

# DİZEL MOTORLARDA BİYODİZEL KULLANIMININ PERFORMANS VE EGZOS EMİSYONLARI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Neşe BUDAK<sup>1</sup>, Hasan BAYINDIR<sup>2</sup>, H.Lütfi YÜCEL<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Dicle Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

<sup>1,3</sup> Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Elazığ

[nesebudak@gmail.com](mailto:nesebudak@gmail.com), [hbayindir21@gmail.com](mailto:hbayindir21@gmail.com), [hlyucel@firat.edu.tr](mailto:hlyucel@firat.edu.tr)

## ÖZET

*Enerji kaynaklarının tükenmesi, yol açtıkları çevresel sorunlar ve enerji fiyatlarındaki artış, ülkelerin alternatif enerji kaynaklarına yönelmesine sebep olmaktadır. Bu alternatif enerji kaynakları içerisinde en büyük teknik potansiyele sahip olanlardan bir tanesi de biyokütledir. Bu çalışmada, sıvı biyokütle içerisinde yer alan biyodizelin dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanımı, yakıt özellikleri, Dünya'daki ve ülkemizdeki durumu incelendi. Çeşitli araştırmacılar tarafından daha önce yapılan deneysel çalışmalarda elde ettikleri motor performansı ve egzoz emisyonları açısından biyodizel kullanımı değerlendirildi. Buna göre biyodizelin mevcut motor konstrüksiyonu fazla değiştirilmeksizin performans açısından dizel yakıtına yakın değerler verdiği ve emisyonlar açısından da dizel yakıtından daha çevre dostu olduğu belirlendi.*

**Anahtar Kelimeler:** Biyodizel, dizel motorlar, motor performansı, egzoz emisyonları

## 1. GİRİŞ

Enerji, insan yaşamının ihtiyaçlarının karşılanmasında en önemli unsurlardan biri olup ülkelerin de ekonomik ve sosyal olarak büyümesini sağlayan en temel öğelerin başında gelir. Nüfus artışıyla beraber hızla artan enerji ihtiyacımızın büyük kısmını karşıladığımız fosil yakıtların sonlu bir rezerve sahip olması, kullanımı sırasında hava ve çevre kirliliği sorununu da beraberinde getirmesi nedeniyle insanları yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üretme konusunda arayışlara yöneltmiştir.

Günümüzde motorlu taşıt endüstrisinin temel enerji kaynağı petrol ürünleridir. Dünya petrol kaynaklarının

belirli bölgelerde toplanmış olması, zaman zaman pet-

rol krizlerinin yaşanmasına ve buna paralel olarak da fiyatlarının istikrarsızlaşmasına neden olmuştur. Bu olumsuzluklar alternatif yakıtlara yönelmeyi hızlandırmıştır. Bu anlamda yenilenebilir enerjiler içerisinde en büyük teknik potansiyele sahip biyokütle öne çıkmaktadır. Odun, yağlı tohum bitkileri (kolza, ayçiçek, soya v.b.), karbonhidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar, enginar, v.b.), elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, v.b.), protein bitkileri (bezelye, fasulye, buğday v.b.), bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk, v.b.), hayvansal atıklar ile şehirselleşen ve endüstriyel atıklar biyokütle enerji teknolojileri kapsamında değerlendirilmekte ve mevcut yakıtlara alternatif çok sayıda katı, sıvı ve gaz yakıtlarına ulaşılmaktadır.

Sıvı biyokütle içerisinde yer alan en önemli alternatif dizel motoru yakıtı biyodizeldir.

Biyodizel; yağ bitkisi olarak adlandırılan ayçiçeği, kanola(kolza), pamuk, keten tohumu, yerfıstığı, soya gibi bitkilerin tohumlarından veya atık yemeklik yağlardan ve hayvansal yağlardan elde edilen yağların bir katalizör (asidik, bazik katalizörler ile enzimler) eşliğinde alkol (metanol, etanol vb.) ile transesterifikasyon adı verilen kimyasal reaksiyonu sonucunda elde edilen ve dizel motorlarında kullanılabilen bir yakıttır.

Literatüre göre bitkisel yağların motor yakıtı olarak kullanılması dizel motoru mucidi Rudolf Diesel'in 1898' de Paris fuarında sergilediği ve yer fıstığı ile çalışmak üzere tasarladığı motora kadar dayanmaktadır. Bu fuarda, dizel motor herhangi bir zorlukla karşılaşmadan belirtilen yağla çalıştırılmış ve yapılan testlerde özgül yakıt tüketimi 240 gr/BGh ve yağın ısı değeri 8600 kalori/kg olarak ölçülmüştür (Öğüt ve Oğuz, 2006).

Petrol endüstrisinin gelişmesiyle birlikte ve petrol ürünlerinden elde edilen yakıtın maliyetinin daha az olması, bitkisel yağlara olan ilgiyi azaltmıştır. Bu dönemde 2 numaralı dizel yakıtı ön plana çıkmış ve dizel motorlarında bu yakıtta göre değişiklik yapılmıştır. Bitkisel yağlar 1920'lerin sonuna kadar kullanılmıştır. 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizlerinin sonucunda alternatif yakıtlar üzerine yapılan araştırmalar artmıştır. Bitkisel yağlarla yapılan birçok çalışma, bitkisel yağların kısa süreli ve acil durumlarda kullanılabileceğini göstermiştir. Çünkü bitkisel yağlar uzun kullanım süresinde enjektörlerde birikintiler, piston ve segmanların



yapışması, motor yağında seyrelme gibi birçok motor problemlerine sebep olmuştur. Bu yüzden bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur ([www.enerjikaynaklari.net](http://www.enerjikaynaklari.net)).

## 2.BİYODİZELİN KULLANIM GEREKÇELERİ

Biyodizel verim olarak motorine yakın ve motor performansı olarak da hemen hemen eşdeğerdir. Diğer yakıt türlerine göre üstünlükleri;

- Çevre dostu,
- Yenilenebilir hammaddelerden elde edilebilen,
- Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilen,
- Anti-toksik etkili,
- Biyolojik olarak hızlı ve kolay bozunabilen,
- Kanserojenik madde ve kükürt içermeyen,
- Yüksek alevlenme noktası ile kolay depolanabilir, taşınabilir ve kullanılabilir,
- Yağlayıcılık özelliği mükemmel,
- Motor ömrünü uzatan,
- Motor karakteristik değerlerinde iyileşme sağlayan,
- Kara ve deniz taşımacılığında kullanılabilen,
- Isıtma sistemleri ve jeneratörlerde kullanıma uygun,
- Stratejik özelliklere sahip,
- Mevcut dizel motorlarında hiçbir tasarım değişikliği gerektirmeden kullanılabilen,
- Ticari başarıyı yakalamış bir yeşil yakıttır (Karaosmanoğlu, 2008).

Bu üstünlüklere rağmen biyodizelin sakıncalı yönleri de vardır. Bunlar;

- Isıl değeri dizel yakıtına göre daha düşüktür. Bu durum motordaki yanma sonucunda bir miktar güç düşüşüne yol açar,
- Soğuk hava şartlarından dizel yakıtına göre daha çabuk etkilenir. Bu durum biyodizelin soğuk iklim bölgelerinde kullanımını sınırlandırır. Bunu aşabilmek için B20 yakıtı kullanımı tercih edilmektedir,
- Azot oksit emisyonu dizel yakıtına göre biraz daha yüksektir. Ancak bu sorun yanma sıcaklığını azaltarak aşılabılır,
- Yağlama yağının seyrelmesine neden olmaktadır (Altınsoy, 2007).

Dizel yakıtı ve biyodizellerin yakıt özellikleri Tablo 1. de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Biyodizel ve Dizel Yakıtı(D2) Özellikleri (Lapuerta vd., 2008)

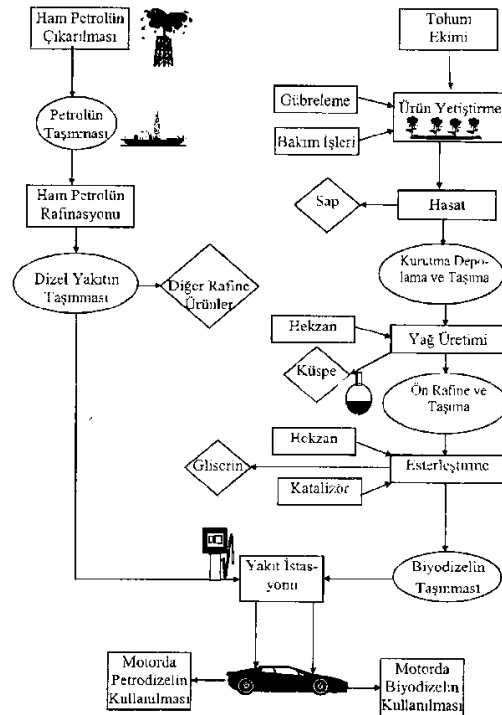
Özellikler	Biyodizel	D2
Yoğunluk (15°C) (kg/m <sup>3</sup> )	870-895	810-860
Viskozite (40°C) (cSt)	3.5 - 5.5	2 - 3.5
Setan Sayısı	45 - 65	40 - 55
Filtrede Tıkanma Noktası (°C)	-5.....10	-25.....0
Bulutlanma Noktası (°C)	-5.....12	-20.....0

Akma Noktası (°C)	-15...10	-35...0
Alt Isıl Değer (MJ/kg)	36.5 - 38	42.5 - 44

## 3.DÜNYADAKİ VE ÜLKEMİZDEKİ DURUMU

Geleceğin yakıtı olarak tanımlanan biyodizelin üretim maliyeti yüksektir. Yağlı bitki tohumundan üretim yapan tesislerde biyodizel maliyetindeki en büyük pay tohumuna aittir. Atık yağı hammadde olarak kullanılan işletmelerde üretim maliyeti göreceli olarak daha azdır.

Üretim maliyetini düşüren unsurlar üretim sırasında elde edilen yan ürünlerin (gliserin vb.) değerlendirilmesidir. Gliserin biyodizel üretim maliyetini belirleyen ve tesisin mali faydasını direkt etkileyen bir yan üründür. Gliserinin saflaştırılarak pazarlanması işletmenin karını artırır. Ayrıca saflaştırma sırasında elde edilen gübrenin de ekonomik değeri vardır. Sabun ve kozmetik sanayisinde değerlendirilebildiği gibi saflaştırılarak ilaç sektöründe de kullanılabilir.



**Şekil 1.** Petrodizel ve Biyodizelin Yaşam Döngüsü Analizi (Öğüt ve Oğuz, 2006)

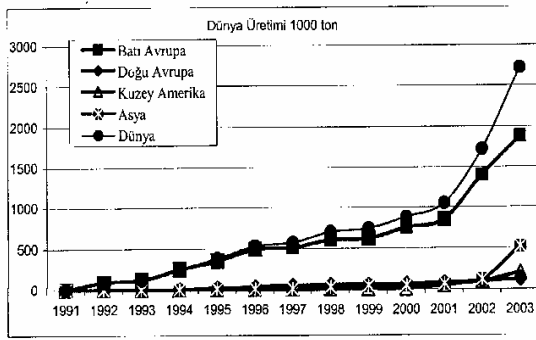
Biyodizel saf ve biyodizel- dizel yakıtı karışımları şeklinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu yakıtlar aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır:

B5 : % 5 Biyodizel+ %95 Dizel Yakıtı

B20 : % 20 Biyodizel+ %80 Dizel Yakıtı  
 B50 : % 50 Biyodizel+ %50 Dizel Yakıtı  
 B100 : %100 Biyodizel

### 3.1. Dünyadaki Durumu

İlk biyodizel üretimi 1988 yılında, 500 ton/yıl kapasite ile bir çiftçi kooperatifince, ilk endüstriyel ölçekteki biyodizel üretimi de, 10000 ton/yıl kapasite ile Avusturya'da gerçekleştirilmiş ve biyodizel üretimi hızla artmıştır. 2005 yılı dünya biyodizel üretimi 3.8 Milyon ton/yıl değerine (AB:2.9 Milyon ton/yıl) ulaşmıştır. Lider üretici Almanya olup, Brezilya ve ABD üretimde atağa geçmiştir (Karaosmanoğlu, 2008).



Şekil 2. Dünya Biyodizel Üretimi (Öğüt ve Oğuz, 2006)

Tablo 2. Dünya Ülkelerinde 2005 Yılındaki Biyodizel Üretim Miktarları (www.eie.gov.tr).

ÜLKE	ÜRETİM (Milyon Litre)
ALMANYA	1921
FRANSA	557
A.B.D.	284
İTALYA	227
ÇEK CUMHURİYETİ	136
AVUSTURYA	85
İSPANYA	84
DANİMARKA	80
POLONYA	80
İNGİLTERE	74
BREZİLYA	70
AVUSTRALYA	57
İSVEÇ	7
DİĞER ÜLKELER	102
DÜNYA	3762

Dünya ülkelerinde biyoyakıt mevzuatı aşağıda verilmiştir :

**Arjantin:** Biyoyakıt yasası kongrede

görülmektedir. Bu yasaya göre %5 biyodizel ve etanol kullanımı zorunlu olacaktır. Mali teşvik uygulamasında ise; 15 yıl boyunca biyodizel için tüketim, satış ve gelir vergisi muafiyeti uygulanacaktır.

**Avustralya:** Avustralya'nın "Biyoyakıt Aksiyon Planı"na göre; 2010 yılında biyoyakıt üretiminin 350 milyon litre olması hedeflenmiştir. Mali teşvik uygulaması mevcuttur.

**Brezilya:** İsteğe bağlı olan % 2 biyodizel kullanımı 2008 yılında zorunlu olmuştur. Bu oran 2013 yılında %5 (B5) olarak düzenlenecektir. Mali teşvik uygulaması mevcuttur.

**Kanada:** Kanada "Yenilenebilir Yakıtlar Standardı"nda 2010 yılında biyoyakıt kullanımının %5 olmasını hedeflemiştir. Mali teşvik uygulaması mevcuttur. Bazı eyaletler ÖTV muafiyetini öngörmektedir.

**Avrupa:** Avrupa'da Biyoyakıt Direktifleri doğrultusunda, benzin ve dizel kullanımının 2005 yılında %2'sinin, 2010 yılında %5.75'inin biyoyakıtlardan karşılanması hedeflenmektedir. Mali teşvik uygulamaları mevcuttur. AB üyesi ülkelerde ÖTV muafiyeti veya azaltılması öngörülmektedir.

**Endonezya:** Toplam yakıt tüketiminin 2010 yılında %2'sinin, 2025 yılında %5'inin biyoyakıtlardan karşılanması gerçekleştirilecektir. Mali teşvik uygulaması mevcut değildir.

**Malezya:** Malezya, "Ulusal Biyoyakıt Programı" çerçevesinde % 5 biyodizel kullanımını gerçekleştirmek için çalışmaktadır. Mali teşvik uygulaması mevcut değildir.

**Yeni Zelanda:** 2012 yılında 65 milyon litre biyoyakıt üretimi hedeflenmiştir. Mali teşvik uygulaması mevcut değildir.

**Avusturya:** Gümrük vergi muafiyeti kısmen uygulanmaktadır. Toplam yakıt kullanımı içerisinde; 1 Ocak 2005'den itibaren %2.5, 1 Ocak 2007'den itibaren %4.3, 1 Ocak 2008'den itibaren %5.75 oranında biyoyakıt kullanımı mecburidir. Direktifle %5.75 oranında biyoyakıt kullanımının 2010 yılına kadar uygulanması hedeflenmiştir.

**Fransa:** Gümrük vergi muafiyeti kısmen uygulanmaktadır. Genel olarak çevreyi kirletme oranına göre yakıtlar vergilendirilmektedir. Dağıtıcılara, tüm benzin ve dizel kullanımı içinde; 2005 yılında %1.2, 2006 yılında %1.75, 2007 yılında %3.5, 2008 yılında %5.57, 2009 yılında %6.25, 2010 yılında da % 7 oranında biyoyakıt karıştırma zorunluluğu getirilmiştir.

**Almanya:** Gümrük vergi muafiyeti uygulanmaktadır. Biyoyakıtlar kullanımı zorunluluğu 2007'den itibaren yürürlüğe girmiş olup, % karışım oranları henüz kesinleşmemiştir.

**İtalya:** Gümrük vergi muafiyeti kısmen uygulanmaktadır. Kullanım zorunluluğu teklifi senatodan geçmiştir. Buna göre; 1 Ocak 2006 yılından itibaren, taşımacılıkta kullanılan yakıtlarda %1 oranında biyoyakıt kullanımı mecburidir. Bu



mecburi kullanım oranı, her yıl %1 oranında artırılarak 2010 yılına kadar uygulanacaktır.

**Hollanda:** Gümrük vergi muafiyeti kısmen uygulanmaktadır. 1 Ocak 2007'den itibaren %2 oranında biyoyakıt karışımı mecburi, 2010 yılında, AB direktifinde yer alan %5.75 oranındaki biyoyakıt kullanım oranına ulaşılması hedeflenmiştir.

**İspanya:** Gümrük vergi muafiyeti uygulanmaktadır. Biyoyakıt kullanım zorunluluğu yoktur. 2010 yılında taşımacılıkta kullanılan toplam yakıtın %5.85'inin biyodizel ve biyoetanolden karşılanması hedeflenmiştir. Bunu takip eden beş yıl içerisinde de biyodizel ve biyoetanol üreticilerine 2.85 milyar € vergi indirimi yapılarak destek sağlanması hedeflenmiştir.

**İsviçre:** Gümrük vergi muafiyeti uygulanmaktadır. 1 Ocak 2009 yılında biyoyakıt kullanımını zorunlu hale gelmiştir. 2009 yılında "yeşil sertifika" uygulamasına geçilmesi üzerinde çalışılmaktadır. Yeşil sertifika uygulamasına istinaden gümrük muafiyeti tekrar düzenlenecektir.

**İngiltere:** Gümrük vergi muafiyeti kısmen uygulanmaktadır. Taşımacılıkta biyoyakıt kullanımı, 2008 yılından itibaren zorunlu olmuştur. 2008 yılında taşımacılıkta kullanılan yakıtın %2.5' i, 2009 yılında %3.75'i, 2010 yılında % 5'inin biyoyakıtlardan karşılanması zorunlu olacaktır. Bu uygulamalar yürütülürken gümrük vergi muafiyeti de mutlaka uygulanacaktır (www.eie.gov.tr).

AB'de biyodizelin kullanım miktarlarının yıllara göre değişimi Tablo 3. te gösterilmiştir.

**Tablo 3. AB'de Biyodizel Kullanım Miktarları**

YIL	MİKTAR (Milyon Ton)
1999	0,6
2002	1,2
2003	1,8
2004	2,8

EN 14214 no'lu taşıtlarda biyodizel standardı uygulamada B5 ve B20 kullanımı yaygındır. VW, Audi ve Mercedes kamyonlarında 1996 yılından beri B20 kullanılmaktadır. Tarım araçlarında, nakliye araçlarında, tırlarda, seralarda, sanayi tipi jeneratörlerde, kalorifer kazanlarında, gemilerde, askeri araçlarda daha yaygın kullanılmaktadır. AB Biyoyakıt Kullanımı Direktifine "DIRECTIVE 2003/30/EC of The European Parliament and of The Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport" göre biyoyakıt kullanım hedefi; 2005 yılında %2 (yaklaşık 5.8 milyon ton) 2010 yılında % 5.75 (yaklaşık 16.5 milyon ton) olarak belirlenmiştir. AB Biyoyakıtların kullanım hedefi 2020 yılı için %20'dir (Altınsoy, 2007).

### 3.2. Türkiye'deki Durumu

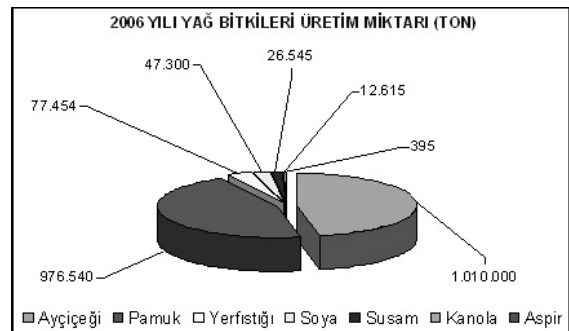
Ülkemizde kara taşımacılığının önemli bir

bölümünde ve deniz taşımacılığında dizel motorlu taşıtlar kullanılmaktadır. Ayrıca endüstride jeneratörler için dizel yakıtı kullanılmaktadır ve dizel yakıtı ihtiyacı giderek artmaktadır. Türkiye'nin yıllara göre ham petrol üretimi ve ithalatı Tablo 4'te verilmiştir.

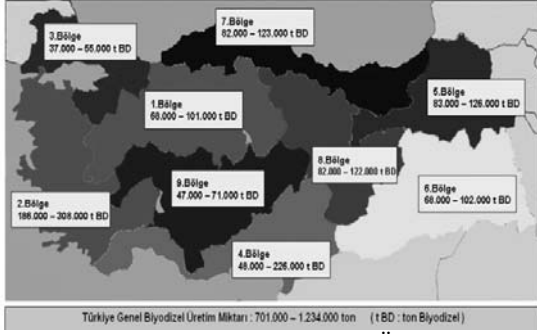
**Tablo 4. Türkiye'nin Ham Petrol Üretimi ve İthalatı (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2006)**

YIL	ÜRETİM (Mt)	İTHALAT (Mt)	TOPLAM (Mt)
1999	2,9	22,9	25,8
2000	2,7	21,7	24,4
2001	2,5	23,3	25,8
2002	2,4	23,6	26
2003	2,3	24,1	26,4
2004	2,1	25,2	27,3
2005	2,1	25,7	27,8
2006	1,9	24,3	26,2

Biyodizel kullanımı ile petrol tüketiminde ve egzoz gazı kirliliğinde azalma gerçekleşecektir. Biyodizel üretmek ve kullanmak için Türkiye yeterli ve uygun alt yapıya sahiptir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) ile Tarım ve Köy işleri Bakanlığı'nın yaptığı ortak çalışmanın sonucunda, Türkiye'nin, 1 milyon 900 bin hektarlık kullanılmayan ancak tarıma uygun arazisi olduğu belirlenmiştir. Söz konusu arazilerde enerji tarımı yapıldığı takdirde, örneğin Ege Bölgesi'nde 186.000-308.000 ton arası biyodizel üretilbileceği belirtilmektedir. Bu rakamlar, Güneyde 48.000-226.000 ton arasında, Kuzeydoğu Anadolu'da 83.000-123.000 ton arası ve Karadeniz'de ise 82.000-123.000 ton arası biyodizel üretimi beklenmektedir. Toplamda tüm Türkiye'den elde edilmesi beklenen miktar ise 1 milyon 250 bin ton. Potansiyeller hayata geçirilebilirse, Türkiye'nin tarım kapasitesi 3 kat artırılabilir (Kobi Finans Dergisi 12.Sayı).



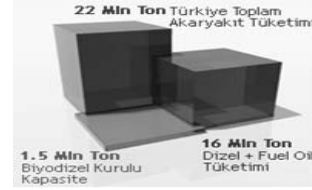
**Şekil 3. 2006 yılı Türkiye Yağ Bitkileri Üretim Miktarı (www.eie.gov.tr)**



**Şekil 4.** Tarım Bölgelerine Göre Ürün Deseni ve Biyodizel Potansiyelimiz

Türkiye’de biyodizel ile ilgili ilk çalışma AB’den önce 1934 yılında “Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Kullanımı” adı altında Atatürk Orman Çiftliğinde yapılmıştır. Ancak Türkiye’de biyodizel dünyadaki gelişmelerin etkisinde 2000’li yılların başında gündeme gelmiştir. İlk kez biyodizel ve ismi 4.12.2003 tarihinde 5015 Sayılı Petrol Piyasası Kanunu’nda harmanlanan ürünler arasında yer almıştır. 10.09.2004 tarihli Resmi Gazetede “Petrol Piyasasında Uygulanacak Teknik Kriterler Hakkında Yönetmelik ve 17/06/2004 tarihli Petrol Piyasası Lisans Yönetmeliği ile “biyodizel” akaryakıt olarak kabul edilmiş ve ithalatı, dağıtımı, taşınması ve son kullanıcıya satışı lisans kapsamına alınmıştır. Biyodizel Standartları (TSEN 14214 ve TSEN 14213) 2005 Eylül ve Ekim ayında TSE tarafından AB standartlarının aynısı TSE Standardı olarak yayımlanmıştır. EPDK, 05.01.2006 tarihli tebliği ile Motorin Türlerinin Üretimi, Yurtdışı ve Yurtiçi Kaynaklardan Temini ve Piyasaya Arzına İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği kapsamında biyodizelin % 5’e (% v/v) kadar motorin ile harmanlama yapılmasına imkan tanımış, Otobiyodizel’in üretimi, Yurtdışı ve Yurtiçi Kaynaklardan Temini ve Piyasaya Arzına İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği ile Otobiyodizelde TSEN 14214 aynen kabul edilmiştir. Petrol Piyasasında haksız rekabet oluşturduğu iddialarının sonucunda 30.03.2006 tarihinde Gelir Vergisi Kanunu’nda değişiklik yapılarak biyodizel (Otobiyodizel) litrede 0.6498 YTL Özel Tüketim Vergisi getirilmiştir. Bakanlar Kurulu Kararı ve Maliye Bakanlığının tebliği ile biyodizel tamamen yerli tarım ürünlerinden elde edilse dahi % 100 Biyodizel kullanımında % 98 ÖTV tatbik edilmektedir. 17.01.2007 tarihinde kabul edilen Türk Petrol Kanunu’nda Petrol Piyasası Kanununda değişiklik yapan maddeler kabul edilmiştir. Buna göre (biyodizel üreticileri, EPDK tarafından çıkarılacak yönetmelikte belirlenen kalite standartlarına göre üretim yapmak üzere, yönetmelikle belirlenen usul ve esaslar dahilinde bedelsiz olarak üretim lisansı alırlar ve üretimlerini lisans kapsamında yaparlar. Kalite denetimleri EPDK tarafından yapılır veya yaptırılır. Bütün bu düzenlemeler sonunda Biyodizel üretmek için (Kendi İhtiyacı İçin Üretim Dahil) EPDK’dan biyodizel

işleme lisansı almak, standartlara uygun üretim yapmak ve Petrol Piyasası Kanunu ve ikincil mevzuatına uygun dağıtım şirketleri üzerinden ulusal markerle işaretlenilerek, yakıt biyodizeli ilaveten kırmızıya boyayarak satmak durumundadır. Atık bitkisel yağlardan biyodizel yapmak EPDK’dan alınarak Biyodizel İşleme Lisansı Dışında Çevre ve Orman Bakanlığı’nın Bitkisel Atık yağların Kontrolü Yönetmeliği’ne uygun olarak yapmak durumundadır (www.albiyobir.org.tr).



**Şekil 5.** Türkiye’ de Akaryakıt Tüketimi ve Biyodizel Kurulu Kapasite Kompozisyonu

**Tablo 5.** Türkiye’de Kurulu Kapasite’nin İllere Göre Dağılımı

İL	Firma Sayısı	Kurulu Kapasite(Ton/yıl)
İzmit	7	160.645
Gaziantep	16	158.004
Ankara	11	71.040
Mersin	4	70.534
Adana	7	58.745
Bursa	5	46.062
İzmir	6	35.588
Diğerleri	34	377.818
TOPLAM	90	978.436

#### 4.BİYODİZEL–D2 KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANSI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Karabektaş ve Ergen (2007), soya yağı metil esterinin dizel motorunda kullanımı ile yapılan deneysel çalışma sonucuna göre, efektif güç ve tork değerleri göz önüne alındığında SYME ile motorine oranla daha düşük (%3,92) efektif güç ve tork değerleri elde edilmiştir. Özgül yakıt tüketimi değerleri ise SYME ile dizel yakıtına oranla ortalama % 9,18 oranında artış göstermektedir. Dizel yakıtına göre saf biyodizel ve karışım yakıtlarda ortaya çıkan güç ve tork düşüşü ve özgül yakıt tüketimi artışı biyodizelin sahip olduğu düşük alt ısıl değerden kaynaklanmaktadır.

Labeckas ve Slavinskas (2005), direkt püskürtmeli dört silindirli dizel motorda kanola yağı metil esteri, %5, %10, %20 ve % 35 dizel karışımları test etmişlerdir. Maksimum güçteki özgül yakıt tüketimi dizel yakıtına göre % 18,7 ile % 23,2 arasında artış göstermiştir. En yüksek yakıt enerjisi (9,36 – 9,61 Mj/kWh) B10 ile yapılan deneylerde, en düşük ise B35 ve ham kanola yağı metil esteri ile yapılan

deneylerde tespit edilmiştir.

Yücesu vd.(2001), tek silindirli bir dizel motorunda, tam gaz değişik devir ve sabit devir değişik yüklerde, D2 ile birlikte dokuz değişik bitkisel yağ (ham ayçiçeği yağı, ham pamuk yağı, ham soya yağı ve bunlardan elde edilen metil esterleri ile rafine edilmiş Haşhaş yağı, kanola yağı ve mısır yağı) kullanarak deneylere tabi tutmuşlardır. Yapılan testler sonucunda bitkisel yağların performans değerlerinin dizel yakıtından daha düşük olduğu belirlenmiştir. Üretilen bitkisel yağ metil esteri esaslı yakıtların motor performans değerlerinin ham yağlardan daha iyi ve dizel yakıtı performans değerlerine daha yakın olduğu belirlenmiştir.

Keskin vd. (2007), kağıt fabrikalarında üretim esnasında yan ürün olarak ortaya çıkan tall yağından üretilen biyodizelin dizel yakıtı ile %90 oranındaki karışımı tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda tam yük şartlarında 1800-3200 devir/dakika aralığında performans ve emisyon testine tabi tutmuştur. Dizel yakıtı değerlerine göre, karışım yakıtın tork ve güç değerlerinde sırasıyla %2,99 ve %2,94'e varan oranlarda düşüşler saptamıştır. Karışım yakıtı ile motorun özgül yakıt tüketimi değerlerinde ortalama %7,63 oranında artış olduğunu belirlemiştir.

Sekmen (2007), yaptığı çalışmada keten tohumu ve karpuz çekirdeklerinden biyodizel üretmiş ve dizel yakıtı ile hacimsel olarak %2 oranında karıştırarak direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda 1400-3400 devir/dakika hız aralığında, tam yükte, D2 ile karşılaştırmalı olarak performans ve egzoz emisyonlarına etkilerini araştırmıştır. Biyodizelin ısı değeri dizel yakıttan düşük olduğundan motor momenti ve gücünde azalma, özgül yakıt tüketiminde artış olduğu belirtilmiştir.

İlkılıç ve Yücesu (2002), pamuk yağı metil esterinin motorin ile 30/70, 50/50, 70/30 oranlardaki karışımlarını yakıt olarak tek silindirli dizel motorda 1500 – 3700 d/d arasında kullanarak yaptıkları deneysel çalışmada, yüksek hızlarda PME'nin dizel yakıtı ile benzer tork değerleri gösterdiği, yüksek ve düşük motor devirlerinde güç değerlerinin dizel yakıtına yakın olduğu ancak özgül yakıt tüketiminin daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Gümüş (2008), fındık iç yağı metil esterinin ve dizel yakıtı ile %5, %20 ve %50 oranlarındaki karışımları direkt püskürtmeli, tek silindirli dizel motorda performans ve emisyonlar açısından test etmiştir. Düşük orandaki (B5 ve B20) karışımlarda özgül yakıt tüketiminde az bir düşüş olduğunu belirtmiştir. Sonuçlar motorda yapılacak küçük değişimlerle ( artan ateşleme zamanı, sıkıştırma oranı ve enjektör açma basıncı gibi) fındık iç yağı metil esterinin motor performansını geliştirebileceğini ileri sürmüştür.

Kaplan vd. (2001), kullanılmış (atık) bitkisel yağların dizel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Çalışmada, dizel ve kullanılmış bitkisel yağ metil esteri, yakıt olarak

kullanılmış ve test motoru 10 farklı devir ile tam yükte çalıştırılarak motor performans sonuçları irdelemiştir. Sonuca göre biodizel yakıtından elde edilen efektif moment ve güç değerlerinin bir miktar düşük çıkması, yakıtın ısıl değerinin dizel yakıtının ısıl değerine göre düşük olması ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir. Üretilen güçlere karşılık özgül yakıt tüketimindeki değişim ise, her iki yakıt için de aynı güçlerde yüklenen motorun benzer güç üretebilmesi için ısıl değeri düşük olan yakıttan fazla yakıt tüketeceği olasıdır.

Keskin ve Ekşi (2006), üretilen mısır yağı metil esterini tek silindirli, direkt püskürtmeli bir dizel motorda 1800-3200d/d arasında tam yük testine tabii tutmuştur. Test esnasında motor performans ve emisyon değerleri ölçülmüştür. Büyük oranda mısır yağı metil esterinin ısıl değerinin dizel yakıtına göre daha düşük olmasına ve viskozitenin yüksek olmasına bağlı olarak motor tork değerinde %7.5 e kadar, güç değerinde ise %5.7 ye kadar varan düşüşler olduğu belirtilmiştir. Özgül yakıt tüketimi değerinin %9.24 oranında artış gösterdiği ileri sürülmüştür.

Silva vd. (2003), yüksek kükürlü dizel yakıtı (1700 ppm) ve %5 ile %30 oranında ayçiçeği yağı (su içeriği 618 ppm) metil esterinin karışımlarını altı silindirli motorda test etmişlerdir. Sonuçlar %30 karışımda moment ve güçte düşüş, %5 karışımda ise özellikle yüksek hızlarda moment değerinde az bir artış olduğunu belirtmişlerdir.

## 5.BİYODİZEL–D2 KARIŞIMLARININ EGZoz EMİSYONLARI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Özsezen vd. (2008), atık palmye yağı ve kanola yağı metil esterleri ile direkt püskürtmeli dizel motordaki performans ve yanma karakteristiklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Deneyler 1500 d/d sabit hız ve tam yük altında gerçekleştirilmiştir. CO, yanmamış HC ve is opaklığında düşüş, ancak NO<sub>x</sub> emisyonlarında artış gözlemlendiği belirtilmiştir.

Usta (2005), tütün tohumu yağı metil esterinin turboşarjlı direkt püskürtmeli bir dizel motorunda performans ve egzoz emisyonları üzerindeki etkisini tam ve kısmi yüklerde test etmiştir. Deneyler %10, %17.5 ve % 25 oranında tütün tohumu yağı metil esteri içeren karışımlar 1500-3000 d/d hızda gerçekleşmiştir. Test sonuçları tütün yağı metil esterinin dizel yakıtına eklenmesiyle CO, SO<sub>2</sub> emisyonlarını düşürdüğünü, NO<sub>x</sub> emisyonlarını ise biraz yükselttiğini belirtmiştir. CO emisyonlarındaki en büyük düşüş 1500-2500 d/d devirde görülmüştür. Bu durumun yüksek oksijen miktarından kaynaklandığı ileri sürülmüştür.

Raheman ve Phadatare (2004), karanja metil esteri ve dizel yakıtı ile %20, %40, %60 ve %80 oranındaki karışımlarını tek silindirli, hava soğutmalı dizel motorda emisyon ve performans açısından test

etmişlerdir. Emisyon değerlerinin (CO ortalama %80, is yoğunluğu %50 ve NO<sub>x</sub> % 26) düşüş gösterdiği belirtilmiştir. Karanja yağı metil esterinin B40 üzerindeki karışımlarda güçte herhangi bir değişim olmadan daha az emisyon oluşturduğu tespit edilmiştir.

Banapurmath vd. (2008), Honge, Jatropha ve susam yağı metil esterlerinin tek silindirli dizel motorda emisyon ve performansı ile ilgili yaptıkları çalışmada, HC ve CO emisyonları dizel yakıtına göre daha fazla olduğunu ve is emisyonlarının üç metil ester için de dizel yakıtından daha fazla olduğunu belirtmiştir. Buna tamamlanmamış yanmanın ve dolayısıyla düşük uçuculuk ve yüksek viskozite yol açmıştır. Susam yağı metil esteri diğer ikisiyle kıyaslandığında daha düşük emisyon (CO, HC, NO<sub>x</sub>) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Lee vd. (2004), soya metil esterinin D2 ile %20 oranındaki karışımlarının emisyonları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. NO<sub>x</sub> emisyonları dizel yakıt ile benzer değerlerde iken SO<sub>2</sub> emisyonlarının %19.7 daha düşük ve partikül madde emisyonlarının da ortalama %15.7 daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Dorado vd. (2003), atık zeytinyağı metil esterinin dizel motorunda yakıt olarak kullanılmasındaki egzoz emisyonlarını test etmişlerdir. Deneyler direkt püskürtmeli, üç silindirli, su soğutmalı, Perkins motorda maksimum 34 kW güçte yapılmıştır. Sonuçlar dizel yakıtına göre daha düşük CO (%58.9 üzerinde), CO<sub>2</sub> (%8.6 üzerinde), NO (%37.5 üzerinde), SO<sub>2</sub> (%57.7 üzerinde) ve daha yüksek NO<sub>2</sub> (%81 üzerinde) emisyon değerlerini göstermiştir.

Last vd.(1995), %10, %20, %30, %50, %100 soya yağı metil esterini dizel motorunda test etmeleri sonucunda CO emisyonlarında %10, %8, %18, %6 ve %14 değerlerinde düşüşler gözlemlenmiştir.

Oğuz (2004), transesterifikasyon yöntemiyle elde ettiği fındık yağı metil esterini (FYME), dört zamanlı, dört silindirli, 60 kW gücünde direkt püskürtmeli dizel motorda test ederek performans ve emisyonları incelemiştir. Fındık yağı metil esterinin CO<sub>2</sub> değerleri dizel yakıtın değerinden daha düşük çıktığı belirtilmiştir. Bu durum, fındık yağı metil esterinin tam yanmadığı ileri sürülmüş, HC değerleri her devir sayısında dizel yakıtından daha yüksek çıktığı belirtilmiştir. CO değerlerinin de motorun yüklenme durumuna ve devir sayısına bağlı olarak değiştiği, devir arttıkça CO değerinin azaldığı vurgulanmıştır.

Tillem (2005), atık bitkisel yağ, ham kanola yağı ve nötr pamuk yağından %87,6, %94,2 ve %98,5 verimle metil esterler elde etmiştir. Üretilen biyodizel yakıtlar %20 hacimsel oranında dizel yakıtı ile karıştırılarak ön yanma odalı dizel bir motorda performans ve emisyon değerleri bakımından dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Emisyon ölçümleri sonucunda, duman ve CO emisyonu değerlerinde %20 biyodizel kullanımı ile dizel yakıtına göre

önemli miktarlarda düşüş meydana gelmiştir. CO<sub>2</sub> emisyonlarında ise genel olarak azalma yönünde küçük değişimler görülmüştür. Oksijen içeriğinin fazla olması doğal olarak O<sub>2</sub> emisyonlarında bir miktar artışa neden olmuştur.

Özsezen (2007), palmye yağı kökenli atık kızartma yağından elde edilen biyodizel, dört silindirli, doğal emişli, indirekt püskürtmeli bir dizel motorda alternatif dizel yakıtı olarak kullanmış ve performans, yanma, püskürtme ve egzoz emisyon değerlerini test etmiştir. Motor, tam yük, 60, 40, 20 Nm sabit yük ve değişik devirde D2, B100, B50, B20 ve B5 kullanılarak testlere tabi tutulmuştur. Tüm devirlerde B100, B50, B20 ve B5 kullanımıyla elde edilen CO emisyonu, D2'ye göre düşüş göstermiştir. Bunun nedeni, biyodizelin içeriğindeki oksijendir. CO<sub>2</sub> emisyonunda biyodizel ve dizel yakıtı ile karışımlarının kullanımı sonucu D2'ye göre belirli bir eğilimde artma veya azalma olmamıştır. Biyodizelin içeriğindeki oksijenin yakıtça zengin bölgelerde gerekli oksijeni sağlaması, yanma bölgelerinin sayısını arttırmıştır. Yüksek ortam sıcaklığının elde edildiği bölge sayısı arttığından, biyodizel kullanımı ile D2'ye göre daha yüksek NO<sub>x</sub> oluşumu meydana gelmiştir. HC emisyonu PKDY' a göre daha düşük seviyededir. Nedeni, biyodizel içeriğinde bulunan oksijenin zengin yakıt-hava karışım bölgelerinde yeterli oksitlenmeyi sağlamasıdır.

## 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

20. yüzyılın sonlarına doğru motorlu taşıt sayısındaki artışa paralel olarak fosil kökenli yakıtların rezervleri düşüş göstermektedir. Bunun yanı sıra fosil kökenli yakıt kullanımı ile küresel iklim değişikliği ve hava kirliliği problemi yaşanmaktadır. Ülkemizin de imza koyduğu Kyoto Protokolünün CO<sub>2</sub> emisyonlarını 1990' lı yıllar seviyesine indirme hedefleri bulunmaktadır. Bu sorunun önüne geçmek ve hedeflere ulaşmak için mevcut motor konstrüksiyonunu da fazla değiştirmeden, yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynakları geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur.

Biyodizel, yeni iş alanlarını da açabilmesi dolayısıyla istihdam sağlaması, dünyanın hemen her bölgesinde üretilebilir oluşu, çevre ve canlı yaşamı açısından risk oluşturmaması, atık maddelerin değerlendirilmesine imkan sağlaması gibi nedenlerden dolayı gündemdeki yerini korumaktadır. Araştırmalar, yenilenebilir enerji kaynaklarından biyodizelin motor performans değerlerinin dizel yakıtının motor performans değerlerine yakın, egzoz emisyonlarının ise dizel yakıtına göre daha temiz olduğunu göstermiştir. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de biyodizelin, vergiden muaf tutulması ve teşvik edilmesiyle üretimi ve kullanımı yaygınlaşabilecektir. Ayrıca Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)' nin tam olarak faaliyete geçmesiyle 1.7 milyon hektar alan



sulanır hale gelecektir. GAP bölgesinde yetiştirilecek bitkiler içerisinde, yağ bitkileri yönünden de önemli bir potansiyel olacaktır. Böylece ülkemizde biyodizel üretimi ihtiyaca göre yapılabilecektir.

## 7.KAYNAKLAR

1. **Altınsoy**, A. S., 'Biyodizel Üretimi, Motorlarda Kullanımı ve Türkiye'deki Kaynakların İncelenmesi', İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
2. **Banapurmath**, N. R., Tewari, P.G., Hosmath, R.S., 'Performance and emission characteristics of a DI compression ignition engine operated on Honge, Jatropha and sesame oil methyl esters', Renewable Energy, 33, 1982-1988, 2008.
3. **Dorado**, M. P., Ballesteros, E., Arnal, J. M., Gómez J. and López, F. J., 'Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil', 2003.
4. **Gümüş**, M., 'Evaluation of hazelnut kernel oil of Turkish origin as alternative fuel in diesel engines', Renewable Energy, 33, 2448-2457, 2008.
- Gvidonas L., Stasys S., 'The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection Diesel engine performance and exhaust emissions', 2005.
5. **İlkiç** C., Yücesu H.S., 'Pamuk Yağı Metil Esteri İle Dizel Yakıtı Karışımının Bir Dizel Motoru Performansına Etkisi', F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(1), s 199-205, 2002.
6. **Kaplan**, C., Ulusoy, Y., Arslan, R., Kullanılmış (Atık) Bitkisel Yağ Metil Esterlerinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanılması, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, 12-13 Ekim 2001, sf. 333-338, Kayseri.
7. **Karabektaş**, M., Ergen, G., 'Soya Yağı Metil Esterinin Motor Performans Karakteristikleri ve NO Emisyonları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi', SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 11. Cilt, 1. Sayı, s. 21-26, 2007.
8. **Karaosmanoğlu**, F., Biyomotorin ve Türkiye, 2008.
9. **Keskin**, A., Ekşi, A., Dizel Motorlarda Mısır Yağı Biyodizelinin Yakıt Olarak Kullanımının Motor Performans Ve Emisyonuna Etkisi, C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 2.1 (2006), sf. 49 -55.
10. **Keskin**, A., Gürü, M., Altıparmak, D., Tall Yağı Biyodizelinin Dizel Yakıtı İle %90 Oranındaki Karışımının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak İncelenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. ,Cilt 22, No 1, 57-63, 2007.
11. **Kobi** Finans Dergisi, 12.sayı
12. **Last** R.J., Kruger M., Durnholz M., Emissions and performance characteristics of a 4-stroke, direct injected diesel engine fueled with blends of biodiesel and low sulfur diesel fuel. SAE paper 1995,950054.
13. **Lee**, S. W., Herage, T., and Young, B., 'Emission reduction potential from the combustion of soy methyl ester fuel blended with petroleum

distillate fuel', 2004.

14. **Magin** L., Octavio, A., Jose, R. F., Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions, Progress in Energy and Combustion Science, 34 (2008), 198-223.
15. **Oğuz**, H., Tarım Kesimlerinde Yaygın Olarak Kullanılan Dizel Motorlarında Fındık Yağı Biyodizelinin Yakıt Olarak Kullanım İmkanlarının İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2004.
16. **Öğüt** H., Oğuz H., Üçüncü Milenyum Yakıtı; Biyodizel, Nobel Yayın Dağıtım, Ocak 2006.
17. **Özsezen**, A. N., Atık Palmiye Yağından Üretilen Biyodizelin Motor Performans ve Emisyon Karakterleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2007.
18. **Özsezen**, A. N., Çanakçı, M., Türkcan, A., Sayın, C., 'Performance and combustion characteristics of a DI diesel engine fueled with waste palm oil and canola methyl esters', Fuel, 88, s.629-636, 2008.
19. **Raheman**, H., Phadataré, A. G., 'Diesel engine emissions and performance from blends of karanja methyl ester and diesel', 2004.
20. **Sekmen**, Y., 'Karpuz Çekirdeği ve Keten Tohumu Yağı Metil Esterlerinin Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılması', TEKNOLOJİ, Cilt 10, (2007), Sayı 4, 295-302.
21. **Silva** F. N., Prata A. S., Teixeira J. R., Technical feasibility assessment of oleic sunflower methyl ester utilization in diesel bus engines, Energy Convers Manage 2003;44:2857-78.
22. **Tillem**, İ., Dizel Motorlar İçin Alternatif Yakıt Olarak Biyodizel Üretimi ve Kullanımı, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2005.
23. **Usta**, N., 'Use of tobacco seed oil methyl ester in a turbocharged indirect injection diesel engine', Biomass Bioenergy, 28(2005), pp. 77-86.
24. **Yücesu**, H. S., Altın, R., Çetinkaya, S., 'Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Bitkisel Yağ Kullanımının Deneysel İncelenmesi', TÜBİTAK, 25 (2001), 39 - 49.

[www.albiyobir.org.tr](http://www.albiyobir.org.tr)

[www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr)

[www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr)

[www.enerjikaynaklari.net](http://www.enerjikaynaklari.net)

