

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

**BİYOETANOL, METİL ESTER VE DİZEL YAKIT KARIŞIMLARININ  
DİZEL MOTORLARDA KULLANIMININ MOTOR PERFORMANSINA  
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

**Hakan Emre BAYDAN**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**  
**Konya, 2008**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hidayet OĞUZ**

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİYOETANOL, METİL ESTER VE DİZEL YAKIT KARIŞIMLARININ  
DİZEL MOTORLARDA KULLANIMININ MOTOR PERFORMANSINA  
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

**Hakan Emre BAYDAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA EĞİTİMİ  
OTOMOTİV ANABİLİM DALI**

Bu tez 29/07/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği /  
oyçokluğu ile kabul edilmiştir

.....

**Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU**

(Üye)

.....

.....

**Yrd. Doç. Dr. Hidayet OĞUZ**

(Danışman)

**Yrd. Doç. Dr. Ali KAHRAMAN**

(Üye)

**ÖZET**  
**Yüksek Lisans Tezi**

**BİYOETANOL, METİL ESTER VE DİZEL YAKIT KARIŞIMLARININ  
DİZEL MOTORLARDA KULLANIMININ MOTOR PERFORMANSINA  
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

**Hakan Emre BAYDAN**  
**Selçuk Üniversitesi**  
**Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Makine Eğitimi Otomotiv Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hidayet OĞUZ**

**2008, 65 Sayfa**

**Jüri:**  
**Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU**  
**Yrd. Doç. Dr. Hidayet OĞUZ**  
**Yrd. Doç. Dr. Ali KAHRAMAN**

ABD ve AB ülkelerinde özellikle 1990 yılından sonra başlayan “Temiz Enerji” hareketleri sayesinde, petrole bağımlılığı azaltmak üzere pek çok bilimsel çalışma yapılmış ve yasal düzenlemelerle yeni enerji politikaları oluşturulmuştur. Fosil kökenli yakıtların, özellikle benzin ve motorinin egzoz emisyonları açısından çevreye olan olumsuz etkileri ve küresel ısınmanın artmasına neden olmaları da, temiz enerji kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Geleneksel enerji kaynakları rezervlerinin azalmakta olması ve petrol rezervlerinin yakın bir gelecekte tükeneceği bilinen bir gerçektir. Hızla artan nüfus ve endüstrileşmede düşünüldüğünde yeni ve acil önlemlerin alınması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Motorin ile düşük oranlarda biyoetanol kullanımı 1980’li yıllardan bu yana artmaya başlamıştır. Ethanol-dizel karışımları genel olarak E-Dizel ismiyle anılmaktadır Buradaki amaç petrole bağımlılığı azaltmak ve emisyon değerlerini düşürmektir. Ancak biyoetanol-dizel karışımlarının 10 °C sıcaklıklarda faz ayrışımı meydana getirdiği ve parlama noktasını düşürdüğü bilinmektedir. Faz ayrışımını engellemek için karışımın içerisine emilsüfer yada kosolvent ilave edilmektedir.

Bu çalışmada motorin ile istenilen oranda birbirinin içerisinde çözünen aspir metil esteri ve biyoetanol % 5, 10, 15 oranlarında karıştırılarak elde edilen yakıtın özellikleri incelenmiş ve motor performansı ve duman yoğunluğu değerleri ölçülmüştür. Biyodizelin çözücü özelliği sayesinde biyoethanol-motorin karışımlarının faz oluşumu engellenmesi amaçlanmıştır; biyodizelin parlama noktasının yüksek olması sebebiyle karışımın parlama noktası değeri artırılmıştır. Bu sayede E-Dizel içerisinde emmülsüfer ve kosolvent yerine aspir metil esteri başarılı bir şekilde kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Aspir, Biyodizel, Dizelhol, E-Dizel, Biyoetanol, Biyoyakıt, Aspir Metil Esteri

**ABSTRACT**  
**MS Thesis**

**DETERMINATION OF USE OF BIOETHANOL, METHYL ESTER AND  
DIESEL FUEL BLENDS TO ENGINE PERFORMANCE IN DIESEL  
ENGINES**

**Hakan Emre BAYDAN**  
**Selcuk University**  
**Graduate School of Natural and Applied Sciences**  
**Department of Mechanical Education**

**Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hidayet OGUZ**  
**2008, 65 pages**

**Jury**

**Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU**  
**Assoc. Prof. Dr. Hidayet OĞUZ**  
**Assoc. Prof. Dr. Ali KAHRAMAN**

Many academic studies have been done and new energy policies have been developed with legal regulations due to “Clean Energy” acts in USA and EU countries which have begun since 1990’s. Use of clean energy becomes necessary because of unfavorable effects of gasoline and diesel fuel in terms of exhaust gas emission to environment and their contribution to global warming. It is well known that conventional energy reserves are reducing and petroleum reserves will be depleted in near future. Rapid increase of population and industrialization cause to increase in world energy consumption, consequently new and urgent measures should be taken in terms of energy.

Since the 1980’s, there has been increased interest in low concentration blending of ethanol with diesel fuel. Ethanol/diesel blends are commonly referred to as E-diesel. They generally contain from 5%, 10% to 15% ethanol and are used for many of the same reasons that ethanol/gasoline blends are used (decreased petroleum need and decreased emissions). Ethanol and diesel blending is more complicated than ethanol/gasoline blending, because of the low solubility of ethanol in diesel at low temperatures and the high flammability. At temperatures below 10°C, ethanol and diesel will separate. The solution is either to add an emulsifier or a cosolvent.

In this study to solve problems which were mentioned above, investigation of use of ethanol, Safflower Methyl Ester and diesel fuel mixtures to engine performance and exhaust gas emissions were aimed.

**Keywords:** Safflower, Methyl Ester, Dieselhol, E-Diesel, Bioethanol, Biofuel,

## ÖNSÖZ

Fosil kökenli yakıt rezervlerinin yakın bir zamanda bitecek olması, bu yakıtların çevreye olan olumsuz etkileri ve küresel ısınmanın artmasına neden olmaları biyoyakıtların kullanımını zorunlu kılmaktadır. Ancak hammadde yetersizliği sorunu biyoyakıtların önündeki en önemli problem olarak görülmektedir. Bu bağlamda, Ülkemizde biyoyakıtlar kapsamında olan biyoetanol'ün üretiminin ileriye dönük projeksiyonlarının umut verici olması bu yakıtın tüketim çeşitliliğinin araştırılması sonucunu doğurmuştur.

Biyoyakıtların tüketim çeşitliliğinin artırılması temel amacı olan çalışmamda benden desteğini esirgemeyen ve yardımcı olan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hidayet OĞUZ' a Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan Biyodizel laboratuvar imkânlarını sağlayarak çalışmama destek veren sayın Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT' e ve bütün çalışmam boyunca beni destekleyen, yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Öğretim Görevlisi Dr. Murat CİNİVİZ, Yrd. Doç. Dr Can HAŞİMOĞLU, Araştırma Görevlisi arkadaşlarım Gürol UÇAR' a motor denemelerinde yardımlarını esirgemeyen, Araştırma Görevlisi İlker ÖRS' e, Özgür SOLMAZ' a M. Turan DEMİRCİ'ye ve Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Otomotiv Ana Bilim Dalındaki herkese teşekkürü bir borç bilirim.

Konya, 2008

Hakan Emre BAYDAN

## İÇİNDEKİLER

|  |      |
|--|------|
| ÖZET .....   | i    |
| ABSTRACT .....   | iii  |
| ÖNSÖZ .....  | v    |
| İÇİNDEKİLER .....  | vi   |
| ŞEKİL DİZİNİ .....   | viii |
| ÇİZELGE DİZİNİ .....   | x    |
| 1. GİRİŞ .....   | 1    |
| 1.1. Biyoetanolün Üretilmesi, Özellikleri ve Potansiyeli.....        | 3    |
| 1.1.1. Biyoetanol'ün motorlarda yakıt olarak kullanılması.....       | 7    |
| 1.2. Aspir .....   | 11   |
| 1.2.1. Aspirin Çeşitleri .....                                       | 11   |
| 1.2.2. Sanayide işlenmesi .....                                      | 12   |
| 1.3. Biyodizel .....   | 12   |
| 1.3.1. Dünyada biyodizelin durumu .....                              | 13   |
| 1.3.2. Türkiyede biyodizelin durumu .....                            | 14   |
| 1.3.3. Biyodizelin çevresel özellikleri .....                        | 15   |
| 1.3.4. Biyodizelin yakıtının toplumsal faydaları .....               | 16   |
| 1.3.5. Biyodizelin diğer maddelerle uyuşabilirliği .....             | 18   |
| 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....  | 20   |
| 3. MATERYAL METOT .....  | 24   |
| 3.1. Materyal .....  | 24   |
| 3.1.1. Yakıtlar .....  | 24   |
| 3.1.2. Biyodizel üretim tesisi .....                                 | 27   |
| 3.1.3. Yakıt özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan materyaller.. | 28   |
| 3.1.4. Deneylerde kullanılan motor ve teknik özellikleri .....       | 29   |
| 3.1.5. Performans denemelerinde kullanılan cihazlar .....            | 30   |
| 3.2. Metot .....   | 33   |
| 3.2.1. Aspir yağından biyodizel üretilmesi .....                     | 34   |
| 3.2.2. Yakıt numunelerinin oluşturulması .....                       | 36   |
| 3.2.3. Yakıt özelliklerinin belirlenmesi .....                       | 37   |



|  |    |
|--|----|
| 3.2.4. Motor karakteristik deneyleri   | 45 |
| 3.2.5. Deneysel verilerin hesaplanması | 47 |
| 4. DENEY SONUÇLARI                     | 49 |
| 4.1. Yakıt Özellikleri                 | 49 |
| 4.1.1. Yoğunluk                        | 49 |
| 4.1.2. Viskozite                       | 50 |
| 4.1.3. Parlama noktası                 | 50 |
| 4.1.4. Isıl değer                      | 50 |
| 4.1.5. Su içeriği                      | 51 |
| 4.1.6. Bakır çubuk korozyon testi      | 51 |
| 4.1.7. Soğukta filtre tıkama noktası   | 52 |
| 4.1.8. Bulutlanma noktası              | 52 |
| 4.1.9. Akma noktası                    | 52 |
| 4.1.10. Donma noktası                  | 53 |
| 4.2. Motor Performansı Deney Sonuçları | 55 |
| 4.2.1. Tork değişimi                   | 55 |
| 4.2.2. Güç değişimi                    | 56 |
| 4.2.3. Özgül yakıt tüketimi değişimi   | 58 |
| 4.2.4. Duman emisyonları değişimi      | 60 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER                   | 61 |
| 6. KAYNAKLAR                           | 63 |

## ŞEKİL DİZİNİ

|  |    |
|--|----|
| Şekil 1.1. Biyodizelin karışım oranlarına bağlı olarak Emisyon değerlerindeki değişimler | 2  |
| Şekil 1.2. Biyoetanol'ün kimyasal gösterimi  | 4  |
| Şekil 1.3 Benzin ve biyoetanolün maliyeti  | 10 |
| Şekil 1.4 2007 yılı Avrupa'nın biyodizel üretimi (ton)                                   | 14 |
| Şekil 3.1 Biyodizel üretim tesisinin genel görünüşü                                      | 28 |
| Şekil 3.2 Denemede kullanılan 4D39T motorunun genel görünüşü.                            | 29 |
| Şekil 3.3 Motor dinamometresinin ve kontrol panelinin genel görünümü                     | 32 |
| Şekil 3.4 Yakıt sarfiyatı ölçüm cihazının genel görünüşü                                 | 32 |
| Şekil 3.5 Duman yoğunluğu ölçüm cihazı   | 33 |
| Şekil 3.6 Biyodizel üretim prosesi   | 35 |
| Şekil 3.7 EB 15 yakıt numunesinin hazırlanması   | 36 |
| Şekil 3.8 Koehler K 23377 model kinematik viskozmetre                                    | 37 |
| Şekil 3.9 Yoğunluk ölçme cihazı  | 38 |
| Şekil 3.10 Akma noktası, bulutlanma noktası ve donma noktası ölçüm cihazı                | 39 |
| Şekil 3.11 Bakır çubuk korozyon test cihazı  | 40 |
| Şekil 3.12 Bakır çubuk korozyon testi ve test ölçeği                                     | 41 |
| Şekil 3.13 Parlama noktası tayin cihazı  | 41 |
| Şekil 3.14 Kalorimetre cihazı  | 42 |
| Şekil 3.15 Su içeriği ölçüm cihazı   | 43 |
| Şekil 3.16 Soğukta filtre tıkkama noktası tayin cihazı                                   | 43 |
| Şekil 3.17 Hassas Terazî   | 44 |
| Şekil 3.18 Kullanılan metanol ve katalizör   | 45 |
| Şekil 3.19 Deney düzeneğinin şematik görünüşü  | 46 |
| Şekil 4.1 Numunelerin yoğunluk değerleri   | 49 |
| Şekil 4.2 Numunelerin viskozite değerleri  | 50 |
| Şekil 4.3 Numunelerin ısı değerleri  | 51 |
| Şekil 4.4 Numunelerin su içeriği değerleri   | 51 |
| Şekil 4.5 Numunelerin donma noktası, akma noktası ve bulutlanma noktası değerleri.       | 53 |

|   |    |
|---|----|
| Şekil 4.6 Motor devrine bağlı olarak yakıtların tork değerlerinin değişimi                          | 56 |
| Şekil 4.7 Motor devrine bağlı olarak yakıtların güç değerlerinin değişimi                           | 57 |
| Şekil 4.8 Motor devrine bağlı olarak yakıtların özgül yakıt tüketimi değerlerinin değişimi          | 59 |
| Şekil 4.9 Motor devrine bağlı olarak yakıtların saatlik yakıt tüketimi değerlerinin değişimi        | 59 |
| Şekil 4.10 Motor devrine bağlı olarak yakıtların duman yoğunluğu değerlerinin değerlerinin değişimi | 60 |

## ÇİZELGE DİZİNİ

|   |    |
|---|----|
| Çizelge 1.1. 2005 yılı başlıca biyoetanol üretici ülkeler ve ürün çeşitleri                         | 6  |
| Çizelge 1.2. Tarımsal hammaddelerin biyoetanol üretiminde kullanılmasının avantaj ve dezavantajları | 7  |
| Çizelge 1.3. Aspir çeşitleri ve çeşitlere ait özellikleri   | 12 |
| Çizelge 1.4. Dünya yağlı tohum üretiminin ülkelere göre dağılımı                                    | 13 |
| Çizelge 1.5. Motorin ve biyodizelin yakıt özellikleri   | 17 |
| Çizelge 1.6. Biyodizel ile malzemelerin uyuşabilirliği  | 19 |
| Çizelge 3.1. Motorinin yakıt özellikleri  | 25 |
| Çizelge 3.2. Biyoetanolün teknik özellikleri  | 25 |
| Çizelge 3.3. Aspir biyodizelinin yakıt özellikleri  | 26 |
| Çizelge 3.4. 4D39T motorun teknik özellikleri   | 30 |
| Çizelge 3.5. Hidrolik frenin teknik özellikleri   | 31 |
| Çizelge 3.6. Yakıtların adları ve hacimsel olarak oluşturulma yüzdeleri.                            | 36 |
| Çizelge 4.1. Yakıtların özellikleri   | 54 |

## 1. GİRİŞ

Dünyanın enerji ihtiyacı, nüfus artışı ve sanayileşme sebebiyle hızla artmaktadır. Yenilenemez olan fosil kökenli yakıtların ise kısa bir zaman sonra bitecek olması ve çevreye olan olumsuz etkileri, dünya devletlerini yenilenebilir ve “Temiz Enerji” arayışına itmiştir. Bu amaçla pek çok bilimsel çalışma yapılmış ve yasal düzenlemelerle yeni enerji politikaları oluşturulmuştur.

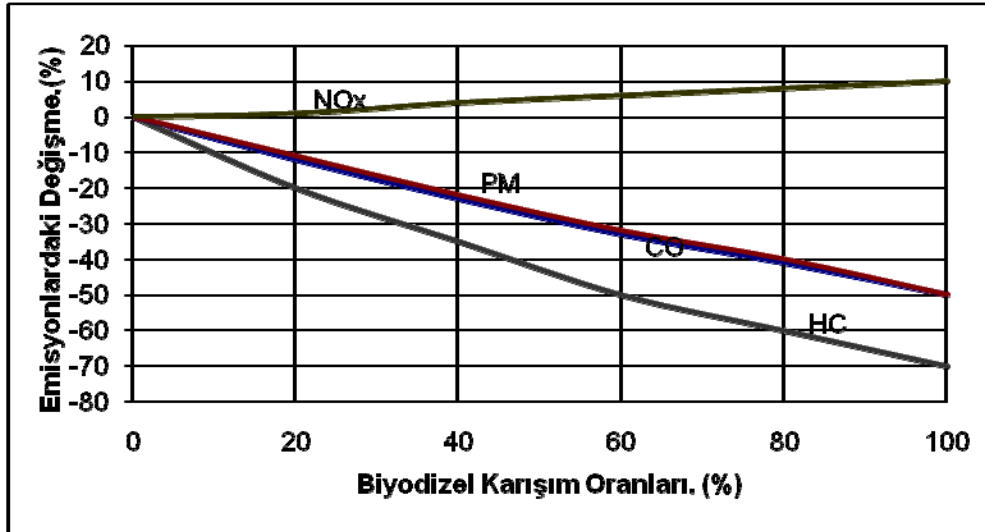
Fosil kökenli yakıt kaynakları açısından yetersiz oluşumuz, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini, ülkemiz için daha da artırmaktadır. Kara taşımacılığında ve tarımda yaygın olarak kullanılan dizel motor oranının yüksek olmasının da etkisiyle, motorine biyodizel ve biyoetanol’ün karışım olarak kullanılması gündeme gelmiştir. Yapılan çalışmalarda görülmüştür ki biyodizel ve biyoetanol dizel motorlar için yenilenebilir alternatif yakıtlardır. Motorinim yerine veya farklı oranlarda motorine karıştırılarak dizel motorlarda yakıt ve yağlayıcı olarak kullanılabilirler (Acaroğlu, et.al, 2002).

Bu yakıtlardan biyoetanol; mısır, buğday, arpa gibi nişastaca zengin veya şeker pancarı, şeker kamışı, sorgum gibi şeker içeriği yüksek tarım ürünlerinin çeşitli kimyasallar ve enzimler eklenerek mayalanması ile üretilen temiz, çevre dostu ve yenilenebilir bir yakıttır. Biyodizel ise bitkisel ham yağlardan ya da kullanılmışlarından ve hayvansal yağlardan kimyasal yöntemler yardımıyla elde edilen biyoyakıtlar kapsamında olan, çevre dostu ve yenilenebilir nitelikli sıvı halde bir yakıttır.

Biyodizelin ve biyoetanolün dizel motorlarda kullanılması ile yerli kaynaklardan faydalanılma, motor emisyonlarında iyileşme ve yakıt çeşitliliğinde artış sağlanabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından bitkisel yağların viskozitesinin yüksek, uçuculuğunun düşük olması dizel motorlarında yakıt olarak kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Yani bitkisel yağlar yüksek viskoziteleri nedeniyle içten yanmalı motorlarda direkt olarak kullanılamamaktadır (Acaroğlu, 2003). Yüksek viskozite, püskürtme işlemini olumsuz etkilediğinden yakıtın atomizasyonu kötüleşmektedir. Hava ile bitkisel yağın düzgünce karışmaması eksik yanmaya sebep olmaktadır. Yüksek viskozite ayrıca enjektörlerin tıkanmasına, segmanlarda karbon

birikintisine ve yağlama yağının bozulması problemlerini doğurmaktadır. Parlama noktasının yüksek olması, uçuculuk özelliğinin az olduğunu gösterir. Bu ise yanma odasında daha fazla birikintiye, enjektör ucunda karbonizasyona ve segman yapışmasına neden olmaktadır. Viskozitenin yüksek, uçuculuğun düşük olması soğukta ilk hareket zorluğuna, alev sönmesine ve tutuşma gecikmesi periyodunun uzamasına sebep olmaktadır (Haşimoğlu ve ark, 2008).

Günümüzde biyodizel motorin yakıt karışımı genelde B20 olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 1.1'de biyodizelin karışım oranlarına bağlı olarak emisyon değerlerindeki değişim görülmektedir.



Şekil 1.1. Biyodizelin karışım oranlarına bağlı olarak emisyon değerlerindeki değişimler (<http://www.eere.energy.gov/afdc/progs/>)

B20 karışımının özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- % 20'lik bir karışım NOx artımını küçük (% 14) ve motorlar için yasal yayılma sınırları içerisinde tutar.
- B20, müşteride biyomotorin fiyatın etkisini en aza indirir.
- % 20'lik bir karışım; kurumu, hidrokarbonları, karbon monoksit ve karbon dioksitin her birini % 10'dan daha fazla azaltarak iyi yayılım faydaları verir.

- B20, birikmiş tortular ve dizel depolama tanklarında oluşan tortulaşmış yağ arasındaki etkileşiminden sonuçlanabilecek filtre tıkanmasıyla ilgili büyük problemlere yol açmaz.
- B20, bulutlanma noktasındaki ve akma noktasındaki artışı soğuk akış katkı maddelerinin kontrol edebildiği kadar kontrol edilebilecek bir seviyede kontrol eder.
- Çok az materyal B20 ile uyum problemi yaşar.
- B20 maliyet, yayılımlar, soğuk hava, materyal uyumu, çözünürlük sorunları arasında iyi bir arabulucudur. Bu, yeni kullanıcılar için iyi bir başlangıç noktasıdır. Çünkü B20 kullanıcıları nadiren sorunlarla karşılaşır (Taşyürek 2005).

Karışımında kullanılan biyoetanol, E-Dizel'in tanımında olduğu gibi, bünyesinde % 15'e kadar biyoetanol bulunduran motorin karışımıdır gerçeğinden yola çıkılarak sırasıyla % 5, % 10 ve % 15'lik karışımları düşünülmüştür.

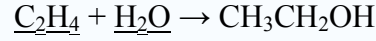
Biyodizelin soğuktaki akış özelliklerindeki olumsuz etkileri biyoetanol kullanımı ile aşılabılır. Biyoetanoldeki setan sayısı ve ısı değeri düşük olması ise motorine ve biyodizele karıştırılarak karışımın yakıt özelliği güçlendirebilir. Bu şekilde yakıt çeşitliliği artırılabilir ve biyoetanol için tüketim arzı oluşturulabilir.

Bu çalışmada motorin-aspir metil ester-biyoetanol yakıt karışımıyla, yakıt özelliklerinde ve motor performansında iyileşme olup olmayacağı incelenmiş ve ülkemizde üretim arz potansiyeli olan biyoetanol için dizel motorlardaki tüketim olanakları araştırılmıştır.

### **1.1. Biyoetanolün Üretilmesi, Özellikleri ve Potansiyeli.**

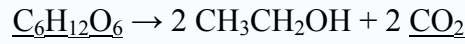
Doymuş  $Sp^3$ -Hibritleşmiş (son yörüngedeki) karbon atomlarına hidroksil (OH) gurubu bağlı bileşiklere "Alkoller" denir. Alkolün çeşitli türleri vardır. Parfüm, ispirto, boya ve diğer birçok maddenin içeriğinde alkol bulunur. Ayrıca, sanayide birçok üretim aşamasında da alkol kullanılır. İçkilerde kullanılan etil alkoldür (biyoetanol). Bu alkolün saf hali renksizdir, acı ve yakıcı bir tadı vardır. Etil alkol, arpa ve üzüm gibi tahıl ve meyvelerin doğal yapısında bulunan şekerlerin fermantasyonundan elde edilir. (İmrağ, 2006)

Petrokimyasal hammaddelerden biyoetanol'ün üretilmesi, etilenin asit-katalize hidrasyonu şeklinde elde edilir ve

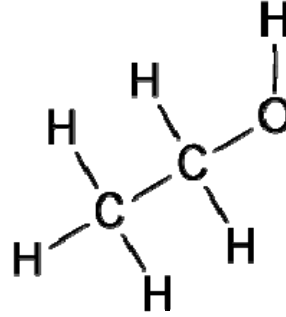


şeklinde kimyasal denklem olarak ifade edilir.

Alkollü içeceklerde kullanılan biyoetanol ile yakıt olarak kullanılan biyoetanol, fermentasyon yöntemi ile elde edilir. Bazı mayalar metabolize şeker, oksijenin yokluğunda, biyoetanol ve karbondioksit üretirler. Maya tarafından gerçekleştirilen kimyasal tepkimenin tamamı, şu kimyasal denklem ile ifade edilir



Biyoetanol üretim yönteminden bağımsız olarak kimyasal özellikleri değişiklik göstermez. Biyoetanolin atomlarının bağ yapısı Şekil 1.2’de görülmektedir.



**Şekil 1.2** Biyoetanol’ün kimyasal gösterimi

Gerek etilen hidrasyonu gerek ise mayalanma süreci sonucunda biyoetanol-su karışımı bir ürün elde edilir. Endüstriyel ve yakıt amaçlı kullanımlarda, çoğunlukla biyoetanolün saflaştırılması gereklidir. Kısmi damıtma biyoetanolin hacimsel olarak % 96’lık bir konsantrasyona getirebilir. %96 biyoetanol, %4 su karışımı 78.2 °C’de kaynayan fakat damıtım yöntemi ile daha fazla saflaştırılamayan bir azotropdur. Bu nedenle, suyun içerisinde % 95 biyoetanol konsantrasyonu oldukça yaygın bir çözeltilidir. (Anonim 2007 a)

Damıtma işleminden sonra biyoetanol, ancak kireç ya da tuz kullanılarak, kurutma yöntemi ile daha fazla saflaştırılabilir. Kireç (kalsiyum oksit), biyoetanolin



içerisindeki su ile karıştırıldığı zaman kalsiyum hidroksit oluşturarak ayrıştırılabilir. Kuru tuzdan geçirilen biyoetanolün içerisindeki su ise tuzla çözünerek, daha saf biyoetanolün geçmesini sağlar. Mutlak biyoetanol elde etmek için birkaç yöntem kullanılır. Biyoetanol-su azotropu az miktarda benzen ilave edilmesi ile kırılabilir. Benzen, biyoetanol ve su kaynama sıcaklığı 64.9 °C olan bir üçlü azotrop oluştururlar. Biyoetanol-su karışımı kısmi olarak damıtılarak, suyun tamamen uzaklaştırılmasını sağlar. Bu şekilde damıtımın sonucunda, içerisinde çok az miktarda benzen bulunan susuz biyoetanol elde edilebilir.

Alternatif olarak, bir moleküler filtre de % 96'lık biyoetanol çözeltisinin içerisindeki suyu tutmak amacıyla kullanılabilir. Bitkilerden elde edilmiş, mısır unu, saman ya da tahta talaşı gibi emicilerin yanı sıra, küçük parçacıklar halindeki sentetik zeolit de kullanılabilir. Zeolit parçacıklar sıcak karbondioksit püskürtülmesi suretiyle kurutularak defalarca kullanılabilirler. Mısır unu ya da bitkilerden elde edilen diğer emiciler tekrar kullanılamazlar fakat nispeten daha düşük maliyetlidirler. Bu şekilde üretilmiş olan saf biyoetanol benzen kalıntısı içermez ve bir yakıt olarak ya da şeri ya da geleneksel şarap üretiminde kullanılabilir.

(<http://tr.wikipedia.org/wiki/Etanol#Safla.C5.9Ft.C4.B1rma>, 20.07.2008)

Biyoetanol; şeker pancarı, şeker kamışı gibi şekerce zengin veya mısır, buğday, arpa, patates gibi nişastaca zengin tarım ürünlerinin çeşitli kimyasallar ve enzimler eklenerek mayalanması ile üretilen temiz, çevre dostu ve yenilenebilir bir yakıttır.

Brezilya'da şeker kamışı ile uygulaması olup Türkiye'de de birkaç adet kurulu tesis mevcuttur. Ülkemizde ekonomik olarak biyoetanol üretimi Tarımsal Kimya Teknolojileri A.Ş. (TARKİM)'de yapılmakta Konya ve Eskişehir şeker fabrikalarında ise deneme üretimleri yapılmaktadır. Biyoetanol işi Fermantasyon reaktörü bakterili bir ortam olup canlı ve işletilmesi zor, yatırımı ağır bir sistemdir. Çizelge 1.1'de 2005 yılına ait biyoetanol ham maddesi üretici ülkeler ve ürün çeşidine göre üretim miktarları verilmiştir.

Biyoetanol otomobiller ve diğer motorlu araçlarda, tek başına bir yakıt olarak ya da benzine karıştırılan bir katkı maddesi olarak kullanılabilir. Biyoetanol, hava kirliliğini ve petrol ürünlerinin tüketimini azaltmak amacıyla, benzinle değişik oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. En yaygın uygulamalar E10 ya da E85 diye bilinen, sırasıyla % 10 ve % 85 biyoetanol içeren karışımlardır.

Bitkilerden elde edilen biyoetanol, sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak, sağladığı çevresel ve ekonomik yararlar nedeniyle, fosil yakıtlara göre avantajlar sağlamaktadır. Biyoetanol, yaygın olarak şeker kamışı ve mısırdan elde edilmektedir.

**Çizelge 1.1** 2005 yılı başlıca biyoetanol üretici ülkeler ve ürün çeşitleri (Eser ve ark. 2007)

| ÜLKELER               | BUĞDAY  | MISIR   | ŞEKER KAM. | ŞEKER PAN. |
|-----------------------|---------|---------|------------|------------|
| AB-25 ÜLKE            | 122 685 | 43 818  | *          | 135 554    |
| ÇİN                   | 97 450  | 139 365 | 87 513     | *          |
| ABD                   | 57 280  | 282 260 | *          | 25 087     |
| HİNDİSTAN             | 68 640  | 14 172  | 237 088    | *          |
| RUSYA                 | 47 700  | 3 210   | *          | 21 420     |
| TÜRKİYE               | 18 000  | 4 200   | *          | 15 181     |
| BREZİLYA              | 4 658   | 41 700  | 422 956    | *          |
| TAYLANT               | *       | *       | 49 572     | *          |
| MEKSİKA               | 3 015   | 18 012  | 45 195     | *          |
| UKRAYNA               | 18 699  | 7 166   | *          | 15 467     |
| DÜNYA                 | 620 127 | 695 225 | 1 290 345  | 251 946    |
| Üretimler bin ton'dur |         |         |            |            |

\* Üretimi olmayan veya değerlendirmeye alınmayan

Bu güne kadar, Brezilya, Kolombiya, ABD ve Çin başta olmak üzere biyoetanol yakıt programı oluşturmuşlar ve biyoetanol üreten kurumların bağımsız olarak karlı olabilmeleri için, hükümet tarafından, biyoetanol endüstrisine ciddi yatırım yapılmasını sağlamışlardır. Ayrıca biyoetanol, biyodizel üretiminde girdi olarak kullanılmaktadır. Çizelge 1.2'de biyoetanol üretiminde kullanılan bitki çeşitleri ve bu çeşitlerin biyoetanol ham maddesi olarak kullanılması durumunda ki olumlu ve olumsuz özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Çizelge 1.2** Tarımsal hammaddelerin biyoetanol üretiminde kullanılmasının avantaj ve dezavantajları (Anonim 2006)

| TARIMSAL HAMMADDE    | OLUMLU ÖZELLİKLERİ  | OLUMSUZ ÖZELLİKLERİ  |
|----------------------|---|--|
| <b>Şeker Pancarı</b> | Yüksek fotosentez verimi.<br>Yüksek bölgesel üretim ve yüksek verim garantisi.<br>Dönüşüm maliyetinin ekonomik olması.<br>Biyoetanol üretimde tecrübe ve işleme özellikleri Tarımsal ürünlerde maliyeti düşürme potansiyeli.<br>Münavebe sırasında pozitif etki.  | Ekimde bölgesel sınırlama.<br>Pancar olarak depolanma süresinin kısa oluşu, ancak koyu şerbet olarak depolanabilir.<br>Yüksek nakliye ve lojistik maliyeti.<br>Alkol fabrikasyonu yan ürünlerinde sınırlı piyasa.<br>Atık ve atık su arıtım maliyeti yüksek. |
| <b>Buğday</b>        | Yüksek nişasta miktarı, iyi tane oluşumu.<br>İyi depolama imkanı.<br>Likidite özelliği, dünya çapında piyasada pazarlanma kolaylığı.<br>Bölgesel üretimi diğer hububat çeşitlerine göre daha yüksek Biyoetanol üretiminde ve yüksek vasıflı yan ürünlerde iyi imalat özellikleri .<br>Atık su miktarı oldukça az. | Toprağı oldukça zorluyor.<br>Oldukça pahalı hammadde<br>Birim alandan üretim miktarı şeker pancarı ve patatesten daha düşük.   |
| <b>Dane Mısır</b>    | Topraktan beklentisi az.<br>Tek ürünlü tarımla ekim yapılabilir. (münavebeye gerek yok)<br>Üretim alanları çok.<br>Temini kolay.<br>Pazarlanması kolay yan ürünler  | Yüksek gübreleme maliyeti.   |

### 1.1.1. Biyoetanol'ün motorlarda yakıt olarak kullanılması.

Biyoetanol en yaygın olarak taşımacılık ve tarım alanında motorlarda kullanılmaktadır. Biyoetanol direkt olarak benzinin yerine veya oktan yükseltici olarak benzinle karıştırılarak kullanılmaktadır.

Biyometanol buji ile ateşlemeli motorların birçoğunun karbüratöründe modifikasyon yapılarak benzin yerine kullanılabilir. Biyometanolün tam yanması için gerekli hava/yakıt oranı 9/1 dir. Benzinde bu oran 14.5/1 dir. Bu nedenle aynı miktarda hava ile yanabilecek biyometanol miktarı benzinden biraz daha fazladır. (Anonin 2006)

Direkt olarak biyometanol kullanabilen motorlarda saf biyometanole % 15 oranında kurşunsuz benzin katılarak daha verimli bir yakıt elde edilebilir, bu yakıt birçok ülkede E85 adıyla ticari olarak satılmaktadır. Araçlarda biyometanol kullanılması durumunda yakıt tüketimleri benzin kullandığı duruma göre % 10 – 15 oranında artış gösterir.

Bazı firmalar araçlarında kolayca yakıt değişimi yapabilecek mekanizmalar geliştirmişlerdir. Kısaca FFV (Flexible Fuel Vehicle) (Esnek Yakıtlı Taşıt) olarak adlandırılan bu araçlar Brezilya ve ABD de yaygın olarak kullanılmaktadır. Birçok Avrupa ülkesinde de FFV kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Biyometanol modifiye edilmiş dizel veya sıkıştırılmış hava ile ateşlemeli motorlarda ve turbo beslemeli dizel motorlarda da ilave düzenlemelerle kullanılabilir, ancak çeşitli sorunlar nedeniyle yaygın bir uygulama alanı bulamamıştır. Bu motorlarda biyometanol veya biyometanol karıştırılmış motorin kullanımı çalışmaları da artarak devam etmektedir.

Benzin ve su tam homojen bir karışım oluşturmadığı için susuzlaştırma yapılmamış biyometanol benzine karıştırıldığında bulanık bir görüntü oluşur ve karışım benzin ve biyometanol/su fazlarının ayrışmasıyla sonuçlanır. Bu faz ayrışması motorlarda performans düşüşü ve arızalara neden olur. Bu nedenle benzine karıştırılacak biyometanol'ün su içermemesi, yani susuzlaştırılması gereklidir.

Susuzlaştırılmış biyometanol (% 99,9 etil alkol) benzine % 20 oranına kadar katılarak elde edilen yakıt buji ateşlemeli motorlarda herhangi bir modifikasyon gerektirmeksizin kullanılabilir.

Biyometanol aynı zamanda benzinin oktan sayısını yükseltir, bu maksat için kullanılan MTBE (Metil Tetraetil Butil Eter) vb. diğer katkılara gereksinimi ortadan kaldıracığından benzen gibi kanserojen zararlı emisyonların azaltılmasına yardımcı olur. MTBE nin kullanımı ABD nin birçok eyaletinde yasaklanmıştır.

Biyoetanol yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır, ve motorda kullanılması esnasında zararlı emisyonlar yaymaz.

Biyoetanolün üretilmesi ve yakıt olarak kullanılması doğrudan olmasa da dolaylı olarak bazı faydalar sağlar. Yurt içinde üretilen bir yakıt olarak, ithal edilen petrol fiyatı üzerinde bir denge unsuru olabilir.

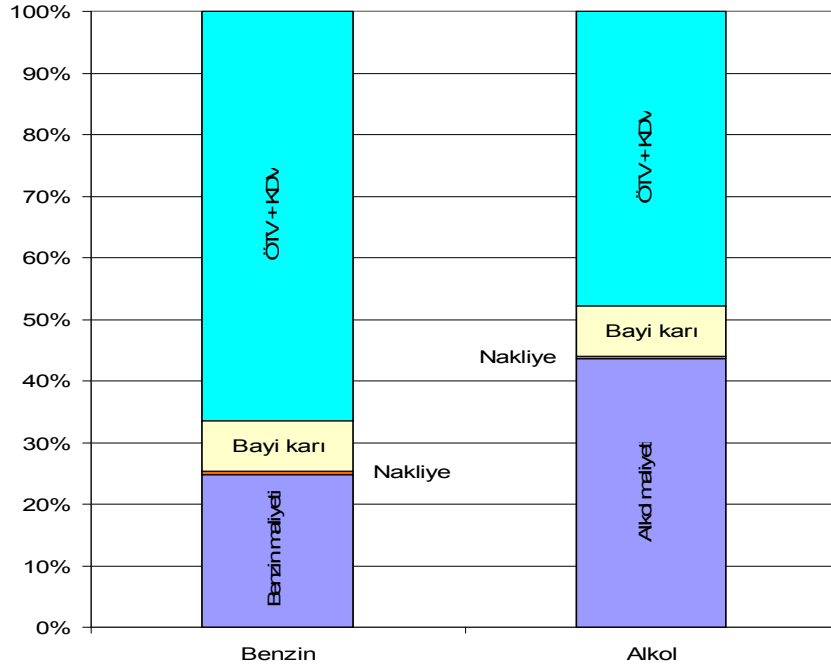
Tarımsal kesim için artan bir pazar ve işgücü oluşturur. Toplumsal veya bireysel anlamda yakıt amaçlı biyoetanol üretimi, genellikle yerel ekonomiye para kazandırır.

Petrol darlığında yakıt bulma güvencesi sağlar, bu nedenle stratejik önem taşır.

Ülkemizde henüz bilinmeyen ve ilgili mevzuatımızda da tanımlanmayan biyoetanol ve dizel karışımı;

- Motorinin emisyon değerlerinden özellikle partikül madde miktarını önemli oranda azaltan,
- Motorda ciddi bir değişikliği gerektirmeyen,
- Motorinin yağlama ve soğuk akış özelliklerini geliştiren,
- Biyolojik ayrışması hızlı,
- Motorine sorunsuz olarak karıştırılabilen çevre dostu yeni bir yakıttır (Öğüt,2007).

Diğer taraftan Kyoto Protokolü kapsamında yakıtlara biyoyakıt harmanlanma zorunluluğu getirilmesi ile diğer tarımsal ürünlerin yanı sıra şeker pancarından biyoetanol üretimi ağırlık kazanacaktır. Mevzuatımızda yerli kaynaklar ile biyoetanol üretimindeki ÖTV' nin belli oranlarda kaldırılması ile petrole olan bağımlılığımız motorine harmanlanan biyoetanolün kullanımı ile azaltılabilecektir. Şekil 1.3' de benzin ve biyoetanolün maliyetlerinin dengelenebilmesi için ÖTV' nin önemi görülmektedir.



**Şekil 1.3** Benzin ve biyoetanolün maliyeti (Öğüt, 2007)

Son yıllarda petrol fiyatlarının artmasında, Çin'nin otomotiv sektörünün hızlı gelişmesinin önemli oranda etkisi olmuştur. Petrol fiyatlarının artması, dünyada en büyük şeker ve biyoetanol üreticisi Brezilya'nın üretimini biyoetanolle yönlendirecek olması ile şeker arzında daralma ve dünya şeker borsa fiyatlarında yükselmesi beklenmektedir.

Pancardan Biyoetanol Üretilmesi ile;

- Pancar üreticileri için yeni piyasa doğacaktır.
- Münavebe sistemi ve ekim sahaları yeniden ve daha çok pancar ekimine göre düzenlemeye gidilecektir.

- Biyoetanol amaçlı pancar ekimi ile kota sorunu ortadan kalkacaktır.

Şeker Fabrikası ve Rafinerilerine yeni bir pazar doğacaktır. (Anonim 2007 b)

## **1.2. Aspir**

Aspir, genellikle 80-100 cm arasında boylanabilen, dikenli ve dikensiz formları olan, dikenli formların dikensizlere göre daha fazla yağ içerdiği, sarı, beyaz, krem, kırmızı ve turuncu gibi değişik renklerde çiçeklere sahiptir. Tohumları, beyaz, kahverengi ve üzerinde koyu çizgiler bulunan beyaz taneler şeklinde olan (ender durumlarda siyah tohumlara da rastlanabilir), dallanan ve her dalın ucunda içerisinde tohumları bulunan küçük tablalar oluşturan, renkli çiçekleri gıda ve kumaş boyasında kullanılan, derinlere gidebilen bir kazık kök sistemine sahiptir. Yağı yemeklik olarak kaliteli, küspesi hayvan yemi olarak değerlendirilen, kuraklığa dayanıklı, yazlık karakterde ve ortalama 110-140 gün arasında yetişebilen tek yıllık bir uzun gün yağ bitkisidir.

Aspir tarımındaki en önemli avantaj, buğday-arpa tarımında, toprak hazırlığından ürünün depoya alınmasına kadar geçen sürede kullanılan bütün alet ve ekipmanların bu bitkinin tarımında da kullanılabilmesidir. Belki de bu özelliğinden dolayı, üreticiler tarafından benimsenmesi daha kolay ve çabuk olacaktır.

Aspir, yazlık bir bitki olduğundan bahar ayında ekilmelidir. Ancak, kışları fazla soğuk olmayan, ılıman bölgelerde kışlık olarak da ekilmesi mümkündür. Örneğin, ülkemizde Çukurova bölgesinde kışlık olarak, Kasım ayında ekilebilir. (Babaoğlu, 2005)

### **1.2.1. Aspirin Çeşitleri**

Türkiye’de tescilli olarak 3 aspir çeşidi vardır. Bunlar; Yenice, Dinçer ve Remzibey’ dir. Çizelge 1.3’ te aspir çeşitleri ve çeşitlere ait özellikleri verilmiştir.

**Çizelge 1.3** Aspir çeşitleri ve çeşitlere ait özellikleri (Babaoğlu, 2005)

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

### 1.2.2. Sanayide işlenmesi

Aspir yağlık bir ürün olduğu için, sanayide yağ elde etmek üzere değerlendirilir. Yağ elde edilmesinde, ayçiçeği işleyen tüm makineler aspir işlemeye de elverişlidir. Herhangi bir makine değişikliğine gerek yoktur. Bu nedenle, ülkemizde sanayide işlenmesi açısından hiçbir problem olmaması gerekir.

Yağ alındıktan sonra geriye kalan küspe içerdiği % 22-24 protein nedeniyle iyi bir hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir.

### 1.3. Biyodizel

Bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılması, dizel motorlarının tarihi kadar eskidir. Dizel motorun mucidi olan Rudolf Diesel'in 1900 senesinde, dizel motorunun tanıtımı için yakıt olarak fıstık yağını kullandığı rapor edilmiştir (Clements, 1996). Petrol kökenli motorin uzun yıllar boyunca ucuz ve bol miktarda bulunur olması, dizel motorunun petrol kökenli yakıtlar ile uyum sağlayacak biçimde geliştirilmesine neden olmuştur.

Biyodizel, genellikle bitkisel yağlardan (kanola yağı, aspir yağı, soya yağı, pamuk yağı, ayçiçeği, ve palm oil) bunun yanı sıra bitkisel atık yağlardan (evsel atık yağ, endüstriyel atık yağ, askeri yemekhaneler, üniversite yemekhaneleri vb tüketimlerden kaynaklanan atık yağlar) hayvansal yağlardan (mezbaha, balık yağı, tavuk yağı gibi) transesterifikasyon yöntemi ile üretilen dizel araç yakıtına verilen addır.



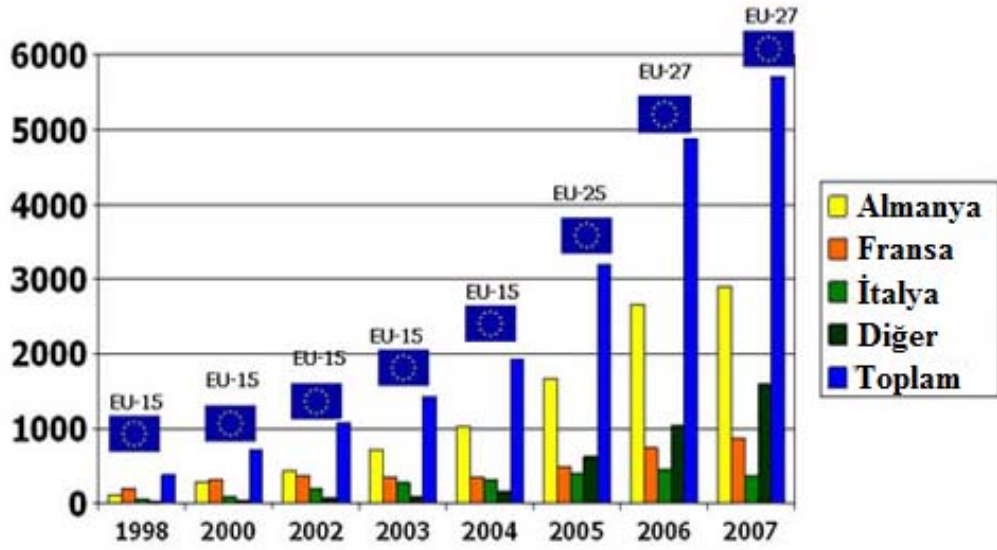
### 1.3.1. Dünyada biyodizelin durumu

Almanya, Avustralya, İtalya basta olmak üzere tüm Avrupa ve Amerika’da biyodizel üretimi ve tüketimi hızla çoğalmaktadır. AB sürecinde ve Kyoto protokolüne göre, 2010 yılında % 10 biyodizel kullanımının mecburi olması öngörülmüştür. Bu durum AB ülkelerinin de talebini artıracak ve ihracatı mümkün olacaktır. EN 14214 Avrupa standardı olup bu standarda uygun biyodizel üretilmesi mecburiyeti vardır. Aşağıdaki Çizelge 1.4’te dünya yağlı tohumunda ülkelere göre üretim miktarları verilmiştir.

**Çizelge 1.4** Dünya yağlı tohum üretiminin ülkelere göre dağılımı  
(Eser ve ark. 2007)

| ÜLKELER          | ÜRETİM MİKTARI (%) |
|------------------|--------------------|
| ABD              | 29                 |
| Çin              | 14                 |
| Brezilya         | 11                 |
| Hindistan        | 10                 |
| Arjantin         | 9                  |
| Avrupa topluluğu | 5                  |
| Kanada           | 4                  |
| Eski sovyetler   | 4                  |
| Türkiye          | 0.8                |

Biyodizel üretimi Avrupa ülkelerinde giderek artmaktadır. Şekil 1.4’de Avrupa'nın 2007 yılına ait biyodizel üretimi gösterilmiştir.



Şekil 1.4 2007 yılı Avrupa birliği ülkelerinin biyodizel üretimi (ton).

([www.ebb-eu.org](http://www.ebb-eu.org))

### 1.3.2. Türkiye’de biyodizelin durumu

Türkiye de 1998 yıllarında Bursa da küçük bir işletme ile başlayarak biyodizel retimi ticari anlamda başlamıştır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü devlete ait ilk örnek araştırma reaktörünü girişimci Necmettin Türkoğluna yaptırmıştır (Oğuz et al, 2004). Yaptırılan bu reaktör MTA’da sanayicinin gösterimine sunmuş, yine aynı yıllarda Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde BAP ve DPT destekli projeler ile pilot biyodizel üretim tesisi ve analiz laboratuvarı kurulmuş, bilimsel toplantılar yapılarak ilgili kişiler haberdar edilmiştir. Böylece sektör hızla canlanmıştır. Bugün ise hemen hemen her ilde bir kaç tane kurulu tesis mevcuttur.

Biyodizeller motorin ile oldukça iyi bir şekilde homojen olarak karışabilmekte ve karışım kararlı halde kalabilmektedir. Biyodizel motorda hiçbir değişiklik yapmadan dizel yakıt ile karışım halinde kolaylıkla kullanılabilir. Biyoetanol’ün ısıl değeri % 35-40 mertebelerinde dizel yakıttan daha düşük olmasına rağmen, biyodizellerin ısıl değerleri yaklaşık olarak % 10-12 oranında dizel yakıttan daha düşüktür. Motor yapısı gereği aynı güç ve momenti sağlayabilmesi için daha fazla yakıt tüketmektedir (Oğuz, 2004).

Biyodizelin viskozite değerinin yüksek olması durumunda, atomizasyonda kötüleşmeye sebep olacağından arzu edilmeyen bir durum ortaya çıkar. Diğer bir önemli özellik ise biyodizelin hem dizele hem de biyoetanol'e göre yağlama  zellikinin daha iyi olmasıdır. Biyoetanol' n setan sayısı 5-15 arasında olmasına rağmen biyodizellerin setan sayısı dizele oldukça yakın, bazen yağın cinsine ve esterleştirme tekniğine bağlı olarak daha yüksek olabilmektedir. Yanma verimliliği için setan sayısı oldukça önemlidir. Biyoetanol' n önemli bir avantajı düşük sıcaklıklarda karışımın akma ve bulutlanma sıcaklıklarını biyodizelin tersine düşürmesidir. Bununla birlikte sıcaklığın düşmesi ile biyoetanol ile motorin arasında faz farkı oluşursa yanmada problemler oluşabilir. Her ne kadar katkı maddesi kullanılsa da düşük sıcaklıklarda etkili olmayabilir. Yakıtın depolanması ile alakalı olarak biyoetanol' n parlama sıcaklığı dizele göre düşüktür ve karışım içerisinde karışımın parlama sıcaklığını düşürür, bu yüzden karışımların daha dikkatli depo edilmesi gerekir. Biyodizel parlama sıcaklığı daha yüksek olduğundan depolamada biyoetanole göre daha emniyetlidir.

### **1.3.3. Biyodizelin  vresel  zellikleri**

Sera gazları içinde büyük bir pay sahibi olan CO<sub>2</sub> dünyanın en önemli  vre sorunu olan küresel ısınmaya neden olmaktadır ve yanma sonucu ortaya çıkan bir emisyonudur. Yine yanma sonucu açığa çıkan ve sera gazları arasında yer alan CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> emisyonları insan sağlığına da zararlıdır.

Biyodizel, tarımsal bitkilerden elde edilmesi nedeniyle, biyolojik karbon döngüsü içinde, fotosentez ile CO<sub>2</sub>'yi dönüştürüp karbon döngüsünü hızlandırdığı için sera etkisini artırıcı yönde etki göstermez. Yani biyodizel CO<sub>2</sub> emisyonları için doğal bir yutak olarak düşünülebilir. Ayrıca CO, SO<sub>x</sub> emisyonlarının, partikül madde ve yanmamış hidrokarbonların (HC) daha az salındığı kanıtlanmıştır.

Motorda yakıtın yanması sonucu meydana gelen yüksek sıcaklık, havanın içerisindeki azotun oksijen ile birleşerek azot oksitler meydana gelmektedir. Ayrıca  abuk tutuşan yakıtlarda yanma süresi uzadığı için NO<sub>x</sub>'lerde artış meydana gelebilmektedir. Özellikle dizel motorlarda biyodizel kullanılması durumunda bu bariz olarak görülmekte. NO<sub>x</sub>'lerde meydana gelen artışı önlemek için biyodizel

%100 yerine belli oranlarda motorin ile karıştırılarak kullanılmakta buda % 20'lere karşılık gelmektedir ( Oğuz ve ark, 2008).

Ozon tabakasına olan olumsuz etkiler biyodizel kullanımında dizel yakıtı nazaran % 50 daha azdır. Asit yağmurlarına neden olan kükürt bileşenleri biyodizel yakıtlarda yok denecek kadar azdır (Alfuso et al. 1993).

Biyodizel yakıtlarının yanması sonucu ortaya çıkan CO (zehirli gaz) oranı dizel yakıtların yanması sonucu oluşan CO oranından %50 daha azdır.

Oksijenin yetersiz olduğu yanma bölgelerinde uzun zincirli HC moleküllerinin termal olarak kırılması sonucu partikül ve is (duman koyuluğu) emisyonları oluşmaktadır. İçerisinde fazla miktarda oksijen bulunduran bitkisel yağlar haliyle kullanılması durumunda duman yoğunluğunda düşmelere sebep olmaktadır ( Oğuz ve ark, 2008).

Ayrıca, biyodizelin sudaki canlılara karşı herhangi bir toksik etkisi yoktur. Buna karşılık 1 litre ham petrol 1 milyon litre içme suyunun kirlenmesine neden olabilmektedir.

#### **1.3.4. Biyodizelin yakıtının toplumsal faydaları**

➤ Daha temiz yanma ürünleri nedeniyle sürdürülebilir gelecek ve sağlıklı bir kalkınma için önemi büyüktür.

➤ Yabancı kaynaklı petrole bağımlılığı azaltması nedeniyle ekonomik ve stratejik katkı sağlar.

➤ Kırsal kesimin sosyo-ekonomik yapısında iyileşme sağlar. Göçün önlenmesine katkıda bulunur.

➤ İş imkânları yaratır, yan sanayinin gelişimini sağlar.

➤ Ekonomide katma değer yaratır. Biyodizel pazarının üretim, tüketim alanları sanayi ölçekli modern tesislerde üretilebildiği gibi küçük ölçekli evsel üretim tesislerinde de üretilebilmektedir.

➤ Biyodizelinin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtın dizel motorları dışında da yakıt olarak kullanımına olanak vermektedir. Biyodizel bu nedenle, "Acil Durum Yakıtı" ve "Askeri Stratejik Yakıt" şeklinde adlandırılabilir. Biyodizelin jeneratör yakıtı ve kalorifer yakıtı olarak da değerlendirilmesi mümkündür.

➤ Kükürt içermeyen biyodizel, seralar için mükemmel bir yakıt olabilir. Ayrıca yeraltı madenciliğinde, sanayide (gıda işleme sanayii de dahil) kullanımı önerilmektedir.

➤ Ülkemizde de biyodizel çok soğuk bölgelerimizin dışında dizelin kullanıldığı her alanda kullanılabilir bir yakıttır.

Çizelge 1.5'te motorin ile biyodizelin yakıt özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Çizelge 1.5** Motorin ve biyodizelin yakıt özellikleri  
([www.nrel.gov/vehiclesantfuels/npbf/pdfs/40555.pdf](http://www.nrel.gov/vehiclesantfuels/npbf/pdfs/40555.pdf))

| <b>Yakıt Özelliği</b>          | <b>Petrodizel</b> | <b>Biyodizel</b> |
|--------------------------------|-------------------|------------------|
| Yakıt Standardı                | ASTM D 975        | ASTM PS 121      |
| Yakıt Bileşimi                 | C10-C21 HC        | C12-C22 FAME     |
| Alt ısıl değer (MJ/l)          | 36.6              | 32.6             |
| Kinematik viskozite (40 °C de) | 1.3 – 1.4         | 1.9 – 6.0        |
| Özgül ağırlık (15 °C de)       | 0.85              | 0.88             |
| Su (ppm)                       | 161               | Max % 0.05       |
| Karbon (Ağırlığın % si)        | 87                | 77               |
| Hidrojen (Ağırlığın % si)      | 13                | 12               |
| Oksijen (Ağırlığın % si)       | 0                 | 11               |
| Kükürt (Ağırlığın % si)        | Max 0.05          | 0.0 – 0.0024     |
| Kaynama noktası (°C)           | 188 - 343         | 182 - 338        |
| Parlama noktası (°C)           | 60-80             | 100-170          |
| Bulutlanma noktası (°C)        | -15...+5          | -3...+12         |
| Akma noktası (°C)              | -35...-15         | -15...+10        |
| Setan sayısı                   | 40-55             | 48-65            |
| Hava/Yakıt oranı               | 15                | 13.8             |

### 1.3.5. Biyodizelin diğ er maddelerle uyuşabilirligi

Biyodizel orta dereceli bir çözücüdür. Boyalı yüzeyler ile teması halinde boyayı çözebilir. Biyodizelin bu çözücü özelliğinden dolayı araçlardaki kullanımında yakıt deposuna konulmadan evvel, deponun temizliğini ve bakımını yapmak gerekir. Aksi takdirde, motorinden kaynaklanan, depo içindeki tortuları çözmekte, yakıt filtresi ve enjektörde tıkanıklığa sebep olmaktadır.

Depolama ve kullanımı hususunda, malzeme seçimine dikkat etmek gerekir. Çünkü bakır, pirinç, bronz kurşun, kalay ve çinko motorin ve biyodizel ile okside olabilir ve tortulaşma meydana getirebilir. Bakır borular, pirinç regülatörler ve bakır rekorlarda kurşun ve çinko kaplamalardan kaçınılmalıdır. Zarar görmüş parça çelik veya alüminyum olanı ile değiştirilmelidir. Uygun yakıt deposu malzemesi teflon, viton, fluorinat plastik, naylon, alüminyum ve çelik içermelidir (Öğüt ve Oğuz, 2006).

Tyson (2001) biyodizelin çeşitli metal, kauçuk ve plastik parçalar üzerindeki korozyon etkisini incelemiş, ayçiçeği ester ürünlerinin, çelik pik demir, alüminyum, pirinç, bakır, galvanizlenmiş çelik ve paslanmaz çelik gibi metallerdeki korozyona bağlı kütle kaybının 1 mikrometre/yıl olduğunu belirlemiştir. Bununla birlikte, püskürtme pompası ve kontrol bağlantıları üzerinde yaptığı incelemelerde de korozyona ait hiçbir belirtiye rastlamamıştır. Ayçiçek yağı metil esterleriyle gerçekleştirilen çalışma sonunda metal parçalarda korozyona rastlanmamış ancak tüm plastik aksamda sertleşme eğilimi ve mukavemette düşme görüldüğü bildirilmiştir. Ester yakıtın tüm kauçuk parçalarda tahrip edici özellik gösterdiği, Viton A kauçuğun konstrüksiyon açısından en uygun kauçuk olduğu belirtilmiştir. Ester yakıtların uzun süreli temas sonucunda, boyalar üzerinde çözücü etkisi göz önünde tutularak gerekli aksama dayanıklı boya uygulamasının yararlı olacağı vurgulanmaktadır (Işığür 1992). Çizelge 1.6'da biyodizel kullanımının değişik malzemeler üzerindeki etkileri verilmiştir.

**Çizelge1.6,** Biyodizel ile malzemelerin uyuşabilirliği (Tyson, 2001, Oğuz, 2004,)

| Malzeme      | Biyodizelin %<br>karışım oranı | Etkinin motorin ile karşılaştırılması          |
|--------------|--------------------------------|--|
| Teflon       | B100                           | Çok az değişme                                 |
| Naylon 6/6   | B100                           | Çok az değişme                                 |
| Nitril       | B100                           | % 20 sertleşmede azalma,<br>% 18 şişme artışı  |
| Viton A401-C | B100                           | Çok az değişme                                 |
| Viton GFLT   | B100                           | Çok az değişme                                 |
| Flurosilikon | B100                           | Sertlikte çok az değişme,<br>% 7 şişme artışı  |
| Poliüretan   | B100                           | Sertlikte çok az değişme,<br>% 6 şişme artışı  |
| Polipropilen | B100                           | % 10 sertlikte azalma<br>% 8 – 15 şişme artışı |
| Polivinly    | B100                           | Çok kötü                                       |
|              | B50                            | Kötü   |
|              | B40                            | Kötü   |
|              | B30                            | Kötü   |
|              | B20                            | Benzer   |
|              | B10                            | Benzer   |
| Tygon        | B100                           | Kötü   |

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kaynaklar tarih sırasına göre ilgili kısımları özet olarak verilmiştir.

Geyer ve ark. (1984), ayçiçek yağı, pamuk tohumu yağı ve bunların metil esterleriyle yaptıkları çalışmada elde ettikleri yakıtları, tek silindirli direkt püskürtmeli dizel motorunda denemişlerdir. Denemeler esnasında emisyon değerlerini incelemişler, sonuçta tam yükte ayçiçek yağı hariç diğer bitkisel yağların partikül atıklarının motorinden daha fazla, metil ester yakıtların partikül atıklarının motorinden daha az çıktığını belirtmişlerdir.

Işığgür (1992), deneme amaçlı aspir bitkisi yetiştirilmiş, bu bitkiden elde edilen yağın viskozitesini seyreltme ve transesterifikasyon yöntemleriyle düşürülerek alternatif motorin olabileceği belirtilmiştir. Motor denemesi yapılarak emisyon değerleri çıkarılmıştır. Motor denemeleri sonucu, motor karakteristik eğrilerinin motorine yakın değerlerde çıkmasına karşın emisyon değerlerinde düşüş olduğunu görmüşlerdir.

Altın ve Yücesu (1999), yaptıkları çalışmada tek silindirli bir dizel motorda yakıt olarak ham pamuk yağı ve pamuk yağı metil esterinin kullanılabilirliğini deneysel olarak araştırmışlardır. Her iki yakıtın performansını ve egzoz emisyonlarını motorin ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak kısa süreli çalışmalarda ham pamuk yağının uzun süreli çalışmalarda pamuk yağı metil esterinin dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Körbitz 1999, çalışmasında Avrupa ülkelerinde ve ABD’de biyodizel üretimini incelemiştir. Fransa Elf, Shell ve Total petrol şirketleri vasıtasıyla motorinin dağıtılması esnasında içerisine % 5 biyodizel ilave edilerek yapıldığını belirtmiştir.

Thuneker ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada yakıt olarak kolza yağını kolza metil ester haline dönüştürerek motorlarda kullanmışlar ve bunun standardını hazırlamışlardır. Yakıt olarak kolza yağı için kalite standardındaki sonuçları birleştirmişlerdir. Bu standart da sınır değerleri ile 15 önemli yakıt özelliğini karşılaştırmışlardır.



Oğuz ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada ayçiçek yağının viskozitesini seyreltme metodu ile düşürerek 3 silindirli 43 kW gücünde dizel bir motorda deneyerek motor performansına ve çevreye olan etkilerini incelemişlerdir. Motor performansında istatistiki anlamda bir değişme olmadığını ancak özgül yakıt tüketiminde % 15'lik bir artış meydana geldiğini duman yoğunluğunda düşmeler olduğunu ortaya koymuşlardır.

Oğuz ve Ögüt (2001), çalışmalarında çevre koruma bilincini artırması, çevreye uyumlu ürünlerin geniş bir varyetesinin gelişmesini sağladığını; bu üretim çevreye uyumlu alternatif yakıt ve yağlayıcıları da kapsadığını; bitkisel yağların alternatif yakıt ve yağlayıcı madde olarak ortaya çıkmasındaki esasın, ürünlerin çevre dostu olması, çiftçi tarafından üretilmesi ve doğaya serbest bırakıldığı zaman kendiliğinden biyolojik olarak kolay ayrışabilme yeteneğinin olması olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmalarında bitkisel esaslı yağların tarım traktörlerinde yakıt, motor yağı, ve hidrolik yağı olarak kullanım imkanları ve bunların avantaj ve dezavantajları ortaya koymuşlardır.

Yücesu ve ark (2001), çalışmalarında tek silindirli bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak bitkisel yağ kullanımının motor performansı ve emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Yakıt olarak ayçiçek yağı, pamuk yağı, soya yağı ve bunlardan elde edilen metil esterlerini kullanmışlardır. Yapılan testler sonucunda bitkisel yağların motor performansı motorine göre düşük duman koyuluğu daha yüksek olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bitkisel yağlardan üretilen metil esterlerinin ise motor performanslarının motorine yakın olduğunu ortaya koymuşlardır.

Antolin ve ark. (2002), yaptıkları çalışmada ayçiçeği yağından biyodizel üretmek için optimum şartları belirlemeye çalışmışlardır. Ürettikleri biyodizelin ısı değeri haricinde diğerlerinin sınır değerlerde kaldığını belirtmişlerdir. Emisyon değerlerinde ise ya düşme meydana geldiğini ya da aynı değeri muhafaza ettiğini bulmuşlardır.

Oğuz, H. (2004), yaptığı araştırmada fındık yağını biyodizele dönüştürmek için bir tesis geliştirmiş, ürettiği biyodizelin yakıt özelliklerini belirleyerek dizel motorda kullanmıştır. Araştırma sonucunda biyodizelin yakıt özelliklerinin motorin ile mukayesesi de fark olmadığını ortaya koymuştur.

Oğuz ve Öğüt (2004), yaptıkları çalışmada Türkiye şartlarına uygun bir biyodizel tesisinin tasarımını yapıp imal etmişlerdir. Türkiye profili incelendiğinde, biyodizel üretimi için orta ölçekli biyodizel üretim tesisinin uygun olduğunu ortaya koymuşlardır.

Öğüt ve Oğuz (2005), biyodizelin üçüncü milenyum yakıtını olduğunu belirtmişler ve biyodizelin kullanımı ve özelliklerini açıklamışlardır.

Usta (2005), bitkisel yağların ve metil/etil esterlerinin farklı türleri dizel motorlarında test edilmiştir. Deneysel sonuçlar tütün tohumu yağı metil esteri karışımlarının ön ısıtma ve hiçbir motor modifikasyonu olmadan emisyonlar ve performans parametreleri yönünden pek çok çalışma koşullarında kısmi olarak motorunun yerine kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Minteer (2006), yaptıkları çalışmada biyoetanol kullanımının karbon monoksit emisyonu ve partikül madde emisyonu azaltmak için dizel karışımı olarak da kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Sera etkili gaz emisyonları etanol karışımıyla azalsa da, sağlık sorunlarına yol açan aldehytlerin emisyonlarını artırmaktadır. Otomobiller %5 ila % 25'lik biyoetanol-benzin karışımlarıyla çalışabilmekte ve % 10 ve % 15lik biyoetanol dizel karışımlarını motor parçalarında ve kurulumunda değişime gerek kalmadan ve motor ömrüne olumsuz etki yapmadan kullanılabilirliğini belirtmiştir.

Uçar (2006), alternatif yakıtların özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, yakıt özellikleri ile birbirleri arasındaki bağlantılar tespit edilerek bu bağlantılardan diğer özelliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla değişik yağlı bitkilerden elde edilen biyodizellerin yakıt özellikleri arasındaki istatistikî ilişkiler ortaya koymuştur.

Eser ve ark. (2007), dünyada ve Türkiye de biyoetanol ham maddesi olarak buğday, şeker pancarı, şeker kamışı ve mısır; biyodizel ham maddesi olarak da kolza, ayçiçeği, soya, aspir, çığit'in üretim durumlarını ve geleceğini ele almışlardır.

Haşimoğlu ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada kullanılmamış rafine ayçiçeği yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretilerek, aşırı doldurmalı direkt püskürtmeli bir dizel motorunun kısmi yük şartlarındaki performansına ve egzoz emisyonlarına olan etkisini deneysel olarak incelenmişlerdir. Deneysel çalışmalar neticesinde motor performansı ve emisyonlarındaki değişimlerde biyodizelin alt ısı değerinin motorine göre daha düşük olmasının başlıca etken olduğu sonucuna

varılmıştır. Yakıt olarak biyodizel kullanılması ile genel olarak özgül yakıt tüketimi, verim ve azot oksit emisyonları artmış, egzoz gazı sıcaklığı ve duman koyuluğunun azaldığını belirtmişlerdir.

İşler ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada, biyoetanolün dünya’da ve Türkiye’deki mevcut durumu ve geleceğini incelemişlerdir.

Öğüt ve ark. (2007), bu çalışmalarında aspir, soya, hardal, kolza gibi değişik yağların yakıt özelliklerini incelemişler ve motorlarda doğrudan kullanımlarını karşılaştırmalı olarak araştırmışlardır. Sonuçta bitkisel yağların özellikle tarım traktörlerinde doğrudan kullanımlarıyla ilgili sürdürülebilir çözüm önerileri getirmişlerdir.

Haşimoğlu ve ark. (2008), 4 silindirli, 4 zamanlı türbo şarjlı düşük ısı kayıplı bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak biyodizelin kullanılmasının motor performans karakteristiklerine etkisini incelemişlerdir. Özgül yakıt tüketimi ve termik verimde iyileşmeler olduğunu bulmuşlardır.

Oğuz ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada biyoyakıtların motorlarda yakıt olarak kullanılması durumunda emisyon değerlerinde meydana gelen değişimleri incelenmişler ve hava kalitesine etkisini ortaya koymuşlardır.

### **3. MATERYAL VE METOT**

#### **3.1. Materyal**

Ülkeler biyodizel ya da biyoetanol üretiminde kullandıkları tarımsal ham maddeleri tamamen kendi şartlarına bağlı olarak belirlemektedirler. Ülkemizde biyodizel ham maddesi olarak kolza ve aspir, biyoetanol hammaddesi olarak da buğday, mısır ve şeker pancarı gösterilebilir. Şeker pancarı üretimine kota konmasının önündeki sebeplerin kaldırılması ancak ürünün tüketim çeşitliliğinin artırılmasıyla mümkündür. Ülkemizde şeker pancarından biyoetanol üretiminin ileriye dönük projeksiyonları umut vericidir. Böylece biyoyakıtların önündeki en önemli problemlerden biri olan hammadde yetersizliği sorunu aşılabilir.

Biyoyakıtların tüketim çeşitliliğinin artırılması da üzerinde durulması gerekli bir konudur. Biyoetanol, aspir metil esteri ve motorinden oluşan yakıt karışımlarının emisyon ve performans değerleri bakımından fosil kökenli yakıtlara yakın değerler verecek bir karışım oranının geliştirilmesi, fosil kökenli yakıtların tüketimini azaltacaktır.

##### **3.1.1. Yakıtlar**

Bu tez çalışmasında, fosil kökenli ve biyolojik kökenli yakıtlar kullanılarak değişik yakıt türleri oluşturulmuştur. Bunlar:

*Motorin;* Analiz raporu tanzim yükümlülüğü olan BP petroleri A.Ş.'den / Ataş Anadolu Tesviye Hanesi A.Ş.'dan alınan numunenin, deney yöntemleri (Tübitak tarafından Ataş'a teslim edilen MRK-40 nolu cihaz ile Ataş tarafından yapılan Ulusal Marker Konsantrasyonu:102) kullanılarak yapılan analiz sonucu 01.02.2007 tarihinde alınan rapora göre uygun olduğu tespit edilmiştir. Yakıt özellikleri Çizelge 3.1'de görülmektedir.

**Çizelge 3.1** Motorinin yakıt özellikleri

| ÖZELLİK                       | BİRİMİ             | REFERANS SINIR DEĞERLERİ |                        |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|
|                               |                    | EN AZ                    | EN FAZLA               |
| YOĞUNLUK                      | kg/m <sup>3</sup>  | 820                      | 860                    |
| VİSKOZİTE                     | mm <sup>2</sup> /s | 2.00                     | 4.50                   |
| TOPLAM KİRLİLİK               | mmg/kg             |                          | 24                     |
| OKSİDASYON KARARLILIĞI        | g/cm <sup>3</sup>  |                          | 26                     |
| PARLAMA NOKTASI               | °C                 | 55                       |                        |
| SOĞUKTA FİLTRE TIKAMA NOKTASI | °C                 |                          | + 5 (yaz)<br>-15 (kış) |
| BAKİR ŞERİT KOROZYONU         | derece             | 1                        |                        |
| YAĞLAMA ÖZELLİĞİ              | µm                 |                          | 460                    |

*Biyometanol*; Tarımsal Kimya A.Ş. tarafından üretimi yapılan biyometanol 15.07.2007 tarihinde denemeler için temin edilmiştir. Biyometanol % 99.6 saflıkta olup buğdaydan üretilmiştir. Kimyasal formülü CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH'dır. Gözle deriyle temasından kaçınılmalı, solunması veyahut da yutulması oldukça tehlikelidir. Yangın durumunda söndürme tozu veya basınçlı su ile müdahale edilmelidir. Serin bir yerde ve oksidasyon maddelerinden uzak bir şekilde muhafaza edilmelidir. Temin edilen biyometanolün teknik özellikler Çizelge 3.2'de görülmektedir.

**Çizelge 3.2** Biyometanolün teknik özellikleri (Tarkim, 2006)

|                    |   |
|--------------------|---|
| FİZİKSEL FORMU     | SIVI  |
| GÖRÜNÜŞ            | RENKSİZ, BERRAK   |
| KOKU               | ALKOL GİBİ  |
| KAYNAMA NOKTASI    | 78 °C   |
| ERİME ISISI        | -114.5 °C   |
| PARLAMA NOKTASI    | 13 °C   |
| TUTUŞMA ISISI      | 425 °C  |
| PATLAMA TEHLİKESİ  | PATLAMA TEHLİKESİ YOKTUR. ANCAK PATLAMA TEHLİKESİ OLAN BUHAR/HAVA KARIŞIMLARININ OLUŞMASI MÜMKÜNDÜR |
| PATLAMA SINIRI ÜST | 15 vol %  |
| PATLAMA SINIRI ALT | 3.5 vol %   |
| YOĞUNLUK           | 0.79 gr/cm <sup>3</sup>   |
| SUDA ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ   | TAMAMEN   |

*Bitkisel yağ*; Bu çalışmada bitkisel yağ olarak aspir tohumlarından elde edilen aspir yağı kullanılmıştır. Aspir tohumları Eskişehir Tarımsal Araştırma Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Aspir bitkisinin tohumlarından elde edilen aspir yağı rafine edilmiş ve daha sonra 40 litre Aspir Metil Esteri (AME) üretilmiştir. Yoğunluk değerlerinin biyodizel standart değerlerinin üzerine çıkmasından dolayı çıkan ürüne aspir metil esterine adı verilmiştir. Üretilen aspir metil esterine ait yakıt özellikleri Çizelge 3.3'te görülmektedir.

**Çizelge 3.3** Aspir metil esterinin yakıt özellikleri

| ÖZELLİKLER                    | BİRİMİ             |       |
|-------------------------------|--------------------|-------|
| YOĞUNLUK                      | kg/m <sup>3</sup>  | 894   |
| VİSKOZİTE                     | mm <sup>2</sup> /s | 5.75  |
| SU İÇERİĞİ                    | ppm                | 494   |
| BULUTLANMA NOKTASI            | °C                 | -2.6  |
| AKMA NOKTASI                  | °C                 | -13.6 |
| DONMA NOKTASI                 | °C                 | -22   |
| PARLAMA NOKTASI               | °C                 | 100   |
| SOĞUKTA FİLTRE TIKAMA NOKTASI | °C                 | 5     |
| BAKIR ÇUBUK KOROZYONU         | derece             | 1a    |
| ISIL DEĞER                    | kJ/kg              | 38866 |

### 3.1.2. Biyodizel üretim tesisi

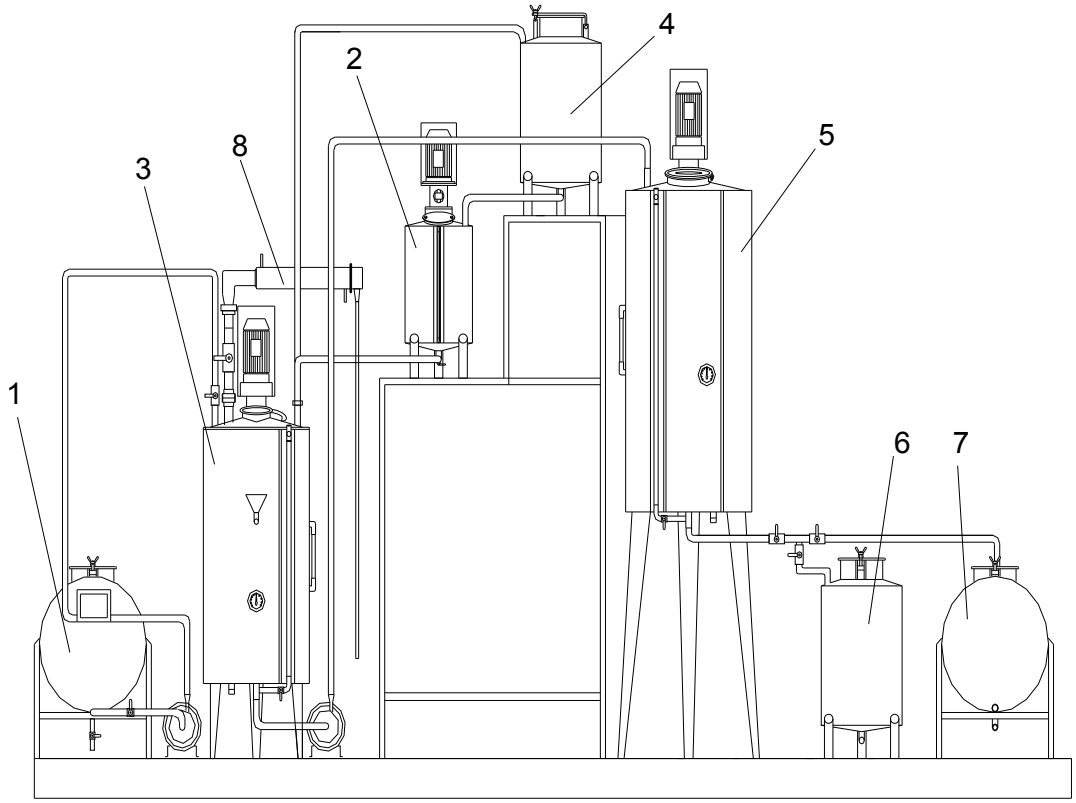
Aspir biyodizelinin üretilmesi için Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde, Devlet Planlama Teşkilatının desteğiyle kurulan Biyodizel laboratuvarı kullanılmıştır. Tesis aşağıda belirtilen yedi ana tanktan oluşmaktadır. Bunlar;

- 100 lt kapasiteli ham yağ depolama tankı,
- 100 lt kapasiteli reaktör,
- 150 lt'lik yıkama dinlendirme tankı,
- 50 lt'lik metoksit tankı,
- 30 lt'lik mbiyoetanol tankı
- 30 lt'lik gliserin tankı
- 100 lt'lik biyodizel tankıdır.

Gerekli kontrol işlemlerini gerçekleştirmek için aşağıda belirtilen kumanda elemanları kullanılmıştır.

- 3 adet 1 fazlı asenkron motor (mikseri çalıştırmak için)
- 2 adet 1 fazlı asenkron motor (ürün pompalamak için)
- 3 adet ısıtıcı(ön ısıtma, metoksitin ısıtılması, yıkama tankı)
- 2 adet termometre (reaktör ve yıkama tankı sıcaklık ölçümünde)
- 2 adet termostat (reaktör ve yıkama tankı sıcaklığını kontrol etmek için)

Tesis yukarıda bahsedilen ana elemanlardan ve kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Tesisin genel görünüşü Şekil 3.1'de verilmiştir



1. Ham yağ tankı 2. Metoksit tankı 3. Reaktör  
 4. Metanol tankı 5. Yıkama tankı 6. Gliserin tankı  
 7. Biodizel tankı 8. Eşanjör

**Şekil 3.1** Biodizel üretim tesisinin genel görünüşü (Oğuz, 2004)

### 3.1.3. Yakıt özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan cihazlar

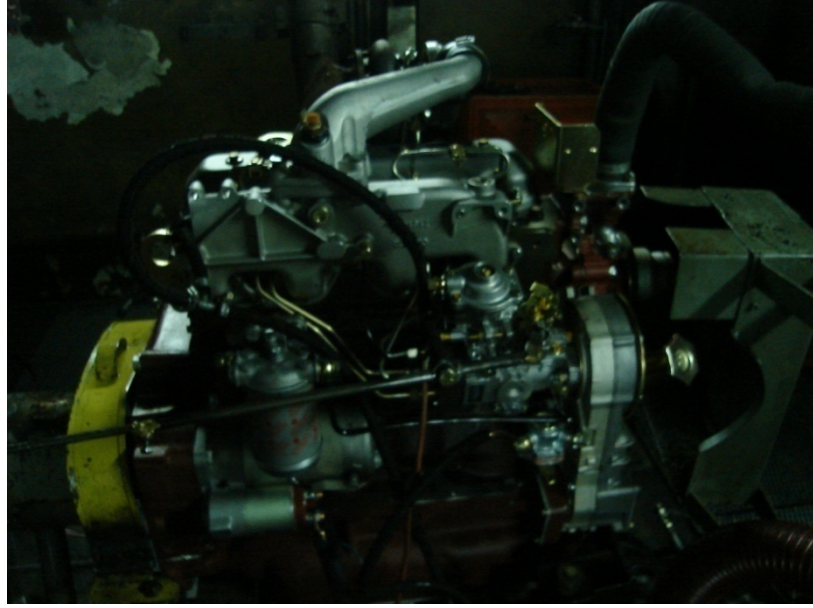
Yakıt özelliklerinin belirlenmesinde Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan Biodizel laboratuvarında bulunan cihazlarla, yakıt numunelerinin özellikleri belirlenmiştir. Bunlar;

1. Viskozmetre cihazı
2. Yoğunluk ölçüm cihazı
3. Bulutlanma, Akma ve Donma noktaları tespit cihazı
4. Bakır şerit korozyon test cihazı
5. Parlama noktası tayin cihazı
6. Kalorimetre cihazı
7. Su içeriği ölçüm cihazı
8. Soğukta filtre tıkkama noktası tayin cihazı
9. Hassas Terazî
10. Termometre' dir.



#### 3.1.4. Deneylerde kullanılan motor ve teknik özellikleri

Hazırlanan yakıtlar Türkiye Motor Sanayi (TÜMOSAN)'inde kurulu olan bir test ünitesinde 4D39T modelindeki dizel motorunda denenmiştir. Denemelerde kullanılan motor Şekil 3.2'de görülmektedir. Denemede kullanılan 4D39T motorunun teknik özellikleri ise Çizelge 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Denemede kullanılan 4D39T motorunun genel görünüşü.

**Çizelge 3.4** 4D39T motorun teknik özellikleri

| ÖZELLİKLER               | BİRİMİ            |                     |
|--------------------------|-------------------|---------------------|
| SİLİNDİR SAYISI          |                   | 4                   |
| MOTOR TİPİ               |                   | SIRA TİPİ           |
| YANMA ODASI              |                   | DİREKT PÜSKÜRTMELİ  |
| YAKIT                    |                   | DİZEL               |
| SİLİNDİR ÇAPI            | mm                | 104                 |
| SİLİNDİR STROĞU          | mm                | 115                 |
| SİLİNDİR HACMİ           | cm <sup>3</sup>   | 3908                |
| SIKIŞTIRMA ORANI         |                   | 17/1                |
| NOMİNAL DEVİR            | min <sup>-1</sup> | 2500                |
| MAKSİMUM GÜÇ             | kW                | 60                  |
| MOMENT                   | Nm                | 265                 |
| YAKIT ENJEKSİYON POMPASI |                   | CAV DİSTRİBÜTÖR TİP |
| SOĞUTMA SİSTEMİ          |                   | SU SOĞUTMALI        |
| AĞIRLIK                  | kg                | 381                 |
| AZAMİ DEVİR (YÜKSÜZ)     | min <sup>-1</sup> | 2770                |
| ASGARİ DEVİRİ            | min <sup>-1</sup> | 650                 |

### 3.1.5. Performans denemelerinde kullanılan cihazlar

Yakıt numunelerinin performans deneyleri Tümosan Traktör fabrikasında kurulu bulunan laboratuvarlarda yapılmıştır.

*Motor dinamometresi*; Yapılan motor denemelerinde Zöllner marka motor dinamometresi kullanılmıştır. Kullanılan dinamometrenin teknik özellikleri Çizelge 3.5'te verilmiştir. Motor dinamometresinin ve kontrol panelinin genel görünümü Şekil 3.3'te görülmektedir. Dinamometreden ölçülebilen değerler ise;

- Tork
- Yakıt sarfiyatı,
- Yağ basıncı,
- Dinamometre basıncı,
- Egzoz Duman Yoğunluğu,
- Dinamometre suyu giriş sıcaklığı,
- Motor suyu giriş sıcaklığı,
- Motor suyu çıkış sıcaklığı,
- Motor yağı çıkış sıcaklığı değerleridir.

**Çizelge 3.5** Hidrolik frenin teknik özellikleri

|                                 |                          |
|---------------------------------|--------------------------|
| MARKA                           | ZÖLLNER                  |
| MODEL                           | 3n19A                    |
| TİP                             | HİDROLİK<br>DİNAMOMETRE  |
| İMALAT YILI                     | 1983                     |
| MAKSİMUM PERFORMANS             | 120kW                    |
| MAKSİMUM HIZ                    | 3600 min <sup>-1</sup>   |
| MAKSİMUM TORK                   | 53.7 kpm                 |
| MAKSİMUM TERAZİ DEĞERİ          | 75 kp                    |
| HIZ DEĞERİ ÖLÇÜM ARALIĞI        | 0-3000 min <sup>-1</sup> |
| MAKSİMUM PERFORMANSTA SU DEBİSİ | 24 m <sup>3</sup> /h     |
| DÖNÜŞ YÖNÜ                      | NORMAL TEK YÖNLÜ         |



**Şekil 3.3** Motor dinamometresinin ve kontrol panelinin genel görünümü

*Yakıt sarfiyatı ölçüm cihazı;* Hacimsel olarak 50, 100 ml hacminde ölçüm yapabilen yakıt tüketiminin belirlenmesi amacı ile, depo ile yakıt pompası arasına bağlanan Seppeler marka hacimsel yakıt sarfiyatı ölçüm cihazı kullanılmıştır. Şekil 3.4’de Seppeler marka cihazın genel görünüşü verilmiştir.



**Şekil 3.4** Yakıt sarfiyatı ölçüm cihazının genel görünüşü

*Duman yoğunluğu ölçüm cihazı*; Dizel motorlardan yayılan atık gazların tespitinde (k değeri) ölçülmektedir. Bunun için denemelerde TUMOSAN' da bulunan AVL marka 409D2 tip duman yoğunluğu ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihaz çalışması esnasında egzoz gazları özel kâğıdının üzerinden geçirilerek iz bırakması sağlanır. Oluşan bu izden ışığın geçme derecesi bir optik okuyucu ile okunarak değeri göstergeye aktarılır. Cihazı ölçüm aralığı 0.0...0.9 Sz Bosch'tur. Cihaz 20-30 saniye gibi kısa bir sürede ölçüm yapabilmektedir ve % 2 hata sınıfına sahiptir. Aşağıdaki Şekil 3.5'de Duman Yoğunluğu Ölçüm Cihazı Görülmektedir.



**Şekil 3.5** Duman Yoğunluğu Ölçüm Cihazı

### **3.2. Metot**

Yapılan araştırma çalışması aşağıda belirtildiği gibi beş aşamada gerçekteşirilmıştir.

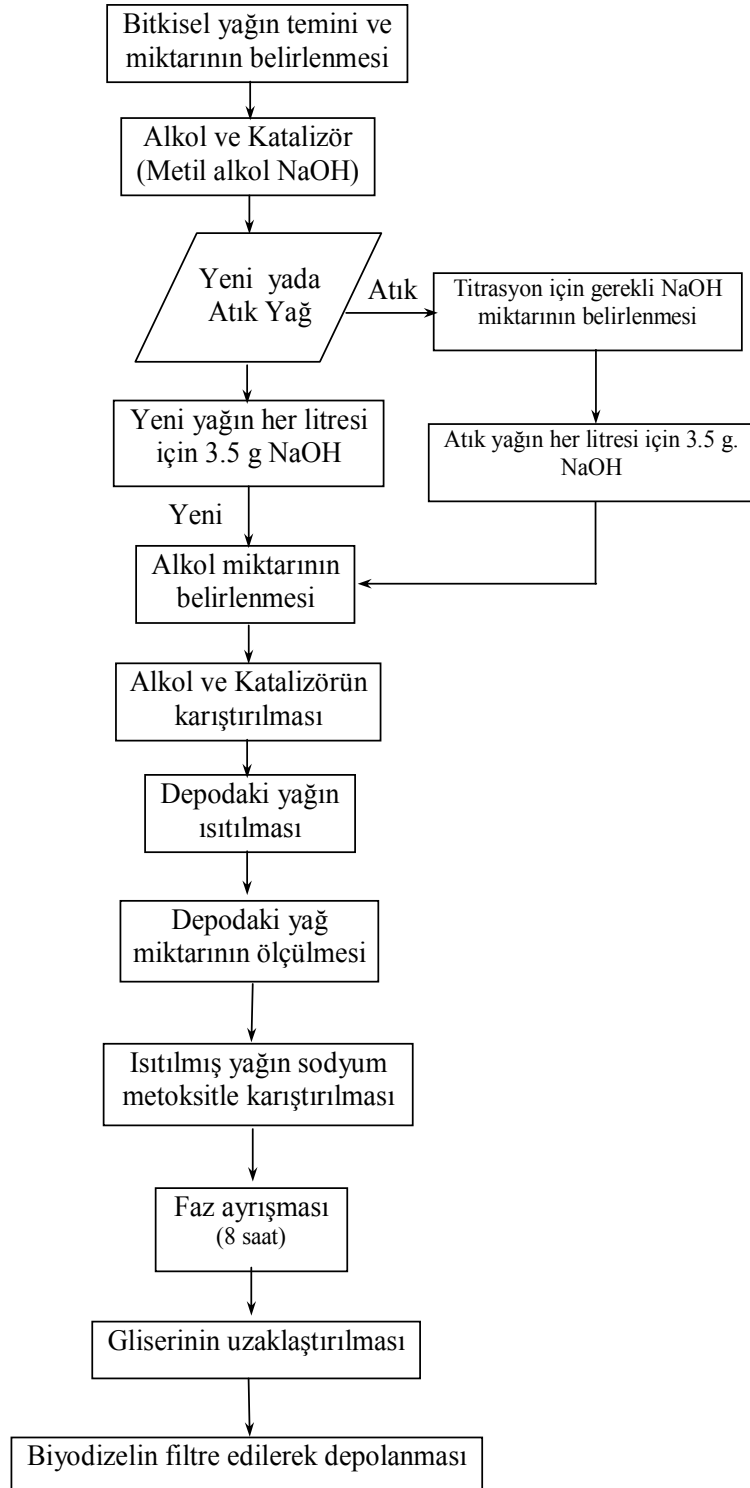
- Aspir yağından biyodizelin üretilmesi.
- Motor denemelerinde kullanılacak olan yakıtların hazırlanması.
- Oluşturulan yakıt örneklerinin fiziksel, kimyasal özelliklerinin belirlenmesi,
- Motor deney ve test düzeneğinin hazırlanıp; motor deneylerinin yapılması,
- Sonuçların değeriendirilmesi.

### 3.2.1. Aspir yağından metil ester üretilmesi

Bu aşamaları işlem sırasına göre aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

1. Ham yağ tankındaki yağ belirlenen miktarda ölçülerek ana reaktöre gönderilmiştir.
2. Bitkisel yağ ana reaktöre konularak 60 °C ye kadar ısıtılmıştır. Termostat kontrolü ile bu sıcaklığın reaksiyon boyunca sabit tutulması sağlanmıştır. Karıştırıcı ile yağ karıştırılarak yağ sıcaklığının her yerde aynı olması sağlanmaya çalışılmıştır.
3. Kullanılan bitkisel yağın hacimsel olarak % 20'sine tekabül eden metanol ve titrasyon neticesinde hesaplama ile bitkisel yağın ağırlıkça 3.5 gr/litre yağ oranında NaOH katalizör maddesi metoksit tankında çözülerek reaktöre gönderilmiştir.
4. Reaktörde karışım 60 dakika karıştırılmıştır. Karıştırma işleminde 1BG gücünde 1000 d/dak ile dönen mono fazlı bir elektrik motoru kullanılmıştır.
5. 60 dakika karıştırma işleminden sonra karışım yıkama (dinlendirme) tankına alınmıştır.
6. Dinlendirme kabına alınan karışım 12 saat dinlendirilerek aspir metil esteriyile gliserinin ayrışması sağlandı. Bu arada pH kağıtları ile üstteki biyodizelin pH'ına bakıldı. Reaksiyon bazik karakterli olduğu için nötrleşinceye kadar 1 mg sülfürik asit ilave edilmiştir. Dinlendirme tankında faz oluştuktan sonra gliserin, gliserin tankına alınmıştır.
7. İçeride kalan biyodizele yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Yıkama işleminde saf suyla sisleme yöntemi kullanılmıştır.
8. Yıkama işleminden sonra 12 saat beklenerek su ile biyodizelin faz oluşturarak suyun dibine çökmesi beklendi. Su tahliye edildi su alma deposuna gönderilmiştir.
9. Yıkama tankının içerisinde kalan biyodizelde su kalma ihtimaline karşın suyun kaynama noktası olan 100 °C'nin üzerinde ısıtılarak aspir metil esterini içindeki suyun buharlaşması sağlanmış ve filtreye gönderilmiştir. Daha sonra aspir metil esterini depoya alınmıştır.

Biyodizel üretim prosesi Şekil 3.6’da görüldüğü gibi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.6 Biyodizel üretim prosesi

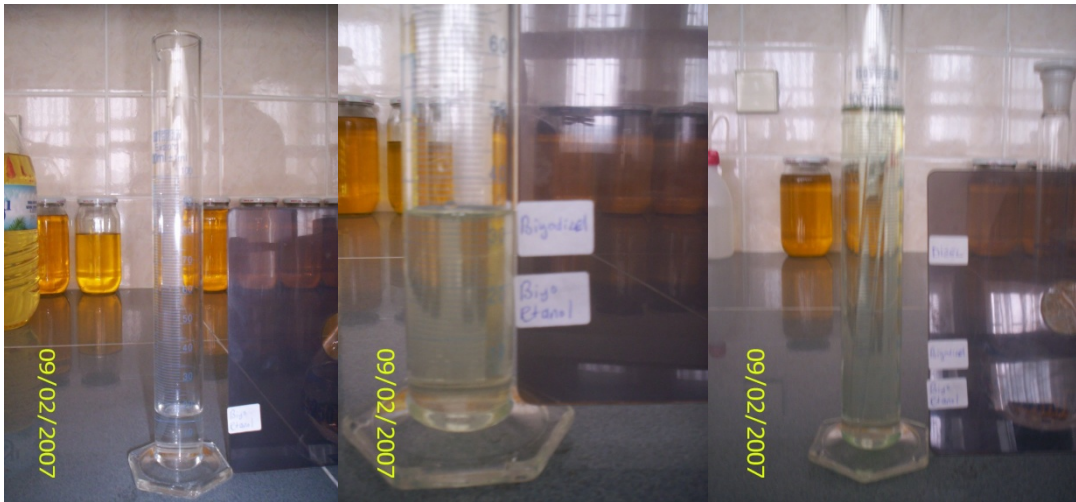
### 3.2.2. Yakıt numunelerinin oluşturulması

Numuneler hacimsel olarak hazırlanmıştır. Motorin, aspir metil esteri ve biyoetanolden oluşan karışımlarla 4 değişik yakıt oluşturulmuştur. Motorine hacimsel olarak % 20 aspir metil esteri katılmasıyla oluşturulan yakıtta AME 20, motorine % 20 sabit kalacak şekilde % 5, 10, 15 biyoetanol karıştırılarak hazırlanan karışımlara ise sırasıyla E5 AME 20, E10 AME 20, E15 AME 20 olarak isimlendirilmiştir. Oluşturulan yakıtların karışım oranları ve adları Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6 Yakıtların adları ve hacimsel olarak oluşturulma yüzdeleri.

| MOTORİN         | AME                                       | BİYOETANOL         | AME 20                       | E5 AME 20  | E10 AME 20  | E15 AME 20  |
|-----------------|---|--------------------|------------------------------|--|---|---|
| %100<br>MOTORİN | %100<br>AME<br>(ASPIR<br>METİL<br>ESTERİ) | %100<br>BİYOETANOL | %20<br>AME<br>%80<br>MOTORİN | %5<br>BİYOETANOL<br>%20<br>AME<br>%75<br>MOTORİN | %10<br>BİYOETANOL<br>%20<br>AME<br>%70<br>MOTORİN | %15<br>BİYOETANOL<br>%20<br>AME<br>%65<br>MOTORİN |

Şekil 3.7'de E15 AME 20 yakıtının hazırlanışı görülmektedir. Öncelikle mezuraya 15cc biyoetanol ardından 20cc aspir metil esteri ve sonunda da 65 cc motorin eklenerek 100cc'lik E15 AME 20 yakıtı hazırlanmıştır.



Şekil 3.7. E15 AME 20 yakıt numunesinin hazırlanması



### 3.2.3. Yakıt özelliklerinin belirlenmesi

Hazırlanan 7 çeşit yakıt için yakıt özellikleri belirlenmiştir. % 5 biyoetanol, % 20 aspir metil esteri ve %75 motorin ile hacimsel olarak hazırlanan karışımda faz farkı oluşumu görülmemiştir. Bu nedenle numunelere herhangi bir faz farkını ortadan kaldıracı katkı maddesi katılmamıştır. Şekil 3.17’de hazırlanan karışımda fazın oluşmadığı görülmektedir. Hazırlanan yakıt numuneleri 1 yıl gibi uzun süre dinlenilmeye alınmış ve faz farkının oluşmadığı gözlenmiştir.

*Viskozite ölçümleri:* Oluşturulan yakıt numunelerinin viskozitelerinin ölçümü için biyodizel laboratuvarında bulunan Koehler marka K23377 modeli cihaz kullanılmıştır. Cihazda ASTM D 445, DIN 51550 ve EN ISO 3104 standartlarına göre viskozite ölçüm yapılabilmektedir. Şekil 3.8’de görülen kinematik viskozmetre ile EN ISO 3104 standardına göre, 40 °C sıcaklıkta ölçümler yapılmıştır.



**Şekil 3.8** Koehler K 23377 model Kinematik Viskozmetre

Cihazın içerisinde bulunan önceden kalibre edilmiş cam çubuğun üzerinde geniş bir hacim bulunmaktadır. Viskozitesi ölçülmek istenen sıvı bu hacme doldurularak, borunun içerisindeki belli noktalardan geçme süresi saniye cinsinden ölçülür. Yalnız burada dikkat edilmesi gereken nokta ölçüm yapılmadan evvel cihazın ısısı ölçüm yapılacak sıcaklığa getirilerek, test edilecek sıvı ile ısıl denge kurulmalı ve ölçüme bundan sonra başlanmalıdır. Yine ölçüm esnasında sıvı borudan akarken, sıvı bir bütün halinde akmalı, yani içerisinde hava katmanları

bulunmamalıdır. Bu işlemler par yardımıyla kolaylıkla yapılabilir. Akma süresi hassas bir kronometre ile saniye cinsinden ölçüldükten sonra, ölçüm yapılan uzunluğa ait katsayı ile çarpılarak kinematik viskozitesi tayin edilmiş olur.

*Yoğunluk ölçümleri:* Yakıtların yoğunlukları viskoziteleri ile doğrudan bağlantılıdır. Yoğunluktaki küçük bir artış viskozitede büyük artışlara neden olabilmektedir. Sıvıların yoğunluğu sıcaklığın artmasıyla hafif bir şekilde düşer. Bu sebepten yoğunluk ölçümleri standart olarak 15.6 °C sıcaklıkta yapılmalı yada sonradan bu sıcaklığa göre düzeltme yapılmalıdır. Yoğunluk ölçümü için hidrometre kullanılır. Günümüzde bu ölçüm için dijital hidrometreler kullanılabilir ve bu cihazlar değişik sıcaklıklarda yapılan ölçümleri 15.6 °C ye uygun şekilde çevirerek değer verebilmektedir.

Yakıtların yoğunluklarının ölçümü için, biyodizel laboratuvarında bulunan Kyoto marka DA 1390N model cihaz kullanılmıştır. Cihaz ölçüm yapılan sıcaklığı 15 °C'ye indirgeyerek değer vermektedir. Şekil 3.9'da Yoğunluk ölçüm cihazı görülmektedir.



**Şekil 3.9** Yoğunluk ölçüm cihazı

*Akma, bulutlanma ve donma noktaları ölçümleri:* Yakıtların soğukta akış özelliklerinin tespiti amacıyla yapılan ölçümlerdir. Bulutlanma noktası, soğuk hava koşullarında yakıtın içerisinde kristalleşmelerin görüldüğü ilk sıcaklıktır. Bulutlanma

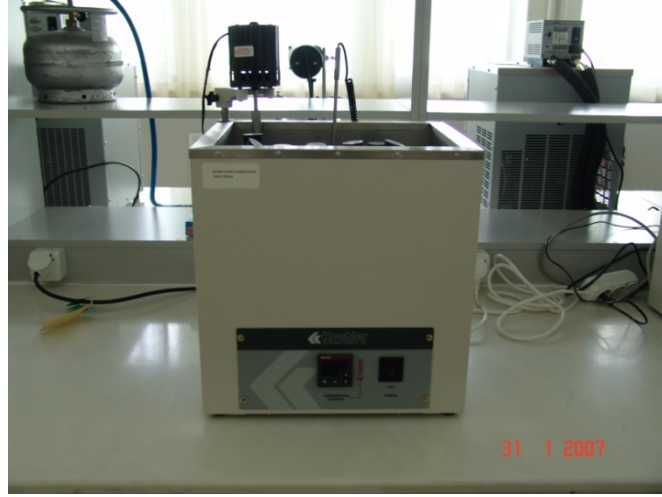
noktası sıcaklığının düşük olması, yakıtın soğuk havalarda daha düşük sıcaklıklarda kristalleşmeye başlayacağını gösterir. Bu sebeple dizel yakıtların bulutlanma donma ve akma noktaları sıcaklıklarının düşük olması aranan bir özelliktir. Motorinin bulutlanma noktasına ulaşmasıyla, yakıt içerisinde oluşan kristal yapı, yakıtın yakıt hattında tıkanıklıklara yol açmasına sebep olur. Özellikle bu durum filtrede kendisini bariz bir şekilde gösterir.

Akma noktası ise yakıtın soğuktan dolayı akıcılığını kaybettiği sıcaklıktır. Bu noktada yakıt akıcılığını neredeyse kaybeder. Donma noktası ise yakıtın donduğu sıcaklığı belirtir. Bu ölçümler için belli bir hacimdeki yakıt numunesi cihazda homojen bir şekilde soğutulur, yakıt gözlemlenir ve kristalleşmeye başladığı sıcaklık bulutlanma, akıcılığını kaybettiği sıcaklık akma ve donduğu sıcaklık donma sıcaklığı olarak tespit edilir. Elde edilen yakıtların, bulutlanma, akma ve donma noktalarının tespiti için Biyodizel laboratuvarında bulunan Koehler marka, K 46000 model cihaz kullanılmıştır. Cihazda ASTM D 97 standardına göre ölçüm yapılmaktadır. Şekil 3.10 de, cihazın şekli görülüyor. Test tüpünün içerisindeki yakıt, soğutucu tarafından soğutulup ve sıcaklıkları gözlemlenebilmektedir. Yakıt sıcaklığı düştükçe, yakıtın soğukta akış özellikleri tespit edilebilmektedir. Şekil 3.20'de akma noktası, bulutlanma noktası ve donma noktası ölçümleri için kullanılan cihaz görülmektedir.



**Şekil 3.10** Akma noktası, Bulutlanma noktası ve Donma noktası ölçüm cihazı

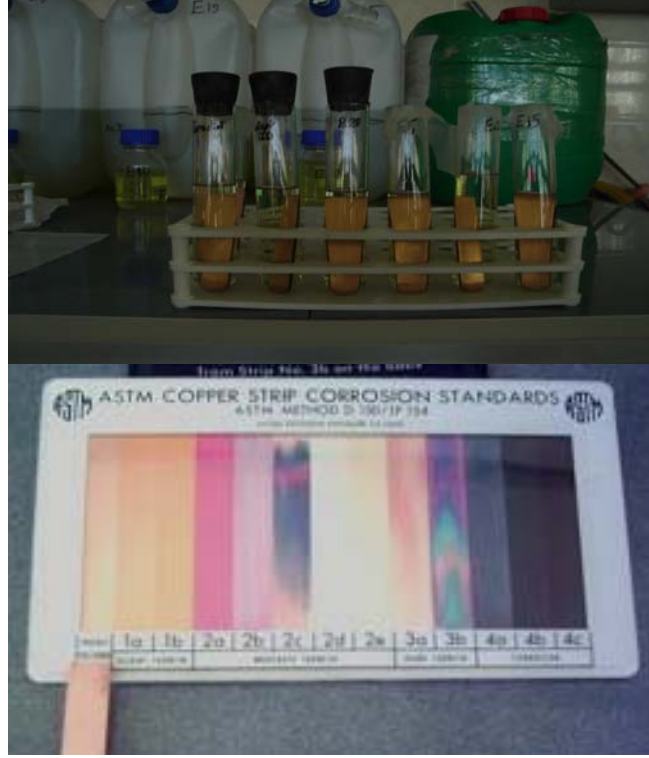
*Bakır çubuk korozyon testi:* Yakıtların korozif etkisinin tayini için, Biyodizel laboratuvarında bulunan Koehler marka K 25330 model cihaz kullanılmıştır. Cihazda ASTM D 130, DIN 51759 ve ISO 2160 standartlarına göre ölçüm yapılabilmektedir. Şekil 3.11’de Bakır çubuk korozyon test cihazı görülmektedir.



**Şekil 3.11** Bakır çubuk korozyon test cihazı

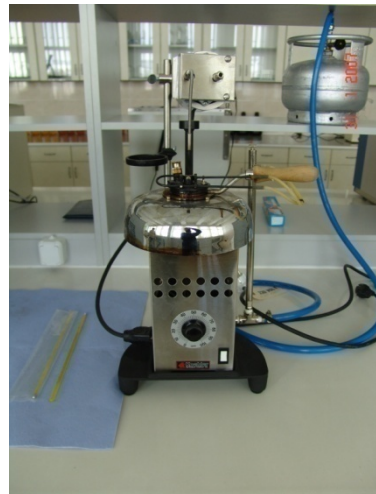
Yakıtların metaller üzerindeki korozif etkisinin tespiti için yapılan bir testtir. Yakıtın korozif etkisinin yüksek olması, yakıtın depolanması ve yakıt sisteminde problemlere yol açabilir. Dizel motorlar ve yakıt sistemleri çok hassas çalıştıklarından bu istenmeyen sonuçlar yaratacaktır. Yakıt pompası elemanları mikron seviyede hassasiyetle çalışırlar. Bu elemanlardaki deformasyon, yakıtın püskürtme basıncına direkt yansıtacağı gibi, diğer bir takım arızalara sebebiyet verir. Yakıtların korozif etkisinin tespiti için bakır bir çubuğun yakıt içerisinde belli sıcaklıkta ve belirli bir süre bekletilmesi neticesinde, üzerindeki değişim standartlaştırılmıştır.

Bakır çubuk, test işlemi öncesinde ince zımpara ile üzerindeki katman temizlenerek kendi rengi ortaya çıkarılmalıdır. Yakıtın korozif etkisi arttıkça çubuğun rengi koyulaşmaktadır. Buna göre bakır çubuğun 3 saat süreyle, 50°C sıcaklıkta yakıt içerisinde bekletilmesi sonucu üzerinde olan renk değişimi, daha önceden ölçeklendirilerek standart hale getirilmiş renk değişimleri ile mukayese edilir ve böylece korozif etkisi tayin edilir. Testlerde bakır çubuk korozyonuna etkisinin tüm numunelerde ASTM’ye 1a seviyesinde oluşmuştur. Bu renk değişimi ve standart ASTM ölçeği şekil 3.12’de görülmektedir.



**Şekil 3.12** Bakır çubuk korozyon testi ve test ölçeği.

*Parlama noktası testi:* Elde edilen yakıtların parlama noktalarını tespit etmek için koehler marka, K16200 model cihaz kullanılmaktadır. Cihazda ASTM-93, EN ISO 3679 ve DIN 51758 standartlarına göre ölçüm yapılabilmektedir. Şekil 3.13’de Parlama noktası tayin cihazı görülmektedir.



**Şekil 3.13** Parlama noktası tayin cihazı

Parlama noktası, yakıtların risk sınıflandırmasında çok önemlidir. Taşıma ve depolama için parlama noktasının yüksek olması istenir. Motorinin parlama noktası 74 °C olmasına rağmen; bitkisel yağların parlama noktası 300 °C den yukarıda, biyodizelin parlama noktası ise 120 – 220 °C civarındadır. Parlama noktası ölçülecek numune ölçüm cihazındaki hazne seviyesine kadar doldurulur. Isıtılmaya başlanır. Sıcaklık yükseldikçe başlangıçta 5'er °C aralıklarla parlama noktasına yaklaştıkça daha düşük aralıklarda ısınan numunenin üzerinde alev gezdirilir. Yakıt yüzeyinde buhar meydana gelerek yakıtın parladığı sıcaklık yakıtın parlama noktasıdır.

*Isıl değer testi:* Çalışmada yakıtların ısıl değerini tespit etmek için Ika C 200 adyabatik kalorimetre cihazı kullanılmıştır. Motorin, AME 100, AME 20, E5 AME 20, E10 AME 20, E15 AME 20'in ısıl değerleri TS EN 590 ve DIN 51605 standardına göre yapılmıştır. Yakıt numunelerinin ısıl değerlerini cal/g cinsinden ölçümünde kullanılır. Şekil 3.14'de Kalorimetre cihazı görülmektedir.



**Şekil 3.14** Kalorimetre cihazı

*Su içeriği testi:* Yakıtların su içerikleri EN ISO 12937'ye göre yapılmıştır. Yakıt numunelerinin bünyesindeki su miktarının ppm cinsinden ölçümünde kullanılır. Toplam su içeriği 500 ppm' yi geçmemelidir. Şekil 3.15'de Su içeriği ölçüm cihazı görülmektedir.



**Şekil 3.15'de** Su içeriği ölçüm cihazı

*Soğukta filtre tıkama testi:* Yakıt numunelerinin soğukta filtre tıkama noktasının tayininde kullanılır. Şekil 3.16'da soğukta filtre tıkama noktası tayin cihazı görülmektedir.

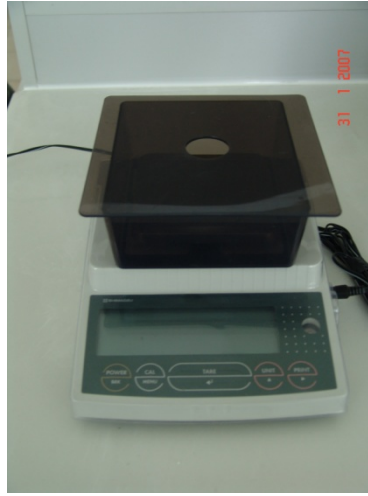


**Şekil 3.16** Soğukta filtre tıkama noktası tayin cihazı

Bu özellik soğuk şartlarda yakıtın kullanılıp kullanılmayacağına karar vermede önemlidir. IP309/80, DIN EN 116'da belirlenmektedir. Çalışmada TANAKA marka AFP-102 model Soğukta filtre tıkanma noktası test cihazı kullanılmıştır. Soğukta filtre tıkanma noktası ölçülecek numune cihazın haznesine doldurulmuş ve

soğutulmaya başlanmıştır. Soğutulan numune vakum hattında bulunan bir filtreden geçirilmiştir. Numunenin jelleşip filtreden geçemediği sıcaklık soğukta filtre tıkanma noktası olarak ölçülmüştür.

*Hassas terazi:* Çalışmanın, üretim aşamasında kullanılacak katalizör madde miktarı gibi ağırlık ölçüleri için, biyodizel laboratuvarında bulunan Shimadzu marka BL-220H model, 220 gr kapasiteli ve 0,001 gr hassasiyetle ölçüm yapabilen hassas terazi kullanılmıştır. Şekil 3.17’de Hassas Terazi görülmektedir.



**Şekil 3.17** Hassas Terazi

*Termometre:* Çalışmada sıcaklık ölçümleri için dijital ve cıva sütunlu termometreler kullanılmıştır. Dijital termometre Hanna Checktemp markadır. Cıva sütunlu termometre ise -80 ila +20 °C arası ölçüm yapabilen 1°C bölüntülü termometredir.

*Metanol:* Aspir yağından, biyodizel elde etmek için, yapılan çalışmada kullanılan metil alkol CH<sub>3</sub>OH kimyasal formüle sahip Merck markadır. Alkolün 20 °C deki yoğunluğu 0,791-0.793 kg/l’ dir. Şekil 3.18’de Kullanılan metanol görülmektedir.



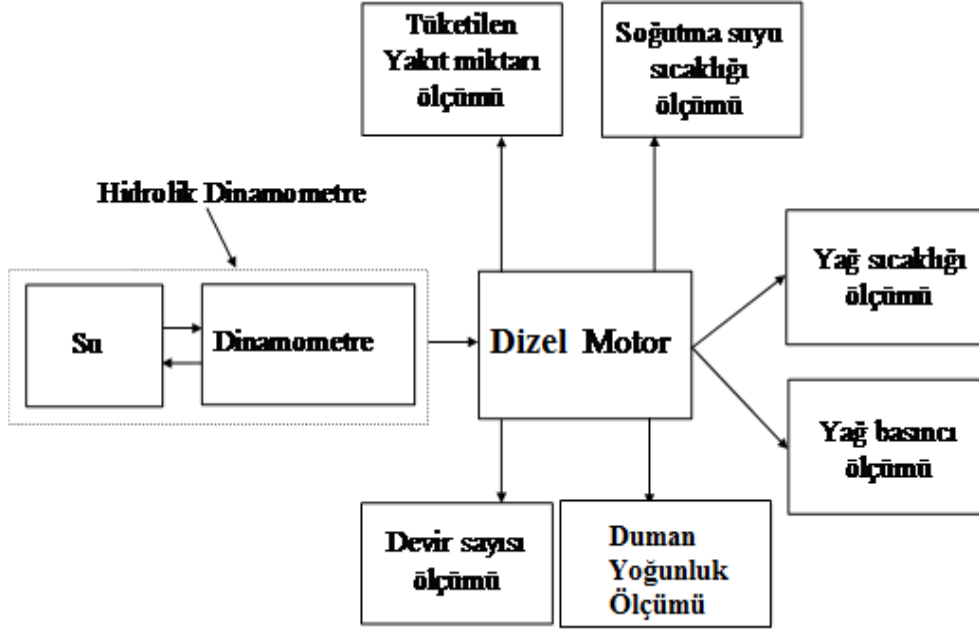


**Şekil 3.18** Kullanılan metanol ve katalizör

*Katalizör:* Üretimde gerekli olan katalizör maddesi için, kimyasal formülü NaOH olan sodyum hidroksit kullanılmıştır. Katalizör, Merck markadır. Şekil 3.11’de Kullanılan katalizör görülmektedir.

#### **3.2.4. Motor karakteristik deneyleri**

Hazırlanan yakıt türlerinin motor performans parametreleri ve duman yoğunluğu emisyonu incelenmiştir. Motor performans denemelerinin yapıldığı gün ortam basıncı, 675 mbar ve ortam sıcaklığı 35 °C olarak ölçülmüştür. Yakıt tüketimi ölçülürken 50 cm<sup>3</sup> yakıtın tüketimi için geçen süre baz alınmıştır. Dinamometrenin sağlıklı çalışabileceği minimum motor deviri 1400 min<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Rölanti 650 min<sup>-1</sup> ve bu devirdeki yağ basıncı 1.08 bar olarak ölçülmüştür. Motor denemeleri 5 tekerrür olarak yapılmıştır. Yakıtların testlerinin yapıldığı deney düzeneğinin şematik görünüşü Şekil 3.19’da verilmiştir.



**Şekil 3.19** Deney düzeneğinin şematik görünüşü

Motor testten önce bazı kontrollerden geçmektedir. Bunlar:

- Yağ seviyesi kontrolü
- Yağ ve su kaçağı kontrolü
- Supap ayar kontrolü
- Yakıt pompası kontrolü
- Enjektör Ayarları ve Kontrolü
- Silindir kapağı tespit kontrolü
- Yağ filtresi kontrolü
- Yağ devresi fonksiyon kontrolü
- Enjeksiyon pompası kontrolü
- Kayış gerginliği kontrolü
- Marş motoru kontrolüdür.

Motor performansını belirlemek amacıyla tam yük değişik devir testi yapılmıştır. Motor tam gaz konumundayken yükleme hidrolik dinamometre ile yapılmıştır. Motor çalışma suyu sıcaklığına geldiği zaman ölçmelere başlanmış olup

deney tamamlandığında motor deney öncesindeki şartlara getirilerek bir sonraki deneye hazır hale getirilmiştir. Deney öncesinde motor çalışma sıcaklığına getirilirken motorin kullanılmıştır.

Motor tam gazda iken hidrolik dinamometre kademe kademe yüklenerek motor devir sayısı ikiyüzer ikiyüzer düşürülmüştür. Dinamometrenin kontrol panelinden ölçüm değerleri okunmuş ve kaydedilmiştir. Motorun yakıt giriş borusu, iki ayrı vana ile farklı iki yakıtın sisteme girişini ayarlayacak şekilde dizayn edilmiştir. Aynı devir ve yükte yakıt ölçer ile 50 ml yakıtın harcanması için geçen süre ölçülerek kaydedilmiştir. Her bir yakıt ve devir için duman yoğunluğu da kaydedilmiştir. Yakıt numuneleri sırasıyla teste tabi tutulmuştur.

Motor yağı her denemeden sonra kontrol edilmiş ve bir anormallikle karşılaşılmamıştır.

Yakıt numunelerinin güç, tork ve özgül yakıt tüketimi değerleri motor devir sayısının fonksiyonu olarak incelenmiştir. Ölçüm sonuçları Exel programı kullanılarak grafikleri çizilmiştir.

### 3.2.5. Deneysel verilerin hesaplanması

Motorda ölçüm yoluyla elde edilen verilerle, tork, güç, saatlik yakıt tüketimi, özgül yakıt tüketimi, hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

Momenti bulmak için hidrolik dinamometre moment kolu uzunluğu ve dinamometre kuvveti dikkate alınarak tork değeri Nm olarak hesaplanmıştır (3.1). Dinamometrenin kol uzunluğu 1 m'dir. Dinamometrede kg olarak okunan değer N'a dönüştürülmüştür.

Formül aşağıda verilmiştir (Saral, 1996).

$$Md = F * L \quad (3.1)$$

Formülde

Md : Dönme momenti, (Nm)

F : Terazı kuvveti, (N)

L : Terazı kolu uzunluğu, (m)

Terazide okunan kuvvet Newton'a Hidrolik dinamometreyi üreten firmanın verdiği katsayı ile çarpılarak çevrilmiştir. Üretici firma tarafından bu katsayı terazi kol uzunluğu 1 m olarak alındığında 7.02 olarak verilmiştir. Ölçüm verilerinden faydalanılarak motor momenti, güç, saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi formül 3.2'den hesaplanmıştır.

$$Ne = \frac{Md * n}{9550} \quad (3.2)$$

Formülde;

Ne : Efektif motor gücü, (kW)

Md : Dönme momenti (Nm)

n : Motor devir sayısı, (1/min)

Aynı devir ve yükte yakıt ölçer devreye sokularak 50 ml yakıtın harcanması için geçen süre ölçülmüştür. Bu değer 1 litre yakıtın harcanması için geçen süre için oranlanarak litre/saat 'e çevrilmiştir. Saatlik yakıt tüketiminin kg/h olarak verilmesi için l/h olan saatlik yakıt tüketimi kullanılan yakıtın deneme esnasında giriş sıcaklığındaki yoğunluk değeri ile çarpılmıştır.

Özgül yakıt tüketimi, formül 3.3 kullanılarak her bir yakıt ve devir aralığı için hesaplanmıştır.

$$be = \frac{B * 1000}{Ne} \quad (3.3)$$

Formülde;

be : Özgül yakıt tüketimi.,(g/kWh)

B : Satlik yakıt tüketimi, (kg/h)

Ne : Efektif motor gücü, (kW)

Aralıklı devirlerde duman yoğunluğu değerleri her bir numune için ölçülerek kaydedilmiştir. Kaydedilen bu değerler kullanılarak duman yoğunluğu her bir numune için incelenmiştir

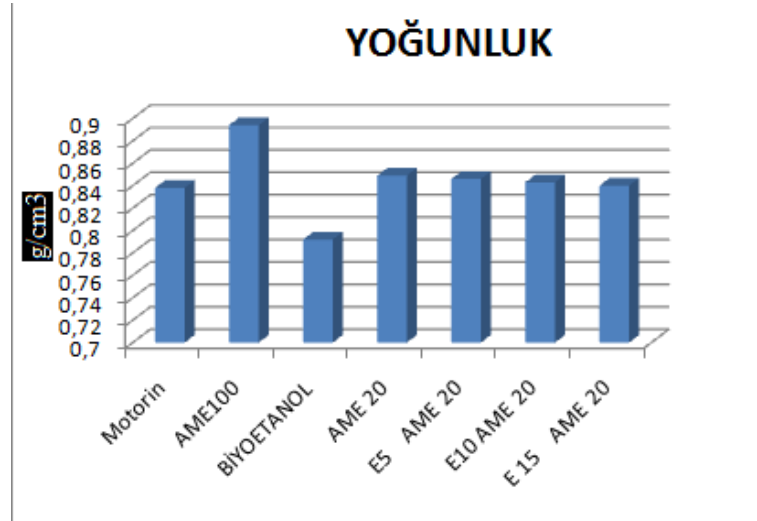
## 4. DENEY SONUÇLARI

### 4.1. Yakıt Özellikleri

Çalışmada Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bünyesinde bulunan Biyodizel laboratuvarın da yakıt özellikleri belirlenmiş daha sonrada TUMOSAN traktör fabrikasında hazırlanan yakıt numunelerinin performans ve duman yoğunluğu testleri yapılmıştır.

#### 4.1.1. Yoğunluk

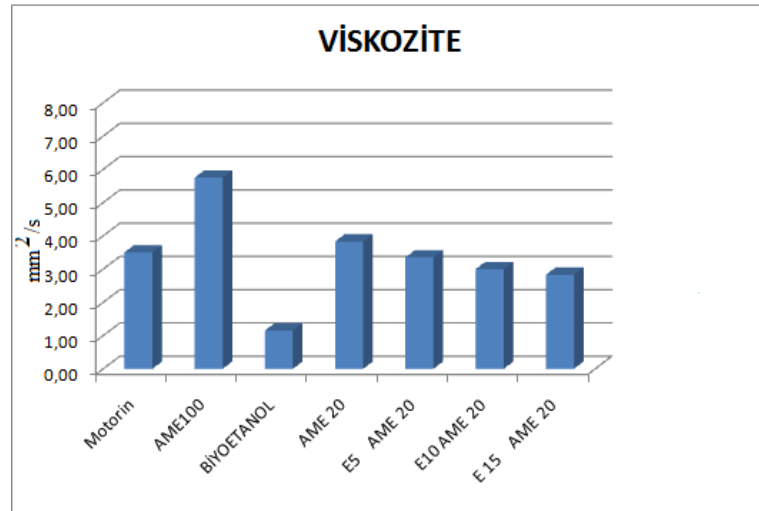
Şekil 4.1'de numunelerin yoğunluk değerleri görülmektedir Biyoetanölün yoğunluğu motorin, AME 100 ve AME 20'ye göre daha düşük olduğu görülmüştür. Biyoetanölün yoğunluğunun düşük olması nedeniyle sırasıyla E 5 AME 20, E 10 AME 20 ve E15 AME 20 yakıtlarında karışım oranına bağlı olarak yoğunluğu düşürmüştür.



Şekil 4.1 Numunelerin yoğunluk değerleri (g/cm<sup>3</sup>)

#### 4.1.2. Viskozite

Şekil 4.2’de numunelerin viskozite değerleri görülmektedir. 40 °C’ de yapılan ölçümlerde Motorinin 3.5, Aspir metil esterin 5.75, Biyoetanolün 1.15 mm<sup>2</sup>/s olarak değerleri ölçülmüştür. Biyoetanolün viskozitesinin diğer yakıtlara göre çok düşük olması oluşturulan biyoetanollü karışımlarda da etkisini göstermiş ve yakıtların viskozitelerinde motorinin viskozite değerlerine yakın değerlerin elde edilmesini sağlamıştır.



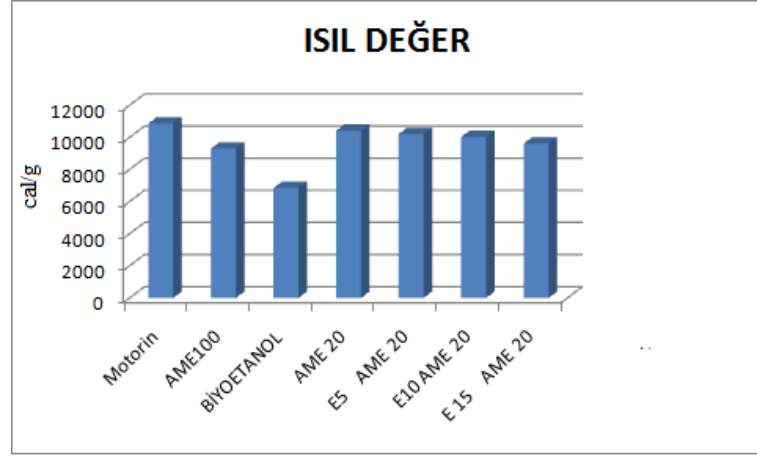
Şekil 4.2 Numunelerin viskozite değerleri (mm<sup>2</sup>/s)

#### 4.1.3. Parlama noktası

Motorinin parlama noktası 60 °C’ iken AME 100’ün 100°C ve AME 20’nin ise 70°C olarak ölçülmüştür. Biyoetanolün parlama noktasının çok düşük olmasından dolayı biyoetanollü karışımlar ölçülememiştir.

#### 4.1.4. Isıl değer

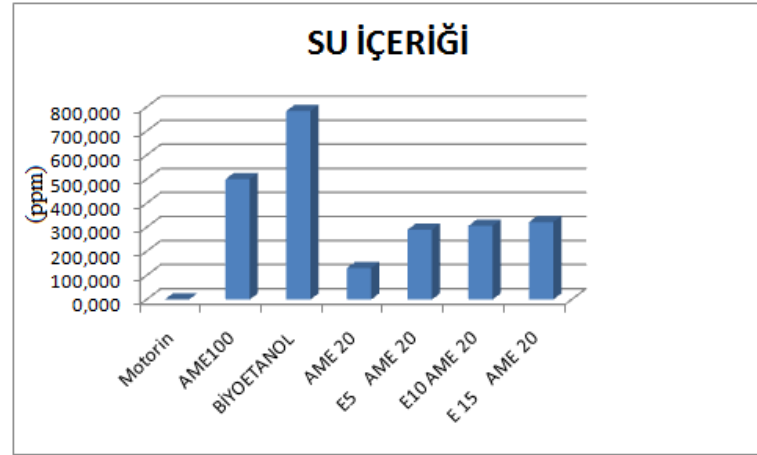
Şekil 4.3’de Numunelerin ısı değerleri görülmektedir. Motorine göre. Biyoetanol’ ün % 37, AME’nin ise % 14.4 ısı değerlerinin düşük olarak ölçülmüştür. Ancak Biyoetanollü karışımlarda motorine yakın ısı değerler ölçülmüştür.



Şekil 4.3 Numunelerin ısıl değerleri (cal/g)

#### 4.1.5. Su İçeriği

Şekil 4.4’de numunelerin su içeriği değerleri görülmektedir. Numunelerle yapılan testlerde su içeriklerinin ASTM değerlerine göre uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.4 Numunelerin su içeriği değerleri (ppm)

#### 4.1.6. Bakır çubuk korozyon testi

Testlerde bakır çubuk korozyonuna etkisinin tüm numunelerde ASTM’ye göre 1a seviyesindedir.

#### **4.1.7. Soğukta filtre tıkanma noktası**

AME 100'ün, motorine göre çok daha yüksek sıcaklıklarda filtre tıkanma özelliğinin olduğu görülmüştür. Biyoetanol de ise -35 derecelere inilmesine rağmen filtre tıkanma noktası gözlenmemiştir. Oluşturulan biyoetanollü yakıt karışımlarında ise soğukta filtre tıkanmasında yakıt özellikleri açısından kısmi bir iyileşme sağlanamamıştır. Biyoetanollü karışımlarda motorinin soğuk akış özelliklerinden olan Akma noktasını iyileştirmektedir. Soğukta filtre tıkanma noktası ise motorinle aynı olmaktadır (Öğüt, 2007).

#### **4.1.8. Bulutlanma noktası**

Yakıt numuneleriyle yapılan testlerde motorinin AME'ye göre daha düşük sıcaklıklarda bulutlandığı görülmüştür. Biyoetanolla yapılan testte -25 °C' ye düşülmesine rağmen bulutlanma görülmemiştir. Biyoetanollü karışımlarda Biyoetanol oranı arttıkça Bulutlanma noktasında az da olsa iyileşmeler olduğu görülmüştür. Şekil 4.5' de numunelerin bulutlanma noktası değerleri görülmektedir.

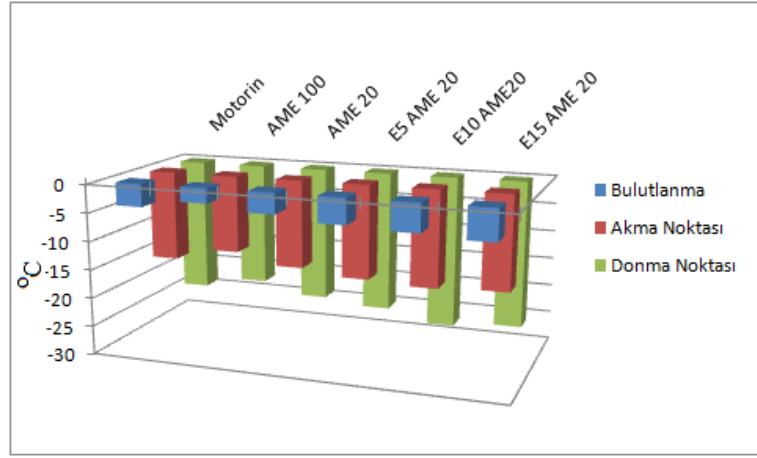
#### **4.1.9. Akma noktası**

Yapılan testlerde motorine göre AME'nin daha yüksek sıcaklıklarda akma noktasına ulaştığı görülmüştür. Biyoetanolün ise çok daha düşük sıcaklıklarda aktığı tespit edilmiştir. Bu durum oluşturulan ethanollü karışımlarda karışım yüzdesiyle doğru orantılı olarak akma noktasında kendisini göstermiştir. Şekil 4.5' de numunelerin akma noktası değerleri görülmektedir



#### 4.1.10. Donma noktası

Motorinin  $-24^{\circ}\text{C}$ , AME 100  $-22^{\circ}\text{C}$  ve AME 20  $-22^{\circ}\text{C}$ 'de donmaya başlamıştır. Biyoetanolün donma noktası  $-35^{\circ}\text{C}$ 'ye inilmesine rağmen donma noktası gözlemlenememiştir. Biyoetanollü karışımlarda ise biyoetanol yüzdesine bağlı olarak  $-25$ ,  $-26$  ve  $-27^{\circ}\text{C}$ , değerleri ölçülmüştür. Şekil 4.5' de numunelerin donma noktası değerleri görülmektedir.



Şekil 4.5. Numunelerin donma noktası, akma noktası ve bulutlanma noktası değerleri.

Labaratuvar test sonuçlarına göre yakıt numunelerinin özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1'de.** Yakıtların özellikleri

|   | MOTORİN | AME 100 | BİYOETANOL | AME 20 | E5 AME 20 | E10 AME 20 | E15 AME 20 |
|---|---------|---------|------------|--------|-----------|------------|------------|
| 1. YOĞUNLUK<br>(15 °C'de)<br>g/cm <sup>3</sup>    | 0,838   | 0,894   | 0,792      | 0,849  | 0,846     | 0,843      | 0,840      |
| 2. VİSKOZİTE<br>(40 °C)<br>mm <sup>2</sup> /s     | 3,50    | 5,75    | 1,15       | 3,83   | 3,35      | 3,00       | 2,83       |
| 3. PARLAMA<br>NOKTASI<br>(°C)                     | 60      | 100     | -          | 70     | -         | -          | -          |
| 4. ISIL<br>DEĞER<br>(cal/g)                       | 10864   | 9298    | 6843       | 10406  | 10199     | 10021      | 9610       |
| 5. SU İ<br>ÇERİĞİ<br>(ppm)                        | 0,000   | 494     | 783        | 131    | 290       | 306        | 322        |
| 6. BAKIR<br>ÇUBUK<br>KOROZYON<br>TESTİ            | 1a      | 1a      | 1a         | 1a     | 1a        | 1a         | 1a         |
| 7. SOĞUKTA<br>FİLTRE<br>TIKAMA<br>NOKTASI<br>(°C) | -1      | 5       | > -35      | -1     | -1        | -1         | -2         |
| 8. BULUTLANMA<br>NOKTASI<br>(°C)                  | -4      | -2,6    | > -25      | -3,6   | -4,5      | -4,9       | -5,4       |
| 9. AKMA<br>NOKTASI<br>(°C)                        | -15,8   | -13,6   | -          | -15,5  | -16,5     | -16,5      | -17,0      |
| 10. DONMA<br>NOKTASI<br>(°C)                      | -24     | -22     | -          | -24    | -25       | -26        | -27        |

## 4.2. Motor Performansı Deney Sonuçları

Yapılan motor denemeleri sonucunda hazırlanan yakıt karışımlarının moment, güç ve özgül yakıt tüketimleri motor devir sayısının fonksiyonu olarak çizilmiştir.

### 4.2.1. Tork değişimi

Motor torkunun en yüksek olduğu devir 2200 devir olarak ölçülmüştür.

Motorin'e göre; AME 100 yakıtı, 1400 min<sup>-1</sup> 'de % 1, 2200 min<sup>-1</sup>'de % 6.6'lık ve 2700 min<sup>-1</sup>'de % 30.5'lik düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 8'lik bir düşüş gerçekleşmiştir.

Motorin'e göre; AME 20 yakıtı, 1400 min<sup>-1</sup> 'de % 0, 2200 min<sup>-1</sup>'de % 1' lik ve 2700 min<sup>-1</sup>'de % 3.8' lik düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 1.2'lik bir düşüş gerçekleşmiştir.

Motorin'e göre; E5 AME 20 yakıtı, 1400 min<sup>-1</sup> 'de % 12.9, 2200 min<sup>-1</sup>'de % 12'lik ve 2700 min<sup>-1</sup>'de % 9.6'lık düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 13.6'lık bir düşüş gerçekleşmiştir.

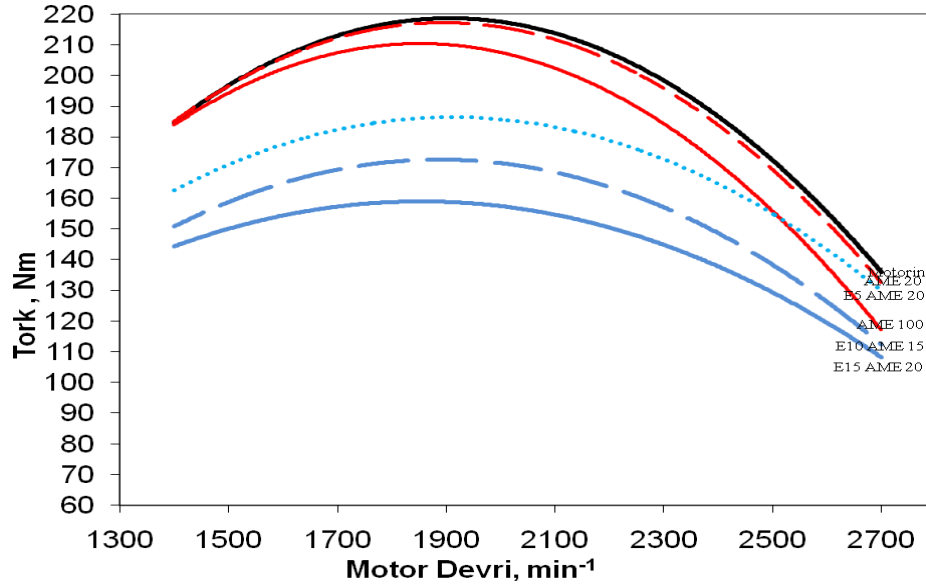
Motorin'e göre; E10 AME 20 yakıtı, 1400 min<sup>-1</sup> 'de % 26.3, 2200 min<sup>-1</sup>'de % 28.5'lik ve 2700 min<sup>-1</sup>'de % 26.9'lük düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 25'lik bir düşüş gerçekleşmiştir.

Motorin'e göre; E15 AME 20 yakıtı, 1400 min<sup>-1</sup> 'de % 33.3, 2200 min<sup>-1</sup>'de % 38'lik ve 2700 min<sup>-1</sup>'de % 29.3' lük düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 33.4'lük bir düşüş gerçekleşmiştir.

Genel olarak bakıldığında motorine en yakın tork değeri % 2.3 artış ile AME 20 yakıtında sonrasında sırayla % 8 düşüşle AME 100, % 13.6 düşüşle E5 AME 20, % 25 düşüşle E10 AME 20, % 33.4 düşüşle E15 AME 20 gelmektedir.

Tork değerlerindeki düşmenin sebebi aspir metil esterin ve özellikle biyoetanol'ün ısıl değerinin düşük olmasından ve viskozitesinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Yakıt numuneleri ile yapılan denemelerde tork değerlerindeki değişim motor devrine bağlı olarak Şekil 4.6 verilmiştir.



Şekil 4.6 Motor devrine bağlı olarak yakıtların Tork değerlerinin değişimi.

#### 4.2.2. Güç değişimi

Motor gücünün en yüksek olduğu devir 2400 devir olarak ölçülmüştür.

Motorin'e göre; AME 100 yakıtı, 1400 min<sup>-1</sup> 'de % 1, 2400 min<sup>-1</sup>'de % 8.4' lük ve 2700 min<sup>-1</sup>'de % 30.4' lük düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 7.8'lik bir düşüş gerçekleşmiştir.

Motorin'e göre; AME 20 yakıtı, 1400 min<sup>-1</sup> 'de % 0, 2400 min<sup>-1</sup>'de % 0.7' lik ve 2700 min<sup>-1</sup>'de % 3.8' lik düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 1.2'lik bir düşüş gerçekleşmiştir.

Motorin'e göre; E5 AME 20 yakıtı, 1400 min<sup>-1</sup> 'de % 12.9, 2400 min<sup>-1</sup>'de % 12'lik ve 2700 min<sup>-1</sup>'de % 9.6'lık düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 13.6'lık bir düşüş gerçekleşmiştir.

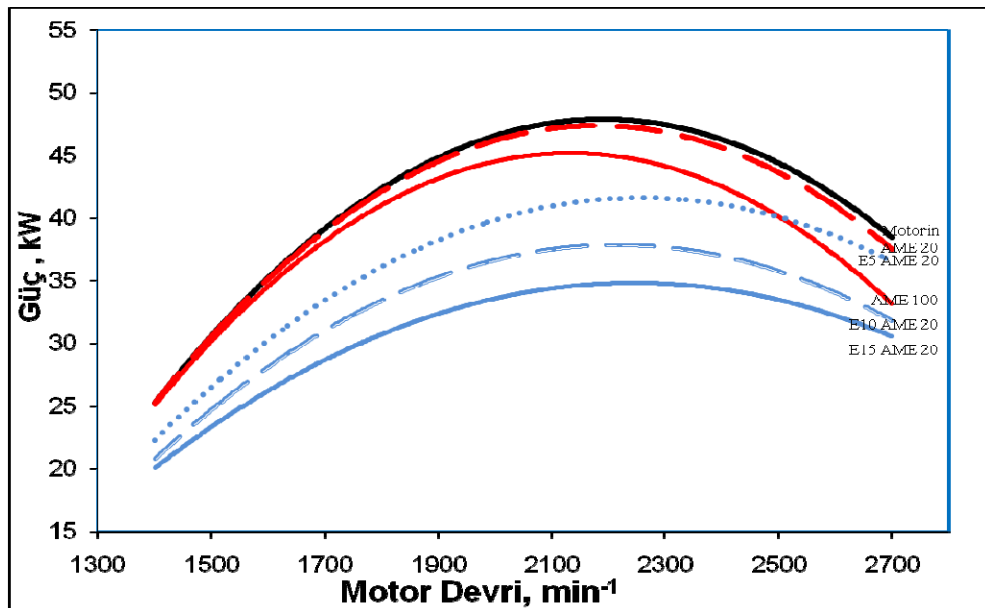
Motorin'e göre; E10 AME 20 yakıtı, 1400 min<sup>-1</sup> 'de % 26.3, 2400 min<sup>-1</sup>'de % 28.5'lik ve 2700 min<sup>-1</sup>'de % 26.9'luk düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 25'lik bir düşüş gerçekleşmiştir.

Motorin'e göre; E15 AME 20 yakıtı, 1400 min-1 'de % 33.3, 2400 min-1'de % 38'lik ve 2700 min-1'de % 29.3' lük düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 33.4'lük bir düşüş gerçekleşmiştir.

Genel olarak bakıldığında motorine en yakın güç değeri % 1.2 düşüş ile AME 20 yakıtında sonrasında sırayla % 7.8 düşüşle AME 100, % 13.6 düşüşle E5 AME 20, % 25 düşüşle E10 AME 20, % 33.4 düşüşle E15 AME 20 gelmektedir.

Güç değerlerindeki düşmenin sebebi özellikle biyoetanol'ün ısı değeri düşük olmasından ve viskozite değerlerinin farklılığından dolayı atomizasyon bozulmasından kaynaklanmaktadır.

AME'nin motorine göre % 14.4 ısı değeri düşüktür. Biyoetanolün ise % 37 ısı değeri düşüktür. AME 100 % 14.4' lük ısı değeri düşüklüğüne rağmen tüm devirlerdeki % 1.2'lük güç kaybı, AME 100'ün yoğunluğunun ve viskozitesinin fazla olması ve AME 100'ün içerisindeki oksijenin tam yanmanın oluşmasına yardım etmesi ile açıklanabilir. Viskozitenin biraz yüksek olmasına, pompa kaçaklarının azalmasına ve hacim bazında az bir oran daha fazla yakıtın motora gönderilmesine sebep olmakta, buna ek olarak AME 100 yoğunluk fazlalığından dolayı da kütle bazda daha fazla yakıt gönderilmektedir. Böylece güç ve momentte artış sağlanabilmektedir. Yakıt numuneleri ile yapılan denemelerdeki güç değerlerindeki değişim Şekil 4.7' de verilmiştir.



Şekil 4.7 Motor devrine bağlı olarak yakıtların Güç değerlerinin değişimi

### 4.2.3. Özgül yakıt tüketimi değişimi

Tüm yakıtlarda Özgül yakıt tüketiminin en düşük olduğu devir olarak 2000 devir ölçülmüştür.

Motorin'e göre; AME 100 yakıtı, 1400 min-1 'de % 15.3, 2000 min-1'de % 19.9'luk ve 2700 min-1'de % 24.24'lük artış meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 16.2'lik bir artış gerçekleşmiştir.

Motorin'e göre; AME 20 yakıtı, 1400 min-1 'de % 3.4, 2000 min-1'de % 3.3'lük ve 2700 min-1'de % 4,9'luk artış meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 4.8'lik bir artış gerçekleşmiştir.

Motorin'e göre; E5 AME 20 yakıtı, 1400 min-1 'de % 6.6 artış, 2000 min-1'de % 1.7'lik düşüş ve 2700 min-1'de % 4.9'luk artış meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 1.6'lık bir artış gerçekleşmiştir.

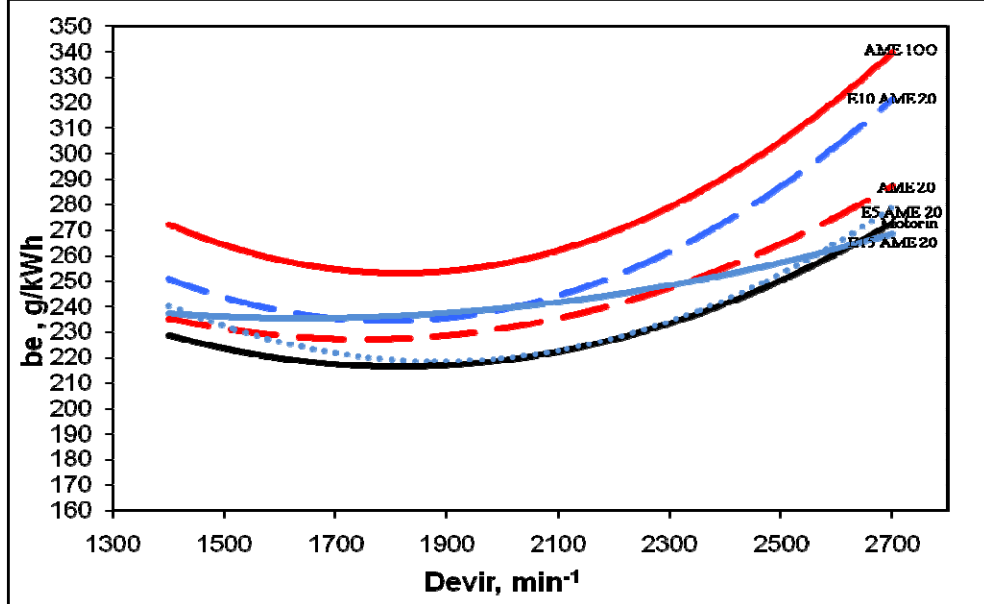
Motorin'e göre; E10 AME 20 yakıtı, 1400 min-1 'de % 11, 2000 min-1'de % 15.3'lük ve 2700 min-1'de % 11.3'lük artış meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 10.2'lik bir artış gerçekleşmiştir.

Motorin'e göre; E15 AME 20 yakıtı, 1400 min-1 'de % 7.3, 2000 min-1'de % 8.7'lik artış olmuş ve 2700 min-1' de % 5.6'lık düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca tüm devirler göz önüne alındığında ise ortalama olarak % 4.7'lik bir artış gerçekleşmiştir.

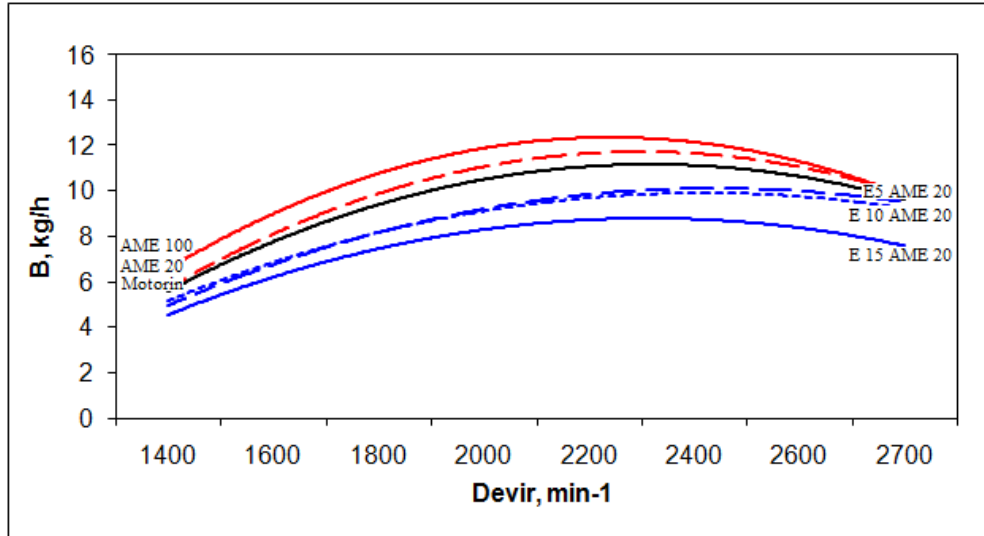
Genel olarak bakıldığında motorine en yakın özgül yakıt tüketim değeri % 1.6 ile E5 AME 20 yakıtında sonra sırayla % 4.7 artışla E15 AME 20, % 4.8 artışla AME 20, % 10.2 artışla E10 AME 20, % 16.2 artışla AME 100 gelmektedir.

Yakıt tüketimi tüm numunelerde motorine göre artış göstermiştir.

Yakıt numuneleri ile yapılan denemelerdeki özgül yakıt tüketim değerlerindeki değişim Şekil 4.8'te, Şekil 4.9'da da saatlik yakıt tüketimi verilmiştir. Motorine göre saatlik yakıt tüketimi değerleri sırasıyla E5 AME 20, E15 AME 20, AME 20, E10 AME 20, AME 100 olarak artmaktadır.



Şekil 4.8 Motor devrine bağlı olarak yakıtların Özgül yakıt tüketimlerinin değişimi



Şekil 4.9 Motor devrine bağlı olarak yakıtların Saatlik yakıt tüketimi değişimi

#### 4.2.4. Duman yoğunluğu değişimi.

Yapılan test sonuçlarına göre numunelerin duman emisyonları aşağıdaki gibidir.

Motorin'e göre; AME 100 yakıtı, duman emisyonlarında % 58.3'lük bir düşüş ölçülmüştür.

Motorin'e göre; AME 20 yakıtı, duman emisyonlarında % 21'lik düşüş meydana gelmiştir.

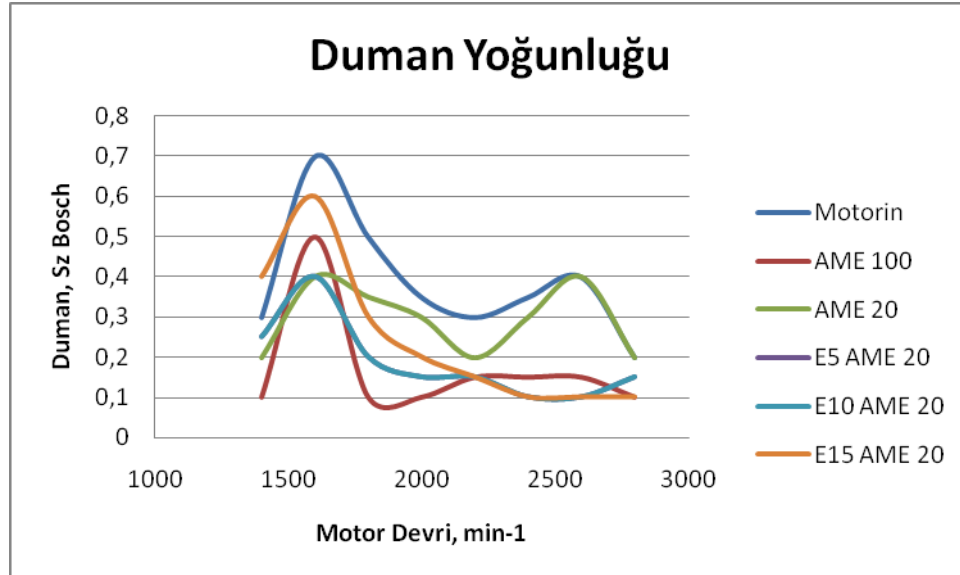
Motorin'e göre; E5 AME 20 yakıtı, duman emisyonlarında % 49.8'lik düşüş meydana gelmiştir.

Motorin'e göre; E10 AME 20 yakıtı, duman emisyonlarında % 49.8'lik düşüş meydana gelmiştir.

Motorin'e göre; E15 AME 20 yakıtı, duman emisyonlarında % 38.8' lik düşüş meydana gelmiştir.

Genel olarak bakıldığında motorine biyoyakıtların katılması ile tüm yakıt örneklerinde iyileşmeler görülmüştür.

Motor emisyon değerlerinden Dumanın motor devir sayısına bağlı olarak değişimi şekil 4.10'da verilmiştir.



şekil 4.10 Motor devrine bağlı olarak yakıtların Duman emisyonları değişimi.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerek fosil kökenli yakıtların kullanımının çevreye yaptığı olumsuz etkiler gerekse kısa bir zaman sonra bitecek olması yeni ve yenilenebilir yakıt araştırmalarının önemini artırmaktadır. Bu araştırmaların en önemlilerinden biriside hiç kuşkusuz biyoyakıtlar üzerine yapılan çalışmalardır.

Yapılan çalışmada; motorine belli oranlarda aspir metil esteri ve biyoetanol katılmıştır. Motorda değişimlere gerek duyulmadan, motorinin performansına yakın bir performans sağlanmıştır.

Denemeleri yapılan E5 AME 20 yakıtının, AME 20 ve AME 100 yakıtlarına göre viskozite, yoğunluk bulutlanma noktası ve akma noktası gibi yakıt özelliklerinde iyileşmeler sağlamıştır. Soğukta filtre tıkanması ise motorinle aynı olmaktadır.

% 75 motorin, % 20 aspir metil esteri ve % 5 lik biyoetanolden oluşturulan E5 AME 20 yakıtı motorin tüketimine yakın bir yakıt tüketimi değeri vermektedir. Yine E5 AME 20 yakıt numunesinin tork ve güç performansına bakıldığında, motorine ve AME 20 yakıtlarına yakın performans göstermiştir.

Motorin ve aspir metil esteri yakıt karışımına biyoetanol'ün eklenmesiyle yoğunluk karışım oranına bağlı olarak düşerken viskozite değerlerinde iyileşmeler sağlanmıştır. Motorine göre numunelerin ısıl değerlerinde fazla bir düşüş göstermemiştir.

Soğuk havalarda motorine biyoetanol karıştırılması durumunda motorin-biyoetanol ayrışmasını önlemek için katkı maddesi kullanılır. Kullanılan bu katkı maddeleri motorlarda yanma sonucu oluşan emisyonları artırmaktadır. E5 AME 20, E10 AME 20, E15 AME 20 yakıtlarında bu ayrışmanın olmadığı görülmüştür. Bu durum aspir metil esterinin orta sınıf bir çözücü olmasıyla açıklanabilir.

Biyodizel ve biyoetanol bugün taşıma sektörü için gaz emisyonlarını azaltan, alternatif bir yoldur. Ülke ekonomisine katkısı da düşünüldüğünde yapılacak araştırma ve geliştirmelere hız vermek gerekmektedir.

Ülkemizde şeker pancarı üretimine kota konmaktadır. Şeker fabrikaları tarım arazilerine uyguladıkları kotaları kaldırabilir ve üretilen şeker pancarlarının fazlasını

biyoetanol üretiminde kullanabilirler. Bu durum tarımsal istihdamı artıracak ve ülkemize katma değer kazandıracaktır.

Denemeleri yapılan yakıtların kullanımıyla, ülkemizde çoğunlukla tarım ve ulaşım sektöründe kullanılan dizel motorların, ithalat yoluyla tedarik edilen yakıtlarının, ithalat payı düşürülmüş olacaktır.

Kullanılan bu yakıt ile ilgili yasal boşluklar ortadan kaldırılarak teşvikler artırılmalıdır.

Ülkemizin biyoyakıt potansiyeli çok yüksek olmasına rağmen bu potansiyeli iyi bir şekilde değerlendirmek için gerekli alt yapı çalışmaları yapılmalıdır.

Sonuç olarak biyoetanol % 15'e kadar aspir metil esterle beraber dizelerde güvenle kullanılabilir.

Hazırlanan yakıt numunelerinin egzoz emisyonlarından CO, CO<sub>2</sub>, HC ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının da ölçülerek karşılaştırılması ileriki çalışmalarda karışım oranlarının tespitinde daha etkin olacaktır.

Biyoyakıtların tüketim çeşitliliği artırılabilirse tüketim arzı da artırılabilir.

## 6. KAYNAKLAR

Anonim, 2006 Şeker Pancarından Etonol Üretilmesi ve Yakıt Olarak Kullanılması Türkiye Şeker Fabrikaları Aş Genel Müdürlüğü 20 Nisan Ankara.

Anonim, 2007 Tütün Mamulleri ve Alkollü İçkiler Düzenleme Kurumu (TAPDK) sunusu

Acaroğlu, M, Oğuz, H, Öğüt, H, 2001, An Investigation On The Use Of Rape Seed Oil In Agricultural Tractors As In Engine Oil. Energy Sources, Volume 23, Pp. 823–830 Number 9, Taylor&Francis. USA.

Acaroğlu, M, 2003. Alternatif Enerji Kaynakları, Atlas Kitabevi, S, 233 İstanbul.

Alfuso, S., Auriemma, M., Police, G., Prati, M.V., 1993, The Effect of Methyl-Ester of Rapeseed Oil on Combustion and Emissions of DI Engines, SAE Paper No. 932801, Society of Automotive Engineers, Warrenville [PA].

Altın R., 1998, Diesel Motor Yakıtı Olarak Bitkisel Yağların Kullanımının Deneysel Araştırılması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara

Altın, R., Yücesu S., 1999 Ham Pamuk Yağı Metil Esteri Yakıtlarının Dizel Motorlarında Kullanılabilirliğinin Deneysel Olarak Araştırılması. 6. Uluslar Arası Yanma Sempozyumu Sayfa 43 – 57 19 – 20 Eylül İstanbul.

Antolin, G., Tinaut, F.V., Briceno, Y., Castano, V., Perez, C., Ramirez, A.I., 2002, Optimisation of biodiesel production by sunflower oil transesterification., Bioresource Technology 83: 111–114.

Altuntaş, A., Hardal yağı biyodizelinde depolama süresi ve şartlarının yakıt özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması, Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Makina Eğitimi Anabilim Dalı, Konya, 2006.

Babaoğlu, M., 2005 Aspir Tarımı Tarımsal Araştırma Enstitüsü EDİRNE

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

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

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

<http://www.nrel.gov/vehiclesantfuels/npbf/pdfs/40555.pdf> 15.06.2008

<http://tr.wikipedia.org/wiki/Etanol#Safla.C5.9Ft.C4.B1rma>, 20.07.2008

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

İmrağ, H. 2006. Benzinli Motorlarda Biyoetanol Kullanımının Motor Karakteristik Değerlerine Ve Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin Araştırılması Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü İTÜ.

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

Minteer, S. D., 2006 Alcoholic Fuels Department of Chemistry, Saint Louis University, Missouri, Taylor and Francis Group P.125-133

Oğuz H., Demir F., Acaroğlu M., 2000. The Investigation of the Possibilities of Using Sunflower Oil in Diesel Engines as Fuel.

Oğuz, H., Öğüt, H., 2001 Tarım Traktörlerinde Bitkisel Kökenli Yağ Ve Yakıt Kullanımı Selçuk-Teknik Online Dergisi /ISSN 1302- 6178 Volume 2, Number: 2-Konya

Oğuz, H., Acaroğlu, M., Türkoğlu, N., 2004, Biodiesel Production Pilot Projects `Sekar` In Turkey, 2nd World Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, ,v2 c37

Oğuz, H., 2004 Tarım Kesiminde Yaygın Olarak Kullanılan Dizel Motorlarında Fındık Yağı Biyodizelinin Yakıt Olarak Kullanım İmkanlarının İncelenmesi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi

Öğüt H, Oğuz H, Ocak 2006 Üçüncü Milenyum Yakıtı Biyodizel. Nobel Ankara

Oğuz, H., Öğüt, H., Eryılmaz, T., 2008, Biyoyakıtların Hava Kalitesine Etkisinin İncelenmesi. Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu. 30-31 Mayıs, KONYA

Öğüt, H., 2007, E-Dizel nedir? Biyoyakıt Dünyası Ocak Sayısı, s:6-9

Saral, A., 1996 Termik Motorlar III. Baskı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayın No 1436

Taşıyürek, M, 2005. Palm ve Aspir Biyomotorininde Depolama Süresi ve Şartlarının Yakıt Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s. 20. Konya.

Tyson, K. S.,2001. Biodiesel Handling and Use Guidelines National Renewable Energy Laboratory NREL/TP 580-30004 September

Tarkim, 2006 Biyoetanol Nedir. Biyoyakıt Çalıştayı 21 Nisan Ankara

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