

**BİYODİZEL OLARAK ÇEŞİTLİ BİTKİSEL
YAĞLARIN ETİL ESTER METODUYLA
ÜRETİLEREK KARAKTERİSTİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CAN GÖK

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

NİSAN 2008

Bu tez çalışması 06 TEF 03 numaralı proje ile AKÜ BAPK tarafından desteklenmiştir.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİYODİZEL OLARAK ÇEŞİTLİ BİTKİSEL YAĞLARIN ETİL ESTER
METODUYLA ÜRETİLEREK KARAKTERİSTİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

CAN GÖK

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

AFYONKARAHİSAR

NİSAN 2008

ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU danışmanlığında,

Can GÖK tarafından hazırlanan

**“Biyodizel Olarak Çeşitli Bitkisel Yağların Etil Ester Metoduyla Üretilerek
Karakteristiklerinin Araştırılması”,**

başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca

.... / /2008

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından

Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında

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

Ünvanı , Adı, SOYADI

İmza

Başkan : Doç. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

Üye : Yard. Doç. Dr. İbrahim MUTLU

Üye : Yard. Doç. Dr. Atilla EVCİN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç.Dr. Zehra BOZKURT

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
RESİMLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	2
1.1.1 Yakıtlar	2
1.1.1.1 Dizel Yakıtları (Motorin)	3
1.1.1.2 Bitkisel Yağlar	7
1.1.2 Bitkisel Yağların Yakıt Özelliklerini İyileştirme Yöntemleri	10
1.1.3 Yanma	11
1.2.3.1 Dizel Motorlarında Yanma	13
1.1.4 Egzoz Gaz Emisyonları	14
1.1.5 Literatür Özeti	17
1.1.6 Amaç ve Kapsam	22
2. MATERYAL METOD	23
2.1 Deneyselde Kullanılan Yakıtların Üretimi	23
2.2 Deneysel Çalışma	26
2.2.1 Kullanılan Donanım	26
2.2.2 Deneysellerin Yapılışı ve Çalışma Aralığı	29
3. BULGULAR	31
3.1 Motor Performans Değerleri	31
3.1.1 Moment Grafikleri	31
3.1.2 Efektif Güç Grafikleri	32
3.1.3 Ortalama Efektif Basınç Grafikleri	34
3.1.4 Özgül Yakıt Tüketimi Grafikleri	35
3.2 Egzoz Emisyon Değerleri	37

3.2.1 CO ₂ Emisyonu Grafikleri	37
3.2.2 CO Emisyonu Grafikleri	38
3.2.3 HC Emisyonu Grafikleri	40
3.2.4 NO _x Emisyonu Grafikleri	42
3.2.5 İs Emisyonu Grafikleri	43
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	45
5. KAYNAKLAR	47
6. ÖZGEÇMİŞ	50

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİYODİZEL OLARAK ÇEŞİTLİ BİTKİSEL YAĞLARIN ETİL ESTER METODUYLA ÜRETİLEREK KARAKTERİSTİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Can GÖK

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU

Yaşanan enerji krizleri ve dünya enerji rezervinin azalmasına rağmen araç sayıları gün geçtikçe hızla artmaktadır. Bu durumun gelecek yıllarda enerji ve eldeki taşıtların kullanımına ilişkin oldukça büyük sıkıntılara sebep olması kaçınılmazdır. Tüm bu nedenlerden dolayı petrole alternatif olabilecek yakıt türlerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Dünyada alternatif yakıt konusunda bitkisel yağlardan esterleştirme yöntemiyle biyodizel adı verilen yakıt türleri araştırmalarına son zamanlarda büyük önem verilmiştir. Biyodizel petrol gibi rezerv ömrü olmayan, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Yakın gelecekte petrolün tükeneceği çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Yapılan çalışmalarda alternatif enerji kaynakları araştırılmıştır. Mevcut içten yanmalı motorlarda motorun yapısı değiştirilmeden alternatif yakıt üretme yoluna gidilmiştir. Bu amaçla kalorifik değerleri açısından bitkisel yağlar çalışma konusu olmuştur

Bu çalışmada farklı bitkisel yağların etil esterleri üretilmiş ve üretilen etil esterler dizel yakıtı ile farklı oranlarla karıştırılarak motor performans değerleri tek silindirli bir motorda test edilmiştir. Deneyler sonucunda; farklı karışım oranlarında, motor performans karakteristikleri açısından motor momenti ve efektif güç değerinde bir azalma, özgül yakıt tüketiminde ise bir artış gözlenmiştir. Farklı karışım oranlarında; CO₂, CO, HC, İS ve NO_x emisyonlarında bir azalma tespit edilmiştir.

2008, 50 sayfa

Anahtar Kelimeler: Alternatif Yakıt, Biyodizel, Dizel Motoru, Egzoz Emisyonları

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS OF BIODIESEL PRODUCED FROM VEGETABLE OILS THROUGH ESTERIFICATION

Can GÖK

Afyon Kocatepe University
Institute for the Natural and Applied Sciences
Machine Education Department

Advisor: Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU

Despite current energy crises and declining energy reserves, the number of vehicles are gradually increasing. This dilemma inevitably will have the way for future challenges in terms of energy requirement and utilizing existing vehicles. Because of all these reasons, it is an important necessity to improve alternative fuels instead of oil. At a global scale, especially in recent surveys on obtaining alternative fuels such as biodiesel from vegetable oils via esterification are taken into consideration very importantly. Biodiesel unlike oil which have reserve dependency, is a renewable energy resource. Many studies suggested that oil would run out of in the future. Vegetable oils have been used as alternative fuel in diesel engines. Properties of vegetable oil are tried to be fitted to diesel fuel by treating it in many ways. One of these methods is transesterification of raw vegetable oils.

In this study was produced ethyl ester from different vegetable oils and these esters was tested in a single cylinder diesel engine by mixing with diesel for different ratios. From experiments, at varied blend ratio, in terms of engine performance and characteristics we have observed a decrease in engine moment and effective power, an increase in specific fuel consumption ratio. Also, in different blend ratios we have observed a fall in CO₂, CO, HC and NO_x emissions.

2008, 50 Page

Keywords: Alternative Fuel, Biodiesel, Diesel Engine, Exhaust Emissions

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleőmesinde yapmıő olduğu çok değerli katkı ve yönlendirmeler ile bana büyük destek veren ve elinden gelen yardımı esirgemeyen kıymetli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU' ya en içten teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca motor testlerinde ve tezin yazım aşamasında büyük emeiği geçen Öğr.Gör. İlker SUGÖZÜ, Mesut DEMIŐ ve őaban YILDIZ beylere ve tezin hazırlanması safhasında manevi desteğini esirgemeyen, çalıőmalarım ile bugünlere gelmemi sağlayan çok kıymetli aileme en içten teőekkürlerimi sunarım.

Can GÖK
Afyonkarahisar, 2008

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

k	Artık katsayısı
Md	Moment(Nm)
m	Fren kuvveti değeri(kg)
L	Moment kolu uzunluğu(m)
P _e	Efektif güç(kW)
n	Motor devri(d/dak)
P _{me}	Ortalama efektif basınç(kPa)
V _H	Toplam strok hacmi(m ³)
b _e	Özgül yakıt tüketimi (gr/kWh)
m _y	Tüketilen yakıt miktarı(gr)
Δt	Yakıt tüketimi süresi(s)

2. Kısaltmalar

TG	Tutuşma gecikmesi
KMA	Krank mili açısı
FE	Fındık yağı esteri
A.Y.E.E.	Ayçiçeği yağı etil esteri
S.Y.E.E.	Soya yağı etil esteri
M.Y.E.E.	Mısırözü yağı etil esteri
H.Y.E.E.	Haşhaş yağı etil esteri
D.Y.	Dizel yakıtı
d/dak	Devir/dakika
O.E.B.	Ortalama efektif basınç (kPa)
Ö.Y.T.	Özgül yakıt tüketimi (gr/kWh)

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 2.1	Deney tesisatının şematik görünümü	27
Şekil 3.1	Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nın moment değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması.	31
Şekil 3.2	Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nın moment değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması.	32
Şekil 3.3	Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nın moment değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	32
Şekil 3.4	Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nın efektif güç değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	33
Şekil 3.5	Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nın efektif güç değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	33
Şekil 3.6	Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nın efektif güç değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	33
Şekil 3.7	Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nın ortalama efektif basınç değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	34
Şekil 3.8	Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nın ortalama efektif basınç değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	34
Şekil 3.9	Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nın ortalama efektif basınç değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	35
Şekil 3.10	Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin özgül yakıt tüketimi değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	36
Şekil 3.11	Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin özgül yakıt tüketimi değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	36
Şekil 3.12	Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin özgül yakıt tüketimi değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	36
Şekil 3.13	Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin CO ₂ değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	37
Şekil 3.14	Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin CO ₂ değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	38
Şekil 3.15	Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin CO ₂ değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	38
Şekil 3.16	Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin CO	

	değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	39
Şekil 3.17	Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nin CO değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması.	39
Şekil 3.18	Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nin CO değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	40
Şekil 3.19	Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nin HC değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	41
Şekil 3.20	Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nin HC değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	41
Şekil 3.21	Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nin HC değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	41
Şekil 3.22	Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nin NO _x değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	42
Şekil 3.23	Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nin NO _x değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	42
Şekil 4.24	Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nin NO _x değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması.	43
Şekil 4.25	Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nin İS değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	44
Şekil 4.26	Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nin İS değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması	44
Şekil 4.27	Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nin İS değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması.	44

RESİMLER DİZİNİ

		Sayfa
Resim 2.1	Karışımın 8 saat boyunca 60°C de sabit sıcaklıkta tutulması	24
Resim 2.2	Karışımın dinlendirilmesinden sonraki alt ve üst faz oluşumu	24
Resim 2.3	Elde edilen yakıtın süzülmesi	25
Resim 2.4	Spac gaz analiz cihazı	28
Resim 2.5	Bosch egzoz emisyon ölçüm cihazı	29

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa
Çizelge 1.1	Bitkisel yağların bazı özellikleri	9
Çizelge 2.1	Esterleştirme işleminde kullanılan kimyasalların çeşitli özellikleri	23
Çizelge 2.2	Analizler sonucu elde edilen değerlerin DIN EN 14214 standardı ile karşılaştırılması	26
Çizelge 2.3	Deney motorun teknik özellikleri	27
Çizelge 2.4	Spac gaz analiz cihazı çalışma özellikleri	28
Çizelge 2.5	Deneylerde ölçülen ve hesaplanan değerler	30

1.GİRİŞ

Ülkelerin kalkınmasında en önemli etken olan enerji ülkemizde ve dünyada daima en ön plandadır. Günümüzde enerji ihtiyacımızın büyük bir çoğunluğunu fosil kökenli kaynaklar karşılamaktadır. Ancak yapılan çalışmalar sonucunda fosil kökenli kaynakların da fazla bir ömrünün olmadığı anlaşılmıştır. Ülke yönetimlerini farklı arayışlara yöneltmiştir. Yakın bir gelecekte petrol rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle, üretim tüketimi karşılayamayacaktır. 1993 verilerinde dünya petrol rezervlerinin 43 yıl, kömür rezervlerinin 236 yıl, gaz rezervlerinin ise 64,9 yıl ömrü olduğu belirtilmektedir (1993 Dünya Enerji Raporu, 1994).

Bu krizler sonucunda sonsuz olmadığı bilinen fosil kökenli kaynakların aynı zamanda ucuz olmadığı da kesinlik kazanmıştır. Yönetimler, önceleri krizlerle başa çıkmak için tasarruf yoluna gitmişlerdir. Tasarruf kontrolsüz ve bilinçsiz şekilde devam eden tüketim miktarlarını bir nebze aşağılara çekse de kalıcı bir çözüm olmamıştır. Git gide azalan petrol rezervlerinin bir gün gelip bitecek olması daha farklı enerji kaynaklarına yönelmeye sebep olmuştur. Petrole alternatif olarak birçok enerji kaynağı düşünülmüştür. Otomotiv alanında petrol yerine kullanılabilir yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisi, hidrojen ve bitkisel yağlardır. Türkiye bir tarım ülkesi olduğundan dolayı otomotiv alanında bitkisel yağların yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılması önem kazanmıştır.

Ana bileşenleri karbon-hidrat bileşikler olan bitkisel kökenli tüm maddeler “Biyokütle Enerji Kaynağı”, bu kaynaklardan üretilen enerji ise “Biyokütle Enerjisi” olarak tanımlanmaktadır.

Biyokütle enerjisini daha farklı enerji türlerine çevirmek ve özellikle petrole alternatif olacak bir kaynak haline getirmek için birçok çalışmalar yapılmıştır. Biyokütle olarak en çok çalışma sıvı halde olan bitkisel yağlar üzerinde yapılmıştır ve yapılmaktadır. Tohumlu bitkilerden elde edilen yağlardan çeşitli prosesler sonucunda yakıt elde edilmeye çalışılmıştır.

Bazı araştırmacılar ise tohumlu bitkilerden elde edilen yağları yakıt olarak denemişler ancak viskozitelerinden dolayı başarılı olamamışlardır. Ancak motor üzerindeki bazı değişikliklerle bu yağların yüksek viskozitelerinin etkisi azaltılmaya çalışılmıştır. Mısır yağı, pamuk yağı, bezir yağı, yer fıstığı yağı, kolza yağı, susam yağı, soya yağı ve ay

iek yağı gibi bitkisel yağların viskoziteleri 30 mm²/s' den daha fazladır. Dizel motorlarında kullanılan dizel yakıtının viskozitesi yaklaşık olarak 3 mm²/s' dir. Viskoziteleri yüksek olan bu tür bitkisel yağların viskoziteleri birtakım yöntemlerle inceltilmektedir. Esterleştirme de bu yöntemlerden birisidir. Esterleştirme yöntemiyle bitkisel yağların yüksek viskoziteleri düşürölüp dizel yakıtına alternatif bir yakıt elde etmek amaçlanmıştır.

1.1. Genel Bilgiler

1.1.1 Yakıtlar

Yakıldığı zaman enerji açığa çıkaran her maddeye yakıt adı verilir. Yakıtların en çok kullanılanları temelde hidrojen ve karbondan oluşur. Bu yakıtlara hidrokarbon adı verilir ve C_nH_{2n+2} genel formülüyle belirtilir. Her fazda hidrokarbon yakıt vardır. Sıvı hidrokarbon yakıt, genellikle değişik hidrokarbonların karışımı olmasına karşın, tek bir hidrokarbon olarak göz önüne alınır. Örneğin benzin, oktan (C₈H₁₈); dizel yakıtı, dodekan, (C₁₂H₂₆) olarak kabul edilir (engel ve Boles, 2002).

Sıvı hidrokarbonlar, bünyelerinde az miktarda O₂, N₂, S, H₂O ve bazı metalleri bulunduran ham petrol türevleridir. Aralarındaki belli başlı özellik farkları hidrojen ve karbon atomlarının sayıları ve bağlantı şekilleri ile belirlenmektedir. İçten yanmalı pistonlu motorlarda yakıt enerjisinin ısı enerjisine dönüşümü silindir içinde yakıt ile hava arasındaki kimyasal reaksiyonla olur. Bunun için yakıt-hava karışımı en az kimyasal reaksiyon süresi kadar silindir içinde kalmalıdır. Bu nedenle motorlarda, yanma olayını kısa bir zaman içinde yerine getirebilecek özellikteki yakıtlar kullanılmalıdır. İçten yanmalı pistonlu motorlarda genel olarak sıvı hidrokarbonlar kullanılmaktadır (Safgönöl vd, 1996).

Petrol ve türevlerinin içten yanmalı motorlarda yaygın kullanımı, ülkelerin, politik ve ticari münasebetlerinden dolayı yeni alternatif yakıt arayışlarına yönelmelerine neden olmuştur. Başta Amerika ve Almanya olmak üzere pek çok ülkede; bitkisel yağların dizel motorlarında kullanımı üzerine araştırmalar yapılmaktadır (Vellguth, 1984).

Günümüzde çevre biliminin hızla yayılması nedeniyle, bitkisel yağların sülfür içermemesi ve çevreye zarar vermemesi de önemli bir alternatif yakıt olarak kullanım imkânlarının araştırılmasına katkıda bulunmuştur (Rakopolulos, 1992).

1.1.1.1 Dizel Yakıtları (Motorin)

Karbon sayısı 8 ile 16 arasında değişim gösteren, sıvı HC bileşenlerini içinde bulunduran bir karışımdır. İçinde düşük miktarlarda kükürt, azot, kül ve su bulunan dizel yakıtı Türkiye’de mazot olarak isimlendirilmektedir (Borat vd, 1994). Dizel yakıtlarından istenen bazı özellikler aşağıda verilmiştir.

a. Uçuculuk

Uçuculuk; dizel motorlarında kullanılan yakıtın yanması için yüksek oranda gerekme de çalışmayı kolaylaştırmak ve dumansız bir yanma için gerekli olan iyi bir hava-yakıt karışımı sağlayabilmek amacıyla bir dereceye kadar gereklidir (Altın, 1998).

Yüksek uçuculuktaki yakıtlar; küçük güçlü, yüksek devirli otomotiv motorlarında kullanılmaktadır. Çünkü otomotiv motorlarında yük, hızlı bir şekilde değişebilir. Yüksek uçuculuktaki yakıtlar bu tür yüksek devirli motorlarda tam yanma nedeniyle daha iyi yakıt ekonomisi sağlar. Ayrıca az duman, koku, artık oluşturur ve küçük miktarda kirlenme ve aşınmaya neden olurlar. Herhangi bir yakıt motor silindirine püskürtüldüğü zaman, önce buharlaşır ve sonra tutuşarak yanar. Özellikle soğuk mevsimlerde veya soğuk ilk hareket koşullarında herhangi bir yakıt, püskürtme ile tutuşma arasındaki zaman aralığında, tümü ile buharlaşması mümkün olmaz veya tam yanma için verilen zaman aralığında buharlaşma yeterli olamaz. Bu gibi durumlarda, yanmayan veya kısmen yanan sıvı yakıt, beyaz veya gri dumana neden olur (Küçükşahin, 1996).

b. Karbon Artığı

Akaryakıt ısıtılarak buharlaştırıldıktan sonra uçucu maddeleri yakılır ve geriye bir takım artıklar kalır. Bu artıklara “Karbon Artıkları” adı verilir. Eğer dizel yakıtları oldukça büyük bir miktar artık bırakacak maddeyi içeriyorsa, motor silindirlerinde eksik yanma sırasında karbon birikintileri meydana gelecektir. Yakıtların artık bırakma eğilimi “Artık Katsayısı” ile belirlenir. Bu sayı Conradson adı verilen deney cihazıyla tespit edilir. Artık katsayısı ağır devirli, yüksek güçlü dizel motorlarında $k=0,04$ ve yüksek devirli dizel motorlarında ise $k=0,005$ dolaylarındadır.

Bir yakıtın karbon artığının fazla olması; supap yuvaları, supaplar ve portlarda karbon birikmelerine neden olur. Bu artıklar yağlama yağı ile birleştiğinde motor için zararlı yapışkan maddeler haline gelirler. Yapışkan maddeler segmanlarla kanalları arasına girerek bu kısımlarda katılaşma eğilimi gösterir ve segmanların yuvalarında sıkışmalarına neden olurlar. Karbon artıkları ayrıca, supap yuvalarında birikerek, oralarda supapların kapanmasına engel olan sert katmanlar oluştururlar. Bunun sonucu olarak dumanlı egzoz ve ilk hareket zorlukları baş gösterir (Küçükşahin, 1996).

c. Viskozite

Bir yakıtın viskozitesi akmaya karşı gösterdiği dirençtir veya yakıtın iç sürtünme direncidir. Dizel motorlarında silindire püskürtülen yakıt hüzmesi içerisinde farklı boyutlarda yakıt parçaları oluşur. Bu parçacıkların büyüklüğünü temel olarak; enjeksiyon basıncı, enjektör memesi delik çapı ve viskozite belirler. Yakıt tanelerinin boyut ve miktarları bu parametreler değiştirilerek düzenlenir (Küçükşahin, 1996).

Yakıtın viskozitesi, yakıt bir enjektörden hava içine püskürtüldüğünde oluşacak yakıt huzmesini çok etkiler. Viskozite büyüdükçe yakıtın zerrelere ayrılması azalır, dolayısıyla iri yakıt zerreciklerinin miktarı fazlalaşır (Borat vd, 1994).

Yağlama, hareketli parçalar arasındaki sürtünme, aşınma ve kaçak gibi etkenler viskozite ile ilgilidir. Fakat püskürtme sisteminin temel elemanlarının, özellikle yüksek basınç pompasının plancır ve silindirlerinin yağlanması, akaryakıt tarafından sağlandığından, viskozitenin belirli bir değerden küçük olmaması gerekir. Yakıt püskürtme pompasının plancırı ile silindir arasına giren yakıt, viskozite ile ters orantılıdır. Bir başka ifade ile kaçakların artması, viskozitenin küçülmesi veya bunun tersi viskozitenin çoğalması, kaçakların azalması demektir. Bu nedenle çok küçük viskoziteli akaryakıtların, pompa kayıplarının çoğalmasına neden olacağı gerekçesiyle, dizel motorlarında kullanılmaları uygun değildir. Diğer taraftan viskozite gereğinden küçük olmamalıdır. Çünkü viskozitenin artması, püskürtme sırasında büyük bir direncin meydana gelmesine neden olur. Bu istenmeyen yüksek viskozite belki hafif yakıtlar için iyi olabilir. Çünkü istenilen püskürtme sağlanıncaya kadar püskürtme basıncı yükseltilebilir. Çok ağır ve viskoz yakıtlar hava ile püskürtmeli motorlarda da kullanılır. Bu gibi durumlarda yakıtın iyice ısıtılması gerekir.

Sonuç olarak; dizel motorlarının yakıtlarında yüksek viskoziteli dumanlı egzoz, düşük viskozite ise enjektör iğnesi ve iğne silindirinin aşınmasına, yakıt pompası kaçaklarına

ve alt karterdeki yağlanma yağının yakıt tarafından kirlenmesine neden olur (Küçükşahin, 1996).

d. Setan Sayısı

Dizel yakıtının tutuşma meylinin ölçüsü olarak setan sayısı kullanılmaktadır. Setan ($C_{16}H_{34}$) düz zincir yapıda parafin grubundan bir yakıt olup, setan sayısı 100 olarak kabul edilmiştir. Alfametilnaften'in ($C_{10}H_{17}CH_3$) ise setan sayısı sıfırdır (Safgönül vd, 1996).

Setan sayısı, setan ve alfametilenden oluşan bir yakıt karışımında hacimsel olarak setan yüzdesidir. Alfametilnaften yakıt ile eş yanma özelliğinde olup, kömür katranının damıtılmasından elde edilen bir hidrokarbondur. Setan çok iyi, alfametilnaften ise zayıf ya da fakir yanma özelliğindedir (Küçükşahin, 1996).

e. Kükürt

Silindir gömlekleri ve piston segmanları arasındaki yüzeylerin aşınmasını hızlandırması, piston eteklerinde karbon artıkları ve karterde çamurumsu bir madde oluşturması nedeniyle, dizel yakıtlarında kükürdün varlığı istenmez. Bu nedenle yakıtların içerdikleri kükürt miktarına bir sınır konulmuştur.

Yapısında %5'ten az kükürt bulunan yakıtlarla çalıştırmada, makinelerin silindirlerinde sadece hafif birikintiler meydana gelmektedir. Eğer kükürt oranı bu değerin üstüne çıkacak olursa, pistonların giderek kirlendiği, segman yuvalarının karbon artıkları ile dolmaya başladığı görülecektir. Kükürt oranının %1'den fazla olması durumunda, segmanların yuvalarında tutması veya takozlaşması olayı başlamaktadır.

Kükürt atmosferde yakıldığı zaman kükürt dioksit oluşur. Buna karşın yakıtlardaki kükürdün bir bölümü, yanma sırasında kükürt trioksidi oluşturur. Kükürt trioksit (SO_3) bir yandan yanma asitlerini oluştururken, diğer yandan da aşınmaların artmasına ve çamur oluşumuna neden olur (Küçükşahin, 1996).

f. Yanma ve Tutuşma Özelliği

Tutuşma özelliği yakıtın sıkıştırılmış hava içine püskürtüldüğünde yanmaya yatkınlığını gösterir. Yanma özelliği iyi olan bir yakıt, tutuşma gecikmesinin küçük oluşu nedeniyle derhal yanar. Fakir tutuşma özelliğindeki yakıtlar ise, büyük bir tutuşma gecikmesi oluşturarak yanarlar (Küçükşahin, 1996).

Dizel motorlarında yakıt buharı-hava karışımının sıkıştırma sonu basınç ve sıcaklığında kendi kendine tutuşabilmesi için ideal yakıtların tutuşma meyillerinin benzinin aksine yüksek olması istenir. Tutuşma meylinin düşük, yani tutuşma gecikmesi (TG)'nin zaman olarak büyük olması durumunda yanma için ayrılabilen K.M.A. aralığı azalır.

Ayrıca T.G. süresince yanma odasında biriken ve ani olarak yanan yakıt miktarı da artacağından mekanik zorlamalara neden olan yüksek basınçlar ve ani basınç değişimleri ortaya çıkar.

Dizel yakıtın tutuşma meylinin ölçüsü olarak setan sayısı kullanılmaktadır. Setan ($C_{16}H_{34}$) düz zincir yapıda parafin grubunda bir yakıt olup, setan sayısı 100 olarak kabul edilmiştir. Alfameten'in ($C_{10}H_7CH_3$) ise setan sayısı sıfırdır. Bu iki yakıtın karışımının setan sayısı, hacimsel olarak, karışımın % setan miktarı ile belli olur (Safgönül vd, 1996).

1.1.1.2 Bitkisel Yağlar

a. Kinematik Viskozite

Bitkisel yağların yakıt olarak kullanılmasında akla gelen ilk soru süreklilik problemidir. Bu problem bitkisel yağların yüksek viskozitesine bağlıdır. Genellikle yağların viskoziteleri, doymamışlık arttıkça azalmaktadır. Bitkisel yağların zincir uzunluklarının artışı ile viskozitenin arttığı, buna karşın çift bağ sayısının artışı ile viskozitenin düştüğü belirlenmiştir (Ryon ve Bagby, 1993, Altın, 1998). Yakıt taneciklerinin iri olması halinde yüksek buharlaşma hızlarında bile buharlaşmaları çok zaman alır. Özellikle yüksek devirlerde bu zamanı bulamayacakları için egzoz isli olur, silindirde çığ karbon birikir. Cidarlar yeterince sıcak değilse ataletleri yüksek tanecikler cidara ulaşabilir ve emisyon daha kötü olur (Borat vd, 1994).

Bitkisel yağlar doymamışlık derecelerine göre yağlama yağında farklı oranlarda polimerleşerek yağın viskozitesini artırmakta bu da sonuçta motorda arızaların meydana gelmesine neden olmaktadır. Bitkisel yağların yakıt olarak kullanımında bir başka kısıtlayıcı faktör de düşük sıcaklıklarda katılaşıma eğilimi göstermeleridir. Bu problemi dizel yakıtı ile karışım oluşturmak veya bir çeşit ön ısıtma uygulamak suretiyle çözüm getirilmektedir. Viskozite probleminin çözümü için aşağıdaki yöntemler önerilmektedir. Bitkisel yağlara, dizel yakıtının belirli oranlarda karıştırılması, metil alkol ve etil alkol gibi kısa zincirli alkoller ile mikro emülsiyon oluşturulması, kimyasal bağların daha küçük moleküller oluşturmak üzere kırılması işlemi, bitkisel yağın küçük molekül ağırlıklı bir alkolle katalizör varlığında gliserin ve yağ asidi esteri oluşturmak üzere reaksiyona girmesidir (Schwab vd, 1987, Yücel, 1998, Akbaş, 2005).

b. Setan Sayısı

Tablo 2.1 incelendiğinde bitkisel yağların setan sayılarının 34-42 arasında değiştiği görülmektedir. Motorinin setan sayısı ise yaklaşık olarak 47'dir. Bitkisel yağların, setan sayısı, düşük donma süresi ve akma noktası gibi özellikleri dizel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanımını ortaya koymaktadır.

Donma noktası sıcaklığı kış aylarında büyük önem taşır. Dizel motoru için -10 °C civarındadır. Bu sebeple dizel yakıtı kış koşullarında akıcılığının azalması veya donma gibi sorunlar ortaya çıkarmaktadır (Safgönül vd, 1996).

c. Bitkisel Yağların Isıl Değerleri

Bitkisel yağların alternatif yakıt olarak kullanılmasında en önemli özelliklerinden biri de ısıl değerleridir. Çizelge 1.1 incelendiğinde bitkisel yağların ısıl değerleri yaklaşık olarak 37500kj/kg-39500kj/kg arasında değişmektedir. Bitkisel yağların ısıl değerleri birbirlerine yakındır. Dizel yakıtının ısıl değeri 42000-45000 kj/kg arasındadır. Dizel yakıtı ile bitkisel yağlarının ısıl değerleri arasında yaklaşık olarak %10 oranında bir fark vardır. Bitkisel yağların etil veya metil esterlerinin ısıl değerleri daha yüksek ve dizel yakıtına daha yakındır.

Örneğin; Ticari kaynaklardan elde edilen ayçiçeği ve pamuk yağının ısıl değerleri sırasıyla 36327 kj/kg ve 36700 kj/kg olarak belirlenmiştir. Bu yağların metil esterlerinin ısıl değerleri ise 39342 kj/kg ve 40763 kj/kg'a yükselmiş ve bu yüzden alternatif yakıt

kullanımında yağ esterlerini gerek viskozite gerekse ısıl değerler yönünden ön plana çıkarmaktadır (İlkılıç, 1999).

Çizelge 1.1 Bitkisel yağların bazı özellikleri (Georing vd,1982, Altın, 1998).

Bitkisel Yağ Çeşitleri	Viskozite (mm²/s)	Setan Sayısı	Isıl Değer (kJ/kg)	Parlama Noktası (°C)	Yoğunluk (kg/l)	Karbon Artığı (%ağırlık)	Kükürt (%ağırlık)
Hint	297	-	37274	260	0,9537	0,22	0,01
Mısır	34,9	37,6	39500	277	0,9095	0,24	0,01
Pamuk	33,5	41,8	39468	234	0,9148	0,24	0,01
Bezir	27,2	34,6	39307	241	0,9236	0,22	0,01
Yer Fıstığı	39,2	41,8	39782	271	0,9026	0,24	0,01
Kolza	37,0	37,6	39709	246	0,9115	0,30	0,01
Aspir	31,3	41,3	39519	260	0,9144	0,25	0,01
Susam	35,5	40,2	39349	260	0,9133	0,25	0,01
Soya	32,6	37,9	39623	254	0,9138	0,27	0,01
Ayçiçeği	33,9	37,1	39575	274	0,9161	0,23	0,01
2 Nolu Dizel	2,7	47	45343	52	0,8400	0,35	0,01

1.1.2 Bitkisel Yağların Yakıt Özelliklerinin İyileştirme Yöntemleri

Bitkisel yağların yakıt olarak kullanılabilmelerini sağlamak amacı ile iki yönde çalışmalara ağırlık verilmiştir. Bu iki çalışmadan biri, bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi diğeri motor konstrüksiyonunun değiştirilmesidir. Yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi konusunda çalışmaların ağırlığını, bitkisel yağlarının viskozitelerinin azaltılması oluşturmaktadır. Bitkisel yağların viskozitelerinin azaltılmasında, ısıl ve kimyasal olmak üzere 2 yöntem uygulanmaktadır. Isıl yöntemde, yakıt olarak kullanılacak olan bitkisel yağların, ön ısıtma ile sıcaklığının yükseltilmesi, viskozitesinin azaltılması amaçlanmaktadır. Ancak, bu yöntemin, özellikle hareketli bir araç motorunda uygulama zorluğu vardır (Kaplan, 2001).

Kimyasal yöntem ise dört alt gruba ayrılmaktadır. Bunlar; inceltme, mikro emülsiyon oluşturma, proliz ve transesterifikasyondur. Bu yöntemler aşağıda kısaca açıklanmıştır (Kaplan, 2001).

a. İnceltme

Bitkisel yağların belirli oranda dizel yakıtı ile karıştırılarak inceltilmesi işlemidir. Bu yöntemde bitkisel yağ motorin ile belirli oranlarda karıştırılarak kullanım olanakları değerlendirilir. Yapılan çalışmalarda genel olarak elde edilen sonuç; bitkisel yağlar motorin ile %10-20 gibi düşük oranlarda karıştırıldığında dizel yakıt özelliklerinin fazla değişmediği görülmüştür (Keven, 2005).

b. Mikro Emülsiyon Oluşturma

Bitkisel yağların viskozitesini düşürmek için, metanol veya etanol gibi kısa zincirli alkollerle mikro emülsiyon oluşturulmaktadır. Böylece viskozite değeri düşmektedir. Mikro emülsiyon, normalde karışmayan iki sıvı ile bir veya daha fazla amfifilin bir araya gelmesiyle oluşur. Bu yöntemle petrolden tamamen bağımsız alternatif dizel yakıtları meydana getirmek mümkün olabilmektedir (Kaplan, 2001).

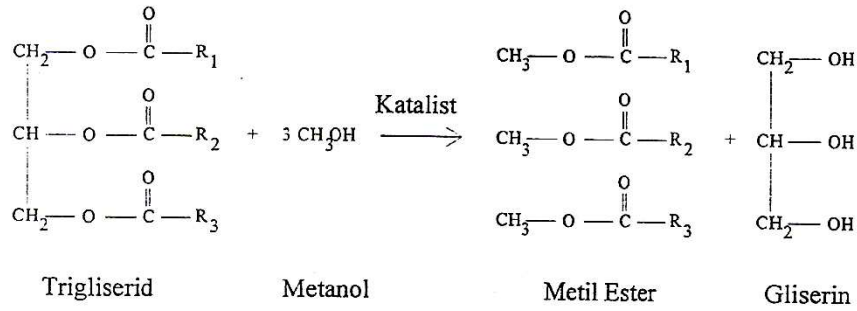
c. Proliz

Proliz veya kraking kimyasal bağların daha küçük moleküller oluşturmak üzere kırılması işlemidir. Bitkisel yağların proliz ürünlerini elde etmek için iki yöntem vardır.

Bunlardan biri bitkisel yağı ısı etkisiyle kapalı bir kaptan parçalamak, diğeri ise standart ASTM distilasyonu ile ısı parçalanma etkisinde tutmaktır. Bu ikinci yöntem ile yapılan çalışmada, soya yağından elde edilen distilatının saf bitkisel yağa göre, dizel yakıtına daha yakın özellikler taşıdığı gözlenmiştir (Kaplan, 2001).

d. Transesterifikasyon

Bitkisel yağların dizel yakıt alternatifi olarak uygunlaştırılmasında izlenen en önemli kimyasal yöntem Transesterifikasyon veya diğeri adıyla alkoliz reaksiyonudur. Transesterifikasyon, bir bitkisel yağın küçük molekül ağırlıklı bir alkol-katalizör eşliğinde gliserin ve yağ asidi esteri oluşturmak üzere reaksiyona girmesidir. Bitkisel yağ öncelikle ön işlem uygulanarak fosfor lipidlerinden arındırılır. Reaksiyon öncesinde yağ, metanol ve katalizör birbiriyle çok iyi karıştırılması gereklidir (Kaplan, 2001).



Şekil 2.1 Transesterifikasyon işleminin kimyasal denklemi (Çildir 2003)

1.1.3 Yanma

Yanma, yakıtın oksijenle birleştiği ve büyük miktarda enerjinin açığa çıktığı bir kimyasal reaksiyondur. Yanma işlemi sırasında, eğer yakıt içindeki karbonun tümü CO₂'ye, hidrojenin tümü H₂O'ya ve varsa kükürdün tümü SO₂'ye dönüşüyorsa yanma tam yanmadır. Yanma sonu ürünleri arasında yanmamış yakıt veya C, H₂, CO ve OH gibi bileşenler varsa yanma işlemi tam değildir.

Yanma için yeterli olan oksijenin bulunmaması, yanmasının tam olmamasının açık nedenlerinden biridir, fakat tek nedeni değildir. Diğeri bir nedeni, yakıtın ve oksijenin bir arada olduğu süre içinde yeterince karışmamasıdır. Yanmanın tam olmamasının bir başka nedeni de yüksek sıcaklıklarda önem kazanan ayrışmadır.

Hidrojen atomlarının oksijen atomlarını çekim kuvveti, karbon atomlarına oranla daha büyüktür. Bu nedenle yakıt içerisindeki hidrojen, ortamda tam yanma için gerekli olan oksijenden daha az oksijen bulursa bile, tümüyle H₂O'ya dönüşür. Buna karşılık karbonun bir bölümü yanma sonu ürünleri arasında CO veya C parçacıkları olarak görülür.

Yanma işleminde kullanılan yakıt ve hava miktarı biliniyorsa, ayrıca yanma tam kabul edilebilirse, yanma sonu ürünlerinin oranlarının hesaplanması daha kolay olur. Bu durumda hiçbir ölçüme gerek kalmadan yanma denkleminde yer alan her elemente kütlenin korunumu denklemini uygulamak yeterlidir. Gerçek bir yanma işleminde ise yanma sonu ürünlerinin miktarlarının belirlenmesi daha zordur. Her şeyden önce, gerçek yanma işlemleri, fazla havanın olması durumunda bile tam değildir. Bu nedenle yanma sonu ürünlerini sadece kütlenin korunumu ilkesine göre belirtmek olanaksızdır. Bu durumda kalan tek seçenek, yanma sonu ürünlerinin miktarlarını doğrudan ölçmektir. Yanma sonu ürünlerinin analizi genellikle orsat cihazı ile yapılır. Bu cihazda yanma sonu ürünlerinin bir örneği alınır, oda sıcaklık ve basıncına soğutulur hacmi ölçülür.

Örneğin CO₂ için işlem yapılırsa, CO₂'yi soğuran bir kimyasal maddeyle bir araya getirilir. Geri kalan gazlar yeniden oda sıcaklığı ve basıncına getirilerek kapladıkları hacim ölçülür. Hacimdeki azalmanın önceki hacme oranı, CO₂'nin yanma sonu ürünleri içindeki hacimsel oranıdır.

Mükemmel gaz davranışı kabul edilirse, bu aynı zamanda CO₂'nin mol oranıdır. Diğer gazların hacimsel oranları da yukarıdaki işlemi tekrarlayarak bulunur. Orsat analizinde gaz örneği her zaman su üzerine toplanır ve karışım doymuş haldedir. Bu nedenle suyun buhar basıncı tüm deney süresince sabit kalır. Böylece deney odasında su buharının varlığı göz ardı edilebilir ve sonuçlar kuru esasa göre verilir. Yanma sırasında H₂O, her zaman yanma denkleminin dengesiyle bulunabilir (Çengel ve Boles, 2002).

1.1.3.1 Dizel Motorlarında Yanma

Dizel motorlarında yanma olayı, yanma odasına yakıtın püskürtülmeye başladığı andan, yanma ürünlerinin dışarıya atıldığı egzoz zamanı başlangıcına kadar geçen süre içerisindeki karmaşık fiziksel ve kimyasal olayları kapsamaktadır. Dizel motorlarında yanma odası içinde homojen bir karışım yoktur. Yüksek sıcaklık ve basınçtaki ortama

püskürtülen yakıtın buharlaşmaya başlaması ile birlikte reaksiyonlar da oluşmaya başlamaktadır. Ancak başlangıçta, bu reaksiyonların hızı çok düşük olduğundan, basınçta belirgin bir artış görülmez. Tutuşma gecikmesi süresi sonunda, tutuşma başladığı anda yanma odasındaki alev gözlenebilir ve P-V diyagramında basınç artışı belirgin hale gelir.

Dizel motorlarında yanma olayını etkileyen ve yanmayı devam ettiren, yanma bölgesindeki sıcaklık, basınç, karışım oranı ve oksijen miktarını belirleyen yerel koşullardır. Pistonun Ü.Ö.N.'ya yakın bir konumunda yanma odasına sıvı halinde püskürtülen yakıt demetini oluşturan damlacıklar ısınır ve buharlaşmaya başlar. Tutuşma için gerekli hava-yakıt oranı sağlandığında ilk yanma burada başlar. Dizel motorlarındaki yanma olayı dört faza ayrılarak, tutuşma gecikmesi, kontrolsüz yanma, difüzyon kontrollü yanma ve art yanma olarak incelenebilir.

Tutuşma gecikmesi sonunda kontrolsüz yanma başlar ve genellikle maksimum basıncın olduğu noktaya kadar devam eder. Daha sonraki yanma fazı difüzyon kontrollü yanma fazı olup, bu fazın maksimum yanma odası sıcaklığına ulaşınca kadar devam ettiği kabul edilir. Genişlemenin ilerlemesi sonucu sıcaklığın düşmeye başlaması ile birlikte art yanma fazı başlar. Motorun düşük dönme sayılarında hava hareketlerinin azlığı, yüksek dönme sayıların da ise yetersiz süre düşük volümetrik verim sonucu eksik kalan hava miktarı nedeniyle yanma verimi düşmektedir. Eksik yanmanın en belirgin sonucu is oluşumdur. Geç yapılan püskürtme, ya da uzun süren T.G. sonunda yanmanın egzoz zamanına doğru uzaması da is oluşumuna neden olur (Safgönül vd, 1996).

1.1.4 Egzoz Gaz Emisyonları

Dizel makinelerinde yakıt yüksek basınç altında sıkıştırılarak yüksek sıcaklığa eriştirilmiş hava içerisine püskürtülür. Silindirdeki sıkıştırılmış havanın sıcaklığı, yakıtın tutuşma sıcaklığından yüksek olduğu için yanma başlar ve oluşturulan is makinenin krank şaftına iletilir.

Yanma olayı; mümkün olan en az hava, maksimum ekonomi ve verilen bir devir sayısı ve piston deplasmanında maksimum gücü sağlamalıdır. Bunun için, yakıtın belirli bir kimyasal yapıya sahip olması gerekir. Tam yanma sırasında karbonlu hidrojenlerin tümü karbondioksit ve su buharı oluşturur. Ancak yanmanın tam olmaması silindirlere karbon monoksit oluşumuna da neden olur. Ayrıca, silindirlere fazla hava verilmesi

nedeniyle "azot oksitler", yakıtların yapısındaki kükürt nedeniyle de "kükürt oksitler" oluşur (Küçükşahin, 1996).

Bir dizel motorunun silindirlerini terk eden egzoz gazları sadece karbondioksit, su buharı, azot ve oksijen kapsamaz, ayrıca karbon monoksit, nitrojen oksitler, karbonlu hidrojenler, oksitlenmiş bileşikler, kükürt oksitler ve karbon da içerirler. Denilebilir ki dizel motorlarının yanma odalarında oluşan türlü tepkimeler sonucu, egzoz gazları yüzlerce farklı bileşikler oluşmasına neden olur. Bunların içerisinde birçoğunun çevre ve insan sağlığına zararlı etkileri vardır (Küçükşahin, 1996).

a. Karbondioksit

Karbon ve hidrojenden oluşan karbonlu hidrojenlerin tam yanması sırasında yanma ürünleri karbondioksit, su buharı, oksijen ve nitrojen kapsar. Belirli bir miktardaki yakıtın tam yanması sırasında, belirli miktarda karbondioksit oluşur. Karbondioksit, makine silindirlerinde yakılan yakıt miktarı ile kontrol edilebilir. Ne kadar çok yakıt yakılırsa, o kadar fazla karbondioksit üretilir. Dolayısıyla karbondioksit emisyonunun kontrol edilmesine gerek yoktur (Küçükşahin, 1996).

b. Karbonmonoksit

Yanma sıcaklığı çok yüksek değerlere erişmediği takdirde ve tam yanma sırasında egzoz gazları CO_2 , H_2O , O_2 ve N_2 dışında çok az miktarda CO kapsayabilir. Eğer silindirlerdeki yanma yeterli olmayan hava ile gerçekleştirilirse, karbon monoksit meydana gelmesi kaçınılmaz olur.

Motor silindirlerinde karbon monoksit oluşmasının sebeplerinden biride "ayrışma" ya da "disosiasyon" olayıdır. Yüksek yanma sıcaklıklarında yanma ürünleri veya son ürünler olan CO_2 ve H_2O parçalanarak, element durumlarına dönüşürler ve bu dönüşme sırasında belirli miktarda ısı emerler. Böylece gazların basınç ve sıcaklığı, ayrışmadan önceki basınç ve sıcaklıktan daha düşük olur ve indike is azalır. Ancak indike is ayrışan elementlerin (C ve H) sonraki yanmaları sırasında kısmen normal değere erişir. Bu arada, karbondioksit ayrışması sırasında CO ve O su buharının ayrışması sırasında da H ve O meydana gelir. CO_2 ve H_2O 'nun ayrışması yüksek sıcaklıkta artar. Disosiasyon olayı sırasında hidrojen, karbona göre daha aktif bir element olduğundan oksijen ile birleşerek karbondioksit meydana getirir. Ancak küçük bir bölümde açıkta kalır.

Dolayısıyla 1800 °C' nin üzerindeki sıcaklıklarda disosiasyon ve ardından CO oluşumu başlar (Keven, 2005).

c. Kükürtoksitler

Pratikte; dizel motorlarında kullanılan yakıtlar sadece C ve H' den oluşmazlar. Yapılarında küçük miktarda kükürt de bulunur. Yüksek devirli motorların hafif yakıtları %0,3, orta ve ağır devirli makinelerin yakıtları ise maksimumu %5 oranında kükürt içermektedirler. Yakıtlar içindeki kükürt bileşikleri silindirlerde tümüyle yanar, kükürt dioksit ve onunda oksijen alması sonucu kükürt trioksit oluştururlar.

Kükürt dioksit, bulunduğu zaman zehirli, özellikle basınç altında gözlerde ve mukozada kuvvetli tahriş edici, tehlikeli biçimde hava kirletici bir gazdır. Kükürt trioksit ise; çok tehlikeli, dokular için zehirli bir gazdır. Sözü edilen gazlar su ile birleştikleri zaman sülfüroz (H_2SO_3) ve sülfürik asitleri (H_2SO_4) oluştururlar. Büyük miktarda kükürt oksitler; atmosfere verildikleri takdirde asit yağmurlarına da neden olmaktadır (Küçükşahin, 1996).

d. Nitrojenoksitler

Yanmayı oluşturmak için dizel motorlarının silindirlerine, termodinamik olarak hesaplanan kuramsal hava miktarının çok daha fazlası verilir. Fazla hava katsayısı ile karakterize edilen gerçek miktardaki havada oksijenin bir bölümü nitrojenle tepkimeye girerek "Nitrik oksitler" ve bir miktar oksijen ise nitrojen dioksiti oluşturabilir.

Nitrojen veya azot oksitleri denilince: Nitrojen monoksit (N_2O), nitrik oksit (NO), nitrojen trioksit (N_2O_3), nitrojen dioksit (NO_2), dinitrojen pentoksit (N_2O_5), nitrojen tetroksit (N_3O_4) ve dayanıksız olan NO_3 anlaşılmalıdır. Bu oksitler, özellikle NO_2 yanma sırasında dizel ve benzin motorlarının silindirlerinde meydana gelen ve hava kirliliğinden sorumlu olan gazlardır.

Yukarıda sözü edilen gazlardan nitrojen (azot) dioksit (NO_2) çok zehirli, solunulduğunda öldürücü olabilen, havada maksimum 5 ppm miktarında bulunmasına müsaade edilen bir gazdır. Yakıt püskürtme zamanlaması, nitrik oksit emisyonlarını çok etkileyici bir etkidir. Püskürtme zamanlaması veya zamanlamasının geciktirilmesi,

tüm dizel motorlarında, nitrik oksit emisyonunun azaltılmasını sağlayan yararlı bir yöntemdir. (Küçükşahin, 1996).

e. Partikül Emisyonu

Partiküller; karbon ve ağır karbonlu hidrojenler ve yakıttaki kükürtten kaynaklanan az miktardaki sülfürik asitten oluşmaktadırlar. Karbon ve ağır karbonlu hidrojenler, yakıtın silindirlerde tam yanmamasından oluşurlar. Yakıt püskürtme ve yanma sistemlerinin optimizasyonu, partikül emisyonunun azalmasına neden olur. Yakıtın kendisi de partikül emisyonuna neden olmaktadır. Örneğin yüksek kaynama sonu sıcaklığına sahip olan bir yakıt daha yüksek partikül emisyonu oluşturur (Küçükşahin, 1996).

f. İs

İs oluşumunun en önemli nedeni eksik yanmadır. Geç yapılan püskürtme, ya da uzun süren T.G. sonucunda yanmanın egzoz zamanına doğru uzaması da is oluşumuna neden olur. İs, motor elemanlarının ömrünü olumsuz etkiler, piston ve silindirleri aşındırır. İs ayrıca segman yuvalarına girerek segmanları aşındırır. Supap oturma yüzeylerinde birikerek supapların iyi kapanmasının önler. Bunun sonucu olarak, buradaki sıcak egzoz gazlarının oluşturduğu daimi akım supapların hasar görmesine neden olur. Ayrıca egzoz gazları içindeki is partikülleri çevre sağlığı açısından zararlıdır. İs ölçümü birim hacim egzoz gazlarındaki partiküllerin ağırlıkları ölçülerek kantitatif olarak veya foto elektronik yöntemlerle egzoz gazı koyuluğu ölçülerek kalitatif olarak yapılmaktadır (Safgönül, 1996).

1.1.5 Literatür Özeti

Yağların yakıt olarak kullanılması konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Bitkisel yağlar ya direk dizel motor yakıtı olarak kullanılmış, ya motorine belirli yüzdelerde karıştırılmış ya da çeşitli prosesler yardımıyla esterleştirilerek kullanımları denenmiştir.

Petrol türevli yakıtların özelliklerini belli amaçlar için iyileştiren, geliştiren yakıt katkı maddeleri benzin ve dizel motoru yakıtları için ayrı ayrı incelenmiştir. Teorik çalışmalar ve deneyler sonucunda elde edilen pratik bilgiler ışığında, yakıtlarda kullanılan katkı maddelerinin taşıt performansını ve egzoz emisyon değerlerini iyi yönde etkilediği görülmüştür. Alternatif yakıt adayları ile yapılan deneyler ve teorik bilgiler ışığında ise

her bir yakıtın sahip olduğu özelliklerin onların tamamen kullanılabilir olması için yetmediğini göstermektedir (Peker, 2000).

Mısırözü, ayçiçeği ve soya yağları, direk püskürtmeli, 4 zamanlı, 5,5 kW anma gücündeki bir dizel motorunda saf olarak, %50 oranında dizel yakıtı ile karıştırılarak denenmiştir. Ayrıca dizel motorun püskürtme avansı değiştirilerek saf yağlar yakıt olarak denenmiştir. Son olarak bitkisel yağlar ön ısıtmaya tabi tutularak denenmiştir. Denemelerde devir sayısına bağlı olarak motor dönme momenti ve yakıt tüketimi ölçülmüştür. Buna göre 90°C ön ısıtmaya tabi tutulan saf bitkisel yağlarla çalışmada ve dizel yakıtıyla %50 oranında karıştırılan yağlarla elde edilen performans değerlerinin, dizel yakıtıyla elde edilen değerlere yakın olduğu görülmüştür (Mohammed, 1995)

Benlidayı (1995) tarafından yapılan çalışmada, motorin hacimsel olarak; motorin + rafine soya yağı, motorin + %10 normal benzin + rafine soya yağı emülsiyonları değişik oranlarda alternatif dizel yakıtı olarak, direkt püskürtmeli süper star marka, su ve hava soğutmalı, türbülanslı yanma odalı Anadolu dizel motorlarında performans değerleri tespitinde kullanılmıştır. Üç motorda üç tipteki emülsiyon yakıt ve motorin kullanılmıştır. Yapılan teorik çalışma sonunda bulunan performans değerlerinin değişimi ile deneysel çalışma sonunda bulunan performans değerlerinin değişimlerinin aynı karakterde olmuştur. Fakat teorik çalışma sonunda bulunan özgül yakıt tüketiminin deneysel sonuçlara göre daha az, güç ve momentin ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Cıgızoğlu (1996) tarafından yapılan çalışmada ayçiçeği, soya, mısırözü, zeytin ve kullanılmış ayçiçeği yağlarına seyreltme modifikasyon tekniği uygulanmış ve bitkisel yağ motorin karışımlarının alternatif motorin özellikleri incelenmiştir. Karışım yakıtlar hacmen %20 oranında bitkisel içermektedir. Alternatif motorinlerin yakıt analizleri yapılmış ve motor testleri gerçekleştirilerek motorine benzer yakıt özellikleri ve motor performanslarına sahip oldukları belirlenmiştir.

Ulusoy (1999) tarafından yapılan çalışmada, ayçiçeği, kolza, pamuk ve soya yağlarının dizel yakıtı ile %25, %50 ve %75lik oranlardaki karışımlarının motor yakıtı olarak kullanım olanaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, tek silindirli, ön yanma odalı, 4 zamanlı ve 8kW gücünde bir Pancar motor E-89 modeli bir dizel motoru kullanılmıştır. Ayrıca çalışmanın ikinci aşamasında, yakıt olarak sadece nötr ayçiçeği yağı kullanılmış ve deneyler deneme motorunu püskürtme avansı değiştirilerek

yapılmıştır. Ulusoy' a göre bitkisel yakıt–dizel yakıt karışımlarının ele alınan karışım oranları için içten yanmalı motorlarda, dizel yakıtı yerine motorda değişiklik yapmaksızın doğrudan kullanılabilir özelliklere sahip oldukları gösterilmiştir. Ayrıca en uygun motor performans değerleri motorun orijinal avans ayarında elde edilmiştir.

Ertekin (1995) tarafından yapılan çalışmada, kolza yağı- metanol transesterifikasyon reaksiyonu ürün karışımının rafinasyonu incelenmiştir. Yapılan teorik çalışma ile koza yağı, biyodizel üretimi ve özellikle rafinasyon aşaması irdelenmiştir. Deneysel çalışmada ise ham ve nötrale kolza yağı tanımlanmış, nötrale kolza yağı-metanol transesterifikasyon reaksiyonu %97,32 ester verimi ile gerçekleştirilmiştir. Bu reaksiyonun ürün karışımından saf biyodizel için; sıcak su ile yıkama, petrol eteri ve suyla yıkama, sülfürik asitle nötralleştirme rafinasyon yöntemleri denemiş ve en uygun rafinasyon yöntemi olarak 50°C de sıcak suyla yıkama yöntemi seçilmiştir.

Güner (1990) tarafından yapılan çalışmada kullanılmış kızartma yağları metil alkol ile alkoliz reaksiyonuna sokulmuş ve elde edilen ürünün özellikleri dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılmış kızartma yağı ve %99,9'luk saf metanol kullanılmıştır. Alkoliz reaksiyonu 6:1 mol oranında alkol: yağ karışımı ve yağın ağırlıkça % 0,1'i kadar NaOH eklenerek normal basınçta gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon ortam sıcaklığında başlatılmış ve alkolün kaynama sıcaklığında (64°C) yürütülmüştür. Toplam reaksiyon süresi bir saattir. Elde edilen ürün ve bu ürünün dizel yakıtı ile karışımlarının yakıt özellikleri incelenmiş ve bu özelliklerin Petrol Ofisi Garanti Spesifikasyonları ile karşılaştırılması sonucu bu ürünün dizel yakıtı alternatifi olabileceği saptanmıştır.

Ham ayçiçeği yağından metil ester üretimi ve 4 silindirli, direkt enjeksiyonlu, 4 kurslu 55kW gücünde bir turbo dizel motorunda ayçiçeği yağı metil esterinin alternatif yakıt olarak kullanımı deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmada, dizel ve ayçiçeği yağı metil esteri, yakıt olarak kullanılmış ve test motoru 14 farklı devir ile tam yükte çalıştırılarak sonuçları irdelenmiştir. Motor performans eğrileri ve emisyon değerleri çıkartılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, ayçiçeği yağı metil esteri performans değerlerinin, dizel yakıtına benzer özellikler taşıdığını ve alternatif yakıt olarak kullanılabilirliğini göstermiştir (Kaplan, 2001).

Çildir (2003) tarafında yapılan çalışmada, alternatif dizel motor yakıtı olarak kullanılabilen bitkisel yağlardan; ayçiçeği yağı, mısır yağı, kolza yağının metil

esterlerinin üretimleri transesterifikasyon kimyasal yöntemi ile laboratuvar şartlarında katalizör miktarı ve alkol miktarı değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üretimi yapılan esterlerin esterleşme oranları, gliserin miktarları, kinematik viskoziteleri, yoğunlukları, akma noktaları, asit numaraları, parlama noktaları incelenmiştir. Üretimi yapılan esterlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilgili eğriler çıkartılarak karşılaştırma yapılmıştır. Çildir'e göre; ayçiçeği, kolza, mısır yağlarından elde edilen metil esterlerin akma noktasındaki problemin giderilmesinden sonra dizel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanılabilceğini gösterilmiştir.

Cansız (2004) tarafından yapılan çalışmada, Bursa'da faaliyet gösteren AYT (Alternatif Yakıt Teknolojileri) adlı şirketten temin edilen biyodizel ve piyasadan temin edilen motorin 1 silindirli motorda temel yakıt olarak kullanılmış ve çeşitli testler yapılmıştır. Sonuç olarak; kullanılan yakıtların verim, efektif basınç, güç, hidrokarbon, karbon monoksit, karbondioksit, azot oksit emisyonları değerlerinde farklılıklar gözlenmiştir.

Şahin (2005) tarafından yapılan çalışmada, alternatif yakıt ve alternatif tahrik sistemlerinden; doğal gaz, etanol, metanol, biyodizel, hidrojen, elektrik, yakıt pili, P-serileri tanıtılmıştır. Deneysel çalışmada üretilen fındık izopropil ester, dört zamanlı bir dizel motorunda test edilmiş, elde edilen sonuçlar aynı motorda motorin yakıtı kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Test sonuçları, fındık izopropil esterle çalışma durumunda, motorine göre daha düşük CO ve HC emisyonlarının elde edildiğini göstermektedir. Ancak fındık izopropil ester kullanımı durumunda NO_x emisyonlarının ve CO₂ emisyonunun motorine göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Motor momentini ve motor gücünde de fındık izopropil ester kullanımı ile motorin yakıtına göre düşüş gözlenmiştir. Ayrıca hava debisi ve özgül yakıt tüketimi de motorine göre artmıştır.

Şengil (2005) tarafından yapılan çalışmada, rafine edilmiş yemeklik palm olein-soya karışımı yağın etil ve metil esterleri ile ticari dizel yakıtı tek silindirli dizel motorda, motor performansı ve egzoz emisyonu parametreleri belirlenmek amacıyla teste tabi tutulmuştur. Deney motoru her 3 yakıt ile tam yük değişik devirlerde test edilmiştir. Esterlerin kullanılmasıyla motor momentini ve gücünde bir miktar düşüş, özgül yakıt tüketiminde artışlar görülmüştür. Emisyon parametreleri açısından avantajlı olduğu, CO ve HC emisyonlarındaki düşme sebebiyle tespit edilmiştir. NO ve NO_x emisyonlarında ise biyodizel kullanımıyla artış gözlenmiştir. Metil esterinin CO₂ emisyonları da dizel

yakıtına göre düşük çıkmıştır. Ayrıca yapılan deneyler esnasında, motorda biyodizel yakıldığında egzoz dumanının beyaz renkte çıktığı gözle tespit edilmiştir.

Dizel motorunda alternatif yakıt olarak kullanılmak üzere ham fındık yağından fındık yağı etil esteri ve bunların belirli oranlardaki karışımları tek silindirli bir dizel motorunda kullanılmıştır. Her yakıt için deney motoru, değişik yük ve devirlerde çalıştırılarak performans ve emisyon değerleri alınmıştır. Değerlendirildiğinde; %25FE+%75M ve %50FE+%50M içeren karışım yakıtlarının motor momenti ve güç değerleri motorine göre yüksek çıkmıştır. Bu durum fındık yağı esterinin ısı değerinin motorine göre daha yüksek olmasının bir sonucudur. %75 FE içeren karışım yakıtı ile %100FE kullanıldığında deney motoru düzensiz çalıştığından ölçümler yapılamamıştır. Motorun düzensiz çalışmasına fındık yağı esterinin düşük viskozitesi sebep olduğu, egzoz gazı sıcaklık değerlerinin, karışım yakıtlarındaki fındık yağı ester oranı arttıkça arttığı görülmüş ve bu durum yakıtların ısı değerlerine bağlanmıştır. Emisyon değerlerine gelince, karışım yakıtlarının kullanılması durumunda ölçülen NO_x, CO₂ ve CO değerleri motorine göre yüksek çıkmıştır. Özellikle CO değerleri, karışımdaki FE artısına bağlı olarak anormal şekilde yükselmiştir (Keven, 2005).

He ve Bao (2002), kolza yağı ve dizel yakıtı karışımını (%30 kolza yağı + %70 dizel yakıtı) yakıt olarak tek silindirli bir dizel motorunda denemişlerdir. Çalışmalarında, dizel motor için alternatif yakıt kaynağı olarak kolza yağının umut verici olduğunu ve motor yapısında hiçbir değişiklik yapmadan dizel yakıtı olarak kullanılabileceğini, fakat kolza yağının yüksek viskozitesinin onu geniş çaptaki uygulamalardan alıkoyan çok önemli bir problem olduğunu belirtmişlerdir

Puhan vd, (2005) tarafından yapılan çalışmada sülfürik asit katalizör olarak kullanılarak transesterifikasyon yoluyla mahua (Hindistan' a özgü bir ağaç) yağı etil esteri üretilmiş ve 4 zamanlı doğal emmeli direkt püskürtmeli dizel motorunda 1500 rpm sabit hızında farklı efektif basınçlarda test edilmiştir. Sonuçlar mahua yağı etil esteri termal verimliliğinin dizelin termal verimliliği ile kıyaslanabilir olduğunu göstermiş ve dizel için bu değer % 26,36 iken mahua yağı etil esteri için % 26,42 çıkmıştır. CO emisyonları, hidrokarbonlar, nitrojen oksitleri ve Bosch duman sayısı dizel yakıtı ile kıyaslandığında mahua yağı etil esteri için emisyonlar azalmıştır. Bu çalışmaya dayanılarak mahua yağı etil esteri dizele alternatif olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

1.1.6 Amaç ve Kapsam

Biyodizel dizel yakıtına alternatif olabilecek ve hala üzerinde geliştirmeler yapılarak emisyon değerleri bakımından dizelden daha iyi, motor performansı açısından dizel yakıtına yakın bir yakıttır. Çeşitli yağlardan biyodizel üretilebilmektedir ancak her yağdan yeterli performans alınamamaktadır. Bunun nedeni bitkisel yağların viskozite ve ısıl değerleridir. Bu çalışmada çeşitli yağlardan etil ester üretilip bu esterlerin motor performans ve egzoz emisyonları araştırılarak dizel yakıtına alternatif yakıtlar tespit etmek amaç edinilmiştir.

Ayrıca üretilen esterler farklı oranlarda dizel yakıtıyla karıştırılarak bu esterlerin dizel yakıtına emisyon iyileştirici katkı maddesi olarak ta kullanılabilmesi mümkündür. Bu oranların kendi aralarında karşılaştırılmaları da mümkün olmuştur.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 DeneYlerde Kullanılan Yakıtların Üretimi

DeneYlerde soya yağı, mısır yağı, ayçiçeği yağı ve haşhaş yağı, kullanılmıştır. Bu yağlarda etil alkol yardımı ile esterleştirme işlemi uygulanmıştır. Ayrıca Esterleştirmede kullanılan kimyasallar ve bazı özellikleri Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Esterleştirme işleminde kullanılan kimyasalların çeşitli özellikleri

Kimyasal	Kapalı Formül	Kütlesel Ağırlığı	Yoğunluğu	Kaynama Noktası
Toluen	C ₇ H ₈	91,140gr/mol	0,87gr/mol	111°C
n-Hegzan	C ₆ H ₁₄	86,160gr/mol	0,66gr/mol	69 °C
Sodyum sülfat	Na ₂ SO ₄	142,040gr/mol	-	-
Sülfürik Asit	H ₂ SO ₄	498,078gr/mol	1,84gr/mol	-
Sodyum bikarbonat	NaHCO ₃	-	-	-
Sodyum klorür	NaCl	58,442gr/mol	-	-

Esterleştirme işlemi için yapılan işlemler aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

1. 1 litre bitkisel yağ ile yarım litre toluen (C₇H₈) karıştırılmıştır. Bu işlem yağı çözmek için yapılmıştır.
2. Toluenle çözülen bitkisel yağ 5 litrelik bir deney kabına aktarılmıştır. Diğer taraftan 1 litre yağın için 1 litre % 1'lik sülfürik asit ihtiva eden etanol hazırlanmıştır. Yani % 99 etil alkol ile % 1 sülfürik asit karıştırılmıştır. Bu karışım toluenle çözülen yağ ile 5 litrelik deney kabında karıştırılmıştır.
3. Karışımın bulunduğu deney kabı sıkıca kapatılmıştır. Daha önce deney kabının kapağına sızdırmaz bir şekilde yerleştirilen hortumun diğer ucu dış ortama bırakılmıştır.
4. Hazırlanan bu deney kabı 60 °C'lik su banyosunda yaklaşık olarak 8 saat ısıtılarak bekletilmıştir. Bu işlem Resim 2.1'de gösterilmıştir.



Resim 2.1 Karışımın 8 saat boyunca 60°C de sabit sıcaklıkta tutulması

5. Su banyosundan alınan karışım oda sıcaklığına gelene kadar bekletilmiştir. Sonra bu karışımın içerisine %5'lik sodyum klorür karıştırılmıştır. %5'lik sodyum klorür, %95 su ile %5 sodyum klorür karıştırılarak elde edilmiştir. 1 litre yağ için 2 litre sofr tuzu çözeltisi kullanılmıştır.

6. Sonra karışıma 1 litre yağ için 2 litre n-hegzan (C_6H_{14}) ilave edilmiş ve karışım iyice karıştırılmıştır. Bu işlem faz oluşturmak için yapılmıştır. Daha sonra karışım, faz oluşumu için bir süre bekletilmiştir. Faz oluşumu Resim 2.2'de gösterilmiştir.



Resim 2.2 Karışımın dinlendirilmesinden sonraki alt ve üst faz oluşumu

7. Alt faz ve üst faz olmak üzere iki faz oluşmuştur. Bu durum alt faz ve üst faz, ayırma hunisi ile ayrılmıştır. Üst fazlar bir kaba konulmuştur. Alt fazlar ise herhangi bir işlem yapılmadan atılmıştır.

8. Üst faza yağın hacmi kadar %2'lik sodyum bikarbonat çözeltisi ilave edildikten sonra iyice karıştırılmıştır. Karışım fazların ayrılmasına ve dinlenmeye bırakılmıştır. Yağ asitlerinin korozif etkilerini gidermek için sodyum bikarbonat çözeltisi kullanılmıştır. Dinlenmeye bırakılan esterde bulunan asit ve diğer maddeler kabın dibine çökmüştür.

9. Fazlar oluşuktan sonra alt faz ayırma hunisi yardımı ile atılmıştır. Daha sonra elde edilen esterin motorda daha iyi yanması için sudan temizlenmesi gerekir. Bunun için üstteki ester fazına susuz sodyum sülfat ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Sonuçta üst faz kurutulmuştur.

10. Elde edilen etil ester karışımı kâğıt süzgeçten geçirilerek sodyum sülfattan temizlenmiş ve bitkisel yağın etil esteri elde edilmiştir. Bu durum Resim 2.3'de görülmektedir.



Resim 2.3 Elde edilen yakıtın süzülmesi

Bu işlemlerden sonra elde edilen numune ürünlerin analizi sonucunda Çizelge 2.2. deki değerler elde edilmiştir.

Çizelge 2.2 Analizler sonucu elde edilen değerlerin DIN EN 14214 standardı ile karşılaştırılması

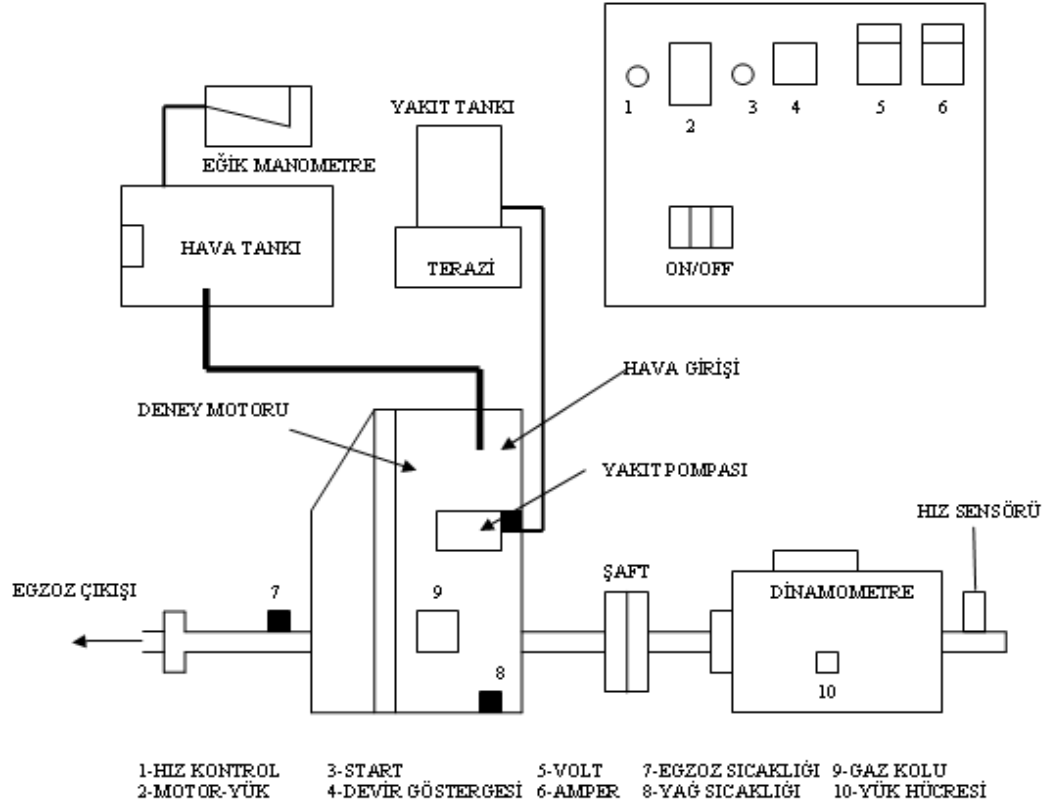
Yağlar		Yoğunluk	Viskozite(a)	Isıl Değer	Parlama noktası
Ayçiçeği Yağı Etil Esteri		789kg/m ³	1,65 mm ² /sn	41.390kJ/kg	33°C
Soya Yağı Etil Esteri		805kg/m ³	1,84 mm ² /sn	39.550kJ/kg	<30°C
Mısırözü Yağı Etil Esteri		810kg/m ³	2,54 mm ² /sn	40.600 kJ/kg	<30°C
Haşhaş Yağı Etil steri		824kg/m ³	3,81 mm ² /sn	36.840kJ/kg	35°C
2 Nolu Dizel Yakıtı		815 kg/m ³	2,5 mm ² /sn	43.350kJ/kg	58°C
DIN EN 14214	minimum	860 kg/m ³	3,5 mm ² /sn	-	120°C
	maksimum	900 kg/m ³	5 mm ² /sn	-	-

(a) 40°C de ölçülmüştür.

2.2 Deneysel Çalışma

2.2.1 Kullanılan Donanım

Motor deneyleri, özellikleri Çizelge 2.3' de verilen tek silindirli Lombardini marka 6LD 400 seri numaralı dizel motorunda gerçekleştirilmiştir. Motor elektrikli bir dinamometreye bağlıdır. Motor miline bağlı şaft vasıtasıyla dönen dinamometrenin yüklenmesi yük hücresi ile sağlanmaktadır. Dizel motorundan elde edilen kuvvet dinamometrenin 0,38 m mesafesinde çalışan ve istenildiğinde kalibre edilen 0,01kg hassasiyetli dijital yük hücresi yardımıyla ölçülmüştür. 0,025 m orifis giriş çapındaki hava tankından hava tüketimini ölçmek için eğik manometreden faydalanılmıştır. Yakıt ölçümü 2 gram hassasiyetli elektronik terazide, yakıt tüketimi ölçümü dijital 0,01sn hassasiyetindeki kronometre ile yapılmıştır. Deney tesisatının şematik görünümü Şekil 2.1' de verilmiştir.



Şekil 2.1 Deney tesisatının şematik görünümü

Çizelge 2.3 Deney motorun teknik özellikleri

Marka model	Lombardinı 6LD 400
Çalışma prensibi	4 zamanlı direkt enjeksiyonlu
Silindir çapı	86mm
Strok	68mm
Silindir sayısı	1
Silindir hacmi	395cm ³
Sıkıştırma oranı	18:1
Maksimum tork	20NM(2200d/dak)
Enjektör püskürtme basıncı	200 bar
Minimum yağ basıncı	1-1,5 kg/ cm ³

Ayrıca motor deneylerinde egzoz emisyon ölçümleri yapılmıştır. Bu amaçla Çizelge 2.4'te teknik özellikleri ve Resim 2.4'de görülen emisyon ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ayrıca is emisyonları içinde Resim 2.5'te görülen Bosch BEA 350 EU model emisyon cihazı kullanılmıştır.

Çizelge 2.4 Spac gaz analiz cihazı çalışma özellikleri

Ölçülen gaz	Ölçüm aralığı	Hassasiyet
CO	0-9,99 (%)	$\pm 0,01$ (%)
CO ₂	0-19,99 (%)	$\pm 0,01$ (%)
HC	0-2500 (ppm)	± 1 (ppm)
NO _x	0-2000 (ppm)	± 1 (ppm)



Resim 2.4 Spac gaz analiz cihazı



Resim 2.5 Bosch egzoz emisyon ölçüm cihazı

2.2.2 Deneylerin Yapılışı ve Çalışma Aralığı

Deneyler yapılırken etil ester yöntemiyle üretilen yakıtlar; Ayçiçeği yağı etil esteri (A.Y.E.E.), soya yağı etil esteri (S.Y.E.E.), mısırözü yağı etil esteri (M.Y.E.E.) ve haşhaş yağı etil esteri (H.Y.E.E.) olarak adlandırılmıştır. Etil esteri üretilen bu bitkisel yağlar rafine edilmiş yemeklik yağ olarak temin edilmiştir. Üretilen bu etil ester yakıtlar dizel yakıtı (D.Y.) ile çeşitli oranlarda karıştırılarak yeni yakıtlar elde edilmiştir. Bu oranlar: %5 etil ester + %95 D.Y., %20 etil ester + %80 D.Y., %50 etil ester + %50 D.Y. ve % 100 etil esterdir. Hacimsel olarak hazırlanan bu karışımlar 1200 d/dak, 1600 d/dak, 2000 d/dak, 2400 d/dak, 2800 d/dak ve 3200 d/dak devir değerlerinde denenmiştir. Deneylere başlarken dinamometre önce D.Y. ile motor kararlı hale gelene kadar çalıştırılmış ve daha sonra diğer karışımlara geçilmiştir. Bu işlem deney sonlarında da motor kararlı hale gelinceye kadar uygulanmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen ve hesaplanan değerler Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 2.5 Deneylerde ölçülen ve hesaplanan değerler

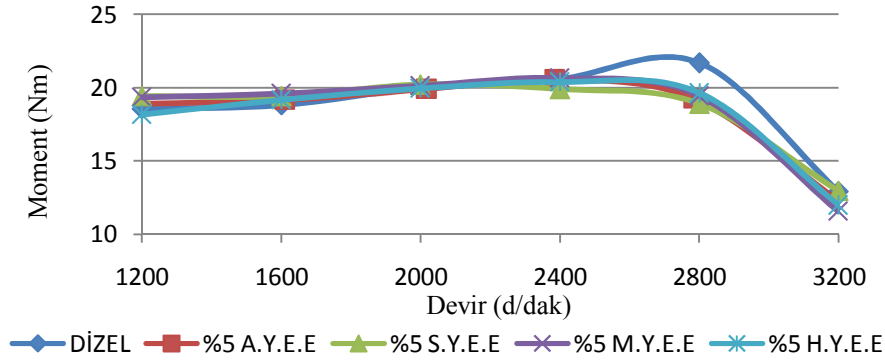
Hesaplanan Değerler	Hesaplanan Değerlerin Formülleri	Ölçülen Değerler
Moment	$Md=m.L(Nm)$	CO ₂
Efektif Güç	$P_e=Md.n/9549,3(kW)$	CO
Ortalama Efektif Basınç (kPa)	$P_{me}=120. P_e /V_H.n(kPa)$	HC
Özgül Yakıt Tüketimi	$b_e=3600.m_y/ P_e.\Delta t(gr/kWh)$	NO _x
		İs

3.BULGULAR

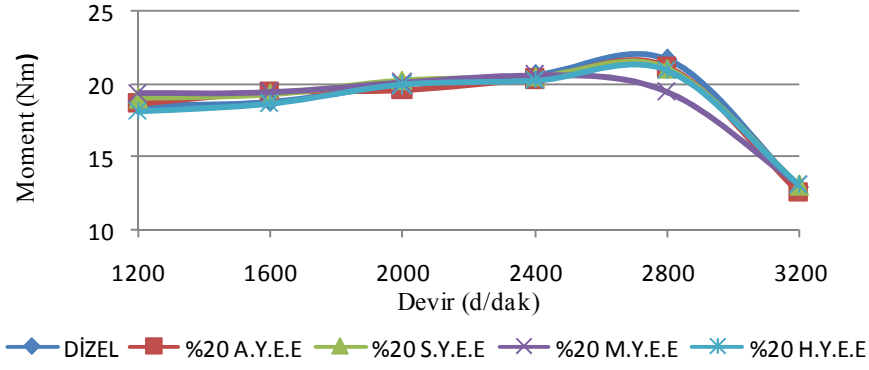
3.1 Motor Performans Değerleri

3.1.1 Moment Grafikleri

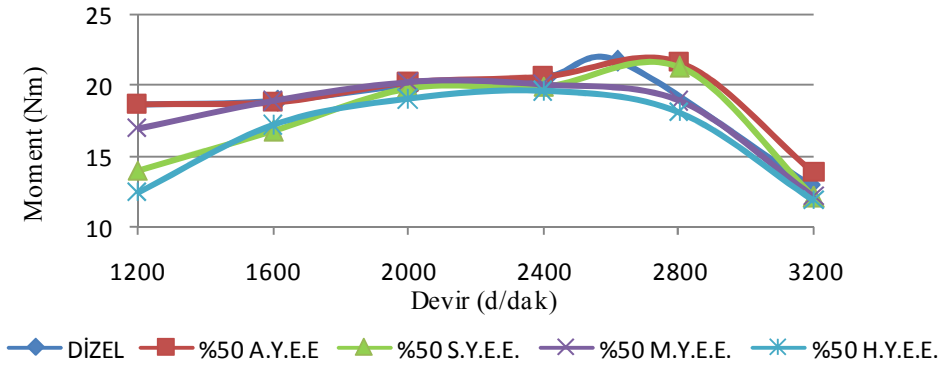
Şekil 3.1’de %5, Şekil 3.2’de %20 ve Şekil 3.3’de %50 etil ester yakıt kullanımı durumlarında motor devrine bağlı olarak elde edilen motor moment grafikleri görülmektedir. Etil esterlerin tüm devirlerde dizel yakıtına göre çok az bir moment düşümü ile çalıştığı görülmektedir. Grafikler incelendiğinde maksimum moment değerinin dizel yakıtı için 2800 d/dak’da 21,68 Nm, H.Y.E.E. için 2800 d/dak’da 20,37Nm, S.Y.E.E. için 2800 d/dak’da 21,23 Nm, A.Y.E.E. için 2800 d/dak’da 21,14 Nm ve M.Y.E.E. için de 2400d/dak’da 20,64Nm olarak görülmektedir. Bütün ölçüm yapılan devirlerde D.Y.’nin esterlerden daha fazla moment ürettiği görülmüştür. Esterler kendi arasında kıyaslandığında ise A.Y.E.E. ile S.Y.E.E.’nin daha avantajlı olduğu görülmektedir. Grafiklerden de anlaşıldığı gibi en yüksek moment %5 karışimli etil esterlerden elde edilmiştir.



Şekil 3.1 Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.’nin moment değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması.



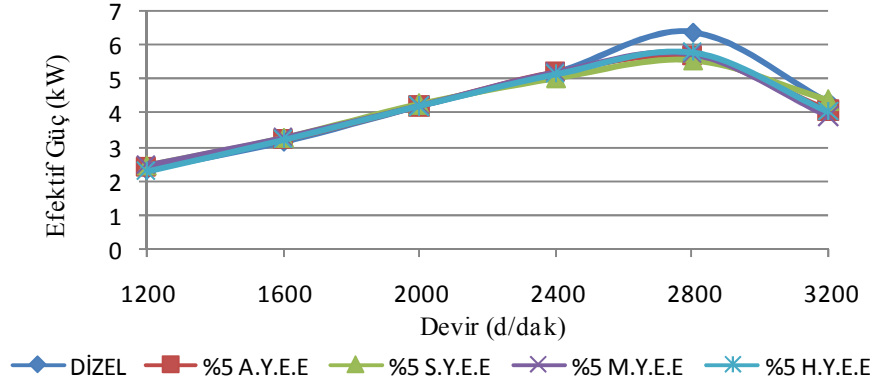
Şekil 3.2 Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin moment değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması.



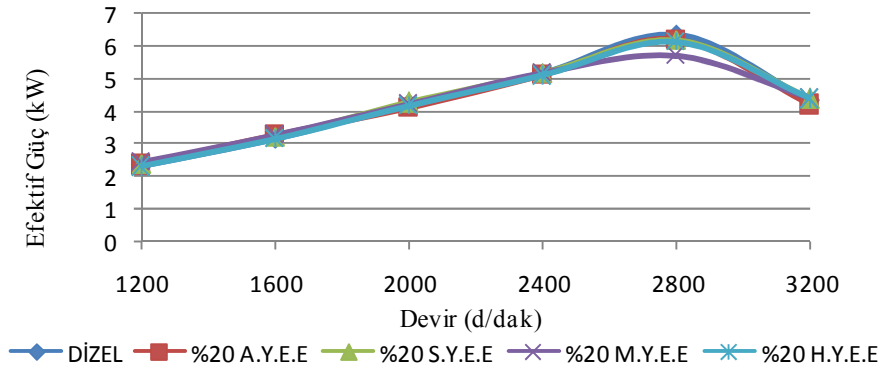
Şekil 3.3 Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin moment değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması.

3.1.2 Efektif Güç Grafikleri

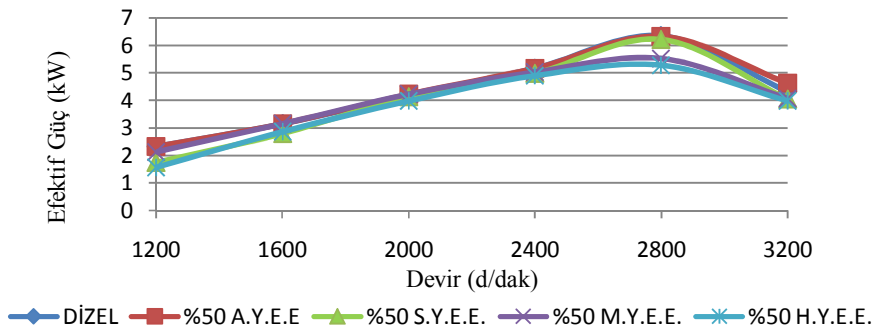
Motor gücü grafiklerinde dizel yakıtı bütün devirlerde etil esterlerden daha fazla güç üretmiştir. Maksimum güç değerleri de maksimum moment değerleri gibi 2800d/dak'da üretilmiş olup D.Y. için 6,35kW, S.Y.E.E. için 6,22kW, A.Y.E.E. için 6,2kW, H.Y.E.E. için 6,14kW, ve M.Y.E.E. için 5,7kW olarak oluşmuştur. Etil esterler içerisinde en yüksek güç S.Y.E.E.'nde elde edilmiştir. Tüm yakıtlar için hesaplanan en yüksek güç Şekil 3.5' de verilen %20' lik karışım oranlarında elde edilmiştir. Şekil 3.4'de %5, Şekil 3.5'de %20 ve Şekil 3.6'da %50 etil ester yakıt kullanımı durumlarında motor devrine bağlı olarak elde edilen motor efektif güç grafikleri görülmektedir.



Şekil 3.4 Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin efektif güç değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



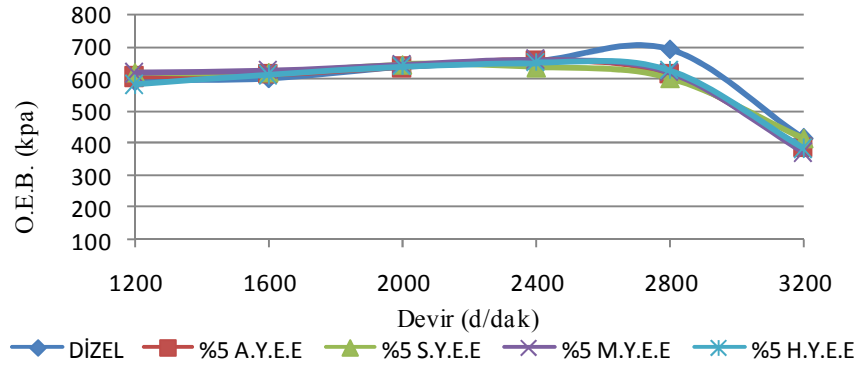
Şekil 3.5 Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin efektif güç değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



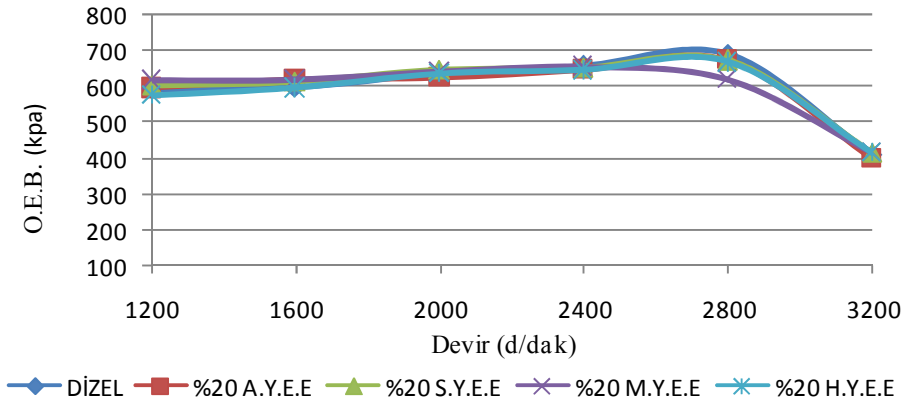
Şekil 3.6 Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin efektif güç değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması

3.1.3 Ortalama Efektif Basınç Grafikleri

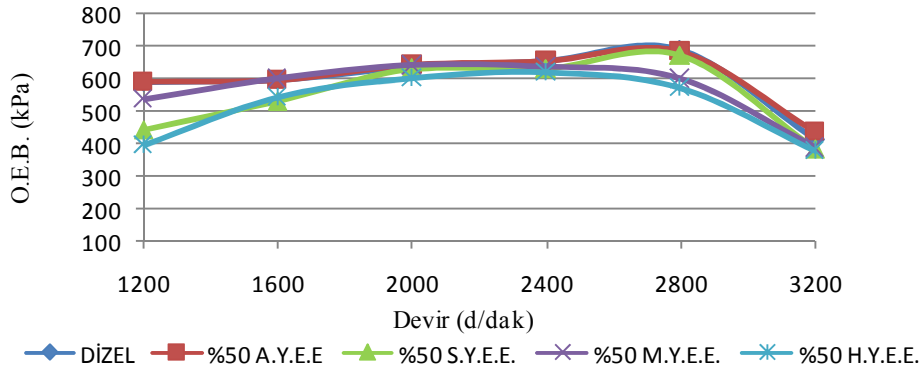
Şekil 3.7, 3.8 ve 3.9’da dizel yakıtı ve etil esterler için motor devrine bağlı olarak ortalama efektif basınç değişim grafikleri görülmektedir. O.E.B. değerleri %5, %20, %50 karışım oranları için hazırlanan grafiklerde motor momenti grafiklerine benzer çıkmış olup dizel yakıtı bütün devirlerde etil esterlerden daha fazla O.E.B. üretmiştir. D.Y., S.Y.E.E, A.Y.E.E., M.Y.E.E ve H.Y.E.E.’nde 2800 d/dak’da maksimum O.E.B. sırasıyla 689,75kPa, 675,4kPa, 672,73kPa ve 669,9kPa olarak elde edilmiştir. Grafikler incelendiğinde maksimum O.E.B.’in %50’lik etil ester karışımlarında S.Y.E.E. 2800d/dak’da 675,4 kPa olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.7 Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.’nin ortalama efektif basınç değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



Şekil 3.8 Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.’nin ortalama efektif basınç değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması

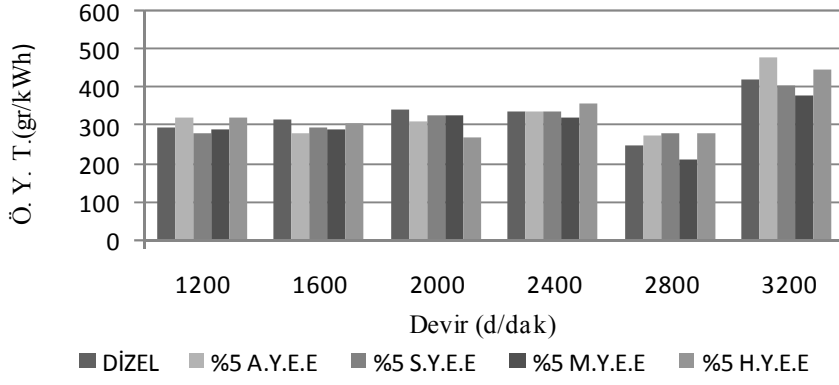


Şekil 3.9 Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin ortalama efektif basınç değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması

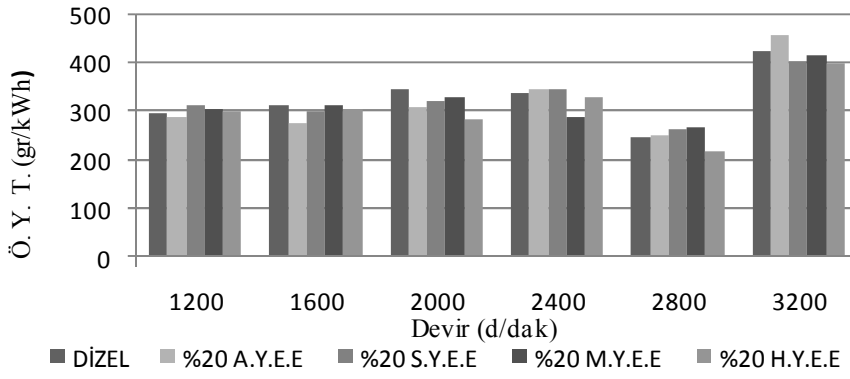
3.1.4 Özgül Yakıt Tüketimi

Şekil 3.10, 3.11 ve 3.12'de dizel yakıtı ve etil esterler için motor devrine bağlı olarak özgül yakıt değişim grafikleri görülmektedir. 2400 d/dak'dan sonra Ö.Y.T. değerlerinde düşüş gözlenmiştir. %5 karışım oranının olduğu grafikte de görüldüğü gibi, S.Y.E.E.'nin Ö.Y.T. değeri diğer yakıtlara göre daha yüksektir. D.Y. ve etil ester yakıtların en yüksek Ö.Y.T. değerleri 3200 d/dak'da çıkmıştır. En yüksek Ö.Y.T. değerini %5 karışimli grafikte A.Y.E.E. 3200 d/dak'da 481,049gr/kWh değeri ile elde etmiştir. En düşük Ö.Y.T. değerini ise %50'lik karışım grafiğinde H.Y.E.E. 2800 d/dak'da 184,131 gr/kWh değeri ile elde etmiştir.

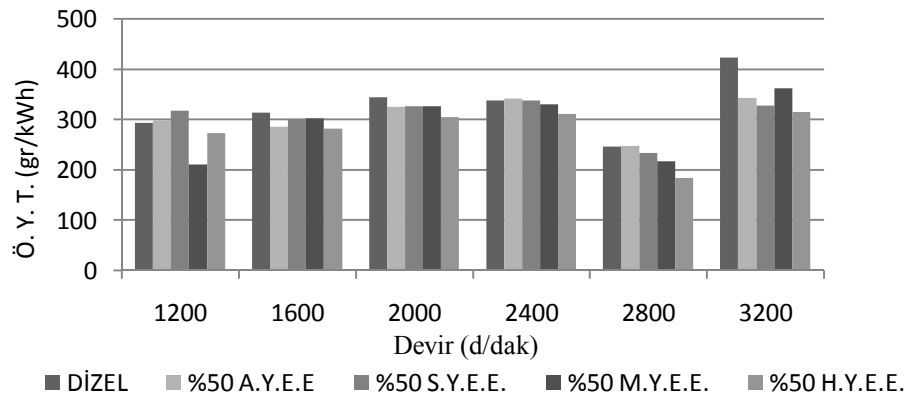
En düşük devir sayısı olan 1200 d/dak'da en yüksek Ö.Y.T. değerini A.Y.E.E. 318,794gr/kWh olarak, en düşük Ö.Y.T. değerini ise M.Y.E.E. 211,094gr/kWh olarak vermiştir. %5, %20 ve %50 lik deney grafikleri incelendiğinde D.Y. Ö.Y.T. değerinin etil ester Ö.Y.T. değerlerine yakın çıktığı görülmüştür.



Şekil 3.10 Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin özgül yakıt tüketimi değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



Şekil 3.11 Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin özgül yakıt tüketimi değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



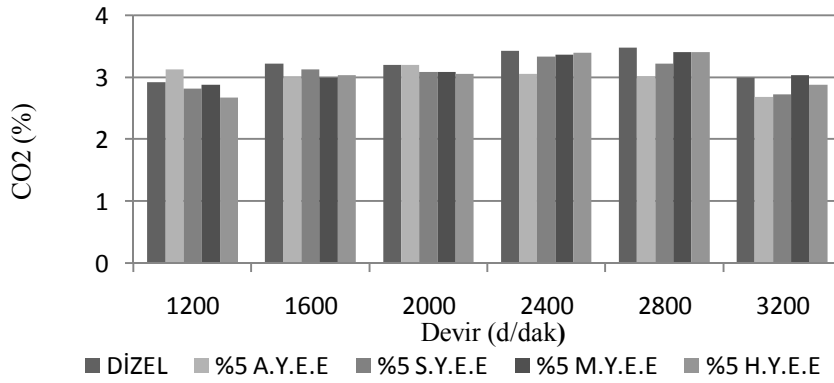
Şekil 3.12 Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin özgül yakıt tüketimi değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması

3.2 Egzoz Emisyon Değerleri

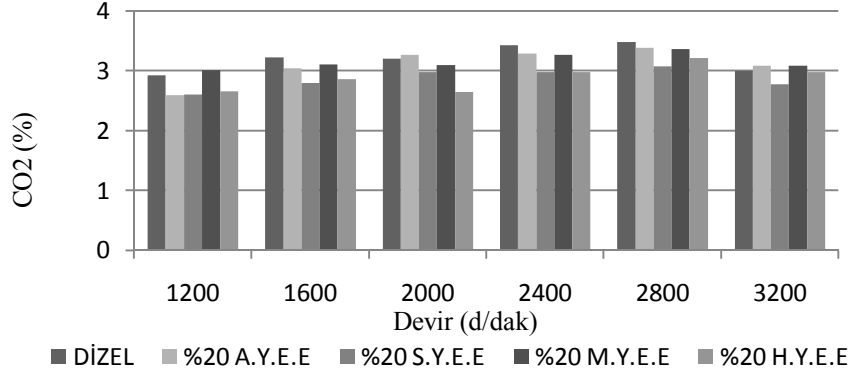
3.2.1 CO₂ Emisyonu Grafikleri

D.Y. ile A.Y.E.E., S.Y.E.E., M.Y.E.E. ve H.Y.E.E. yakıtlarının CO₂ emisyon değerleri Şekil 3.13, Şekil 3.14 ve Şekil 3.15’de görülmektedir. D.Y. ile A.Y.E.E., S.Y.E.E., M.Y.E.E. ve H.Y.E.E. yakıtlarının CO₂ emisyon değerlerine bakıldığında maksimum efektif güç değerlerinin elde edildiği 2800 d/dak’da en yüksek CO₂ emisyonları elde edilmiştir.

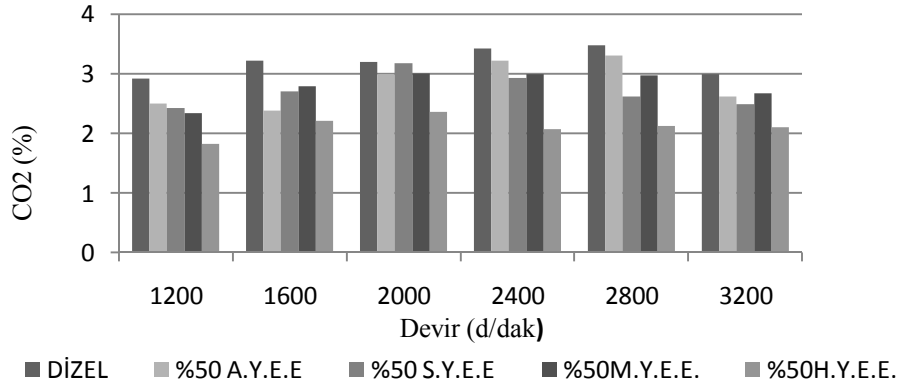
D.Y. ile etil ester karışımlarında bütün devir aralıklarında en yüksek CO₂ emisyon değerini D.Y.’ndan %3,471 olarak elde edilmiştir. Etil esterler arasında en düşük devir olan 1200d/dak’da en yüksek CO₂ emisyonunu A.Y.E.E. %3,125, en düşük CO₂ emisyonunu ise H.Y.E.E. %1,82 olarak vermiştir. Bütün devir sayılarında ölçülen CO₂ emisyonlarına bakıldığında tüm esterlerin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. %5, %20, %50 deney şartlarına bakıldığında M.Y.E.E.’nin diğer esterlerden daha yüksek emisyon değerleri verdiği görülmüştür.



Şekil 3.13 Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y. nin CO₂ değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



Şekil 3.14 Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y. nın CO₂ değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



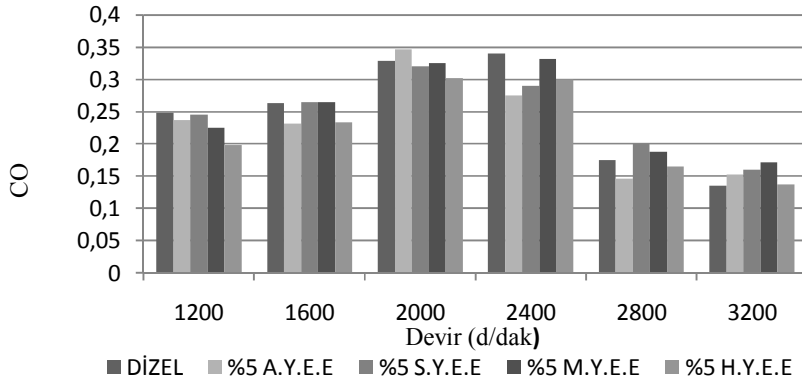
Şekil 3.15 Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y. nın CO₂ değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması

3.2.2 CO Emisyonu Grafikleri

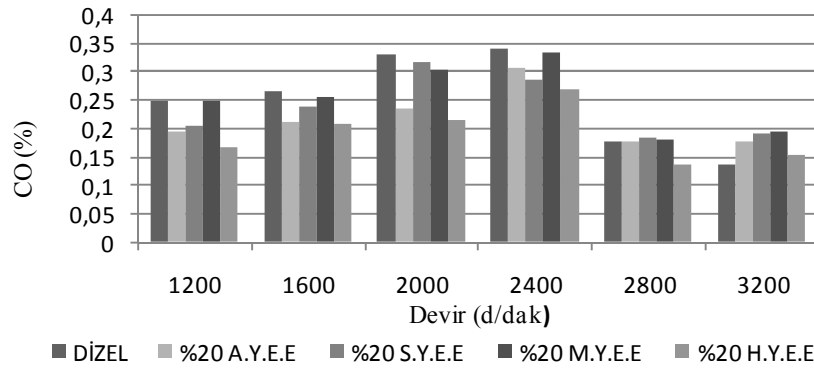
Şekil 3.16, 3.17, 3.18’de D.Y. ile A.Y.E.E., S.Y.E.E., M.Y.E.E. ve H.Y.E.E yakıtlarının motor devrine bağlı olarak elde edilen CO emisyonlarının değişimleri görülmektedir. CO emisyonlarına bakıldığında genel olarak D.Y.’nın egzoz gazları içindeki yüzdesi etil esterlere göre daha yüksek çıkmıştır. Grafiklere bakıldığında devrin artmasıyla birlikte D.Y.’nın CO emisyonlarının düştüğü görülmektedir. 2400d/dak’da M.Y.E.E. ve H.Y.E.E için maksimumum CO emisyon değerleri elde edilirken 3200 d/dak’ da tüm yakıtlar için minimum CO emisyonlarının elde edildiği görülmüştür.

D.Y. ve etil ester karışımlarından elde edilen yakıtlar arasında en yüksek CO emisyon değerleri 1200d/dak ile 2400 d/dak aralığında %5 karışımlarında A.Y.E.E. ve %20 deney şartlarında M.Y.E.E. verirken %50 deney şartlarında ise S.Y.E.E. vermiştir.

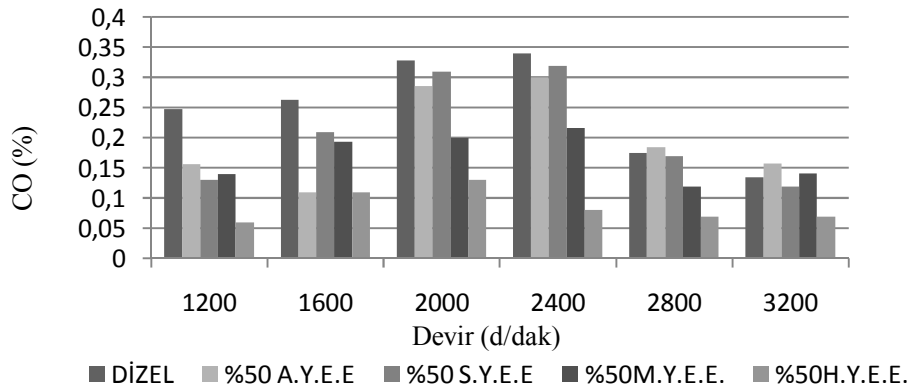
D.Y.-etil ester karışımının karışım oranı arttıkça CO emisyonlarında belirgin bir düşüş meydana gelmiştir.



Şekil 3.16 Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y. nın CO değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



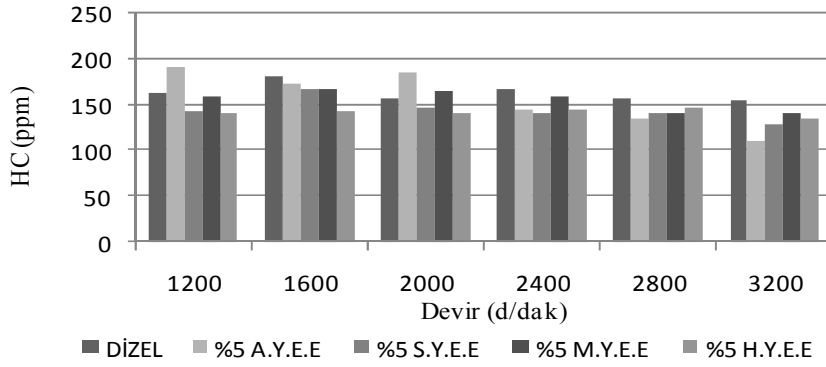
Şekil 3.17 Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nın CO değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması.



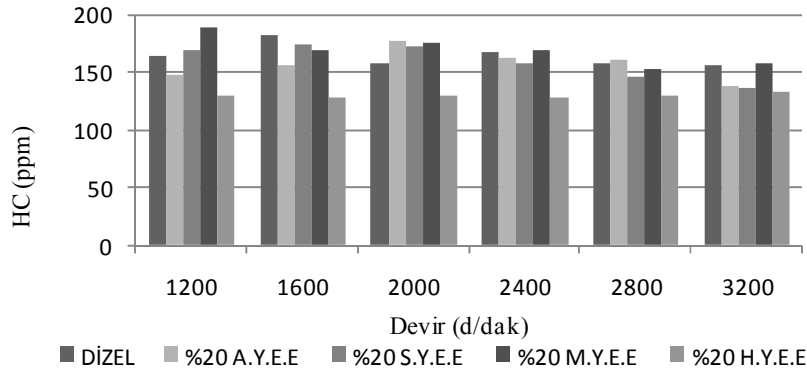
Şekil 3.18 Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.' nın CO değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması

3.2.3 HC Emisyonu Grafikleri

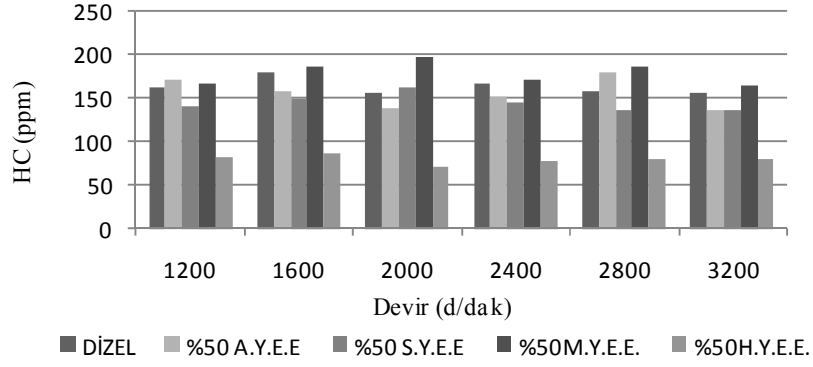
D.Y. ile A.Y.E.E., S.Y.E.E., M.Y.E.E., H.Y.E.E. yakıtlarının motor devrine bağlı olarak HC emisyon değişimleri Şekil 3.19, Şekil 3.20, Şekil 3.21’de gösterilmiştir. D.Y. ile H.Y.E.E., A.Y.E.E., M.Y.E.E. S.Y.E.E. yakıtlarının HC emisyonlarına bakıldığında maksimum moment ve maksimum efektif gücün. elde edildiği 2800 d/dak’da en düşük HC emisyon değerini %5 deney şartlarında A.Y.E.E.’nde 135ppm olarak elde edilirken %20 ve %50 deney şartlarında H.Y.E.E.’nden 129ppm, 80ppm olarak elde edilmiştir. %5 deney şartlarında en yüksek HC emisyon değerini, A.Y.E.E. verirken %20 ve %50 deney şartlarında M.Y.E.E. vermektedir.



Şekil 3.19 Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.’nin HC değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



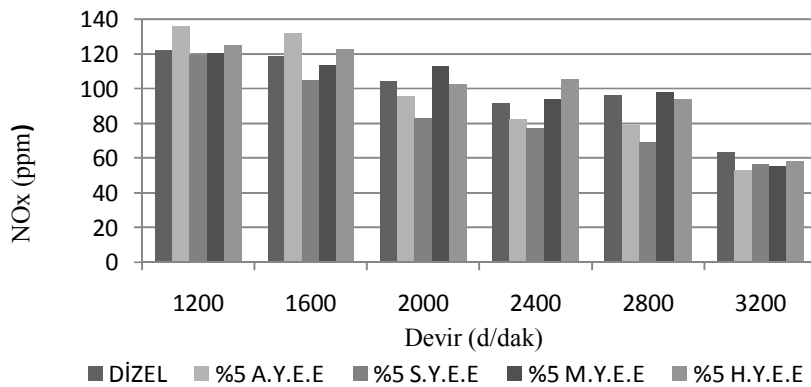
Şekil 3.20 Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.’nin HC değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



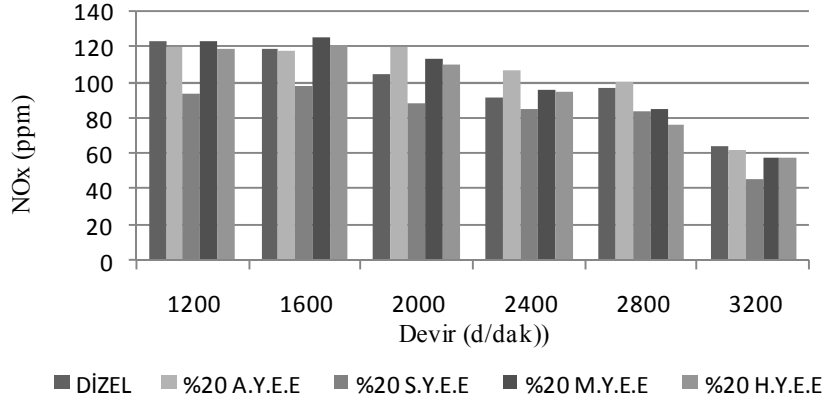
Şekil 3.21 Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin HC değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması

3.2.4 NO_x Emisyonları

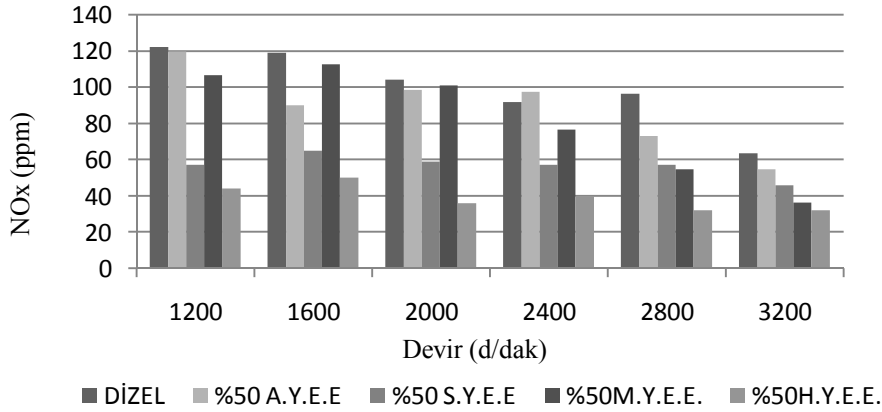
Şekil 3.22, Şekil 3.23, Şekil 3.24' de D.Y. ve etil ester yakıtlarının kullanımı durumunda elde edilen NO_x emisyon değişimi grafikler, görülmektedir. Maksimum NO_x emisyonları D.Y. ve etil esterler için 1200 d/dak da olarak belirlenmiştir. 1200d/dak' da D.Y. 122ppm, NO_x emisyonu üretmiştir. 1200 d/dak' da etil esterler arasında en yüksek NO_x emisyonu 136ppm olarak A.Y.E.E.'nde görülmektedir. Motorun test edildiği devir aralıklarının genelinde etil ester ile elde edilen NO_x emisyonu değerleri D.Y. ile elde edilen NO_x emisyonu değerlerinden daha düşük olmuştur. Tüm yakıtlar için minimum NO_x emisyonu 3200 d/dak' da sağlanmıştır.



Şekil 3.22 Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin NO_x değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



Şekil 3.23 Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin NO_x değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması

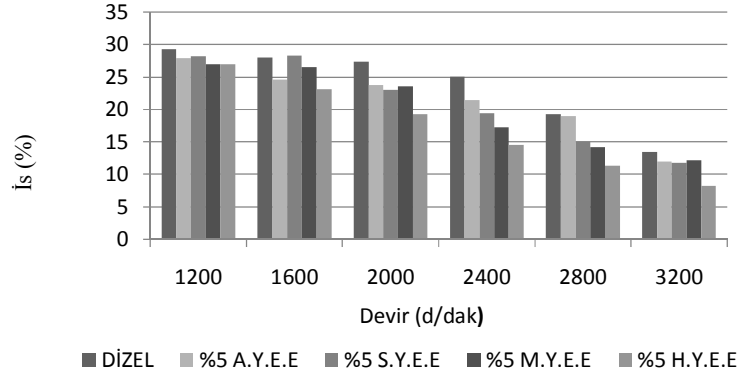


Şekil 4.24 Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin NO_x değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması.

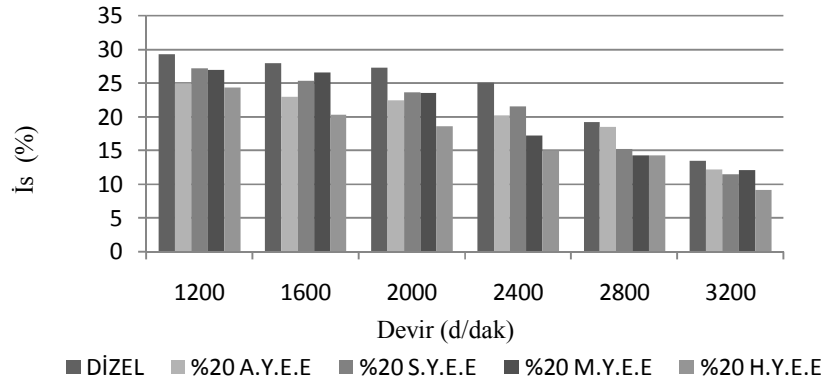
4.2.5 İş Emisyonları

D.Y. ile A.Y.E.E., S.Y.E.E., M.Y.E.E. ve H.Y.E.E. yakıtlarının motor devrine bağlı olarak iş yoğunluğu değişimleri Şekil 3.25, Şekil 3.26, Şekil 3.27'de gösterilmiştir. D.Y. ile etil ester yakıtların iş yoğunluğu değişim grafiğine bakıldığında maksimum motor momenti ve maksimum O.E.B. değerlerinin elde edildiği 2800 d/dak'da, %5, %20 ve %50 deney şartlarındaki minimum iş yoğunluğu değerini esterlerden H.Y.E.E. %11,32, en yüksek iş yoğunluğu değerini ise D.Y. %19,23 olarak vermiştir. En yüksek devir sayısı olan 3200 d/dak'da en yüksek iş yoğunluğu değerini %13,43 ile D.Y., en düşük iş yoğunluğunu ise %5 deney şartlarında % 8,2 ile H.Y.E.E., %20 deney şartlarında %9,1

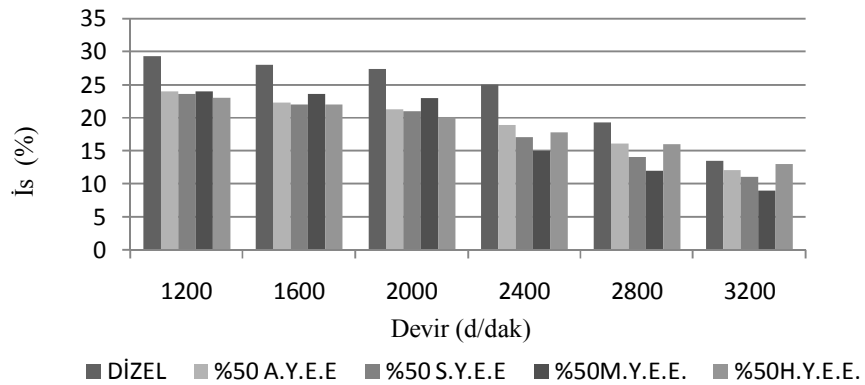
ile H.Y.E.E. ve %50 deney şartlarında ise %9 ile M.Y.E.E. vermiştir. En düşük devir sayısı olan 1200 d/dak'da en yüksek is emisyonu değerini % 29,3 ile D.Y., en düşük is yoğunluğunu ise %23 ile H.Y.E.E. vermiştir.



Şekil 3.25 Tam yükte %5 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin Is değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



Şekil 3.26 Tam yükte %20 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin Is değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması



Şekil 3.27 Tam yükte %50 Etil Ester- D.Y. karışımları ile D.Y.'nin Is değerlerinin devir değişimine göre karşılaştırılması.

4.TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada soya, haşhaş, mısırözü ve ayçiçeği yağları etil esterleştirme yöntemi kullanılarak esterleştirilmiştir. Deneyler sırasında kullanılan Antor 6 LD 400 tipi dizel motorunda hiçbir değişiklik yapılmadan motor performans ve egzoz emisyon değerleri tam yük değişken devir koşullarında incelenmiştir.

%100 etil ester içeren deney şartlarında deney motoru düzensiz çalıştığından ölçümler yapılamamıştır. Motorunun düzensiz çalışmasına bu etil esterlerin düşük parlama noktası ve viskozite değerlerinin sebep olduğu düşünülmüştür.

Deneyler sonucunda tüm karışım oranlarında ve tüm etil ester yakıtlarında motor momenti ve efektif güç değerlerinde, D.Y.'na göre bir düşüş olduğu gözlenmiştir. %5 ve %20 karışım oranlarında tüm etil esterlerin D.Y.'na yakın değerler elde ettiği görülmüştür. Ayrıca etil esterlerin Ö.Y.T. değerlerinde de D.Y.'na göre azda olsa bir artış meydana gelmiştir. Bu artışın sebebi olarak deneylerde kullanılan etil esterlerin düşük viskozite ve D.Y.'na göre daha düşük olan ısı değerlerine sahip olmaları gösterilebilir.

CO₂ emisyonu değerleri tüm motor devirleri ve karışım oranlarında dizel yakıtına göre A.Y.E.E. ve S.Y.E.E.'nde daha düşük, H.Y.E.E. ve M.Y.E.E.'nde daha yüksektir. A.Y.E.E. ve S.Y.E.E.'nin viskozitesi dizel yakıtına yakın, H.Y.E.E. ve M.Y.E.E.'nin viskoziteleri ise daha yüksektir. Özellikle H.Y.E.E.'nin viskozitesi hepsinden yüksektir. Viskozitesi yüksek olan yağların molekül yapılarından dolayı oksijenle tam buluşmadığı ve tam yanma gerçekleşmediği, sonucu olarak CO₂ emisyonu miktarının daha yüksek çıktığı düşünülmektedir.

Etil ester karışımlarının CO emisyonu değerleri düşük devirlerde D.Y.'ndan daha düşük ve devir sayısı yükseldikçe D.Y.'na yakın çıkmıştır. Buna sebep olarak motor devrine bağlı olarak yanma zamanının yeterli olmaması gösterilebilir.

HC ve is emisyonu değerleri her motor devrinde farklı karışım oranları için dizel yakıtına oranla daha düşük çıkmıştır. HC emisyonlarının düşük çıkmasının nedeninin biyodizel yakıtların moleküler yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.

NO_x emisyonu değerleri farklı devirlerde değişiklik göstermekle beraber devir sayısının artmasıyla birlikte genel olarak bir düşüş görülmüştür. NO_x emisyonlarının düşük çıkması, etil esterlerin yüksek viskozitelerinden dolayı iri zerrelili püskürmeleri sonucunda tutuşma gecikmesi periyodunun uzaması ve çevrimde maksimum basınç ve sıcaklığın düşük olmasından ve etil ester yakıtların ısı değerlerinin D.Y.'na göre daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Etil esterlerin NO_x emisyonlarının D.Y.'na göre düşük çıkması olumlu bir sonuçtur.

Farklı karışım oranlarındaki motor performansı ve egzoz emisyonları dizel yakıtına nazaran daha düşük çıkmıştır. Bu durum viskozitenin biyodizel için en önemli parametrelerden biri olduğunu göstermektedir. Bu sonuç etil esterlerin D.Y.'na alternatif olabileceğini göstermekle birlikte düşük viskozite dezavantajını ortadan kaldırmak için D.Y.'na düşük oranlarda karıştırılarak olumlu sonuçlar almak mümkün olabilir.

Motor dinamometresinde yapılan deneysel çalışmalar sırasında etil esterlerin D.Y. ile karıştırılarak ölçümler yapılmıştır. Bu çalışmanın sonunda deney motorunda bazı düzensiz çalışmalar olmuştur. Bu düzensiz çalışmalara sebep olarak kullanılan etil esterlerin yakıt ve yanma odası elemanlarında kimyasal ve yanma sonucu da termomekanik zorlanmalar nedeniyle zarar oluştuğu tespit edilmiştir.

5.KAYNAKLAR

- Akbaş, B., 2005, Ham Fındık Yağının Dizel Motorlarında Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 82s.
- Altın, R., 1998, Bitkisel Yağların Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılmasının Deneysel Olarak incelenmesi, Ankara
- Benlidayı M., 1995, “Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak, Soya Fasulyesi Yağı, Motorin + Soya Fasulyesi Yağı, Motorin + %10 Normal Benzin + Soya Fasulyesi Yağı Emülsiyonlarının Kullanılması ve Motor Performansına Etkileri”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Borat O., Balcı, M. ve Sürmen, A., 1994, İçten Yanmalı Motorlar, İstanbul, Ankara Bursa, 499s.
- Cansız İ. B., 2004, “Bitkisel Yağ Esterinin Dizel Yakıtı Olarak Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Cıgızoğlu K. B., 1996, “Dört Çeşit Bitkisel Yağın Motorin Alternatifi Olarak kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Çengel, Y.A., ve Boles, M.A., 2002, Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik İstanbul, 867s.
- Çildir O., 2003, “Bitkisel Metil Esterlerinden Dizel Motorlar İçin Yakıt Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli
- Ertekin S., 1995, “Biyomotorin Üretiminde Rafinasyon Aşamasının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Georing, C.E., Schwab, B., Daughrt, M.J., Pryde, E.H., Heakin, A.J., 1982, Fuel Properties of Eleven Vegetable Oils, American Society of Agricultural Engineers 0001-2351/82/2506-1472\$02.00.
- Güner F., 1990, “Kullanılmış Kızartma Yağı Ester Ürününün Dizel Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- He, Y., Bao, Y.D., 2002, Study On Rapeseed Oil as Alternative Fuel for a Single-Cylinder Diesel Engine, Renewable Energy 28(2003), 1447-1453p.
- Işığüruna A., Karaosmanoğlu F., Aksoy H. A., 1989, “Bitkisel Yağların Dizel Yakıt Alternatifi Olarak Kullanımı”, Isı Bilimi ve Tekniği 7. Ulusal Kongresi, Ege Üniversitesi, s. 191-196
- Kaplan C., 2001, “Ayçiçek Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli

- Keven A., 2005, “Fındık Yağı Etil Esterinin Dizel Motor Yakıtı olarak kullanılabilirliği” Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- Küçükşahin, F., 1996, Dizel Motorları, İstanbul, 400s
- Mohammed A. A., 1995, “Yakıt Olarak Bazı Bitkisel Yağların Dizel Motor Performansına Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Peker A., 2000, “Benzin ve Dizel Motorların Performansına Alternatif Yakıtların ve Katkı Maddelerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Petrol Ofisi, 1980, Yakıtlar Yağlar
- Puhan, S., Vedaraman, N., Sankaranarayanan, G., Rama, B, V, B., 2005, “Performance and Emission Study of Mahua oil (madhuca indica oil) Ethyl Ester in a 4-Stroke Natural Aspirated Direct Injection Diesel Engine”, Science Direct Renewable Energy, Vol.30, pp.1269–1278.
- Rakopolulos, C.D., 1992, Comparative Performance and Emission Studies When Using Olive Oil as Fuel Supplement in DI and IDI Diesel Engines, Renewable Energy, Vol:2, No:33.
- Ryon, T.W., Bagby, M.O., 1993, Identification of Chemical Changes Occurring Durring the Transiet Injection of Selected Vegetable Oils, SAE Special Publ 958.
- Safgönül, B., Ergeneman, M., Arslan, H.E., ve Sorusbay, C., 1996, İçten Yanmalı Motorlar, İstanbul
- Schwab, A.W., Babgy, M.O., Freedman, B., 1987, Preparation and Properties of Diesel Fuels from Vegetable Oils, Fuel Vol.66, Sayı:10.
- Siphaier A. N., 1990, “Kullanılmış Kızartma Yağın Alternatif Dizel Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi” İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Şahin M. S., 2005,“Fındık Propil Esterle Çalışan Bir Dizel Motorunun Performans ve Emisyon Açısından İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya
- Şan D. Ş., 2006 “Biyodizel Mucizesi”, İzmir Life Dergisi, S.56 Yıl 5, Nisan 2006, Sayfa 42
- Şengil M., 2005, “Karışım Bitkisel Yağ Etil ve Metil Esterinin Dizel Motorlarında Kullanılabilirliğinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya
- Ulusoy Y.,1999, “Ayçiçeği, Kolza, Pamuk ve Soya Yağlarının Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi Üzerine Karşılaştırmalı Bir Araştırma”, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa

Vellguth, G., 1984, Performance of vegetable Oils and Their Monoesters as Fuels for Diesel Engines, SAE Paper No:831358

Yücel, H.L., 1998, Dizel Yakıtına Belli Oranlarda Karıştırılmış Pamuk Yağının Motor Performansı ve Emisyon Karakteristikleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, Elazığ.

İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

[1]www.ressiad.org.tr/makaleler.php

03.05.2006

6.ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Can GÖK
Doğum Yeri	İZMİR
Doğum Tarihi	14.10.1983
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dili	İngilizce

	Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise	İzmir Anadolu Meslek Lisesi (1997-2001)
Lisans	Fırat Üniversitesi.Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Öğretmenliği (2001-2005)
Yüksek Lisans	Afyon Kocatepe Üniversitesi, Makine Eğitimi (2005-2008)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl aralığı