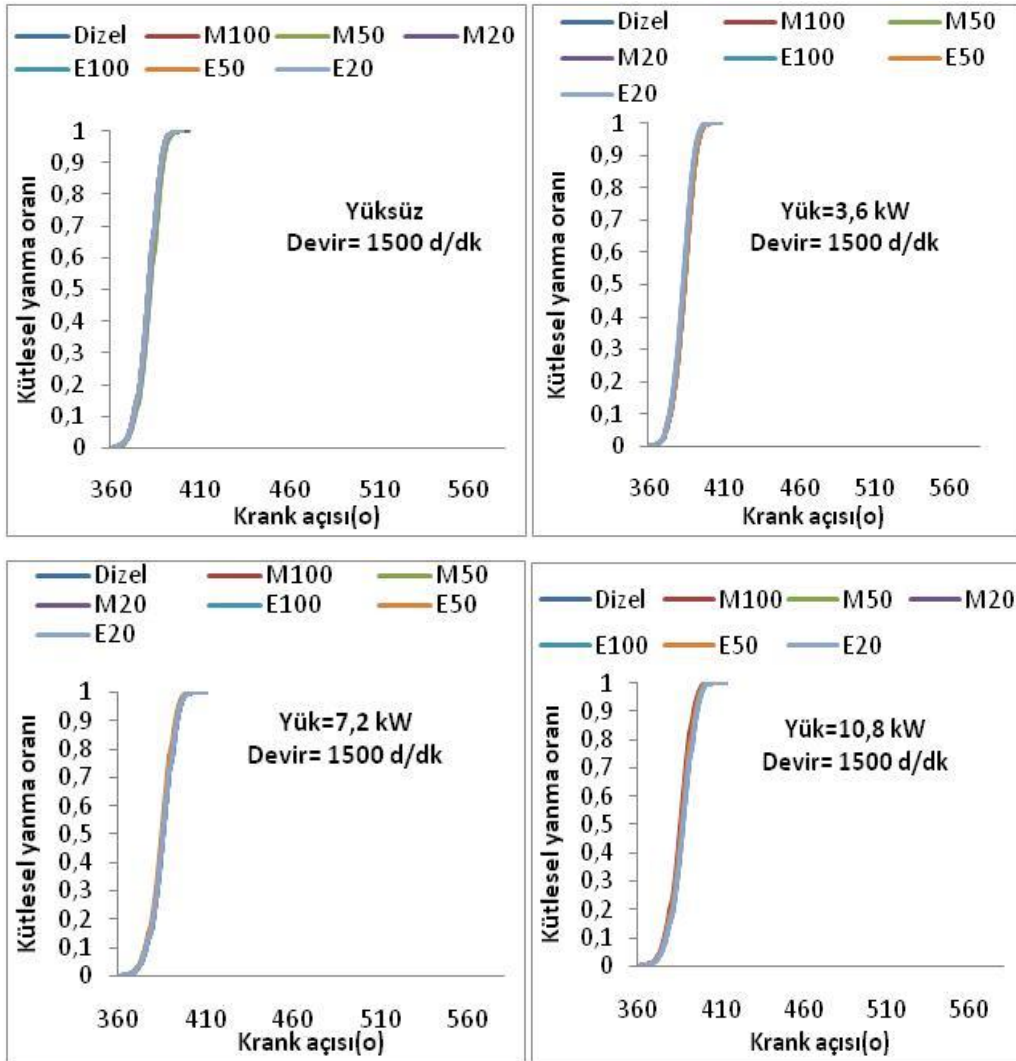
Şekil 8.4 'te ortalama gaz sıcaklığı değerlerinin krank açısına göre değişimi görülmektedir. Yük arttıkça tüm test yakıtları için ortalama sıcaklık değerleri artmıştır. Test yakıtları karşılaştırıldığında biyodizel yakıtların ortalama gaz sıcaklığının dizel yakıtına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum neredeyse karışımlarda kullanılan biyodizel oranı ile orantılı olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca metil ester yakıtının ve karışımlarının ortalama gaz sıcaklığı değerleri diğer yakıtlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durum Biyodizel yakıtların yüksek olan adyabatik alev sıcaklığı ile açıklanabilir. Ayrıca kütleli yakıt değerlerinin yüksek olması bir başka neden olarak gösterilebilir.



Şekil 8.4. Deney yakıtlarının kullanımında oluşan kümülatif ortalama gaz sıcaklığı değerlerinin motor yüküne göre değişimi

8.1.5 Kütleli Yanma Oranı

Şekil 8.5’ te test yakıtlarının kullanımında oluşan kütleli yanma oranlarının krank açısına ve yüke göre değişimi görülmektedir. Açıkça görüleceği gibi tüm test yakıtları için kütleli yanma oranı değerleri benzer değişimler göstermektedir. Bu da yakıtların benzer yanma karakteristiklerine sahip olduğunu göstermektedir.

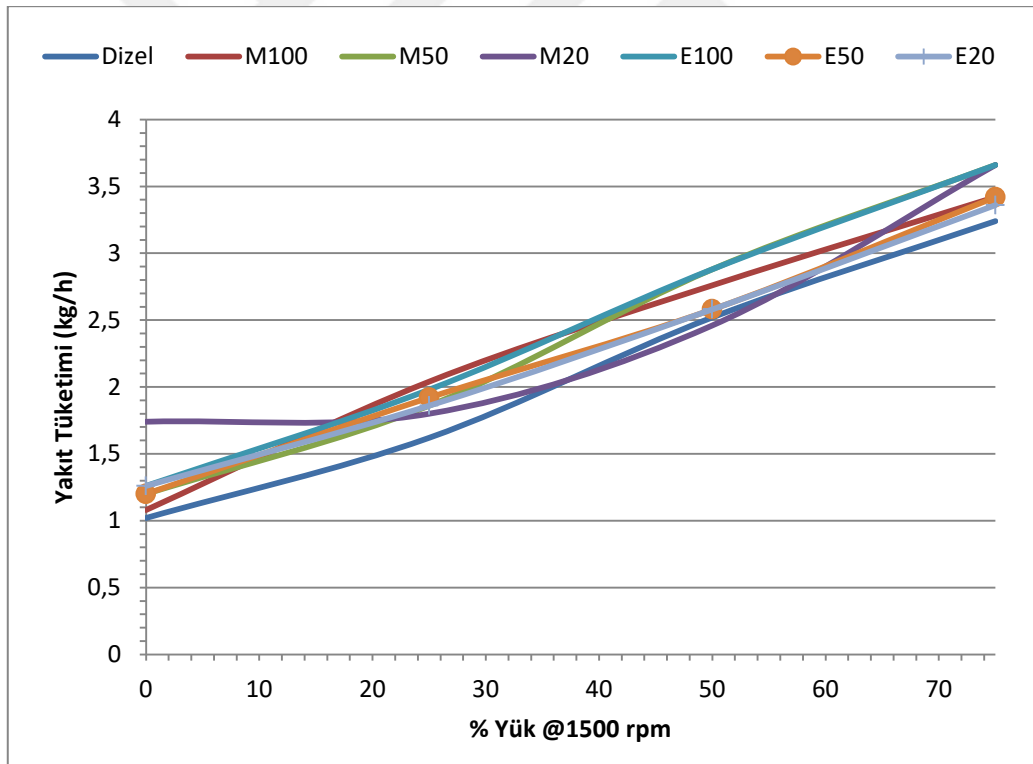


Şekil 8.5. Deney yakıtlarının kullanımında oluşan kütleli yanma oranı değerlerinin motor yüküne göre değişimi

8.2 Performans Sonuçları

8.2.1 Kütlesel Yakıt Tüketiminin Değerlendirilmesi

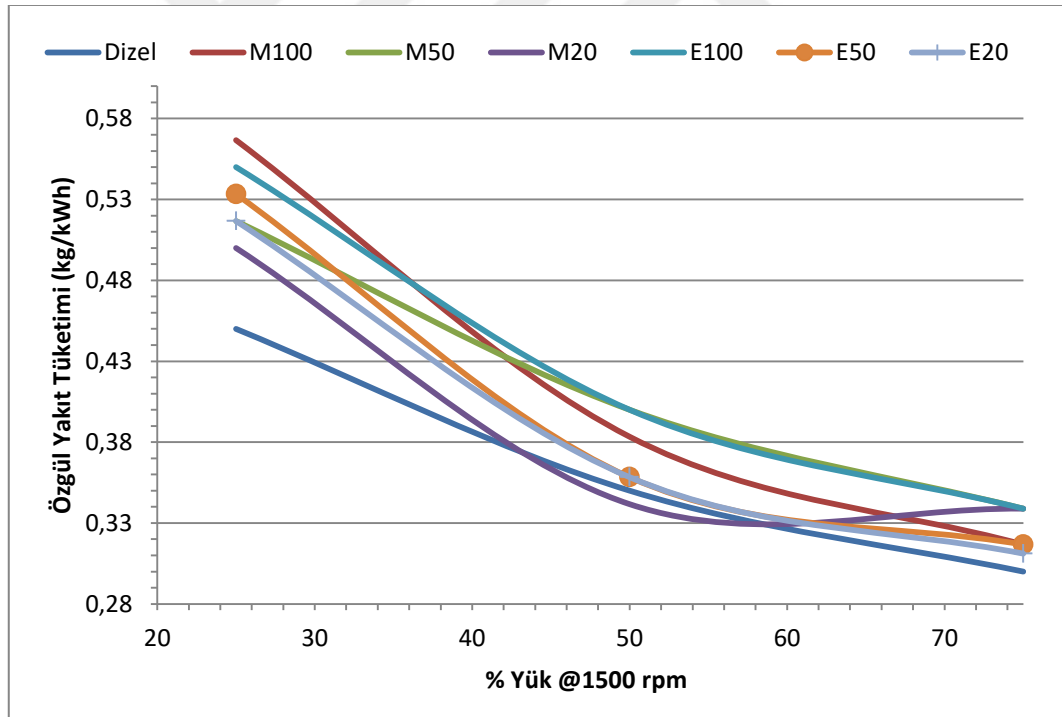
Şekil 8.6’da test yakıtlarının kullanımında gerçekleşen kütlesel yakıt tüketimi değerlerinin motor yüküne göre değişimi gösterilmiştir. Şekilde görüleceği gibi tüm yük durumlarında en düşük kütlesel yakıt tüketim değerlerinin dizel yakıtı için olduğu görülmektedir. Bu durum dizel yakıtının diğer yakıtlara göre daha yüksek olan ısı değerine bağlanabilir. Biyodizel yakıtları karşılaştırıldığında düşük yüklerde etil ester yakıtlarının daha düşük kütlesel yakıt tüketimine sahip olduğu yüksek yüklerde ise bu durumun ortadan kalktığı görülmektedir. Bu nedenle etil ester biyodizelinin düşük sıcaklıklarda daha iyi yandığını metil ester yakıtların ise yüksek yüklerde daha iyi yandığını göstermektedir.



Şekil 8.6.Kütlesel Yakıt Tüketimi

8.2.2 Özgül Yakıt Tüketiminin değerlendirilmesi

Şekil 8.7’ de test yakıtlarının kullanımında oluşan özgül yakıt tüketiminin motor yüküne göre değişimi görülmektedir. Şekilde görüleceği gibi artan motor yükü ile özgül yakıt tüketimi değerlerinin düştüğü görülmektedir. Motor yükü arttıkça silindir içi sıcaklıklar arttığından yanma ortamı iyileşmiş ve daha iyi bir yanma gerçekleşmiştir. Bu da özgül yakıt tüketiminin yük arttıkça azalmasını sağlamıştır. Test yakıtları karşılaştırıldığında en düşük özgül yakıt tüketimi değerlerinin düşük yüklerde dizel yakıtı için orta yüklerde ise M20 ve E20 yakıtları için gerçekleştiği ve yüksek yüklerde ise tüm yakıtlar için benzer olduğu görülmektedir. Bu durum yanmanın iyileşmesi ile orta ve yüksek yüklerde biyodizel yakıtlarının yanma karakteristiklerinin iyileştiğini göstermektedir.



Şekil 8.7. Özgül Yakıt Tüketimi

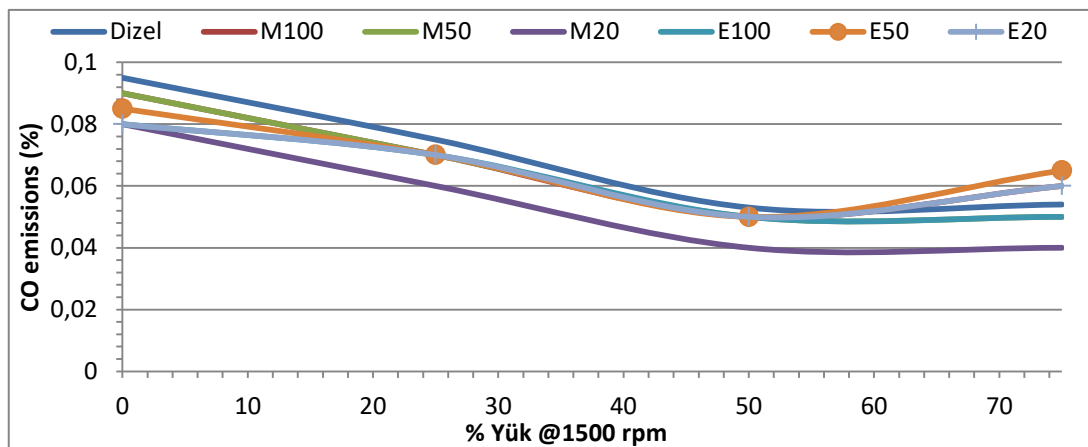
8.3 Emisyon Sonuçları

8.3.1 karbonmonoksit (CO) Emisyon Değişimi

Oksijen miktarının yetersiz olması veya tam yanmanın gerçekleşmemesinden dolayı yanma ürünleri arasında CO' in bulunması esas neden olarak gösterilmektedir. (Aydoğan, 2011). Bu nedenle Yanma ürünleri arasında CO' in bulunması hava- yakıt oranının düşüklüğüne bağlı olarak gerçekleşmektedir. CO oluşumu, yakıtın özelliği, püskürtme karakteristiği, motor yükü hava-yakıt oranını etkilediği için CO bu özelliklere bağlı olarak değişebilmektedir. İnsan sağlığı üzerinde de yorulma, baş ağrısı ve nefes darlığı gibi etkileri bulunmaktadır. CO (havadaki miktarı %0,3 değerine ulaştığında öldürücü) etkiye sahip olmaktadır (Eryılmaz ve öğüt, 2011).

Şekil 8.8'de yakıtların CO emisyon değerlerinin motor devrine göre değişimi görülmektedir. Sonuçlardan açıkça görüleceği gibi motor yüksüz çalışırken dizel yakıtı, M20 ve E20 değerlerinden %18'lik bir artışla başlamaktadır.

Şekilde CO salınımının en az olduğu 7,2 kw yük deneyinde dizel yakıtında %44'lük bir düşüşün olduğu görülmektedir. M20 değeri yük artışıyla beraber, tam yanma oluştuğundan en düşük değerde çıkmıştır. Ayrıca bu düşüklüğün en önemli nedenleri arasında biyodizel yakıtların moleküler yapılarındaki oksijenin varlığı ve motorda kullanımı sırasında hava fazlalık katsayılarının motorin yakıtına nazaran daha yüksek olmasıdır.

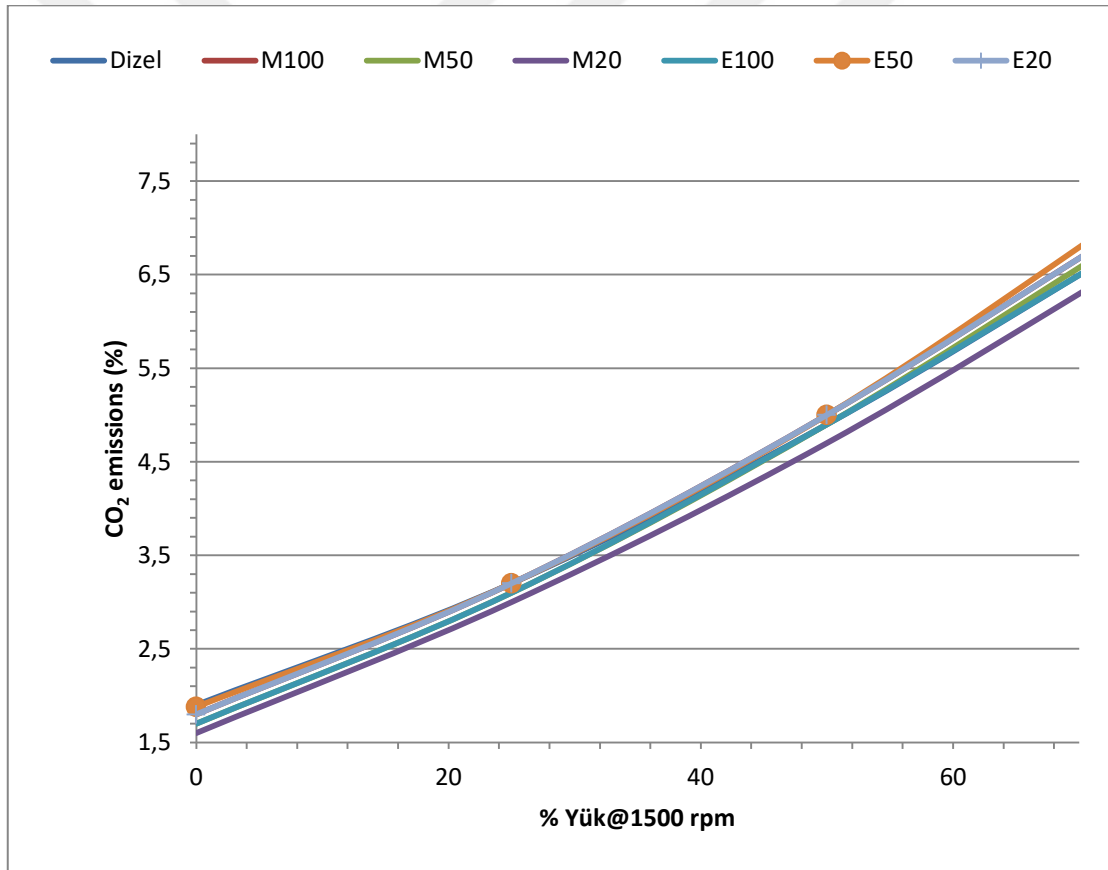


Şekil 8.8 karbonmonoksit emisyon değişimi

8.3.2 Karbondioksit(CO₂) emisyonlarının Değişimi

Şekil 8.9’da karbondioksit oranının motor devrine göre değişimi görülmektedir. Şekilden de görüleceği gibi ME20 yakıtının CO₂emisyonu değerleri genel olarak diğer yakıtlara göre düşük çıktığı görülmektedir. Diğer yakıtların CO₂ emisyonunun yüksek çıkmasının nedeni yapılarındaki O₂’nin miktarı ve hava fazlalık katsayılarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

10,8 kw yük değerinde CO₂ salınımının en üst seviyeye çıktığı ancak 7,2 kw yük değerinde ise ME20 yakıtının diğer yakıtlardan belirgin bir düşüş gösterdiği görülmektedir.

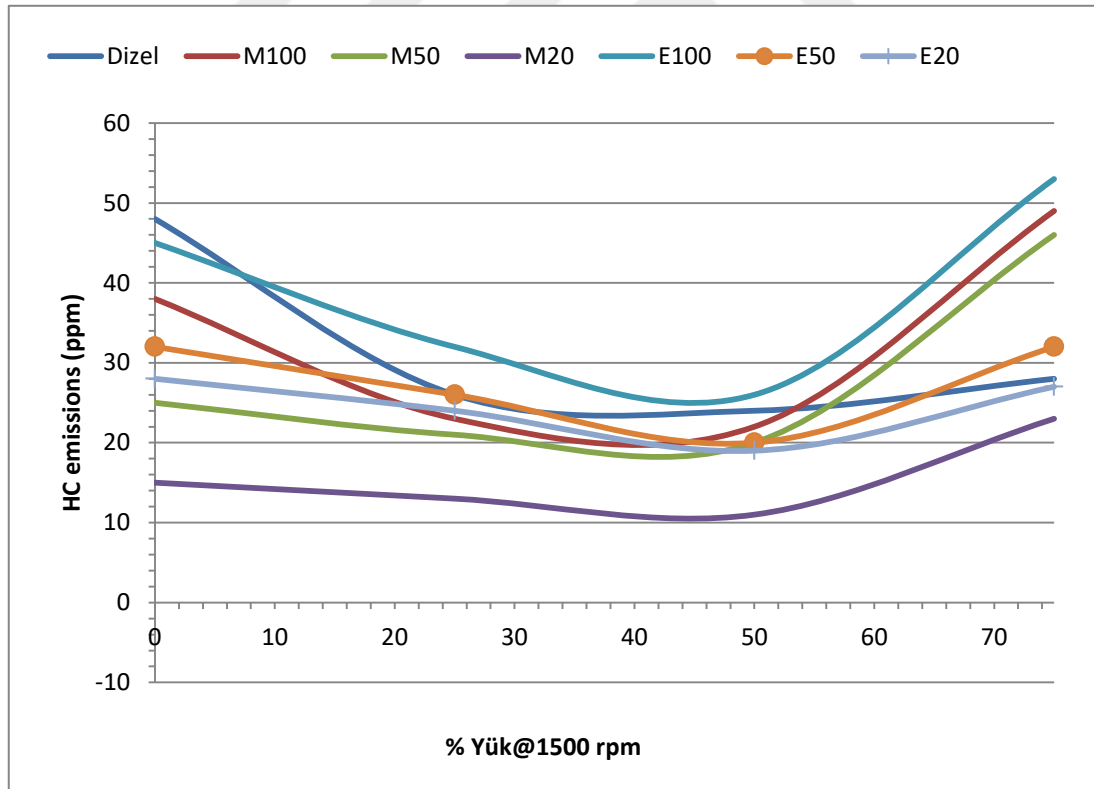


Şekil 8.9 Karbondioksit Emisyon Değişimi

8.3.3 Hidrokarbon(HC) Emisyonlarının Değişimi

İnsan sağlığı üzerinde kanserojen etki yaratan HC' ların yanmamış ürünler içerisinde bulunmasının sebebi, yakıtın tutuşma sıcaklığına gelmemesi veya yetersiz olmasından dolayı yakıtın okside hale gelmemesi ya da yarı oksitlenmesidir (Eryılmaz ve Öğüt , 2010). Bu nedenle HC emisyonları yanmamış yakıtları içermektedir.

Şekil 8.10'da test yakıtlarının kullanımında oluşan HC emisyon değerleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde yüksüz durumda dizelin, diğer yakıtlara göre HC emisyonları yüksek çıkmıştır. Ancak yük artışıyla beraber saf metil ve etil esterlerin dizelden yaklaşık %90'lık bir artışla HC emisyonlarının arttığı görülmektedir. Dizelde ise yük artışı ile birlikte tam yanma olduğundan HC emisyonları yüksüz duruma göre %40'lık bir azalma ile devrini tamamladığı görülmektedir.



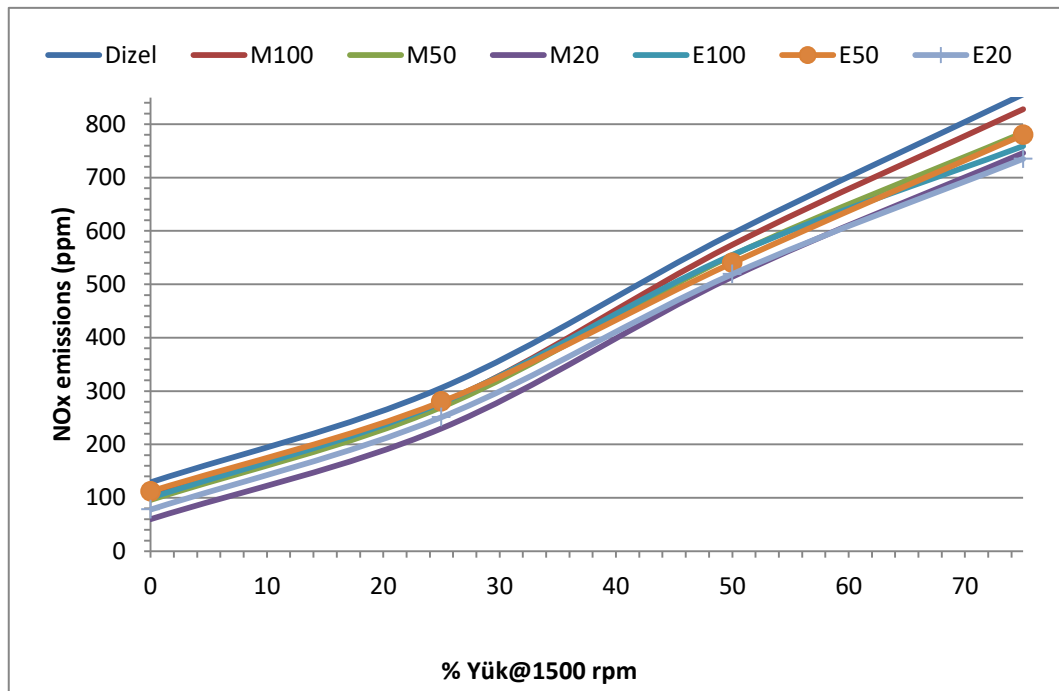
Şekil 8.10. Hidrokarbon Emisyon Değişimi

8.3.4 Azotoksit (NO_x) Emisyonlarının Değişimi

Motorda yakıtın yanması sonucu oluşan yüksek ısı, havanın içerisindeki azotun oksijen ile birleşmesi sonucu azot oksitler meydana gelmektedir. Çabuk tutuşan yakıtlarda NO_x 'lerinde meydana gelen artış, yanma süresinin uzaması sonucu gerçekleşmektedir. Biyodizeller yakıtların içeriğindeki oksijen oranına dayalı olarak NO_x emisyonları dizel yakıtı değerlerine nazaran artış gösterebilmektedir. Oksijen yanma verimini arttırdığından yanma sonu sıcaklığını yükseltip azot gazının oksitlenerek NO_x emisyonlarına dönüşmesinde etkili olabilmektedir (Hazar, 2011).

Azot oksitler ana eleman olarak sıklıkla NO ihtiva etmektedir. Egzoz gazlarının atmosfere salınması sonucu oksijen ile birleşmesi ile birlikte NO' nun bir kısmı NO₂'ye diğer kısmı ise NO_x 'lere dönüşmektedir.

Şekil 8.11' de azotoksit emisyonlarının değişimi görülmektedir. Yüksüz durumda iken Dizel, E20'ye göre yaklaşık %200'lük bir artış değeri ile öne çıktığı görülmekte ancak yük artışı ile birlikte saf metil ester ile dizel birbirlerine yakın değerlerde NO_x emisyonu ile diğer yakıtlara göre %9 daha fazla oldukları görülmektedir.

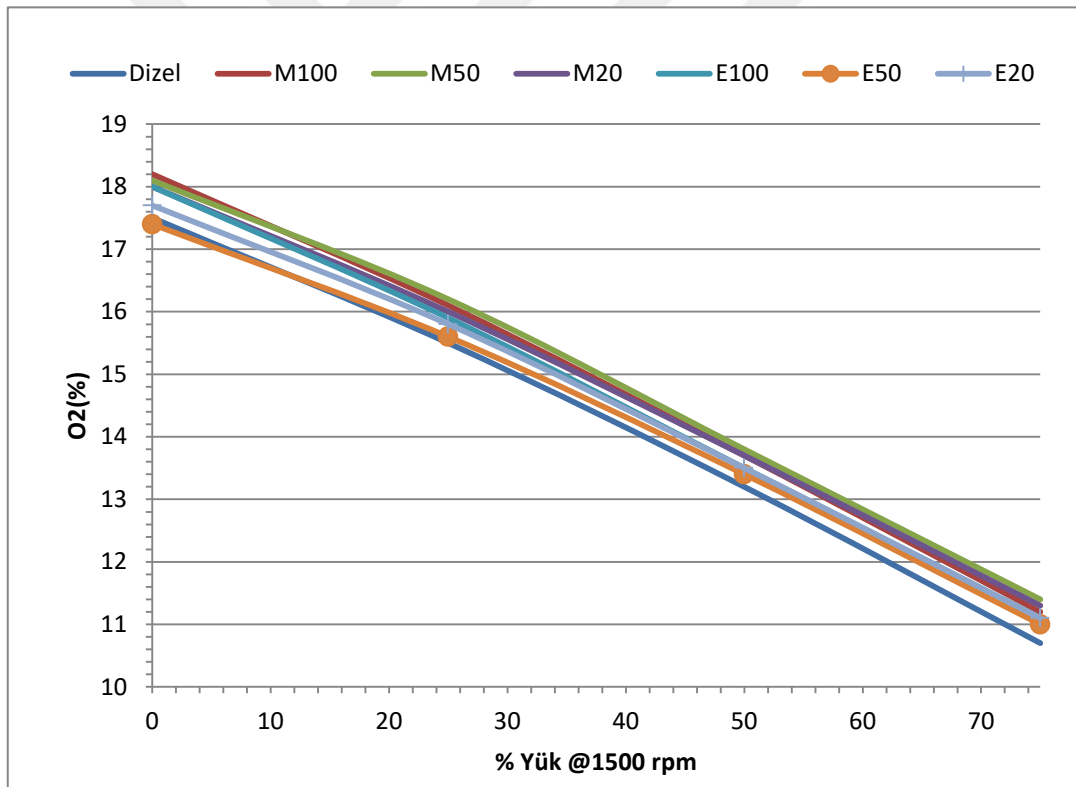


Şekil 8.11. Azot oksit Emisyonu

8.3.5 Oksijen Emisyonlarının Değişimi

Egzozda bulunan O_2 miktarının fazla olması fakir bir karışımı göstermektedir. Dizel motorlarda karışımın fakirleşmesi yakıt tüketimini azaltır ve NO_x dışındaki zararlı emisyonları da azaltmaktadır.

Şekil 8.12’de oksijen emisyonlarının ölçümü görülmektedir. Grafik incelendiğinde motor yüksüz durumda iken en yüksek değer olan saf metil ester(ME100), en düşük değer olan etil ester(EE50) karışımına göre %0,04 oranında daha fazla bir değerde olduğu görülmekte, motor yükü 10,8 kw yük değerine getirildiğinde metil ve etil ester saf ve karışım hallerinin birbirine yakın değerlerde olduğu, dizelin ise en düşük değerde olduğu görülmektedir.



Şekil 8.12. O_2 Emisyonu

9. SONUÇ

Bu çalışmada, farklı yüklerde motora metil ve etil esterleri, dizel ile karışımları ve saf hallerinin belli oranlarda karıştırılarak motor performansı sonuçları, egzoz emisyon sonuçları ve yanma verileri değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirmede silindir basıncında, yük artışı ile tüm yakıtlar için basınç artışı hemen hemen orantılı gerçekleşmiştir. Özellikle orta ve yüksek yüklerde yanmanın başlama noktasının biyodizel–dizel karışımları için daha erken bir krank açısında gerçekleşmiştir. Ancak; Dizel ve saf biyodizeller için tutuşma daha geç başlamıştır.

Isı salınım değerine bakıldığında, yük artışı ile beraber krank açısı başına açığa çıkan enerji miktarı da artış göstermiştir. Tüm test yakıtları için farklı yüklerdeki ısı salınım hızı davranışları basınç artış davranışıyla benzerlik göstermiştir. Yanmanın başlangıç noktaları en erken metil ester yakıtları ve dizel ile karışımları durumunda elde edilmiştir. Tutuşma noktaları dizel ve metil ester biyodizelinin saf hali için daha geç olmuştur.

Toplam ısı salınımı, yük arttıkça kütleli olarak yanan yakıt miktarı arttığından açığa çıkan ısı miktarı da artış göstermiştir. Metil ester yakıtlarının ısı değerleri genel olarak düşük olduğundan kümülatif ısı salınım değerleri de metil ester yakıtları için daha düşük çıkmıştır.

Silindir içi ortalama gaz sıcaklığı değerleri test yakıtları karşılaştırıldığında biyodizel yakıtların ortalama gaz sıcaklığının dizel yakıtına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Metil ester yakıtının ve karışımlarının ortalama gaz sıcaklığı değerleri diğer yakıtlara göre daha yüksek çıkmıştır.

Kütleli yanma oranı, tüm test yakıtları için yanma değerleri oldukça benzer değişimler göstermiştir.

Kütleli yakıt tüketimi incelendiğinde, tüm yük durumlarında en düşük kütleli yakıt tüketim değerlerinin dizel yakıtı için olduğu görülmüştür. Biyodizel yakıtları karşılaştırıldığında düşük yüklerde etil ester yakıtlarının daha düşük kütleli yakıt tüketimine sahip olduğu yüksek yüklerde ise bu durumun ortadan kalktığı görülmektedir.

Özgül yakıt tüketimi değerlerinde, motor yükünün artmasıyla silindir içi sıcaklıklar arttığından yanma ortamı iyileşmiş ve daha iyi bir yanma gerçekleşmiştir. Test yakıtları karşılaştırıldığında en düşük özgül yakıt tüketimi

değerlerinin düşük yüklerde dizel yakıtı için orta yüklerde ise M20 ve E20 yakıtları için gerçekleştiği ve yüksek yüklerde ise tüm yakıtlar için benzer olduğu görülmektedir.

Emisyon sonuçlarına bakıldığında, dizel yakıtı, M20 ve E20 değerlerinden %18'lik bir artışla başlamıştır. Şekilde CO salınımının en az olduğu 7,2 kw yük deneyinde dizel yakıtında %44'lük bir düşüşün olduğu görülmüştür. M20 değeri yük artışıyla beraber, tam yanma olduğundan en düşük değerde çıkmıştır.

CO₂ değerleri incelendiğinde, ME20 yakıtının CO₂ emisyonu değerleri genel olarak diğer yakıtlara göre düşük çıktığı görülmüştür. Diğer yakıtların CO₂ emisyonunun yüksek çıkmasının nedeni yapılarındaki O₂'nin miktarı ve hava fazlalık katsayılarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. 10,8 kw yük değerinde CO₂ salınımının en üst seviyeye çıktığı ancak 7,2 kw yük değerinde ise ME20 yakıtının diğer yakıtlardan belirgin bir düşüş gösterdiği görülmüştür.

HC emisyonlarında, yüksüz durumda dizelin, diğer yakıtlara göre HC emisyonları yüksek çıkmıştır. Ancak yük artışıyla birlikte saf metil ve etil esterlerin dizelden yaklaşık %90'lık bir artışla HC emisyonlarının arttığı görülmüştür. Dizelde ise yük artışı ile birlikte tam yanma olduğundan HC emisyonları yüksüz duruma göre %40'lık bir azalma ile devrini tamamladığı görülmüştür.

NO_x, motor boşta iken dizel, E20'ye göre yaklaşık %200'lük bir artış değeri ile öne çıktığı görülmüştür. Ancak Yükle artmasıyla beraber saf metil ester ile dizelin birbirlerine yakın değerlerde oldukları ve diğer yakıtlara göre %9 daha fazla NO_x değerleriyle öne çıktıkları görülmüştür.

O₂ miktarının yüksek olması fakir bir yanma karışımından kaynaklanmaktadır. motor yüksüz durumda iken en yüksek değer olan saf metil ester (ME100), en düşük değer olan etil ester (EE50) karışımına göre %0,04 oranında daha fazla bir değerde olduğu görülmüş, motor yükü 10,8 kw yük değerine getirildiğinde ise metil ve etil ester saf ve karışım hallerinin birbirine yakın değerlerde, dizelin ise en düşük değerde olduğu görülmüştür.

Sonuç itibari ile, alternatif enerji kaynağı olarak kullanılan aspir bitkisinin uygun iklim şartları, kolay bir şekilde temin edilmesinin yanında motorda ekstradan bir maliyet gerektirecek bir durum oluşturmadığından, emisyonlara önemli katkısı olacağından etil ve metil desteğiyle kullanımı uygun görülmüştür.

Enerjiye olan bağımlılığın ortadan kaldırılması ve alternatif yakıt olarak kullanımının yaygınlaşması için böyle çalışmaların teşvik edilerek ülke ekonomisine ciddi katkılar getirmesi sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 2015, *BP Statistical Review of World Energy June 2015*, BP, 64 sayı, 39.
- Anonymous, 2013, *Motor Çevrimleri ve Yakıtlar*, *MEGEP*, Ankara,101-104
- Anonymous, 2015c, *Petrol Piyasası 2015 Sektör Raporu*, *EPDK*, 8-20.
- Anonymous , 2012a,<http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyodizel.aspx> biyodizel 02/08/2017 tarihinde erişildi
- Anonymous,2010c ,
<http://www.oabtcografya.com/MakaleDetay.aspx?ID=37>04/08/2017 tarihinde erişildi
- Altınay, B,www.tapdk.gov.tr/alkol/dokuman/20051109metanolhakkindagenelbilgi.doc 2005
- Aydın,H, Pamuk Yağı Biyodizelinin Bir Dizel Motorunda Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin Araştırılması Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilim Dalı 2007, Yüksek Lisans Tezi Sayfa :73
- Aydın,H, Atık Taşıtların Lastiklerinden Yakıt Üretimi Ve Dizel Motorlarında Kullanımının Araştırılması Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilim dalı 2011 Doktora Tezi Sayfa:159
- Aydın.H, Scrutinizing the combustion, performance and emissions of safflower biodiesel–kerosene fueled diesel engine used as power source for a generator 2016,400-409
- Aydın, F.,Öğüt,H.,Effects of using ethanol-biodiesel-diesel fuel in single cylinder diesel engine to engine performance and emissions 103(2017),688-694
- Aydoğan, H., 2011, Biyoetanol - Dizel Yakıtı Karışımlarının (E-Dizel) Motor Performans Ve Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 35-37
- Altun, S “Experimental Investigation of its Use in a Diesel Engine and Bio-Fuel Production From Animal Fats”, PhD Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Fırat University, Turkey, 137 (2009)
- Altun S, Motorin Ve Susam Yağı Karışımlarının Dizel Motorlarda Kullanılabilirliği Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı 2004, Yüksek Lisans Tezi Sayfa: 69
- Altun, Ş., Öner, C., Yaşar, F., Fırat, M., 2011, Dizel Motoru Emisyonlarında Yakıt Olarak Biyodizel-Dizel-Etanol Karışımının Etkisi, Taşıtların Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3, 1-6.
- Aydın S, aspir yağından biyo - yakıt üretimi ve bir dizel motorunda kullanılabilirliğinin araştırılması Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı 2010, Yüksek Lisans Tezi Sayfa: 82
- Alptekin,E.,Emission, injection and combustion characteristics of biodieseland oxygenated fuel blends in a common rail diesel engine119 (2017) 44-52

Borat, O., Balcı, M. ve Sürmen A., İçten Yanmalı Motorlar, G.Ü. TeknikEğitim Fakültesi Matbaası, Ankara1995

Biodiesel Production and Fuel Quality, www.biodiesel.org/pdf_files/fuelfactsheets/prod_quality.pdf, ASTM standarts.

Bueno,A.V.,Velasquez, J.A.,Milanez,L.F.,Heat release and engine performance effects of soybean oil ethyl ester blendinginto diesel fuel 36 (2011) 3907-3916

<http://www.bilgiustam.com/biyodizelbiodiesel-nedir-nasil-calisir/>04/08/2017 tarihinde erişildi (2017a)

Can, Ö., Öztürk, E.,Yücesu, H.S.,Combustion and exhaust emissions of canola biodiesel blends in a single cylinder DI diesel engine ,109(2017) 73-82

Çanakçı, M., 2007, Combustion Characteristics of a Turbocharged DI Compression Ignition Engine Fueled with Petroleum Diesel Fuels and Biodiesel, Bioresource Technology, 98, 1167–1175.

Düz, M.Z., Saydut, A., Öztürk, G., 2011. Alkali catalyzed transesterification of safflower seed oil assisted by microwave irradiation, Fuel Processing Technology, 92, 308-313.

Çelikten, i.,Arslan, M.A.,dizel yakıtı, kanola yağı ve soya yağı metil esterlerinin direkt püskürtmeli bir dizel motorunda performans ve emisyonlarına etkilerinin incelenmesi,Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,Cilt 23 Sayı 4 (2008)

Elektrik işleri Etüt idaresi Web Sitesi, www.cevreorman.gov.tr/belgeler/yaglar.pdf

Eryılmaz, T., 2009, Hardal Yağı Biyodizelin Farklı Karışım Oranlarının Dizel Motorlarda Performansa Etkisi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 7-85

Eryılmaz , T., Yeşilyurt, M.K., Influence of blending ratio on the physicochemical properties of safflower oil methyl ester-safflower oil, safflower oil methyl ester diesel and safflower oil-diesel 95(2016) 233-247

Eryılmaz , T., Yeşilyurt, M.K.,Cesur, C.,Yumak,H.,Aydın,E.,Çelik, S.A.,Yıldız, A.K.,Yozgat İli Şartlarında Yetiştirilen Aspir (Carthamus tinctorius L.) Dinçer Çeşidinden Üretilen Biyodizelin Yakıt Özelliklerinin Belirlenmesi (2014)(36) 1, 63-72

Eryılmaz, T., Ögüt, H., Oğuz, H. ve Bacak, S., 2010, Investigation Of The Performance and Emission Values Of Non-Standard Fuels At Diesel Engines, Journal of Agricultural Machinery Science, 6 (1), 45-53

Eryılmaz, T. and Ögüt, H., 2011, The Effect Of The Different Mustard Oil Biodiesel Blending Ratios On Dizel Engines Performance, Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research, Volume (issues) 28(1): 169180

Georing, C.E., Schwab, B., Daught, M.J., Pryde, E.H. and Heakin, A.J., 1982, Fuel Properties of Eleven Vegetable Oils, American Society of Agricultural Engineers 0001-2351/82/2506-1472S02.00, Transactions of ASAE.

Graboski, M.S. and McCormick, R.L., 1998, Combustion of Fat and Vegetable Oil Derived Fuels in Diesel Engine, Progress Energy Combustion Science, 24, p.125-164.

Hatunoğlu, E., 2010 ,Biyoyakıt politikalarının Tarım Sektörüne Etkileri DPT uzmalık tezleri, Ankara 2010

Hazar, H., Temizer, Ğ. ve Gür, F., 2011, Bir Dizel Motorunun Motor Performansı ve Motor Parçaları Üzerinde Katkı Maddelerinin Etkisinin Ğncelenmesi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, 77-83

İlkılıç, C., Aydın, S., Behçet, R. and Aydın, H., 2011, Biodiesel From Safflower Oil And Its Application In A Diesel Engine, Fuel Processing Technology, 92, 356–362

Işık, M.Z.,Aydın, H.,Analysis of ethanol RCCI application with safflower biodiesel blends in ahigh load diesel power generator 184 (2016),248-260

Karaosmanoğlu, F., 2002, Türkiye İçin Çevre Dostu - Yenilenebilir Bir Yakıt Adayı: Biyomotorin, Ekojenarasyon Dünyası -Kojenerasyon Dergisi, ICCI 2002 Özel Sayısı,10,50-56

Karaosmanoğlu, F., 2008. Biyomotorin ve Türkiye. (<http://www.biyomotorinbiodiesel.com/biomoto.html>)

Karabaş, H., Ülkemiz Islahçı Çeşitlerinden Remzibey- 05 Aspir (Carthamus tinctorius L.) Tohumlarından Üretilen Biyodizelin Yakıt Özelliklerinin İncelenmesi. U. Ü. Ziraat fakültesi dergisi, 2013, Cilt 27, Sayı 1, 9-17

Lloyd, A.C. and Cackette, T.A., 2001, Diesel Engines: Environmental Impact and Control, ISSN 1047-3289 J. Air & Waste Manage. Assoc. 51, 809-847.

Lapuerta, M.,M.Herreros,J, L.Lyons,L, García-Contreras,R, Briceno,Y.

Effect of the alcohol type used in the production of waste cooking oil biodiesel on diesel performance and emissions, *Fuel*, 87 (2008) 3161-3169

Joshi,H.,Moser,B.R.,Toler,J.,Walker,T..Preparation andfuelproperties ofmixturesof soybean oil methyl and ethyl esters, Biomass and Bioenergy 34,(2010)14 – 20.

Meka, P.K., Tripathi, V., Singh, R.P., 2007. Synthesis of biodiesel fuel from safflower oil using various reaction parameters, Japan Oil Chemists' Society, 56, 1, 9-12.

Mihaela, P.,Josef, R.,Monica, N.,Rudolf, Z.,Perspectives of safflower oil as biodiesel source for South Eastern Europe(comparative study: Safflower, soybean and rapeseed)111(2013) 114-119

NREL, 2008. Biodiesel Handling and Use Guide (Fourth Edition). National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-540-43672.

Rashid, U., Anwar, F., 2008. Production of biodiesel through base-catalyzed transesterification of safflower oil using an optimized protocol, Energy and Fuels, 22, 2, 1306-1312.

Rashed,M.M.,Kalam, M.A., Masjuki,H.H., Rasul,M.G.,Performance and emission characteristics of a diesel engine fueledwith palm, jatropha, and moringa oil methyl ester 79 (2016) 70-76

Safgönül, B., Arslan, H.E, Ergeneman, M. ve Sorusbay, C., (1999) İçten Yanmalı Motorlar, Birsen Yayınevi, İstanbul, 218s.

Srivastava, A. and Prasad, R., 2000, Triglycerides-Based Diesel Fuels, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 4, 111-133.

Sanlı,H.,Canakci,M.,Alptekin,E.,Turkcan, A.,Ozsezen,A.N.,Effects of waste frying oil based methyl and ethyl ester biodiesel fuels onthe performance, combustion and emission characteristics of a DI dieselengine,159 (2015) 179-187

Öğüt, H ve Oğuz, H, 2006, Biyodizel Üçüncü Milenyumun Yakıtı, Nobel Yayın Dağıtım, 2. Baskı, ISBN 975-591-730-6, Konya

Uysal, N., 2006, Isparta, Populasyonundan Geliştirilen Aspir(CarthamustinctoriusL.) Hatlarının Tarımsal Ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 3-21

Van Gerpen, J., Shanks, B., Pruszko, R., Clements, D. and Knothe, G., 2004, Biodiesel Production Technology, NREL/SR-510-36244,

Vieira da silva,M.A, Ferreira, B.L.G., Marques, L.G., Murta, A.L.S.,Freitas,M.A.V.,Comparative study of NOx emissions of biodiesel-diesel blends fromsoybean, palm and waste frying oils using methyl and ethyltransesterification routes194 (2017)144-156

Tillem, İ., 2005, Dizel Motorlar için Alternatif Yakıt Olarak Biyodizel Üretimi Ve Kullanımı, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, sayfa:70

Thomas,T.,Birney,D.,Auld,D.,Viscosity reduction of castor oil esters by the addition of diesel, safflower oilesters and additives,36 (2012) 267-270

Thomas,T.,Birney,D.,Auld,D.,Optimizing esterification of safflower, cottonseed, castor and used cottonseed oils,41 (2013) 102-106

<http://www.ziraatci.com/yetistir/sayfa.asp?konuid=72&manual=off>

[http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21603\[ZiyaretTarihi:10Ağustos2016](http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21603[ZiyaretTarihi:10Ağustos2016)

www.nrel.gov/docs/fy04osti/36244.pdf

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet Salih YÜKSEL
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Batman 10.10.1978
Telefon : 0507 236 4196
Faks : -
e-mail : mhmtsalih.yuksel@gmail/hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı,	İl	İlçe,	Bitirme Yılı
Lise	Batman : tek.ve Endüstri Meslek Lisesi	Batman	Merkez	1996
Üniversite	: Fırat Üniv.	Elazığ	Merkez	2002
Üniversite	:Batman Üniversitesi	Batman	Merkez	2014

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2002-2003	MEB	Öğretmen
2005-2006	MEB	Öğretmen
2007-2010	Özel Sektör	Memur
2015-.....	MEB	Öğretmen

YABANCI DİL: ingilizce