

KETENCİK BİYODİZELİNİN ÜRETİMİ VE COMMON RAIL ENJEKSİYON SİSTEMİNİN EMİSYONLARINA ETKİSİ

Rahman MEK*, Hasan AYDOĞAN**

** Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kampüsü, Selçuklu, KONYA

ÖZET

Dünyadaki enerji talebinin her yıl artması, ve petrol kökenli yakıt rezervlerinin tükeniyor olması, alternatif enerji arayışlarının önemini ortaya koymaktadır. Alternatif enerji kaynakları yenilenebilir, çevreci ve ülkemiz topraklarından temin edilebilir olması, enerjisinin %70'ini ithal eden bizim gibi ülkeler için çok önem arz etmektedir. Diesel motorlarda kullanılan alternatif yakıtların en önemlisi biyodizeldir. Çevreci ve ekonomik olması, nedeniyle biyodizel üretimi önemlidir.

Bu çalışmada, ham ketencik yağından biyodizel üretilmiştir. Daha sonra Eurodiesel yakıtı (B0), B20, B50 ve B100 yakıt karışımları hazırlanmıştır. Bu karışımlar common rail yakıt enjeksiyon sistemine bağlı bir diesel motorda yakıt olarak kullanılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Ketencik biyodizelinin yapısındaki oksijen bütün koşullarda yanma verimine katkı sağlayarak CO, HC ve pusluluk değerlerinin azalması ve CO₂ ile NO_x artışıyla ilgili etkilidir.

Anahtar kelimeler: Ketencik biyodizeli, diesel yakıt-biyodizel karışımları, motor emisyonları.

THE PRODUCTION OF BIODIESEL CAMELINA SATIVA BIODIESEL AND EFFECT OF THE ON THE EMISSION OF AN ENGINE WITH A COMMON RAIL INJECTION SYSTEM

ABSTRACT

World energy demand increasing every year and is running out of petroleum-based fuel reserves reveals the importance of the quest for alternative energy. Renewable alternative energy sources, environmentally friendly and can be obtained from the territory of our country, which imports 70% of energy is of great importance for countries like ours. The most important of alternative fuel, biodiesel can be used in diesel engines. Biodiesel production due to environmental and economic benefits is important.

In this study, biodiesel is produced from crude oil camelina sativa. Then Eurodiesel fuel (B0), B20, B50 and B100 fuel mixture has been prepared. This mixture is used as a fuel in a diesel engine with common rail fuel injection system. The experimental study carried out by contributing to oxygen combustion efficiency in all conditions in the construction of the biodiesel camelina sativa as a result of CO, HC is decreased and CO₂, NO_x and haziness value is increased.

Keywords: Camelina sativa biodiesel, diesel fuel-biodiesel blends, engine emissions.

1. GİRİŞ

Son yıllarda gerek enerji kaynakları konusunda yaşanan sorun ve sıkıntıları, gerekse bu kaynakların kullanılmaması, neticesinde meydana gelen çevresel tehditler, kaynak kullanımı doğrultusunda yeni arayışlara yönelimi doğurmuş, alternatif kaynak arayışlarının gündeme getirmiştir [1]. Dünya her yıl 150 milyar ton biyokütle üretilmekte, bunun ancak %10'unu ticari olarak kullanılmaktadır. Enerji arzının güvence altına alınması, ve küresel ısınma ile mücadele açısından önem kazanan biyoyakıtlar tüm dünyanın ilgi odağı olmuştur ve tedbirler geliştirilmeye başlanmıştır [2].

Enerji üretiminde mümkün olduğu kadar yerel kaynakları kullanılması, çevrenin korunması, dikkat edilmesi, verimliliğin artırılması, kaynak çeşitliliği ve sürekliliğinin sağlanması da önem

kazanmaktadır [3]. İlk olarak 1893 yılında Rudolf Diesel'in icat ettiği diesel motorda yakıt olarak Afrika kökenli yer fıstığı yağını kullanması, günümüze kadar enerji içeriği daha yüksek olan fosil kökenli yakıtlar, diesel motorlarda daha yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Oksijenli yakıtların egzoz emisyonlarının azaltmadaki başarısı, ve artan çevre bilinci biyodizel olarak adlandırılan yağ asitlerinin diesel motorlarında kullanılmaya başlanması, 1980'li yıllarda tekrar gündeme getirmiştir. Özellikle Bitkisel yağlar baz, kritik zamanlarda (1930-1940, 1973 petrol krizi gibi) sadece acil durumlar için diesel motorlarda kullanılmaktadır. Fakat bitkisel yağların diesel yakıtına kıyasla viskozitelerinin ve moleküler ağırlığının daha yüksek olması, yağ yakıt atomizasyonuna; içeriğinde gliserin bulundurulması, silindir içerisinde tortulara yapışkan maddelere, karbon birikimine neden olmaktadır. Bu durum, bitkisel yağ kullanılmayan motorlarda ciddi problemler

olu turmu tur. Bitkisel, hayvansal veya at,k bitkisel ya lar,n diesel motorunda herhangi bir de i iklim yap,lmadan kullan,labilmesi için diesel yak,t,na yak,n özelliklere sahip bir yak,ta dönü türülmesi gerekmektedir [4].

Biyodizel geli iminde en önemli ikinci a ama Brüksel Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiştir. Günümüzde yaygın bir ekilde bitkisel ya lardan transesterifikasyon yöntemiyle elde edilen ve biyodizel olarak adlandırılan yak,t için ilk patent Belçikalı bilim adamı G. Chavanne tarafından alınmıştır. G. Chavanne 1937 yılında almış oldu u Bitkisel Ya lar,n Yak,t Olarak Kullan,m,ndaki Dönüm lemi Patenti ile biyodizelin iyi bir alternatif enerji kayna , olabileceğini ispatlamış tır. Ancak, o dönem itibarıyla petrol ürünlerinin daha düşük maliyetli olmaları ve kullanılmaları, yaygınlaşmasını biyodizelin gelişmesini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu nedenlerden dolayı, 1980'li yılların sonuna kadar biyodizel üretiminde kayda değer bir ilerleme gerçekleştirilmemiştir [5].

Petrol kaynaklı diesel yak,t,na alternatif olarak ortaya çıkan biyodizelin üzerinde önemle durulduğu bilinmektedir. Biyodizel saf olarak veya petrolden elde edilen motorinle karışılarak da kullanılabilmektedir. Biyodizel ismi ilk olarak 1992 yılında Amerika Ulusal Soy Diesel Geliştirme kurulu tarafından telif edilmiştir. Kimyasal olarak yenilenebilir bir kayna ,ndan türetilen, uzun zincirli yağ asitlerin mono alkol esterleri olarak tanımlanır. Yani biyolojik kaynaklardan elde edilen, ester tabanlı, bir tür oksijenli yakıt türüdür. Genel olarak biyodizel yüksek kaliteli bitkisel ya lardan üretilmektedir. Avrupa'da biyodizel ham maddesi olarak kanola yağı, Amerika'da ise soya yağı yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de ayçiçeği ve pamuk yağı üretilen yağların başında gelmektedir. Yüksek kaliteli rafine bitkisel yağların biyodizel hammaddesi olarak kullanılması, biyodizel motorinden daha pahalı hale getirmektedir. Fiyat dengesi sağlayabilmek için, daha düşük maliyetli hammaddeler tercih edilmelidir [6-7].

Yazlık ve tek yıllık bir yağ bitkisi olan Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) bitkisi yazlık olmakla birlikte sert kılara dayanıklı tipleri de olan bir kültür bitkisidir. Ketencik bitkisinin 1940'li yılların başında kadar Doğu Avrupa ve Rusya'da yaygın bir ekilde üretiminin yapıldığı ve daha sonraki yıllarda da yerini kanolaya bırakarak belirtildiği görülmektedir. Bitki diğer yağ bitkilerine kıyasla çok daha yetersiz durumlardaki toprak ve iklim koşullarında daha yüksek verim verme özelliğine sahiptir. Ayrıca, çeşitli hastalık ve zararlılara karşı bitkinin üretimi oldukça belirli fotokimyasal maddeler nedeniyle doğal dayanıklı, ağırlıkta sahip olması nedeniyle son zamanlarda Almanya ve

Kanada başta olmak üzere dikkatleri üzerine çekmiş ve bitkiyle ilgili agronomik ve tarımsal çalışmalar, malar, yonun bir ekilde yürütüldüğü Almanya gibi ülkelerde erusik asit oranı, sızdırılan çeltikler geliştirilmiştir [8].

Bu çalışmada ketencik biyodizelinin common rail yakıt enjeksiyon sistemli bir dizel motorda yakıt olarak kullanılmaması, motor emisyonlarına etkisini diesel yakıt ile karşılaştırarak incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

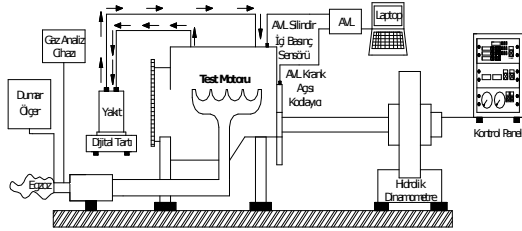
Çalışmada ilk önce ketencik yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretilmiştir. Biyodizel elde etmek için ham yağ 55°C'ye kadar ısıtılmıştır. Daha sonra yağın hacimsel olarak %20'isi kadar metanol (CH₃OH) ve 1 litre yağ a 3.5 g/litre oranında sodyum hidroksit (NaOH) katalizörü kullanılarak reaksiyon gerçekleştirilmiştir. Reaksiyonda ilk olarak metanol ile NaOH katalizörü 80 °C'de 60 dakika karıştırılarak metoksit çözeltisi hazırlanmış ve reaktörde ketencik yağına ilave edilerek en az 2 saat dinlendirilmiştir. Reaktör tabanına çöken gliserol alttan alınarak karışımından ayrılmıştır. Reaktörde kalan ham biyodizelin soğuması ve içerisinde kalan gliserolün çökmesi için 1 gün beklenerek tabanda biriken gliserol tekrar alınmıştır. 50°C sıcaklığına kadar ham biyodizel ve saf su hacimsel olarak bire bir oranında karıştırılmış ve suyun çökmesi için 12 saat dinlendirilmiştir. Yağın leminin sonucunda biyodizel içerisindeki reaksiyona girmeyen yağ asitleri, alkol, Na⁺ iyonları, katalizör madde ve ayrılmaması esnasında yapılabilecek gliserol uzaklaştırılmıştır. Reaktörde dibe çöken su buharlaştırıldıktan sonra kurutma işlemine geçilerek biyodizelin yapışkan kalan su 100°C'de ısıtılarak en az 2 saat boyunca karıştırılmış ve suyun buharlaşması ile saf biyodizel elde edilmiştir. Transesterifikasyon yöntemiyle üretilen ketencik biyodizeli ile Eurodiesel yakıtından B20 ve B50 karışımları hazırlanmış tır. Testlerde, yakıt olarak Eurodiesel yakıtı (B0), B20 (hacimce %20 biyodizel-%80 Eurodiesel yakıtı), B50 ve B100 yakıtları kullanılmış tır.

Çalışmada motor denemeleri 1.9 Doblo Multijet motorunda yapılmış tır. Tablo 1'de deney motorunun teknik özellikleri verilmiştir. Deney esnasında egzoz gazlarının ölçümü için Bosch BEA 350 model emisyon cihazı kullanılmış tır.

Tablo 1. Test motorunun teknik özellikleri

Motor Özellikleri	1.9 Multijet
Silindir adedi ve yerle imi	4, tek s,ra, önde enlemesine
Silindir hacmi (cc)	1910
S,k, t,rma oran,	18,5:1
Maksimum güç hp-d/d	105 - 4000
Maksimum tork Nm(kgm) - d/d	200 - 1750
Yak,t	Motorin Elektronik kontrollü common rail tipi multijet direkt enjeksiyon, turbo ve intercooler
Yak,t besleme	S,k, mal,
Ate leme	82 × 90,4
Çap × Strok (mm)	

Motor önce hidrolik bir dinamometreye bağlanm, t,r. Dinamometreye motor yüklenerek emisyon de erleri 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 ve 4000 d/d, tam gaz konumunda ölçülmü tür. Çal, mada kullan,lan deney düzene i ekil 1'de görülmektedir.

**ekil 1.** Çal, mada kullan,lan deney düzene i

Motor yüklemesi hidrolik dinamometre ile yapılm, t,r. Test motoru 90°C çal, ma s,cakl, ,na geldikten sonra her bir test yak,t, ile emisyon de erleri ölçümü yapılarak kaydedilmi . Deneyler farklı zamanlarda 3 defa tekrarlanm, ve ölçülen de erlerin ortalamalar, alınm, t,r. Ölçümler tam yükte ve 1000-1500-2000-2500-3000-3500 ve 4000 d/d aral,klar,nda yapılm, olup testler s,ras,nda egzoz gaz, s,cakl,klar, ve emisyonlar, ölçülmü tür. Her yak,t de i iminde motorun yak,t hatt,, yak,t filtresi bo alt,lm, t,r.

Ketencik ya , ile diesel yak,t,n,n baz, özelliklerinin karşılaştırılması, tablo 2'de verilmi tir. Ketencik biyodizelinin özellikleri ise tablo 3'de verilmi tir.

Tablo 2. Ham ketencik ya , ve diesel yak,t özelliklerinin karşılaştırılması, [8]

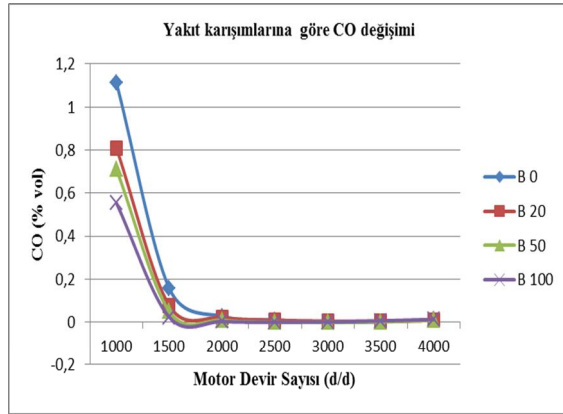
Özellikler	Ketencik ya ,	Diesel yak,t,
Yo unluk 15°C (kg/m ³)	918	838
Kinematik viskozite 40°C (mm ² /s)	24	2,92
Parlama noktası, (°C)	220	102
Alt s, l de eri (MJ/kg)	38	42,3
Kül (% kütle)	0,0025	0,01
Kükürt (mg/kg)	13,85	9
Su içeri i (mg/kg)	710	43,8
Asit de eri (mg KOH/g)	1,39	-
yot say,s, (g.I ₂ /100g)	151,5	-

Tablo 3. Ketencik biyodizelinin yak,t özellikleri [8]

Yak,t Özellikleri	EN 14214: 2012	Ketencik biyodizel	Test metodu
Yo unluk (15°C kg/m ³)	860-900	885-888	EN ISO 12185
Kinematik viskozite (40°C mm ² /s)	3.565	4.536 5.45	EN ISO 3104
Sokta filtre t,kanma noktası, (CFPP) °C	-	-3	EN 116
Bulutlanma noktası, °C	-	3	EN 23015
Metil ester içeri i (wt%)	96.5	97.5	EN 14103
Alevlenme noktası, (°C)	101	202	EN ISO 3679
Kükürt içeri i (mg/kg)	10	0.59	EN ISO 20846
Karbon kal,nt,s, (wt.%)	0.30	0.019	EN ISO 10370
Su içeri i (mg/kg)	500	120	EN ISO 12937
Bak,r korozyon testi (3h, 50°C)	1	1A	EN ISO 2160
Oksidasyon kararlı, l, (110°C) h	8	1.3-2.2	EN 14112
Asit de eri (mgKOH/g)	0.50	0.36	EN 14214
yot say,s, max. (g.I ₂ /g)	120	154	EN 14111

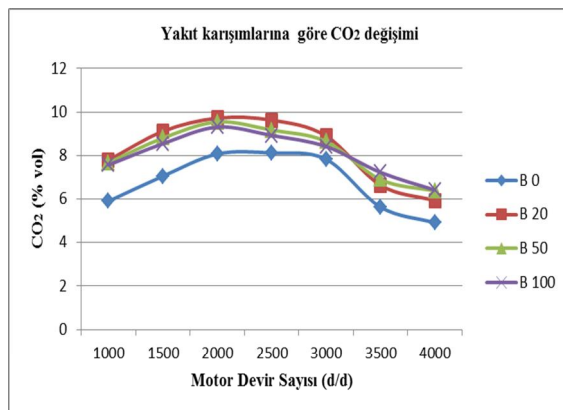
3. DENEY SONUÇLARI VE TARTI MA

CO eksik yanman, n bir ürünüdür. Deney sonucu elde edilen CO de erleri ekil 2'de verilmiştir. 2500 devir/dakadaki CO de erleri s, ras, yla B0 için 0,19, B20 için 0,13, B50 için 0,11 ve B100 için 0,085 olarak gerçekleşmiştir. B100 yak, t, na göre %55 oran, nda daha az CO üretmektedir. B100 bu oranla büyük bir avantaj sağlamaktadır. Bu durumun nedeni yak, t, n oksijen içerikli olmas, ndan dolayı, yanma veriminin yüksek olmasıdır. Devir art, , na ba l, olarak CO miktarlar, azalm, t, r.



ekil 2. CO de iimleri

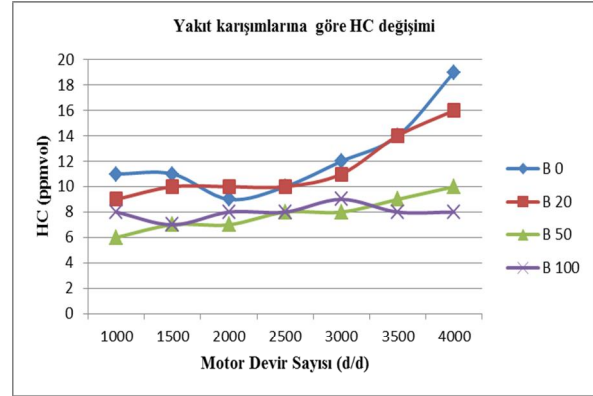
Deney sonucu elde edilen CO₂ de erleri ekil 3'de verilmiştir. 2500 devir/dakadaki CO₂ de erleri s, ras, yla B0 için 6,79, B20 için 8,24, B50 için 8,16 ve B100 için 8,05 olarak gerçekleşmiştir. B100 yak, t, na göre yaklaşık %18,5 oran, nda daha fazla CO₂ üretmektedir. Bu durumun nedeni yak, t, n oksijen içerikli olmas, ndan dolayı, yanma veriminin yüksek olmasıdır.



ekil 3. Yak, tlar, n CO₂ de iimleri

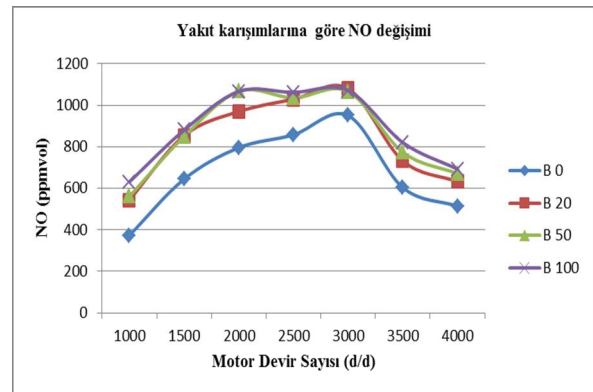
HC yanmam, yak, t, ifade eder. Deney sonucu elde edilen HC de erleri ekil 4'de verilmiştir. 2500

devir/dakadaki HC de erleri s, ras, yla B0 için 12,3, B20 için 11,43, B50 için 7,86 ve B100 için 8 olarak gerçekleşmiştir. B100 yak, t, eurodiesel yak, t, na göre yaklaşık %35 oran, nda daha az HC üretmektedir. Bu durumun nedeni yak, t, n oksijen içerikli olmas, ndan dolayı, yanma veriminin yüksek olmasıdır.



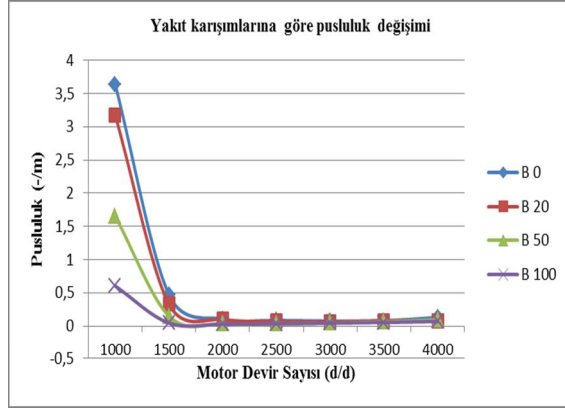
ekil 4. Yak, tlar, n HC de iimleri

Deney sonucu elde edilen NO_x de erleri ekil 5'de verilmiştir. 2500 devir/dakadaki NO_x de erleri B0 için 676,86, B20 için 834,14, B50 için 860,43 ve B100 için 888,86 olarak gerçekleşmiştir. B100 yak, t, eurodiesel yak, t, na göre yaklaşık %31,32 oran, nda daha fazla NO üretmektedir. Bu durumun nedeni biyodizelin oksijen içerikli olmas, ndan dolayı, yanma veriminin yüksekliği; silindir içi yanma sonucu s, cakl, , n, n 1600°C fazla olması ve azot ile oksijenin daha fazla miktarda kimyasal reaksiyona katılmasıdır.



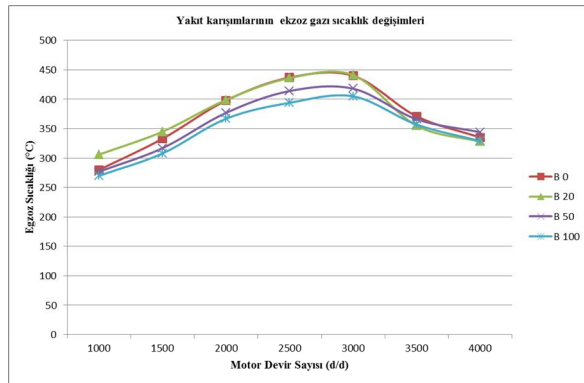
ekil 5. Yak, tlar, n NO de iimleri

Diesel motorlarda egzoz emisyonlar, ndan bir di eri pusluluk de erleridir. Deney sonucu elde edilen pusluluk de erleri ekil 6'da verilmiştir. 2500 devir/dakadaki pusluluk de erleri B0 için 0,66, B20 için 0,56, B50 için 0,30 ve B100 için 0,13 olarak gerçekleşmiştir. B100 yak, t, na göre eurodiesel yak, t, 5 kat daha pusludur. Bu durumun yanma verimi ile ili kili olduğu söylenebilir.



ekil 6. Pusluluk de erleri

Bu grafik egzoz gaz,yla havaya transfer olan ,s, enerjisi de i imini göstermektedir. Deney sonucu ölçülen egzoz s,cakl,klar, ekil 7'de verilmi tir. Yak,tlar,n sahip olduklar, alt ,s,l de erleri ile egzoz gaz, s,cakl,klar, do ru orant,l,d,r. Grafik incelendi inde en az egzoz gaz, s,cakl, ,n,n B100 ile sa land, , görülmü tür. En yüksek s,cakl,k de erleri de B0 yak,t,nda ölçülmü tür.



ekil 7. Egzoz s,cakl,k de i imleri

5. SONUÇLAR

Bu çal, mada ketencik biyodizeli ve kar, ,mlar,n,n common rail yak,t enjeksiyon sistemine sahip bir diesel motorunda yak,t olarak kullan,m,nda emisyon de erleri kar, ,la t,r,lm, t,r. Yap,lan deneysel çal, malar sonucunda Ketencik biyodizelinin yap,s,ndaki oksijen bütün ko ullarda yanma verimine katkı sa layarak CO, HC ve pusluluk de erlerinin azalm, , CO₂ ile NO_x de erleri artm, t,r. Yap,lan bu çal, ma sonucunda ketencik biyodizelinin common rail yak,t enjeksiyon sistemli bir mot,rda herhangi bir de i iklik yap,lmadan kullan,labilece i görülmü tür.

TE EKKÜR

Bu çal, ma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Ara tırma Kurumu (TÜB TAK) taraf,ndan,

114M838 nolu proje ile desteklenmi tir. Yazarlar TÜB TAK'a te ekkür ederler.

KAYNAKLAR

1. Dinçba , A., 2007, Biyodizel kullan,m,n,n dizel motoru üzerindeki etkilerinin uzun süreli testlerle ve motorinle kar, ,la t,r,mal, olarak ara t,r,lmas,, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, zmir, 1.
2. Anonim, 2012a, Türkiye, Alternatif Enerji ve Biyodizel Üreticileri Birli i,
3. Ha imo lu, C., 2005, Dü ük ,s, kay,pl, bir dizel motorunda biyodizel kullan,m,n,n performans ve emisyon parametrelerine etkisi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 1.
4. Özsezen, A.N. ve Çanakç,, M., 2009, Biyodizel ve kar, ,mlar,n,n kullan,ld, , bir dizel motorda performans ve emisyon analizi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15 (2): 173-180.
5. Hatuno lu, E. E., 2010, Biyoyak,t politikalar,n,n tar,m sektörüne etkileri, DPT - Uzmanl,k Tezleri, Ankara, 14-26, <http://tarim.kalkinma.gov.tr/wp-content/uploads/2014/11/EmrahHatunoglu-Tez.pdf> [Ziyaret Tarihi: 20 Mayıs 2015].
6. Alptekin, E. ve Çanakç,, M., 2011, Hayvansal kökenli ya lardan biyodizel üretimi, VI. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklar, Sempozyumu (YEKS, 2011), Kayseri, 1-9.
7. ahin, S., 2013, Keten ya , biyodizelinin ve motorinle kar, ,mlar,n,n motor performans,na ve egzoz emisyonlar,na etkisinin ara t,r,lmas,, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2-46.
8. Özçelik, A.E., Aydo an, H., Acaro lu, M., 2015, Determining the performance, emission and combustion properties of camelina biodiesel blends, Elsevier, Selçuk Üniversitesi, Energy Conversion and Management 96 (2015) 47657.