

**T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TM - YL - 2007 - 0001**

**BİR TRAKTÖR MODELİNDE YAKIT OLARAK
DEĞİŞİK ORANLARDA BİODİZEL KULLANIMININ
MOTOR KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

HAZIRLAYAN: Haluk EMİROĞLU

DANIŞMAN: Prof.Dr. Cengiz ÖZARSLAN

AYDIN - 2007

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT	II
ŞEKİL DİZİNİ	III
ÇİZELGE DİZİNİ	V
1. GİRİŞ	1
1.1. Termik Motorların Tarihçesi ve Petrol Kökenli Yakıt Kullanımı	1
1.2. Fosil Yakıtların Rezervi	4
1.3. Yağ Bitkileri Üretimi	5
1.4. Biodizelin Gerekliği	6
1.5. Biodizel Üretim Yöntemleri	14
1.6. Biodizelin Özellikleri	16
1.6.1. Depolama	16
1.6.2. Akışkanlık	16
1.6.3. Motor yakıtı özellikleri	16
1.6.4. Biodizel standartları	18
1.7. Biodizelin Dünyada ve Türkiye'deki Durumu	21
1.8. Türkiye'deki Yasal Düzenlemeler	24
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	27
3. MATERYAL VE YÖNTEM	38
3.1. Materyal	38
3.1.1. Denemelerin yapıldığı yer	38
3.1.2. Deneme motorunun özellikleri	38
3.1.3. Denemelerde kullanılan yakıtlar	39
3.1.4. Deneme düzeneği	40
3.1.5. Denemelerde kullanılan ölçüm cihazları	42
3.1.5.1. Elektronik fren	42
3.1.5.2. Yakıt tüketimi ölçüm cihazı	43
3.1.5.3. Egzoz gaz emisyonu ölçüm cihazları	44
3.1.5.4. Duman ölçüm cihazı	46
3.1.5.5. Sonuçları toplama ve değerlendirme ünitesi	47

3.1.5.6. Diğer ölçüm cihazları	48
3.2. Yöntem	49
3.2.1. Denemelerin düzenlenmesi ve yürütülmesi	49
3.2.1.1. Motor karakteristik ve mutlak emisyon denemeleri	50
3.2.1.2. ISO 8178 standart denemeleri	50
3.2.2. Hesaplama yöntemleri	51
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	53
4.1. Araştırma Bulguları	53
4.1.1. Motor karakteristik ve mutlak emisyon bulguları	53
4.1.1.1. Efektif güç	53
4.1.1.2. Efektif tork	54
4.1.1.3. Saatlik yakıt tüketimi	56
4.1.1.4. Özgül yakıt tüketimi	57
4.1.1.5. Termik verim	58
4.1.1.6. Duman	60
4.1.1.7. CO emisyonu	61
4.1.1.8. HC emisyonu	62
4.1.1.9. NO _x emisyonu	64
4.1.2. ISO 8178 standart deneme bulguları	65
4.1.2.1. CO emisyonu ve Euro standartları	65
4.1.2.2. HC emisyonu ve Euro standartları	66
4.1.2.3. NO _x emisyonu ve Euro standartları	67
4.1.2.4. PM Emisyonu ve Euro Standartları	68
4.2. Tartışma	69
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	72
ÖZET	
SUMMARY	
TEŞEKKÜR	
KAYNAKLAR	
ÖZGEÇMİŞ	

Bir Traktör Modelinde Yakıt Olarak Değişik Oranlarda Biodizel Kullanımının Motor Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi

ÖZ

Bu çalışmada, tarımda kullanılan bir traktör modelinin motorunda yakıt olarak motorinin yanı sıra, değişik oranlarda biodizel karışımı motorin kullanımının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkileri araştırılmıştır.

Biodizel olarak kolza yağı metil esterinin kullanıldığı ve motorine hacimsel olarak %2, %5.75, %10 ve %20 oranlarında karıştırılarak elde edilen yakıtlarla yapılan motor denemeleri sonucunda; biodizel karışımı yakıt kullanımına bağlı olarak motorun efektif güç ve efektif tork değerlerinde dikkate alınmayacak düzeyde küçük düşüşler meydana gelmesine karşın, genel olarak motorin kullanımıyla elde edilen sonuçlara yakın, hatta bazı durumlarda daha yüksek değerlere ulaşıldığı, yakıt tüketim değerlerinde belirgin bir fark oluşmadığı, termik verim oranlarında artış olduğu, duman, Karbon Monoksit (CO), Hidrokarbon (HC) ve partikül madde (PM) emisyon değerlerinde düşüş, Azot Oksit (NO_x) emisyon değerlerinde ise artış olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biodizel, motor performansı, egzoz emisyonu, alternatif enerji

Determination of Effects for Usage of Biodiesel Mixtures at Different Rates on Engine Characteristics of an Agricultural Tractor

ABSTRACT

In this study, effects for usage of biodiesel-diesel fuel mixtures at different rates on performance of agricultural tractor engine and exhaust emissions were investigated.

Methyl Esther extracted from Oil seed rape (Canola) was used as biodiesel. The rates of biodiesel used for tests were 2%, 5.75%, 10% and 20% in volume. The engine was tested with diesel fuel and different mixtures. Consequently, engines effective power and effective torque were declined with small difference which can be ignored due to usage of biodiesel mixture fuel when compared with results of conventional diesel fuel; however, these values were observed better than conventional diesel fuel at some exceptions. Generally, it can be expressed that power and torque were very close in same cases compared with diesel fuel. It is found out that there were not any significant differences in fuel consumption between them. During the tests, thermal efficiency figures were found higher. Smoke, CO, HC, and Particular Material emission figures were found lower where as NO_x emission figures were found higher than diesel fuel emissions.

Key words: Biodiesel, engine performance, exhaust emission, alternative energy

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil	Sayfa
1.1. Türkiye’de yıllara göre motorlu kara taşıtı sayıları	2
1.2. Türkiye’de yıllara göre benzin tüketimi	3
1.3. Türkiye’de yıllara göre motorin tüketimi	3
1.4. Türkiye’de 2005 yılı yağ bitkileri ekiliş oranı	5
1.5. Enerjinin sınıflandırılması	6
1.6. Avrupa Birliği Karbon Monoksit (CO) emisyon sınırlamaları	8
1.7. Avrupa Birliği Hidro Karbon (HC) emisyon sınırlamaları	8
1.8. Avrupa Birliği Azot Oksit (NO _x)emisyon sınırlamaları	9
1.9. Avrupa Birliği Partikül Madde (PM) emisyon sınırlamaları	9
1.10. Bitkisel kaynaklı enerji döngüsü	11
1.11. Bitkisel ürünlerden biodizel üretimi	15
1.12. Yıllara göre dünyada biyoyakıt üretimi	21
1.13. Avrupa Birliği biodizel üretimi	22
1.14. Türkiye’de biodizel üreten firmaların bölgesel dağılımı	23
3.1. Deneme motorunun kullanıldığı traktör	39
3.2. Deneme düzeneği	41
3.3. Deneme düzeneğinin genel görünümü	42
3.4. Yakıt tüketimi ölçüm cihazı	43
3.5. Egzoz emisyon ölçüm cihazları	44
3.6. Tartım kabini	46
3.7. Duman ölçüm cihazı	47
3.8. Veri toplama ünitesi	47
3.9. Deneme sonuçlarının kaydedildiği odanın genel görünümü	48
4.1. Efektif güç değişimleri	53
4.2. Efektif tork değişimleri	55
4.3. Saatlik yakıt tüketimi değişimleri	56
4.4. Özgül yakıt tüketimi değişimleri	57
4.5. Termik verim değişimleri	59

4.6. Duman değişimleri	60
4.7. CO emisyonu değişimleri	61
4.8. HC emisyonu değişimleri	63
4.9. NO _x emisyonu değişimleri	64
4.10. CO emisyon değerlerinin Euro standartları ile karşılaştırılması	65
4.11. HC emisyon değerlerinin Euro standartları ile karşılaştırılması	66
4.12. NO _x emisyon değerlerinin Euro standartları ile karşılaştırılması	67
4.13. PM emisyon değerlerinin Euro standartları ile karşılaştırılması	68
4.14. Biodizel karışımı yakıtların motorine göre egzoz emisyon değişimleri	71

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
1.1. B100 ve B20 karışımlarının motorin emisyon değerleriyle karşılaştırılması	12
1.2. Bazı firmalarca üretilen araçlarda biodizel kullanımı	17
1.3. Çeşitli ülkelerdeki biodizel standartları	18
1.4. TS EN 14214	20
1.5. Biodizel üreticisi firmaların sektörel dağılımı	24
3.1. Deneme motorunun özellikleri	38
3.2. Motorin ve biodizel yakıtın özellikleri	40
3.3. Elektronik frenin özellikleri	42
3.4. Yakıt tüketimi ölçüm cihazının özellikleri	43
3.5. Duman ölçüm cihazının özellikleri	46
3.6. ISO 8178-C1 test modları	50
4.1. Efektif güç değerleri	53
4.2. Efektif tork değerleri	54
4.3. Saatlik yakıt tüketimi değerleri	56
4.4. Özgül yakıt tüketimi değerleri	57
4.5. Termik verim değerleri	58
4.6. Duman değerleri	60
4.7. CO emisyon değerleri	61
4.8. HC emisyon değerleri	62
4.9. NO _x emisyon değerleri	64

1. GİRİŞ

1.1. Termik Motorların Tarihçesi ve Petrol Kökenli Yakıt Kullanımı

Termik motorlara ait ilk çalışmaların 1680 yılında Hollandalı fizikçi Huygens'in barut makinesi ile başladığı bilinmektedir. Huygens'in arkadaşı Papien bu düşünceyi geliştirerek 1690 yılında basit yapılı başka bir patlamalı motor yapmış, ancak elde edilen güç çok düşük düzeyde kaldığından, çalışmalar 1769 yılında James Watt tarafından yapılan buhar makinesi ile yön değiştirmiştir (Sabancı, 1997).

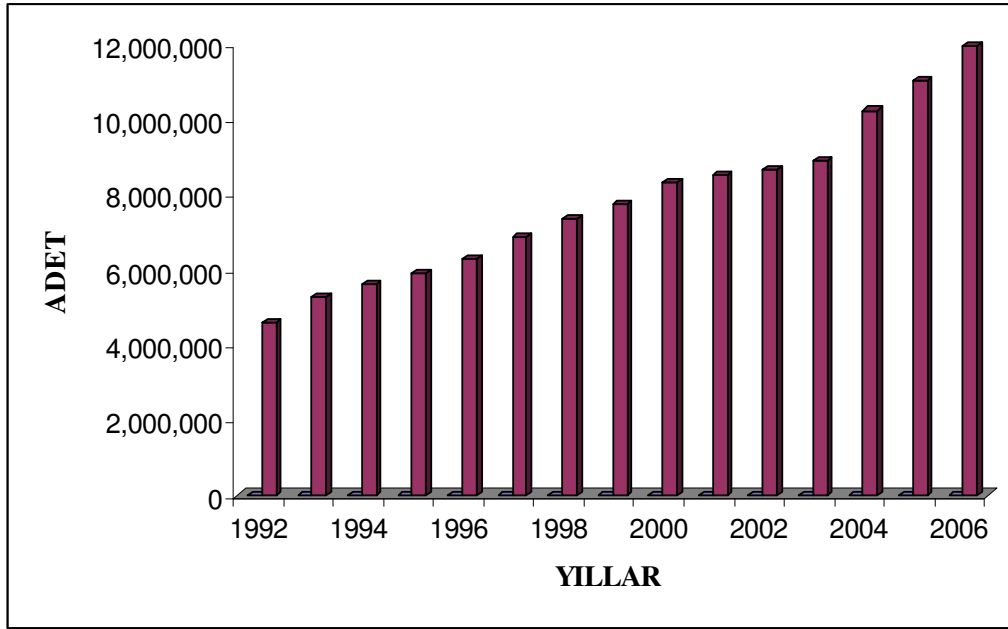
Termik motorların çalışma ilkelerini ve uygulanabilir yapılarını açıklığa kavuşturma çalışmaları sonunda, 1860 yılında Paris'te Lenoir tarafından gaz ile çalışan bir motor yapılmıştır. Buhar makinesine çok benzeyen bu motorun en önemli farkı, ateşlemenin elektriksel bir kıvılcım ile sağlanmasıdır. Düşük dolma derecesi, yavaş tutuşma, hızlı son yanma ve düşük genleşme, bu motorların %3-4 gibi çok küçük bir verimle çalışmalarına neden olmuştur. Otto tarafından 1863 yılında tasarlanan ve 1867 yılında Langen tarafından uygulamaya konulan serbest pistonlu motorda ise verim %10'u geçmiştir. Çalışma ilkesi 1862 yılında yine Otto tarafından bulunan dört zamanlı motor, 1876 yılında imal edilerek işletilmiş, emdiği yakıt-hava karışımını sıkıştırdıktan sonra yakması, modern motorlar için atılan ilk adım olmuştur. İlk aşamada havagazı ile çalışan motorun akaryakıt ile çalıştırılması 1884 yılında sağlanmış olup, otomobillere 1885 yılında Benz, 1886 yılında Daimler ve yine aynı yıllarda Ford tarafından uygulanmıştır (Sarı, 1996; Sabancı, 1997).

Diğer taraftan, esas parçaları Otto motoruna benzemekle birlikte, farklı prensiplere dayanan yeni bir tip motor 1893 yılında Rudolf Diesel tarafından geliştirilmiştir. Benzin yerine Diesel yakıtı kullanan bu motor 1899 yılında KRUPP ve MAN fabrikalarında imal edilmiştir (Sabancı, 1997).

Emme zamanında yakıt-hava karışımını özel yapılı silindiri içine alarak sıkıştırdıktan sonra, bir kıvılcımla sağlanan patlama ile pistonu dönü hareketi yapan motor Wankel tarafından 1954 yılında bulunmuştur. Az sayıda ve basit yapılı organlardan oluşması gibi üstün yönlerine karşın, verimlerinin düşük olması,

sakıncalı yönleridir. Alternatif hareketli motorlara göre planlanmış büyük yatırımlarla savaşmak zorunda olmaları ise bu motorlardan beklenen hızlı gelişme ve yayılma umudunun gerçekleşmesini engellemiştir (Saral, 1996).

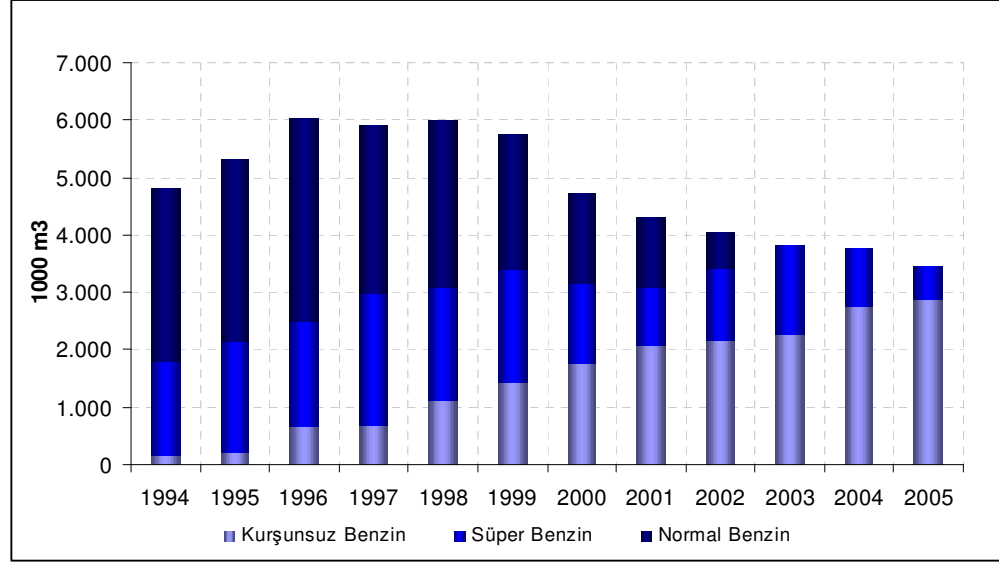
Maliyetlerin düşmesiyle geniş kullanım alanı bulan araçlara, İkinci Dünya Savaşı sonrası refah düzeyi artan ülkelerden gelen taleplerde hızlı bir artış yaşanmıştır. Ülkemizde de dünyadaki gelişmelere paralel olarak araç sayısında büyük artış görülmektedir. 1954 yılında toplam 46 000 adet olan araç sayısı, 2006 yılı Ağustos ayı sonu itibariyle 11 949 790 adede ulaşmıştır. Motorlu kara taşıtlarının yıllara göre artışı Şekil 1.1’de görülmektedir (Karabektaş, 2004; Anonymous, 2006-a).



Şekil 1.1. Türkiye’de yıllara göre motorlu kara taşıtı sayıları (Anonymous, 2006-a)
(2006 yılı verileri, Ağustos sonu itibariyledir).

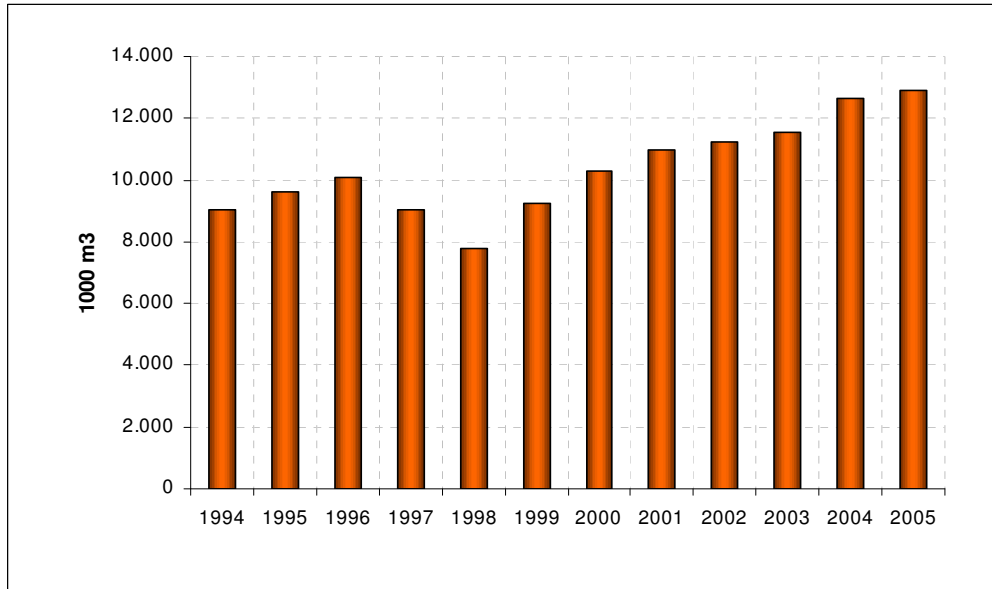
Motorlu araç sayısındaki artışa paralel olarak petrol kökenli yakıtların tüketiminde de artış gerçekleşmiştir. 1961 yılında dünyada toplam benzin üretimi 440 milyon ton, motorin üretimi 666 milyon ton iken, 1993 yılında benzin üretimi 3450 milyon ton, motorin üretimi ise 7650 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Karabektaş, 2004).

Türkiye’de yıllara göre benzin ve motorin tüketim miktarları Şekil 1.2 ve Şekil 1.3’de verilmiştir.



Şekil 1.2. Türkiye’de yıllara göre benzin tüketimi (Anonymous, 2006-b).

Son yıllarda benzin tüketimindeki düşüşün sebebi; benzinli araçlarda LPG kullanımının yaygınlaşması ve Diesel teknolojisindeki gelişmelere paralel doğrultuda artan Diesel motorlu araç sayısı olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 1.3. Türkiye’de yıllara göre motorin tüketimi (Anonymous, 2006-b).

1.2. Fosil Yakıtların Rezervi

Dünyanın toplam birincil enerji tüketimi 1995 yılında 8568.4 mtep (milyon ton eşdeğer petrol) iken, 2005 yılında %23'lük artışla 10537.1 mtep olarak gerçekleşmiştir. Söz konusu enerjinin 3798.6 mtep'i petrolden, 2474.7 mtep'i doğalgazdan, 2929.8 mtep'i kömürden, 627.2 mtep'i nükleer enerjiden, 668.7 mtep'i hidroelektrik enerjiden sağlanmış bulunmaktadır. Bu da göstermektedir ki; hidroelektrik dışındaki diğer yenilenebilir enerjiler henüz mtep ölçeğinde dünya enerji bütçesine girecek boyutta bir gelişim sağlayamamıştır.

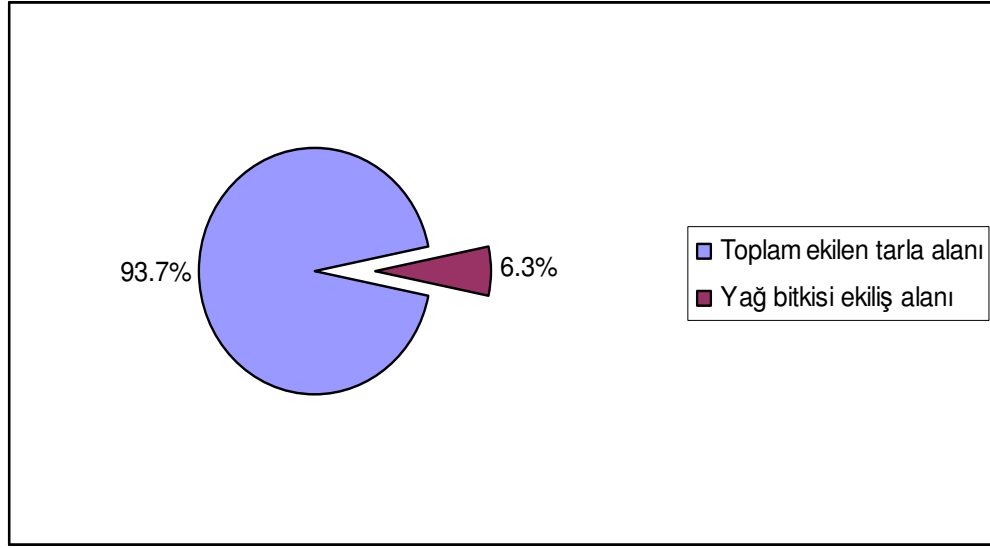
Ülkelerin yıllık enerji tüketimi açısından bakıldığında, 2005 yılında dünya enerji tüketiminin %22.2'si ABD'de, %14.7'si Çin'de, %6.4'ü Rusya Federasyonu'nda, %3.1'i Almanya'da, %2.5'i Fransa'da, %2.2'si İngiltere'de, %1.7'si İtalya'da gerçekleşmiş olup, Türkiye'nin bu tüketimden aldığı pay ise %0.9 olmuştur.

Dünya ispatlanmış petrol rezervi, 2005 yılı sonu verilerine göre 163.6 milyar ton, bir başka deyişle, 1200.7 milyar varil olarak bilinmektedir. 2005 yılı üretim kapasitesi ile yaklaşık 40 yıl sonra rezervlerin tükeneyeceği söylenebilir. Ancak, yeni rezervlerin bulunması ile bu sürenin uzayabileceği düşünülse de, tüketimin artmasıyla sürenin kısalabileceği de göz ardı edilmemelidir. İspatlanmış petrol rezervinin %61.9'u Ortadoğu'da, %5'i Kuzey Amerika'da, %8.6'sı Orta ve Güney Amerika'da, %11.7'si Avrupa ve Avrasya'da, %9.5'i Afrika'da, %3.4'ü de Asya Pasifik bölgesinde bulunmaktadır.

Petrolle aynı orijine dayalı olan doğalgaz ispatlanmış rezervi ise 179.83 trilyon m³ olup, 2005 yılı üretim kapasitesi ile yaklaşık 65 yıl sonra tükenmesi öngörülmektedir. Dünya ispatlanmış doğalgaz rezervinin %40.1'i Ortadoğu'da, %41'i Kuzey Amerika'da, %3.9'u Orta ve Güney Amerika'da, 35.6'sı Avrupa ve Avrasya'da, %8'i Afrika'da, %8.3'ü de Asya Pasifik bölgesinde bulunmaktadır. Yaklaşık 2.5 trilyon m³ olan dünya toplam doğalgaz tüketiminin %23.0'ü ABD'de, %14.7'si Rusya Federasyonu'nda, %3.1'i Almanya'da, %3.4'ü İngiltere'de, %2.9'u İtalya'da gerçekleşmiş olup, Türkiye'nin bu tüketimden aldığı pay ise % 1.0'dir (Ültanır, 2006).

1.3. Yağ Bitkileri Üretimi

Türkiye’de 2005 yılı toplam ekilen tarla alanı 18 148 000 ha olup, tek yıllık yağ bitkileri ekiliş alanı ise 1 216 229 ha olarak gerçekleşmiştir. Bu açıdan bakıldığında, ortaya çıkan tablo Şekil 1.4’de görülmektedir.

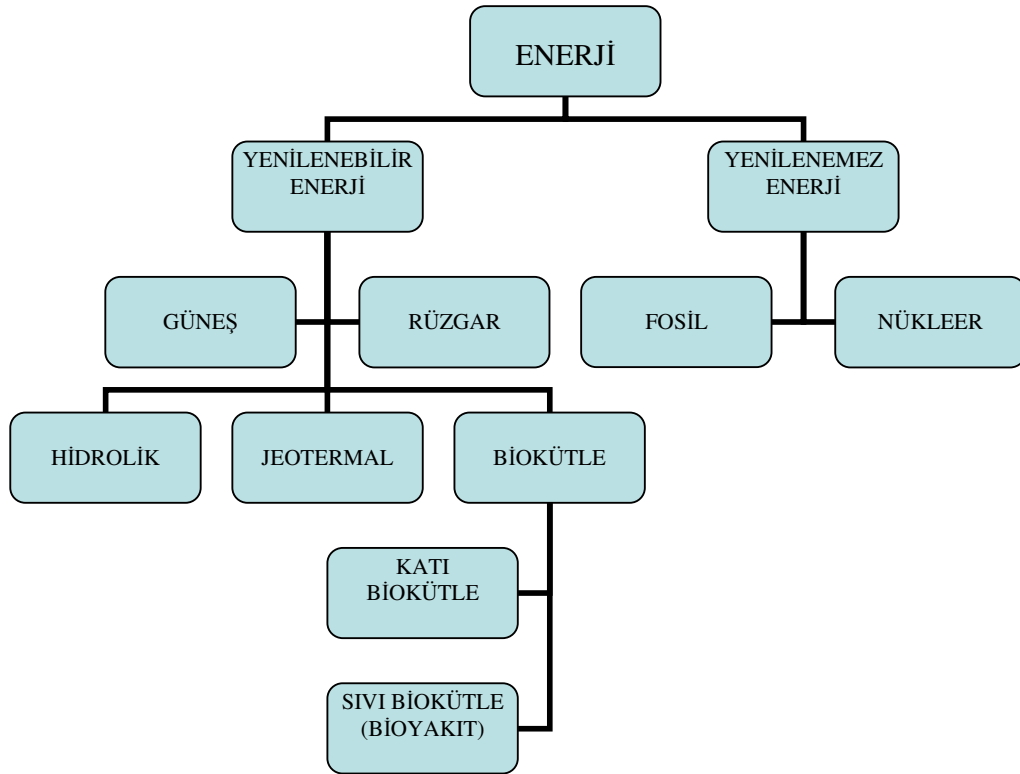


Şekil 1.4. Türkiye’de 2005 yılı yağ bitkileri ekiliş oranı (Anonymous, 2006-c).

Günümüzde yemeklik yağ açığı bulunmasına rağmen, yağ bitkilerinin üretimini artırıcı tedbirlerle ve özellikle GAP Bölgesindeki üretim deseni içerisinde yağ bitkilerine yeterli düzeyde yer verilmesiyle, hem yemeklik yağ açığının kapatılması, hem de biodizel üretimine hammadde hazırlanması için yeterli potansiyel olduğu görülmektedir. Avrupa Birliği EN 14214 standardı esas alınarak hazırlanan TS EN 14214 standardındaki iyot değerini sağlayabilen özellikte olmasının da etkisiyle, bu potansiyelin bir bölümünün kolza tarımına yönlendirilmesi amacıyla özendirici tedbirler uygulanmaya başlanmıştır. Uygulanan desteklerin de etkisiyle üretimi artan kolzanın 2006 yılı üretimi için 20YKr/kg destek primi ödenmesi kararlaştırılmıştır.

1.4. Biodizelin Gerekliliği

Enerji, cisimlerin iç yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Dünyadaki enerjilerin orijini olarak güneş enerjisi gösterilmekte, diğer enerjilerin, güneş enerjisi orijinli transformasyon (dönüşüm) enerjisi olduğu ifade edilmektedir. Potansiyeli mevcut olan ve teknolojik gelişmelere paralel olarak kullanıma sunulabilen yeni enerji kaynaklarının yanı sıra, doğal döngü içerisinde sürekli kendisini yenileyebilen kaynaklara da yenilenebilir enerji kaynakları denilmektedir. Bu açıdan bakıldığında enerjiyi aşağıda görüldüğu gibi sınıflandırmak mümkündür (Öğüt ve Oğuz, 2006).



Şekil 1.5. Enerjinin sınıflandırılması.

Halen dünyada tüketilen enerjinin %90'ına yakını fosil kaynaklardan temin edilmektedir. İçinde bulunduğumuz yüzyılın ikinci yarısından itibaren fosil kökenli enerji kaynaklarına ait rezervlerin tükenmeye başlayacağı gerçeğinin kendisini hissettirmeye başlamasıyla birlikte, son yıllardaki artan çevre bilincinin de etkisiyle,

alternatif enerji kaynaklarının kullanıma sunulması yolundaki çalışmalar ivme kazanmıştır. Günümüzde savaşlara neden olabilen petrolün fiyatındaki aşırı yükselmeler, fosil yakıtların kullanımından doğan büyük çevre zararları ve bunların telafisi için yapılan büyük harcamalar, ülkeleri özellikle savaş gibi zorunlu hallerde enerji konusunda dışa bağımlılıktan kurtulabilme strateji ve çabası içine sokarak enerji kaynaklarını çeşitlendirmeleri konusunda yönlendirici ana etkenler olmuştur. Bunun bir sonucu olarak kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil kökenli enerji kaynaklarının yanı sıra, yeni-yenilenebilir enerji kaynaklarının da enerji teknolojileri alanında değerlendirilmesi konusunda giderek artan bir ilgi ve uygulama yoğunluğu görülmektedir.

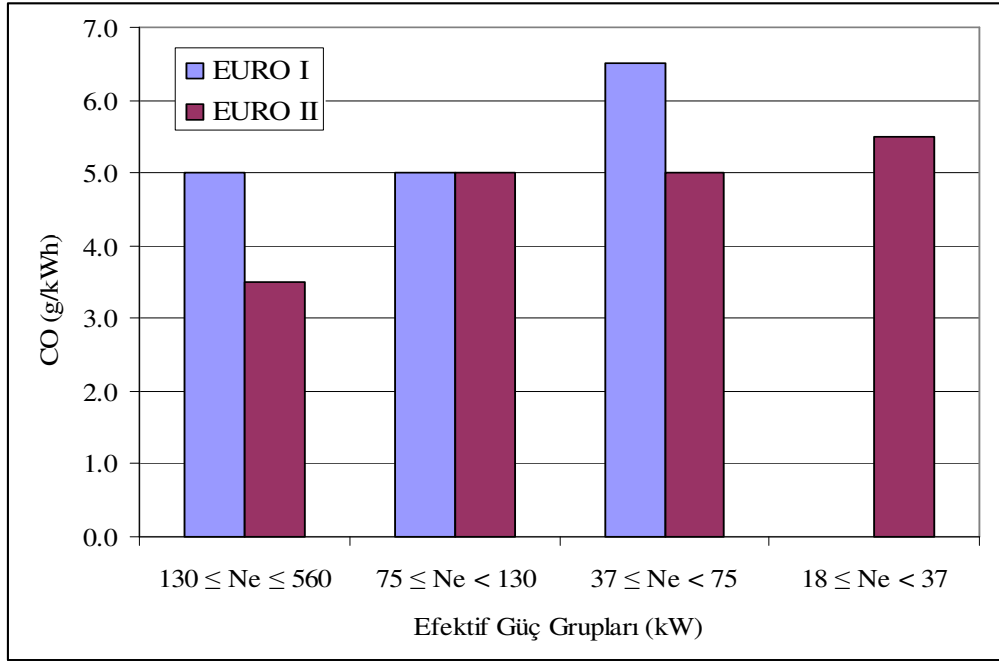
Konutlar ve endüstri gibi emisyon kaynaklarından ileri gelen hava kirliliğinin yanı sıra, motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz kirliliği, nüfus ve trafiğin yoğun olduğu büyük kent merkezlerinde önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Yapılan araştırmalara göre;

- Karbon monoksit (CO) emisyonlarının yaklaşık %80'i,
- Azot oksit (NOx) emisyonlarının %60'ı,
- Hidrokarbon (HC) emisyonlarının yaklaşık %50'si,
- Şehir bazında kurşun emisyonlarının %100'ü motorlu taşıtlardan

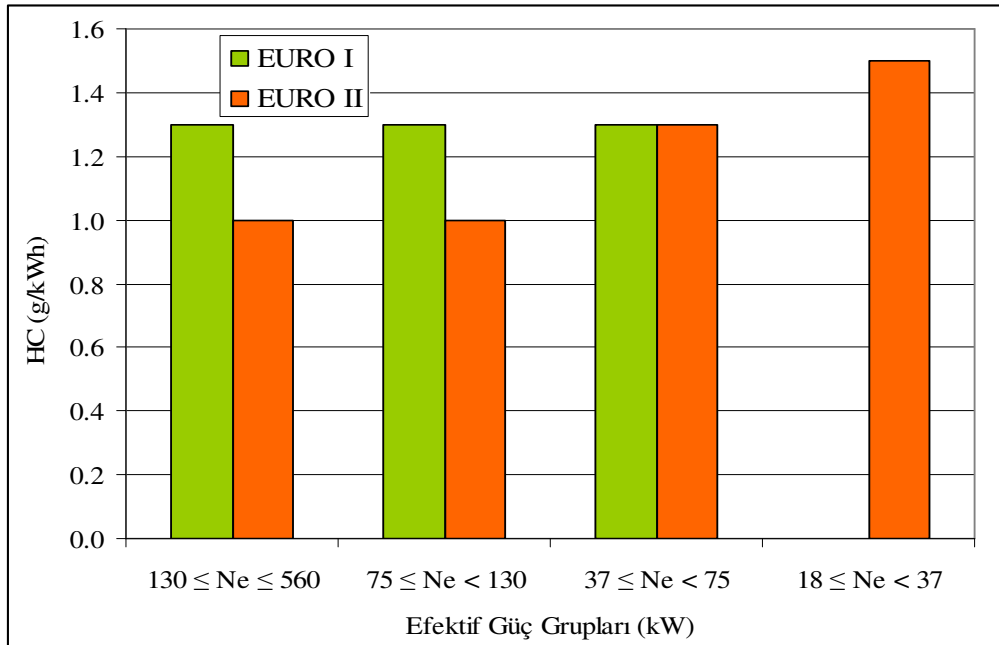
kaynaklanmaktadır (Anonymous, 2006-d).

Araç sayısına paralel artış gösteren yakıt tüketimine bağlı olarak, başta metropoller olmak üzere, dünyanın birçok şehrinde egzoz emisyon değerleri tehlike sınırlarının üzerine çıkmıştır. Söz konusu tehlikenin önüne geçebilmek için başta Avrupa Birliği üyesi ülkeler olmak üzere pek çok ülke emisyon değerlerini sınırlamak amacıyla bu konudaki standartlarını sürekli yenilemekte, buna bağlı olarak sektörde faaliyet gösteren firmalar, son derece sıkı uygulanan emisyon değerlerini karşılayabilecek motorlar üretebilmek için pek çok yenilik yapmaya zorlanmaktadır. Ancak, belirtilen gelişmeler sadece yeni imal edilen motorlarda uygulanabildiği için trafikte kullanılmakta olan pek çok aracın emisyon değerlerinin standartlara uymayacağı da göz ardı edilmemelidir. Avrupa Birliğince karayolu dışında kullanılan motorlu araçların egzoz emisyon değerlerine getirilen

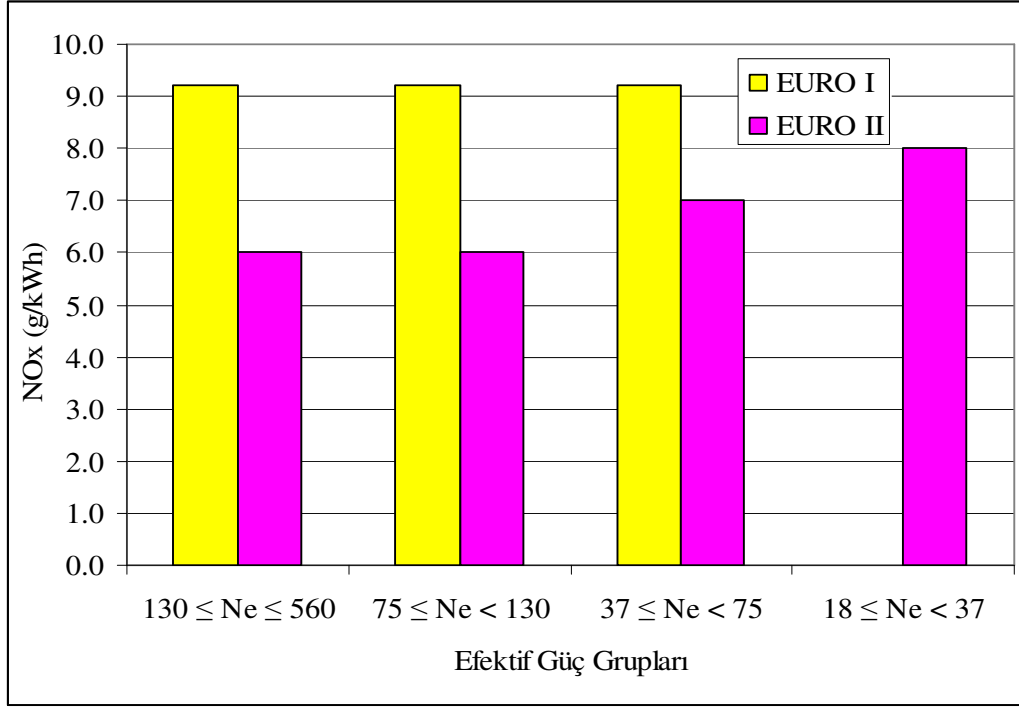
sınırlamalara ilişkin grafikler Şekil 1.6, Şekil 1.7, Şekil 1.8 ve Şekil 1.9’da görülmekte olup, tarım traktörleri de bu grupta değerlendirilmektedir.



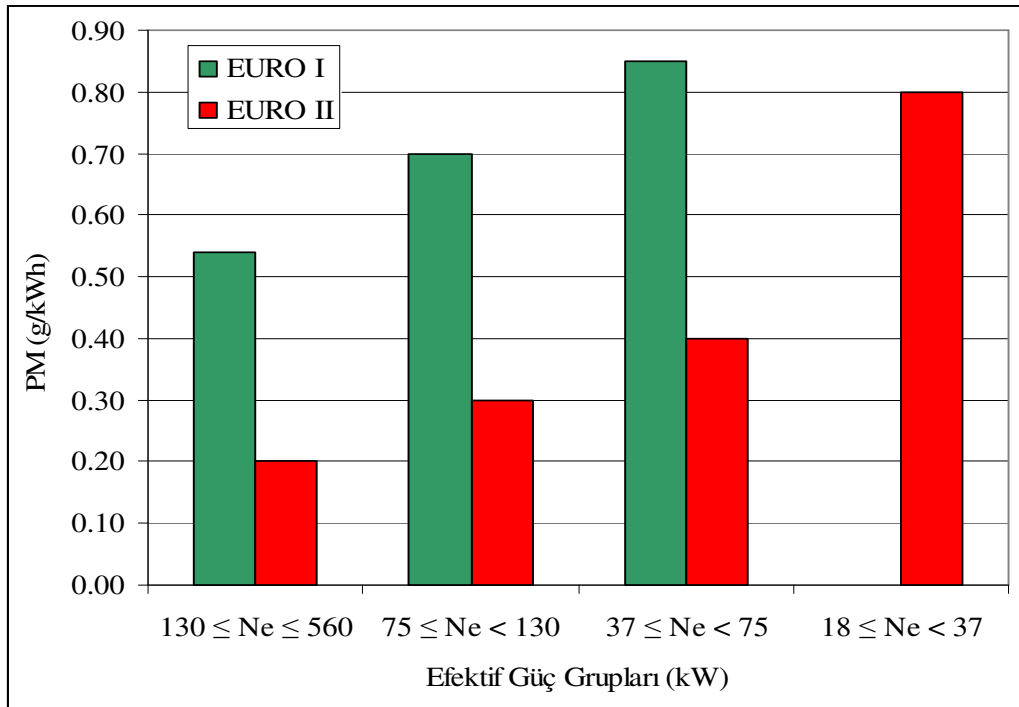
Şekil 1.6. Avrupa Birliği karbon monoksit (CO) emisyon sınırlamaları (Anonymous, 2006-e).



Şekil 1.7. Avrupa Birliği hidrokarbon (HC) emisyon sınırlamaları (Anonymous, 2006-e).



Şekil 1.8. Avrupa Birliği azot oksit (NO_x) emisyon sınırlamaları (Anonymous, 2006-e).



Şekil 1.9. Avrupa Birliği partikül madde (PM) emisyon sınırlamaları (Anonymous, 2006-e).

Çevresel etkilerin yanı sıra, özellikle 1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizinden sonra hızlanma trendine giren alternatif yakıt arayışlarının ana sebepleri;

- Benzer kriz dönemlerinde, petrol arzında meydana gelebilecek azalma durumlarında kolayca geçiş yapılabilmesi,
- Uzun vadede yakıt talebinin karşılanabileceği güvencesinin sağlanması,
- Çevreye olumsuz etkilerin azaltılması,
- Yerli kaynaklar kullanılarak üretilen enerji ile büyük ölçüde dışa bağımlılıktan kurtularak ülke ekonomisine katkı sağlanması

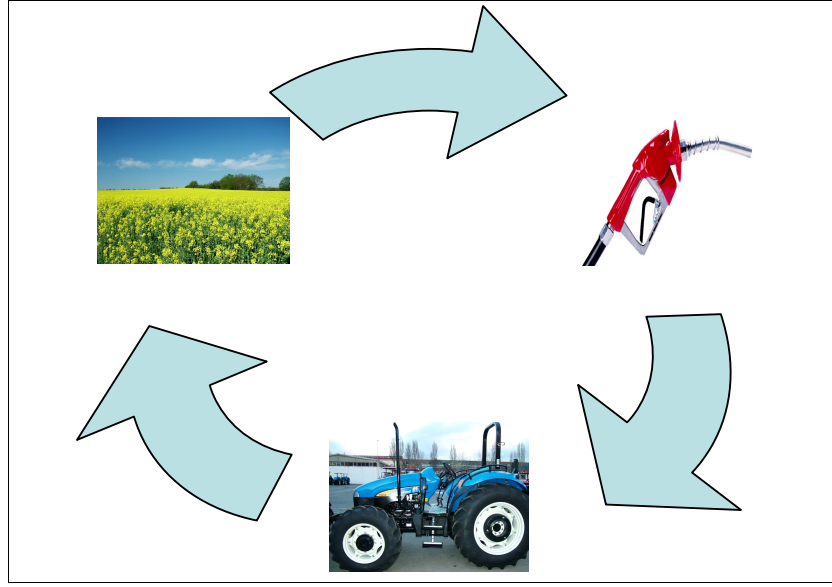
olarak ortaya çıkmaktadır (Karabektaş, 2004).

Petrol kökenli yakıtlara alternatif olabilecek yakıtlar konusunda ülkelerin yaklaşımları farklılık göstermektedir. Alternatif yakıt arayışlarında; yakıtın üretimi, dağıtımı, fiyatı gibi unsurlar belirleyici olarak ön plana çıkmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, alternatif motor yakıtlarını gaz yakıtlar, sıvı yakıtlar ve elektrik olarak sınıflandırmak mümkündür. Gaz yakıtlar; doğalgaz, propan, hidrojen, biyogaz olarak, sıvı yakıtlar ise metanol, etanol ve biodizel olarak karşımıza çıkmaktadır (Karabektaş, 2004).

Dünyanın yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arayışında biokütle enerjisi konusundaki çalışmalar çok hızlı geliştiği görülmektedir. Yağlı tohum bitkileri (kolza, soya, aspir, ayçiçeği, fındık, yer fıstığı vb), patates, buğday, mısır, şeker kamışı, pancar, enginar, keten, kenevir, sorgum, bezelye, fasulye vb bitkilerin yanı sıra, bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk vb), hayvansal atıklar ile şehirselle ve endüstriyel atıklar biokütle kapsamında değerlendirilmekte ve mevcut yakıtlara alternatif çok sayıda katı, sıvı ve gaz yakıtlara ulaşılabilir. Bitkisel biokütle; yeşil bitkilerin, güneş enerjisini fotosentez yoluyla doğrudan kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu oluşmaktadır.

Güneş enerjisinin fotosentez yoluyla bitki varlığına indirdiği enerji yaklaşık 3.10^{21} J/yıl olarak gerçekleşmektedir ki, bu da dünyanın 10 yıllık enerji ihtiyacına eşdeğerdir (Karaosmanoğlu, 2002). Böylesine büyük ve yenilenebilir bir kaynağı insanlığın kullanımına sunabilmek, ülkelerin stratejik enerji faaliyetleri arasında yer almaktadır. Petrol fiyatlarının tükenme sürecindeki sürekli artışı, özellikle petrolde dışa bağımlı, tarım potansiyeli yüksek ülkelerde biyoyakıtların alternatif olarak ortaya

çıkmasında önemli rol oynamaktadır. Bitkisel biokütle kökenli alternatif yakıt olarak benzinli motorlarda bioetanol veya biometanol, Diesel motorlarında ise biodizel kullanmaya yönelik çalışmalar son dönemde ivme kazanmıştır (Şekil 1.10).



Şekil 1.10. Bitkisel kaynaklı enerji döngüsü.

Güney Afrika Cumhuriyeti'nin başkenti Johannesburg'da, 2002 yılında 104 devlet ve hükümet başkanı yanında, heyetler ve sivil toplum temsilcilerinden oluşan 21 000 kişinin katılımıyla gerçekleştirilen Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi Sonuç Bildirgesinde; Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin "Tehlikeli düzeyde iklim değişikliğinin önlenmesi" olarak belirlenen nihai amacına ulaşabilmek için, sera gazı etkisi yaratan fosil kökenli yakıt kullanımının azaltılarak, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması yönünde alınmış kararlar bulunmaktadır. Bu kapsamda, bitkisel yağlardan elde edilen biodizelin de alternatif enerji kaynakları arasında önemli bir yer bulacağı öngörüsü yaygınlaşmaktadır.

Dünyanın en önemli çevre sorunlarından birisi olarak kabul edilen küresel ısınmaya neden olan sera gazları içerisinde, motorlarda kullanılan yakıtların yanması sonucu oluşan emisyonlardan karbon oksitler (CO_x), kükürt oksitler (SO_x), azot

oksitler (NO_x) önemli yer tutmaktadır. Ayrıca bu gazların insan sağlığına zararlı etkileri de bulunmaktadır. Biodizel kullanımıyla, egzoz emisyonundaki karbon monoksit (CO), hidrokarbon (HC) ve partikül madde (PM) oranları azalmakta, bunun yanı sıra asit yağmurlarının ana nedeni olan SO_x emisyonları neredeyse tamamen ortadan kalkmaktadır. Biodizelin NO_x emisyonu değerleri motorine göre daha yüksek olmakla birlikte, kükürt içermediğinden, NO_x kontrol teknolojilerinin devreye konulmasıyla emisyon değerlerinin normal düzeylere indirilmesi mümkündür.

Saf biodizel (B100) ve %20 oranında karışımli biodizel-motorin (B20) kullanılması durumunda ortaya çıkan emisyon değerlerinin motorin ile karşılaştırmalı değerleri Çizelge 1.1'de verilmektedir.

Çizelge 1.1. B100 ve B20 karışımlarının motorin emisyon değerleriyle karşılaştırılması (Karaosmanoğlu, 2004).

EMİSYONLAR	B20	B100
CO: Karbonmonoksit	-6.90%	-34.50%
PM: Partikül Madde	-6.48%	-32.41%
HF: Hidroflorik Asit	-3.10%	-15.51%
SO_x : Kükürt Oksitler	-1.61%	-8.03%
CH_4 : Metan	-0.51%	-2.57%
NO_x : Azot Oksitler	2.67%	13.35%
HCl: Hidroklorik Asit	2.71%	13.54%
HC: Hidrokarbonlar	7.19%	35.96%

Biodizel Türkiye'de mevcut olanaklarla uygulamaya alınabilecek en önemli alternatif yakıt seçeneklerinden biridir. Ülkemizde kara taşımacılığının önemli bölümünde ve deniz taşımacılığında Diesel motorlu taşıtlar kullanılmaktadır. Petrol tüketimimizin ancak %15'i yerli üretimle karşılanabilmekte olup, petrol kökenli akaryakıt ürünlerinin 2005 yılı tüketimi içerisinde en büyük pay %62 değeri ile motorine aittir (Anonymous, 2006-f).

Biodizel kullanımının yaygınlaşmasıyla, petrol tüketimindeki dışa bağımlılığın yanı sıra, çevre kirliliğinde de azalma gerçekleşecektir. Biodizel; temiz, zehirsiz, bakterilerle ayrışabilir olması özelliklerinin yanı sıra, aşağıdaki avantajları da sunmaktadır (Anonymous, 2005-a).

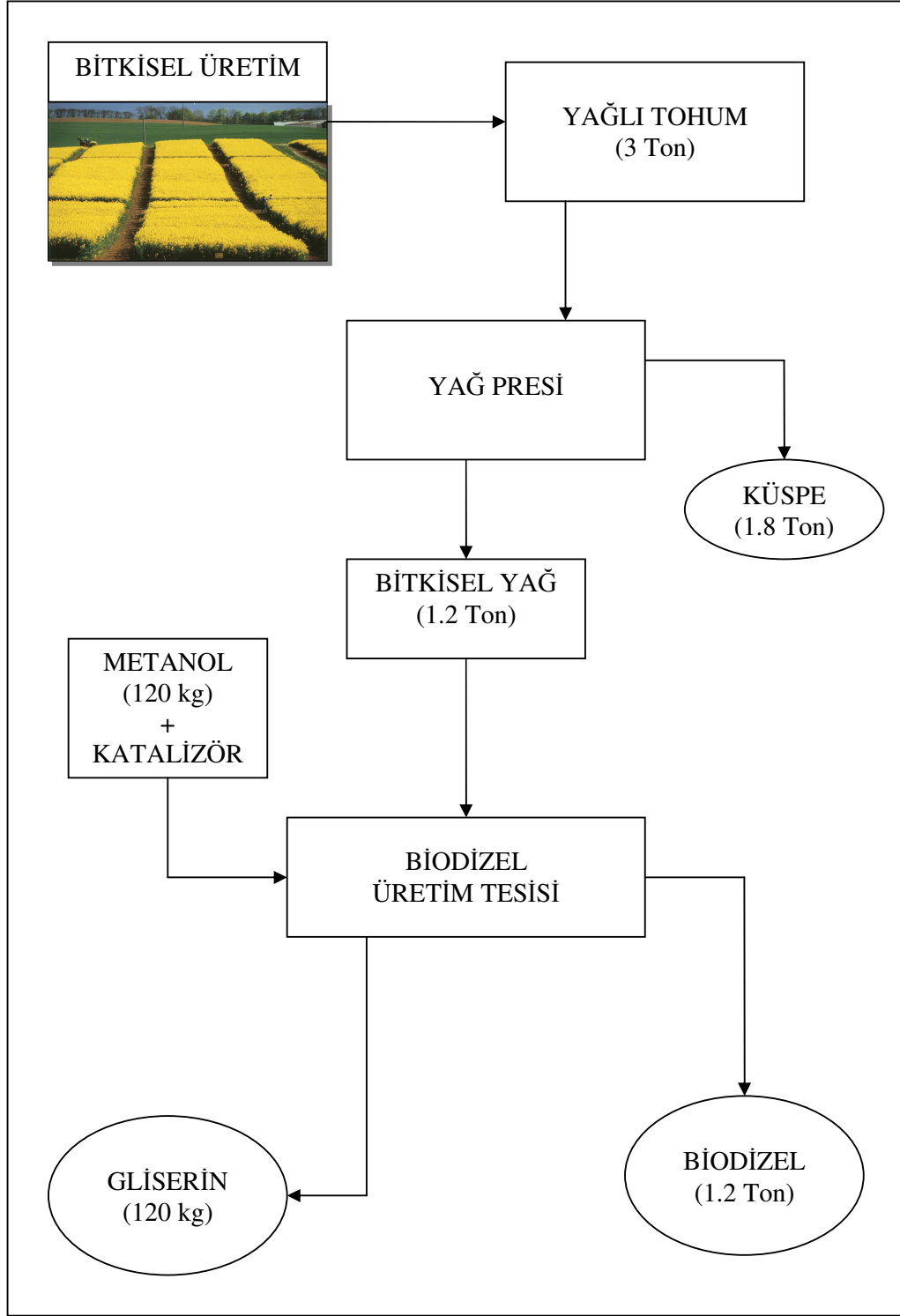
- ✓ Tarım ürünlerinin sanayiye entegrasyonunu sağlayarak tarım sektöründe canlanma,
- ✓ İç göç azalması,
- ✓ Fabrika ve istihdam oluşturma,
- ✓ Petrol ambargo ve kriz risklerini azaltma,
- ✓ Egzoz emisyonlarında azalma,
- ✓ Yerli kaynak kullanılması durumunda dışa bağımlılığı azaltması,
- ✓ Yenilenebilir bir enerji kaynağından sağlanması,
- ✓ Elde edilmesi sırasında oluşan yan ürünlerin gübre, yem ve gliserin olarak değerlendirilmesi,
- ✓ Hidrokarbon ve karbon monoksit yayılımını azaltması,
- ✓ Parçacık ve duman yayılımını azaltması,
- ✓ Yüksek miktarda setan içermesi,
- ✓ Kalitesi çeşitli uluslararası standartlarca kabul edilmiş olması,
- ✓ Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan da üretilebilmesi,
- ✓ Anti-toksik etkili olması,
- ✓ Biyolojik olarak hızlı ve kolay bozunabilmesi,
- ✓ Kanserojen madde ve kükürt içermemesi,
- ✓ Yüksek alevlenme noktası ile kolay depolanabilir, taşınabilir ve kullanılabilir olması,
- ✓ Yağlayıcılık özelliğinin bulunması,
- ✓ Stratejik özelliklere sahip olması,
- ✓ Mevcut Diesel motorlarında tasarım değişikliği gerektirmeden kullanılabilmesi.

1.5. Biodizel Üretim Yöntemleri

Biyolojik kaynaklardan elde edilen yağların yakıt olarak kullanılabilmesi için öncelikle yüksek viskozite sorununun çözülmesi gerekmektedir. Bu durumda yüksek viskozite sorunu, ya motor üzerinde bir takım değişiklikler yapılarak ya da ham yağlara çeşitli ısıl veya kimyasal işlemler uygulanarak aşılmaya çalışılmaktadır. Motorlarda yakıt olarak kullanılacak yağların özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla uygulanan başlıca yöntemler; seyreltme, mikroemülsiyon oluşturma, piroliz ve transesterifikasyon yöntemleridir. Dünyada en yaygın olarak uygulanan yöntem transesterifikasyon yöntemidir. Bu yöntemde göre biodizel; kolza (kanola), ayçiçeği, soya, aspir, fındık gibi yağlık ürünlerden elde edilen yağların veya hayvansal yağların bir katalizör (sodyum veya potasyum hidroksit) eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) transesterifikasyon (esterleştirme) reaksiyonuna girmesiyle açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Atık kızartma yağları da biodizel hammaddesi olarak kullanılabilir. Bitkisel ürünlerden biodizel elde edilmesi Şekil 1.11’de şematik olarak görülmektedir.

Biodizel saf olarak veya her oranda motorin ile karıştırılarak, motor üzerinde herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan veya küçük değişiklikler yapılarak yakıt olarak kullanılabilir. Biodizel, motorin ile karışım oranlarına göre aşağıdaki gibi isimlendirilmektedir (Karaosmanoğlu, 2002).

- B5 : %5 Biodizel + %95 Motorin
- B20 : %20 Biodizel + %80 Motorin
- B50 : %50 Biodizel + %50 Motorin
- B100 : %100 Biodizel



Şekil 1.11. Bitkisel ürünlerden biodizel üretimi (Öztürk ve ark., 2005).

1.6. Biodizelin Özellikleri

1.6.1. Depolama

Motorin için gerekli depolama yöntem ve kuralları biodizel için de geçerlidir. Biodizel temiz, kuru, karanlık bir ortamda depolanmalı, aşırı sıcaktan kaçınılmalıdır. Depo tankı malzemesi olarak yumuşak çelik, paslanmaz çelik, florlanmış polietilen veya florlanmış polipropilen kullanılabilir (Karaosmanoğlu, 2002).

1.6.2. Akışkanlık

Biodizel ve biodizel-motorin karışımları, motorinden daha yüksek akma ve bulanma noktasına sahiptir. Bu durum yakıtların soğukta kullanımında sorun çıkarabilmektedir. Akma ve bulanma noktaları uygun katkı maddelerinin (anti-jel) kullanımı ile düzenlenebilmektedir. Biodizel-motorin karışımları 4°C üzerinde harmanlama ile hazırlanmalıdır. Soğukta harmanlamada biodizelin motorin üzerine eklenmesi, sıcakta harmanlamada ise karışımda daha fazla olan kısmın az kısım üzerine eklenmesi önerilmektedir. Eğer harmanlamada soğumaya bağlı olarak kristal yapılar oluşursa, harmanın tekrar normal görünümünü kazanması için bulutlanma noktası üzerine ısıtılması ve karıştırılması gerekmektedir (Karaosmanoğlu, 2002).

1.6.3. Motor yakıtı özellikleri

Biodizelin ısı değeri motorinin ısı değerine oldukça yakın değerde olup, biodizelin setan sayısı motorinin setan sayısından daha yüksektir. Biodizel kullanımı ile motorin kullanımına yakın özgül yakıt tüketimi, güç ve moment değerleri elde edilirken, motor daha az vurunutulu çalışmaktadır. Biodizelin parlama noktası, motorininkinden daha yüksektir. (>120°C). Bu özellik, kullanım, taşınım ve depolanmasında daha güvenli bir yakıt olmasını sağlamaktadır. Biodizel, motoru güç azaltıcı birikintilerden temizleme ve motorine göre çok daha iyi yağlayıcılık özelliklerine sahiptir. Çeşitli otomotiv firmaları tarafından, biodizel kullanımına izin verdikleri bazı araç modelleri Çizelge 1.2'de görülmektedir (Karaosmanoğlu, 2002).

Çizelge 1.2. Bazı firmalarca üretilen araçlarda biodizel kullanımı (Karaosmanoğlu, 2002).

FİRMALAR	ARAÇLAR
Audi	Otomobiller : Tüm TDI Modelleri – 1996'dan beri
Case-IH	Traktörler- Tüm Modeller-1971'den beri
BMW	Otomobiller : Model 525 tds-1997'den beri
Claas	Biçerdöverler- Traktörler
Farvman Diesel	Motorlar
Fiatagri	Traktörler : Yeni modeller için
Ford AG	Traktörler : Yeni modeller için
Holder	Traktörler
Iseki	Traktörler : 3000 ve 5000 Serileri
John Deere	Traktörler- 1987'den beri
John Deere	Biçerdöverler-1987'den beri
KHD	Traktörler
Kubota	Traktörler : OC , Super Mini, 05, 03 Serileri
Lamborghini	Traktörler : 1000 Serisi
Mercedes-Benz	Otomobiller : C , E 220, C 200 ve 220 CDI Serileri
Mercedes-Benz	Kamyon, Otobüs : BR 300, 400, Unimog Serileri-1988'den
Same	Traktörler-1990'dan beri
Seat	Otomobiller : Tüm TDI Serisi- 1996'dan beri
Skoda	Otomobiller : Tüm TDI-Serisi- 1996'dan beri
Steyr	Traktörler- 1988'den beri
Steyr	Botlar : M 16 TCAM ve M 14 TCAM Serileri
Valmet	Traktörler- 1991'den beri
Volkswagen	Otomobiller : Tüm TDI Serisi- 1996'dan beri
Volkswagen	Otomobiller : Tüm yeni SDI Serisi (EURO-3)
Volvo	Otomobiller : S80-D, S70-TDI ve V70-TDI Serileri

1.6.4. Biodizel standartları

Çizelge 1.3. Çeşitli ülkelerdeki biodizel standartları (Karaosmanoğlu, 2002).

Özellikler	Avusturya	Fransa	Almanya	İtalya	İsveç	ABD
Standart	ÖNC 1191	Journal Officiel	DIN E 51606	UNI 10635	SS 155436	ASTM PS 121-99
Uygulama	YAME	BYME	YAME	BYME	BYME	YAMAE
Yoğunluk, 15°C, g/cm ³	0.85-0.89	0.87- 0.90	0.875- 0.90	0.86-0.90	0.87-0.90	-
Viskozite, mm ² /s	3.5-5	3.5-5	3.5-5	3.5-5	3.5-5	1.9-6
Distilasyon, %95, °C	-	≤360	-	≤360	-	-
Alevlenme Noktası, °C	≥100	≥100	≥110	≥100	≥100	≥100
Soğukta Filtre Tıkanma Noktası, °C	0/-15	-	0/-10/-20	-	-5	-
Akma Noktası, °C	-	≤-10	-	≤ 0 ≤-15	-	-
Condration Kok Bakiyesi, Ağır. %'si	≤0.05	-	≤0.05	-	-	≤0.05
% 100	-	≤0.3	-	≤0.5	-	-
% 10	-	-	-	-	-	-
Bakır Korozyon, 3h, 50°C	-	-	1	-	-	≤No.3
Setan Sayısı	≥49	≥49	≥49	-	≥48	≥40
Nötralizasyon Sayısı, mgKOH/g	≤0.8	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.6	≤0.8
Alkaliti, mg/kg	-	≤5	≤5	-	≤10	-
İyod Sayısı	≤120	≤115	≤115	-	≤125	-
Su, mg/kg	-	≤200	≤300	≤700	≤300	≤0.05%
Pheşpor, mg/kg	≤20	≤10	≤10	≤10	≤10	-
Belirlenememiş Bileşenler, mg/kg	-	-	≤20	-	≤20	-
Kükürt, Ağır. %'si	≤0.02	-	≤0.01	≤0.01	≤0.001	≤0.05
C18:3 ve Yüksek Doymamış Yağ Asitleri, Ağır. %'si	≤15	-	-	-	-	-
Okside Kül, Ağır. %'si	-	-	-	≤0.01	≤0.01	-
Sülfate Kül, Ağır. %'si	≤0.02	-	≤0.03	-	-	≤0.02
Metanol, Ağır. %'si	≤0.2	≤0.1	≤0.3	≤0.2	≤0.2	-
Monogliseritler, Ağır. %'si	-	≤0.8	≤0.8	≤0.8	≤0.8	-
Diğliseritler, Ağır. %'si	-	≤0.2	≤0.4	≤0.2	≤0.1	-
Trigliserit, Ağır. %'si	-	≤0.2	≤0.4	≤0.1	≤0.1	-
Serbest Gliserin, Ağır. %'si	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.05	≤0.02	≤0.02
Toplam Gliserin, Ağır. %'si	≤0.24	≤0.25	≤0.25	-	-	≤0.24
Ester, Ağır. %'si	-	≥96.5	-	≥98	≥98	-

YAME : Yağ Asidi Metil Esteri

BYME : Bitkisel Yağ Metil Esteri

YAMAE: Yağ asidi Mono Alkil Esteri

Biodizel kullanmakta olan pek çok ülke, tercih ettiği normlar çerçevesinde standartlarını belirleyerek uygulamaya koymuşlardır. Bazı ülkelerdeki biodizel özelliklerini belirleyen standartlar yukarıdaki Çizelge 1.3’de verilmiştir.

Avrupa Birliği’ne üye ülkelerde ısıtma amaçlı biodizel için EN 14213 normu, otomotiv yakıtı olarak kullanılacak biodizel için ise EN 14214 normu uygulamaya girmiş, Türkiye de aday ülke olarak adı geçen standartları aynen kabul ederek ısıtma yakıtları için TS EN 14213 standardını, otomotiv yakıtları için ise TS EN 14214 standardını hazırlamıştır. Genellikle kolza yağından biodizel elde etmekte olan ülkelerin uyguladığı standartlardan esinlenerek hazırlanan EN 14214 standardına göre, iyot değerinin 120’den düşük olması gerekmektedir. Böylelikle, iyot değerleri kolza yağı metil esterininkinden daha yüksek olan geleneksel tarımsal üretime dayalı bitkisel yağların yanı sıra, Çevre ve Orman Bakanlığınca, biodizele dönüştürülerek değerlendirilmesi düşünölen atık yağların biodizel amaçlı kullanılması çalışmalarının amacına ulaşamayacağı öngörüsü ortaya çıkmaktadır.

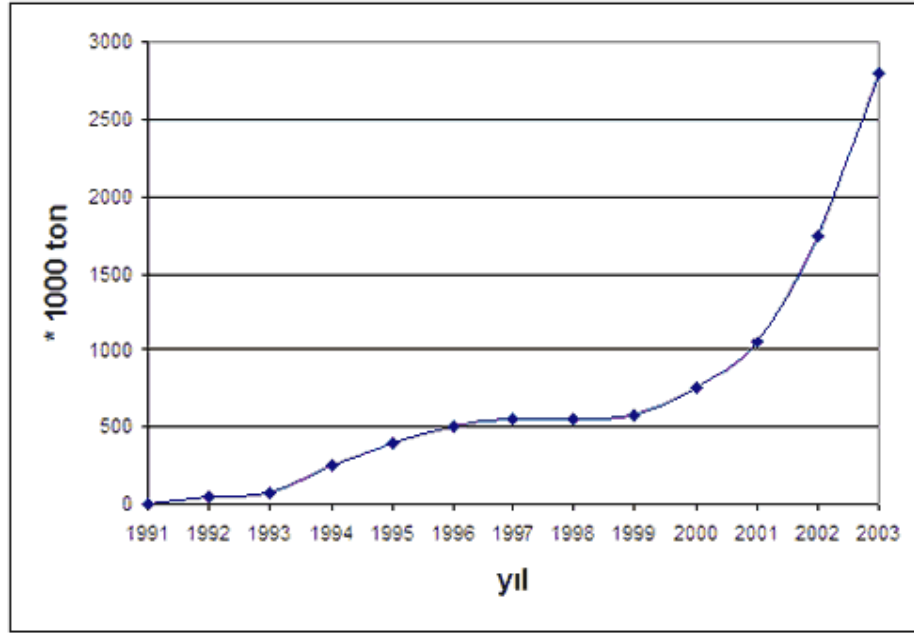
TS EN 14214 Otomotiv Yakıtları-Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME/BİYODİZEL)–Dizel Motorlar İçin-Gerekler ve Deney Yöntemleri Standardı Çizelge 1.4’de görölmektedir.

Çizelge 1.4. TS EN 14214 (Öğüt ve Oğuz, 2006).

Özellik	Birim	Minimum	Maksimum	Test metodu
Yoğunluk 15°C'deki	kg / m ³	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Akışkanlık 40°C'deki	mm ² / s	3,50	5,00	EN ISO 3104
Parlama Noktası	° C	120	-	EN ISO 3679
Karbon Artığı (10% damıtma artığı)	% (m/m)	-	0,30	EN ISO 10370
Bakır Şerit Korozyonu (50°C'de 3 saat)	Sınıflama	1.Sınıf		EN ISO 2160
Toplam Kirlilik	mg / kg	-	24	EN 12662
Oksidasyon Kararlılığı, 110°C	h	6,0	-	prEN 14112
Setan sayısı		51,0		EN ISO 5165
Asit değeri	mg KOH / g		0,50	prEN 14104
İyot değeri			120	prEN 14111
Sülfatlanmış Kül İçeriği	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987
Su İçeriği	mg / kg	-	500	EN ISO 12937
Metanol İçeriği	% (m/m)		0,20	prEN 14110
Kükürt İçeriği	mg / kg	-	10,0	prEN ISO 20846 prEN ISO 20884
Fosfor İçeriği	mg / kg	-	10,0	prEN 14107
Ester İçeriği	% (m/m)	96,5		prEN 14103
Linolenic asit metil esteri	% (m/m)		12,0	prEN 14103
Çoklu Doymamışlık (en az 4 çift bağlı metil ester)	% (m/m)		1	
Monogliserit içeriği	% (m/m)		0,80	prEN 14105
Digliserit içeriği	% (m/m)		0,20	prEN 14105
Trigliserit içeriği	% (m/m)		0,20	prEN 14105
Serbest gliserol	% (m/m)		0,02	prEN 14105 prEN 14106
Toplam gliserol	% (m/m)		0,25	prEN 14105
Grup I metaller (Na+K)	mg / kg		5,0	prEN 14108 prEN 14109
Grup II metaller (Ca+Mg)	mg / kg		5,0	prEN 14538

1.7. Biodizelin Dünyada ve Türkiye'deki Durumu

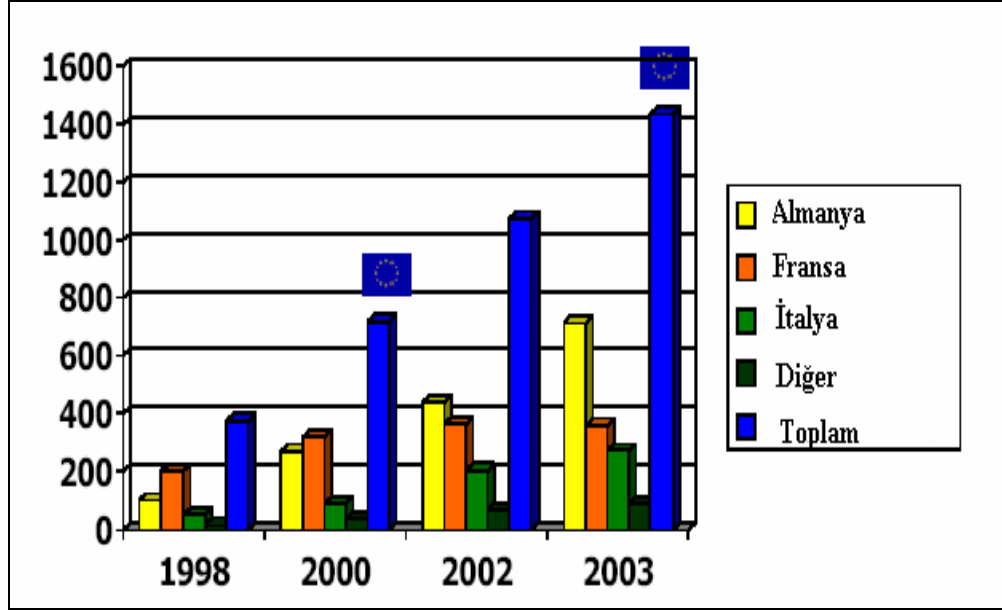
Biodizelin dünyada ilk kez kullanımı İkinci Dünya Savaşı öncesinde Güney Afrika'da gerçekleşmiştir. Zamanla çevresel, stratejik ve ekonomik sebeplerden dolayı tüm dünyaya yayılmıştır. Dünya toplam biyoyakıt üretimi Şekil 1.12'de görülmektedir.



Şekil 1.12. Yıllara göre dünyada biyoyakıt üretimi (Anonymous, 2006-d).

Avrupa Birliğince 8 Mayıs 2003 tarihinde yayımlanan 2003/30/EC Direktifi, piyasaya arz edilen petrol ürünü bütün yakıtlara 2005 yılı sonu itibariyle %2 oranında biyoyakıt katılması zorunluluğu getirmektedir. Bu oranın 2010 yılı sonunda %5.75'e çıkartılması öngörülmektedir (Anonymous, 2003).

AB ülkeleri 2002 yılında 1.1 milyon ton'u biodizel olmak üzere toplam 1.2 milyon ton, 2003 yılında ise 1.4 milyon ton'u biodizel olmak üzere toplam 1.8 milyon ton biyoyakıt üretmişlerdir. AB'nin toplam akaryakıt tüketiminin 2010 yılında 317 milyon ton'a ulaşacağı beklenmekte olup, bu varsayımın AB ülkelerinin 2010 yılı toplam biyoyakıt ihtiyacının 18.2 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir. AB ülkelerinde üretilen biodizel miktarı Şekil 1.13'de görülmektedir.



Şekil 1.13. Avrupa Birliği biodizel üretimi (Bin ton) (Anonymous, 2005-a).

Özellikle AB ülkelerinde sağlanan ekonomik teşvikler ile hızla gelişen biyoyakıtların ülkemizde de hızlı bir gelişme dönemine girdiği görülmektedir. Türkiye'de özellikle 2000 yılından itibaren biyoyakıtlara olan ilgi artmaya başlamıştır. Sürekli ve hızlı proses tekniklerinin ve ilgili uluslararası standartların gelişimi ile birlikte biyoyakıtların (biodizel, bioetanol) üretimi ve kullanımında hızlı bir artış olduğu görülmektedir (Anonymous, 2006-d).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın çalışmaları kapsamında Elektrik İşleri Etüd İdaresi bünyesinde "Bioenerji Proje Grubu" oluşturulmuştur. Diğer taraftan, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nda yağlı tohumlu bitkiler için sözleşmeli tarım modeli uygulaması ve bioenerji amaçlı tarımsal üretimin artırılması çalışmaları, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nda da yağlı tohumlu bitkilerin alternatif alanlarda değerlendirilmesi çalışmaları sürdürülmektedir.

Biyoyakıt olarak benzine bioetanol, motorine ise biodizel katılmakta olup, Türkiye'de 2005 yılı motorin tüketimi yaklaşık olarak 13 milyon m³/yıl, benzin tüketimi ise 3.5 milyon m³/yıl'dır. Bu tüketim miktarları baz alındığında ve 2010 yılı sonunda %5.75 oranında karışım yapılacağı düşünüldüğünde, yaklaşık 750 000m³/yıl biodizel ile 200 000m³/yıl bioetanol ihtiyacı doğacaktır. 2010 yılı sonuna kadar araç

sayısındaki artışa paralel doğrultuda yakıt tüketiminin de artacağı göz önüne alındığında, ihtiyaç duyulacak biyoyakıt miktarı daha da yükselecektir.

Türkiye’de biyoyakıt konusundaki çalışmalara diğer ülkelere göre geç başlanmasına rağmen, ilgi beklenenin çok üzerinde gerçekleşmiş ve kısa sürede çok sayıda firma biyoyakıt üretim tesisi kurmuştur. Pek çoğu sözleşmeli tarım modeli çerçevesinde üretilen ürünleri işleyerek faaliyetlerini sürdürmektedir. Böylelikle son yıllarda yağlı tohumlu bitkilerden özellikle kolza üretiminde büyük artışlar ortaya çıkmıştır. Türkiye’de biodizel üreten firma sayısı 2005 yılı Kasım ayı itibariyle 90 adede ulaşmış olup, firmaların bölgelere dağılımı Şekil 1.14’de görülmektedir (Afacan, 2005).



Şekil 1.14. Türkiye’de biodizel üreten firmaların bölgesel dağılımı.

Ülke genelinde kurulu kapasite 2005 yılı Kasım ayı itibariyle 978 436 ton/yıl olup, %10 kapasite ile çalışarak yaklaşık 90 000 ton/yıl üretim yapılabilmektedir. Biodizel üretim faaliyetinde bulunan firmaların sektörlere göre dağılımı Çizelge 1.5’de verilmiştir (Afacan, 2005).

Çizelge 1.5. Biodizel üreticisi firmaların sektörel dağılımı.

FAALİYET ALANI	DAĞILIM
Yağ Fabrikaları	% 40
Tarım Sektörü	% 21
Kimya Sektörü	% 18
Akaryakıt Sektörü	% 11
Diğerleri	% 10

1.8. Türkiye’deki Yasal Düzenlemeler

Avrupa Birliğince 8 Mayıs 2003 tarihinde yayımlanan 2003/30/EC Direktifi, Türkiye’de biyoyakıtlar konusunda yasal mevzuatın oluşturulmasına zemin hazırlamıştır. Bu amaçla sürdürülen çalışmalar sonucunda hazırlanan 5015 Sayılı Petrol Piyasası Kanunu 20 Aralık 2003 tarih ve 25322 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Söz konusu Kanun’un 2 nci maddesinde;

“Akaryakıtla Harmanlanan Ürünler: Metil tersiyer bütül eter (MTBE), Etanol v.b. (Yerli tarım ürünlerinden denatüre üretilenler ile biodizel hariç) akaryakıt ile eşdeğer vergiye tabi olan ve olacak ürünleri ifade etmektedir.” tanımlaması ile biodizel, akaryakıt ile harmanlanacak yan ürün olarak yasal düzenlemelerdeki yerini almıştır.

Yine aynı Kanun’un 9 uncu maddesinde;

“Kurulca belirlenecek usul ve esaslara göre akaryakıtla harmanlanan ürünler bu durumda akaryakıt ile eşdeğer vergiye tabi olurlar. Ancak, yerli tarım ürünlerinden elde edilen ve akaryakıtla harmanlanan ürünler bunun dışındadır.” hükmü yer almakta olup, biodizelin yerli tarım ürünlerinden üretilmesi halinde akaryakıtlara uygulanan verginin uygulanmayacağı belirtilmekte, ancak vergiden tamamen muaf olmayacağının da sinyali verilmektedir.

Adı geçen Kanun’un yürürlüğe girmesiyle birlikte, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda hazırlanan “Petrol Piyasası Lisans Yönetmeliği” 17 Haziran 2004 tarih ve 25495 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu Yönetmelikte;

“Akaryakıt: Benzin türleri, nafta (Hammadde, solvent nafta hariç), gazyağı, jet yakıtı, motorin türleri, fuel-oil türleri ile biodizeli.....” şeklinde tanımlanmakla, Petrol Piyasası Kanunu’nda “Akaryakıtla harmanlanan ürün” olarak kabul gören biodizel, bu Yönetmelikte akaryakıt tanımlanması içerisinde yer almıştır.

Yine EPDK tarafından hazırlanan “Petrol Piyasasına Uygulanacak Teknik Kriterler Hakkında Yönetmelik” ise, 10 Eylül 2004 tarih ve 25579 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğin 8 inci Maddesi;

“Saf biodizel ve etanolün akaryakıt ile harmanlama işlemini rafinerici ve dağıtıcı lisansı sahipleri yapar. Metil tersiyer bütül eterin harmanlama işlemi sadece rafinerici lisansı sahipleri tarafından yapılır. Harmanlanan akaryakıtın piyasaya sunumunda, ulusal markerin gerektiği şart ve seviyede bulunması zorunludur. Biodizel dışındaki akaryakıtlar birbirleriyle karıştırılamaz. Akaryakıtta katkı maddesi ilavesi sadece rafinerici, dağıtıcı ve ihrakiye teslim lisansı sahiplerince yapılabilir. Dağıtıcı lisansı sahipleri tarafından akaryakıtta ilave edilecek olan marker ve katkı maddelerinin ulusal markerin özelliklerini bozmayacak nitelikte olması zorunludur. Rafinerici, dağıtıcı ve ihrakiye teslim lisansı sahipleri, akaryakıtta ilave ettikleri marker ve katkı maddelerinin isimleri, özellikleri ve kullanacakları miktara, kullanım amacı ve çevreye olan etkileri hakkında uygulamaya başlamadan önce Kuruma bilgi verir ” şeklinde harmanlama, dağıtım, marker kullanımı konuları düzenlenmektedir.

Ülkemizde her yıl yaklaşık 1.5 milyon ton bitkisel yağ tüketilmektedir. Çevre ve Orman Bakanlığı verilerine göre, 300–350 bin ton civarında atık yağ olduğu tahmin edilmektedir. Bir litre atık yağ bir milyon litre içme suyunu kirletmekte olup, sadece bitkisel atık yağlar, atık su kirliliğinin %25’ini oluşturmaktadır. Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği 19.04.2005 tarih ve 25791 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu Yönetmelikle; atık yağlardan geri kazanım ürünleri olarak sabun, yem katkı maddeleri, biodizel vb elde edilmesi amaçlanmaktadır. Atık bitkisel yağlar, uygun teknolojiler ile yağlı tohumlarda olduğu gibi biodizele dönüştürülebilmektedir. Bu olanak biodizel üretimindeki hammadde ihtiyacına katkı sağlayacak önemli bir alternatiftir. Atık bitkisel yağların biodizel üretimine kolaylıkla akışının sağlanabilmesi ve üretim maliyetlerinin kabul edilebilir düzeylerde tutulabilmesi için kaynağından ücretsiz olarak toplanması

Yönetmelikte önemli bir ilke olarak yer almaktadır. Atık yağların toplanmasında yaşanan çevresel zararların en aza indirilmesi için atık yağ toplayıcılarına çeşitli standartlar getirilmiştir. Böylece biodizel üretimi amacıyla kullanılacak yağların kaynaktan diğer atıklardan ayrı olarak sınıflandırılması da sağlanmış olacaktır. Ancak, atık yağlardan elde edilecek biodizelin standartlara uygun olmayacağı öngörüsü, bu konudaki çalışmaları, atık yağların farklı şekilde değerlendirilmesi yönüne kaydırmaktadır (Anonymous, 2005-b).

Fosil kökenli yakıtların tükenme sürecinde yaşanan krizlerin yanı sıra, bu yakıtların olumsuz çevresel etkileri de göz önüne alındığında, çevre duyarlılığı giderek artan dünyamızda, yeni ve çevreye duyarlı enerji kaynaklarının araştırılarak kullanıma sunulması çalışmaları da aynı doğrultuda önem kazanmaktadır.

Avrupa Birliğince yayımlanan 2003/30/EC Direktifi, ülkemizde piyasaya arz edilen petrol ürünü bütün yakıtlara 31 Aralık 2005 tarihinden itibaren % 2 oranında biyoyakıt katılması zorunluluğu getirmekte ve bu oranın 2010 yılı sonunda % 5,75'e çıkartılması öngörülmektedir.

Bu çalışma ile bir tarım traktörü modelinde motorin yerine kullanılacak değişik oranlardaki biodizel-motorin karışımlarının motor performansı üzerine etkileri belirlenerek, söz konusu uygulama ile tarım traktörlerinin tork, güç, yakıt tüketimi ve egzoz emisyon değerlerinde meydana gelebilecek değişikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Diğer taraftan, yukarıda belirtilen Direktif doğrultusunda önümüzdeki dönemde ihtiyaç duyulacak biodizelin yerli tarım ürünlerinden sağlanabilmesine yönelik üretim deseninin oluşturulması yönündeki çalışmalara ışık tutulması hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Goering et al. (1982), yaptıkları araştırmada, yağ oranı yüksek olan 11 çeşit yağ bitkisinden elde edilen yağlara uyguladıkları testler sonucunda, bitkisel yağların yakıt özellikleri ile kimyasal yapıları arasında bir ilişki kurmaya çalışmışlardır. Viskozite, donma noktası, setan sayısı gibi özelliklerin değerlendirilmesi sonucunda, mısır, kolza, susam, pamuk ve soya yağlarının en iyi kombinasyonu gösterdiğini belirtmişlerdir.

Hassett and Hasan (1982), yaptıkları çalışmada, ayçiçeği yağından elde ettikleri metil esterin yakıt özelliklerini ayçiçeği yağı ile karşılaştırmışlardır. Bu amaçla her iki yakıtı da bir silindirli, 3.8 kW gücündeki doğrudan püskürtmeli bir Diesel motorunda denemişler ve ayçiçeği metil esterinin Diesel motorlarında yakıt olarak kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Fort and Blumberg (1982), araştırmalarında, pamuk yağı ve pamuk yağı metil esterini motorin ile değişik oranlarda karıştırarak altı silindirli, sıralı tip turbo Diesel motorunda denemişlerdir. Motorine alternatif olarak belirlenen bu yakıtlarla motoru uzun ve kısa süreli performans ve emisyon testlerine tabi tutmuşlardır. Yapılan testlerde yakıt içerisinde pamuk yağı oranının artmasıyla motor gücünün arttığını gözlemlemişlerdir. Saf motorin kullanıldığında motor gücü 127 kW iken, yakıt içerisinde pamuk yağı oranının %80 olması durumunda motor gücü 130 kW olarak ölçülmüştür. Pamuk yağı metil esteri ile yaptıkları deneylerde ise yakıt içerisinde ester miktarının artmasıyla motor gücünün azaldığını tespit etmişlerdir. Saf motorin kullanıldığında termik verim %36 iken, yakıt içerisinde pamuk yağı oranının artmasıyla termik verimde çok az bir düşüş görüldüğü, %80/20 pamuk yağı motorin karışımı kullanıldığında termik verimin %35 olarak tespit edildiği belirtilmiştir. Pamuk yağı metil esteri ve karışımları kullanıldığında ise termik verimde kayda değer bir değişimin söz konusu olmadığı, verimin %35 civarında gerçekleştiği belirtilmiştir. Yakıt içerisinde pamuk yağı oranının artmasıyla NOx emisyonunda artış ve dumanda azalma görülmüştür. Pamuk yağı metil esteri kullanıldığında ise NOx miktarının motorine göre daha az olduğu belirtilmiştir. Kısa süreli denemelerde performans değerlerinin motorinin sağladığı değerlere oldukça yakın olduğu,

yağların yakıt olarak kullanıldığı uzun süreli denemelerde ise özellikle karbon birikintileri, aşınma ve yakıt sisteminde ortaya çıkan problemler nedeniyle iyi sonuç alınmadığı belirtilmiştir.

Tahir et al (1982), yaptıkları bir araştırmada, ayçiçeği yağı ve ayçiçeği yağı metil esterini küçük güçlü bir Diesel motorunda denemiş ve sonuçları motorin kullanımındaki değerlerle karşılaştırmışlardır. Denemeler sonucunda; ayçiçeği yağı ve ayçiçeği yağı metil esterinin motorine yakın motor gücü sağladığını, maksimum güç devrinin %60'ında motorine oranla özgül yakıt tüketiminin %6 ve termik verimin %2 kadar daha yüksek olduğunu, özgül yakıt tüketimindeki bu artışın, ayçiçeği yağının düşük ısı değerinden kaynaklandığını, ayrıca ayçiçeği yağı ile yapılan denemelerde ilk hareket problemlerinin yaşandığını ve düşük setan sayısı nedeniyle vuruntu meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Randy et al. (1983), yaptıkları çalışmada, ham soya yağı, nötr soya yağı ve soya yağı etil esterini motorine alternatif olarak küçük güçlü bir Diesel motorunda deneyerek motor performansına etkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Her üç soya ürünü ile sağlanan güç değerleri arasında önemli bir fark olmamasına rağmen, ham soya yağı kullanımıyla elde edilen gücün motorinle sağlanan güç değerine daha yakın olduğunu, ancak termik verimin daha düşük ve egzoz sıcaklığının yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer taraftan, doğrudan püskürtmeli Diesel motorlarında %100 ham soya yağının uzun süreli kullanımının enjektörün aşırı ısınmasıyla termik verimde düşüğe neden olduğunu, ayrıca motor parçaları üzerinde karbon birikimine yol açtığını belirtmişlerdir.

Geyer et al. (1984), ayçiçeği yağı, pamuk yağı ve bu yağların metil esterlerinin partikül madde emisyon değerlerini motorinle karşılaştırmak üzere bir silindirli, doğrudan püskürtmeli bir Diesel motorunda denemişlerdir. Denemeler sonucunda, tam yükte ayçiçeği yağı hariç, diğer tüm şartlarda bitkisel yağların partikül madde atığının motorinden daha fazla, metil ester yakıtların partikül madde atığının ise motorinden düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Peterson (1986), bu çalışmasında, bitkisel yağların yakıt olarak kullanılması olanaklarını motor performansından ekonomikliğine kadar çok yönlü incelemeye almıştır. Araştırmaları sonucunda, motor ömrünü azaltmasına rağmen, gerekli

durumlarda doymuş yağ oranı yüksek bitkisel yağların motorin ile karıştırılarak, bitkisel yağ esterlerinin ise doğrudan motorin yerine kullanılabilceğini belirtmiştir. Bitkisel yağların olumsuzluklarını, düşük sıcaklıklarda motorun zor çalışması ve aşınma problemleri olarak belirtmiştir. Ayrıca bitkisel yağ esterlerinin motorine göre daha pahalı olduğunu vurgulamıştır.

Schlink et al. (1988), yaptıkları araştırmada, soya yağı ve ayçiçeği yağlarını motorinle 1/4 oranında karıştırarak doğal emişli, doğrudan püskürtmeli, 3 silindirli bir traktör motorunda yakıt olarak kullanmışlar ve motor performanslarını belirlemişlerdir. Aynı denemeleri motorin ile tekrarlayarak sonuçları karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, ayçiçeği yağının kullanıldığı karışımlarda motor performans değerlerinin soya yağlı karışıma oranla %3-5 daha iyi, tork değerlerinin ise yaklaşık aynı seviyelerde olduğunu bildirmişlerdir.

Erdoğan (1991), yapmış olduğu araştırmada, bitkisel yağların fiziksel özelliklerini Diesel motorlarında yakıt olarak kullanım olanakları açısından incelemiştir. Araştırmalarının sonucunda, bitkisel yağların yüksek viskozite özelliğinden dolayı tam atomizasyon sağlayamaması ve buna bağlı olarak da tam yanma gerçekleşmemesi nedeniyle, Diesel motorlarında doğrudan yakıt olarak kullanımlarının mümkün olmadığını belirtmiştir. Diğer taraftan, acil durumlarda bitkisel yağların motorine %25 oranında doğrudan karıştırılarak kullanılabilceğini, bunun yanında çeşitli kimyasal yöntemler kullanılarak bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilebileceğini belirtmiştir.

Işığgür (1992), bu çalışmasında, aspir yağının viskozitesini seyreltme ve transesterifikasyon yöntemleriyle düşürerek motorine alternatif olabileceğini belirtmiştir. Yaptığı motor denemeleri sonucunda, motor karakteristik eğrilerinin motorine yakın değerlerde oluşmasına karşın, emisyon değerlerinde düşüş olduğunu vurgulamıştır.

Rakopoulos (1992), zeytin yağını motorine %25/75 ve %50/50 oranlarında karıştırmak suretiyle DI (Direct Injection) ve IDI (Indirect Injection) sistemli Diesel motorlarında denemiş ve bu motorların performans ve emisyon değerlerini karşılaştırmıştır. Denemeler sonucunda, iki motor tipi arasında gerek performans, gerekse emisyon değerleri açısından önemli bir fark bulunmadığını, optimum sonucu

%50/50 karışimli yakıt kullanımıyla elde ettiğini belirtmiştir.

Scholl and Sorenson (1993), yaptıkları araştırmada, soya yağı metil esterini ve motorini 4 silindirli, 4 zamanlı, normal emişli, sıkıştırma oranı 16.5:1 ve silindir hacmi 3.06 litre olan bir Diesel motorunda, iki farklı çapta enjektör kullanarak ve püskürtme başlangıç açısını 5° geciktirilerek denemişlerdir. Soya yağı metil esteri ile yapılan denemelerde, optimum çalışma şartlarında daha düşük HC emisyonu ve duman değerleri tespit edilmiş, CO emisyonu ve is miktarında yüksek oranlı olmayan artış ve düşüşler belirlenmiştir. NO_x emisyonu değişiminin ise maksimum yanma sonu basıncı artışına paralel olarak önemli ölçüde artış gösterdiği, küçük delikli enjektör memesi ile yapılan denemelerde daha yüksek yanma sonu basıncı, buna bağlı olarak da daha yüksek NO_x emisyonu tespit edildiği belirtilmiştir.

Erdoğan ve Onurbaş (1994), yaptıkları çalışmada; ayçiçeği, pamuk ve mısır yağlarını saf olarak ve belirli oranlarda motorin ile karıştırarak küçük güçlü bir Diesel motorunda yakıt tüketimi ve performans değişimleri açısından denemişlerdir. Araştırmacılar, yakıt içerisindeki bitkisel yağ oranının artışına bağlı olarak güç kaybı ve özgül yakıt tüketiminde artış oluştuğunu tespit etmişlerdir. Diğer taraftan, bitkisel yağ çeşitleri arasında gerek güç, gerekse özgül yakıt tüketimi açısından belirgin bir farklılık görülmediğini belirtmişlerdir.

Karaosmanoğlu ve Aksoy (1994), kullanılmış kızartma yağının viskozitesini düşürmek amacıyla seyreltme tekniği uygulayarak elde ettikleri değişik oranlardaki karışımların özelliklerini laboratuvar şartlarında incelemişler ve elde ettikleri verilere dayanarak %40'a kadar olan karışımların Diesel motorlarında yakıt olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Mazed (1994), yaptığı araştırmada; motorin, fıstık yağı, soya yağı ve palmye yağın, tek silindirli 2 ayrı Diesel motorunda denemiştir. Araştırmacı, motor gücü açısından yakıtlar arasında çok büyük fark olmamasına karşın, bazı denemelerde motorinin sağladığı motor gücünün, diğerlerine oranla bir miktar yüksek gerçekleştiğini belirtmiştir. Her iki motor ile yapılan denemelerde, motorin ile elde edilen termik verimin, bitkisel yağlarla elde edilen termik verime oranla daha yüksek gerçekleştiği, motorin ile denemelerdeki özgül yakıt tüketim değerlerinin ise bitkisel yağlarla yapılan denemelerdeki değerlerden daha düşük olduğunu vurgulamıştır.

Weidmann (1994), kolza yağı metil esterinin emisyonlarını motorinle karşılaştırmak üzere ön yanma odalı, turbo şarjlı bir Diesel motorunda yaptığı denemeler sonucunda; kolza yağı metil esterinin emisyonlarından partikül madde (PM), HC ve CO değerlerinin motorinden düşük, NO_x değerlerinin ise motorinden yüksek çıktığını tespit etmiştir.

Wolfensberger (1994), kolza yağı metil esterini bir adedi otobüs, üç adedi farklı marka traktör olmak üzere toplam dört araç motorunda deneyerek elde ettiği emisyon değerlerini motorin ile karşılaştırmıştır. Araştırmacı, kolza yağı metil esteri CO değerlerinin sadece bir traktör motorunda, HC değerlerinin sadece otobüs motorunda yüksek, diğerlerinde motorinden düşük çıktığını, NO_x değerlerinin ise bütün motorlarda motorinden yüksek çıktığını belirtmiştir.

McDonell et al. (1995), kolza yağı metil esterini motorin ile hacimsel olarak 15/85, 30/70, 50/50 ve 65/35 oranlarında karıştırmak suretiyle 4 zamanlı, 4 silindirli, 41 kW gücünde bir Diesel motorunda yakıt olarak kullanarak motor performanslarını belirlemiştir. Araştırmacılar, kısa süreli testlerde, motor performans değerleri bakımından kolza yağı metil ester karışımlarının motorin ile yaklaşık aynı değerlere sahip olduklarını, emisyon değerlerinde çok daha az CO ve CO₂ olduğunu ve SO₂'nin hiç bulunmadığını, ester karışımlarında atomizasyon problemleri ve karbon birikmesine hiç rastlanmadığını bildirmişlerdir.

Karaosmanoğlu ve ark. (1995), bitkisel yağların transesterifikasyon işlemi sonucunda elde edilen esterlerin yakıt olarak kullanımı konusunda çeşitli ülkelerdeki uygulamalarla ilgili bilgi vermişler ve Türkiye'de tarıma dayalı biyoyakıt üretiminin uygulamaya rahatlıkla aktarılabilirliğini belirtmişlerdir.

Erdoğan ve Mohammed (1997), soya, mısır ve ayçiçeği yağlarını 90°C'deki ön ısıtma işleminin ardından saf olarak ve motorinle %50 oranında karıştırarak elde ettikleri yakıtları, bir silindirli, dört zamanlı, doğrudan püskürtmeli, hava soğutmalı, 5.5 kW gücünde düşük güçlü bir Diesel motorunda deneyerek performans değerlerini belirlemiştir. Araştırmacılar, bitkisel yağlarla yapılan denemelerde, özgül yakıt tüketimlerinin motorine oranla arttığını, dönme momentinin düştüğünü, verimin bitkisel yağlardaki oksijen fazlalığı nedeniyle bir miktar arttığını ve ön ısıtma işlemine giren yağların oda sıcaklığında bulunan yağlara göre daha iyi performans

değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Ergeneman ve ark. (1997), kullanılmış ayçiçeği yağını hacimsel olarak motorin ile %20/80 oranında karıştırarak denedikleri Diesel motorunun 2/3 ve tam yük testlerinde; motorin ile elde edilen performansın bir miktar yüksek olduğunu, motorine göre CO ve HC emisyonlarında azalma, NO_x emisyonlarında artış gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Genel değerlendirme sonucu olarak, bitkisel yağ karışımı yakıtların kısa süreli çalışmalarda kullanılabilceğini vurgulamışlardır.

Özaktaş ve ark. (1997), yaptıkları bir araştırmada zeytinyağı, ayçiçeği yağı, soya yağı ve mısır yağın motorin ile hacimsel olarak %20/80 oranında karıştırarak test etmişler ve bu karışımların kısa süreli çalışmalarda motorine önemli bir alternatif olabileceğini belirtmişlerdir.

Altın (1998), bu çalışmasında, soya ve ayçiçeği yağlarından transesterifikasyon yöntemiyle elde ettiği esterleri doğrudan enjeksiyonlu, bir silindirli 8 BG Diesel motorunda yakıt olarak denemiş, motor performansında motorine göre önemli bir değişiklik olmadığını, uzun süreli kullanımlarda, ester yakıtların yağlara göre çok daha iyi olduğunu kaydetmiştir.

Oğuz (1998), yaptığı bu çalışmada, ayçiçeği yağını motorin ile hacimsel olarak %20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 oranlarında karıştırarak seyreltmış ve elde ettiği yakıtların özelliklerini belirleyerek 43kW gücünde, üç silindirli, doğrudan enjeksiyonlu bir Diesel motorunda denemiştir. Araştırmacı, karışım içerisindeki ayçiçeği yağı oranının artışına bağlı olarak motor performans değerlerinde önemli bir değişiklik olmadığını, özgül yakıt tüketim değerlerinin bir miktar arttığını, duman yoğunluğunda önemli düşüşler oluştuğunu belirtmiştir.

Altın ve Yücesu (1999), yaptıkları çalışmada, ham pamuk yağı ve pamuk yağı metil esterinin küçük güçlü bir Diesel motorunda yakıt olarak kullanılabilirliğini deneysel olarak araştırmışlar ve her iki yakıtın sağladığı motor performansı ile egzoz emisyonlarını motorinle karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, kısa süreli çalışmalarda ham pamuk yağının, uzun süreli çalışmalarda ise pamuk yağı metil esterinin Diesel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanılabilceğini ortaya koymuşlardır.

Ulusoy ve Alibaş (1999), ayçiçeği, pamuk, kolza ve soya yağlarının yakıt özelliklerini inceledikleri bu çalışmada, motorine %25 oranında yağ karıştırarak dört

zamanlı Diesel pancar motorunda ayrı ayrı denemişlerdir. Araştırmanın sonunda, düşük ve yüksek devirlerde motorinin tork değerlerinin daha yüksek, orta devirlerde ise yaklaşık eşit olduğunu, egzoz sıcaklıklarının bütün yakıt çeşitlerinde aynı olduğunu, güç değerlerinde de belirgin bir değişiklik oluşmadığını bildirmişlerdir.

Yücesu ve ark. (1999), ayçiçeği, soya ve pamuk yağları ile bu yağlardan elde edilen metil esterlerin bir silindirli Diesel motorunda alternatif yakıt olarak kullanımının motor performansı ve emisyonuna etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak, bitkisel yağların motor performans değerlerinin motorine göre düşük, duman koyuluğunun daha yüksek olduğunu, bitkisel yağların metil esterlerine ait motor performanslarının ise motorine yakın değerlerde olduğunu belirtmişlerdir.

Karakuş (2000), yakıt özelliklerinin motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemek üzere, değişik setan sayısına sahip yakıtları değişik şartlar altında dört silindirli, dört zamanlı, doğrudan püskürtmeli bir Diesel motorunda denemiştir. Araştırmacı, setan sayısının 46'dan 61'e çıkması halinde, motor momentinde ve gücünde %5 civarında artış olduğunu, NO_x emisyonunda %20, CO emisyonunda %5 azalma olduğunu, duman koyuluğunda ise kısmi artışlar oluştuğunu belirtmiştir.

Karaosmanoğlu ve ark. (2000), yapmış oldukları bir araştırmada, ayçiçeği yağını yakıt olarak, bir silindirli, doğrudan püskürtmeli, hava soğutmalı bir Diesel motorunda 50 saati aşkın bir süre denemiş, ayçiçeği yağının yakıt özelliklerini belirlemiştir. Araştırmacılar denemeleri motorin ile tekrarlamış, yapılan karşılaştırmalar sonucunda; güç ve yakıt tüketimi bakımından önemli bir farkın bulunmadığını, motor içerisindeki hareketli parçalarda ve enjektörde karbon birikmesinden kaynaklanan sorunların bulunmadığını bildirmişlerdir.

Özçimen ve ark. (2000), bitkisel yağlardan elde edilen alternatif yakıtı biyomotorin olarak isimlendirdikleri bu araştırmada, biyomotorinin üretimi, fiziksel ve kimyasal özellikleri, egzoz emisyonları, dünya ve Türkiye'deki uygulamaları hakkında bilgi vererek en önemli Diesel motoru alternatif yakıtı olarak kabul gördüğünü vurgulamışlardır.

Demirbaş (2001), katalizör kullanmaksızın 6 farklı yağ çeşidini süper kritik yöntem ile biodizele dönüştürmüştür. Bu amaçla hazırladığı düzenek sayesinde 15

dakika içerisinde reaksiyonu tamamlamış ve elde ettiği yakıtların bazı özelliklerini belirleyerek motorin ile karşılaştırmıştır. Önemli bir özellik olarak, motorinin $2.7\text{mm}^2/\text{s}$ olan viskozite değerine en yakın viskoziteyi $2.8\text{mm}^2/\text{s}$ değeri ile fındık yağı esterinin gösterdiğini bildirmiştir.

Lang et al. (2001), yaptıkları bir araştırmada, kolza ve keten yağlarından transesterifikasyon yöntemiyle, potasyum hidroksit (KOH) kullanarak metil, etil, dipropil ve bütil esterler ile yine aynı katalizörü kullanarak ayçiçeği etil ve metil esterlerini elde etmişler ve bu esterlerin bazı fiziksel özellikleri olarak yoğunluk, viskozite, asidite değerlerini, bulutlanma noktalarını, buharlaşma noktalarını, ısı değerlerini belirlemişlerdir. Elde ettikleri esterlerin yakıt özelliklerini motorin ile karşılaştırmaları sonucunda, viskozite yönünden büyük benzerlikler olduğunu, bulutlanma ve buharlaşma noktalarının aynı olduğunu fakat yoğunluklarının motorine göre %2-7 oranında daha yüksek olduğunu, ısı değerlerinin ise motorine oranla ortalama %11 daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Antolin et al. (2002), ayçiçeği yağından transesterifikasyon yöntemi ile biodizel elde edilmesinde olması gereken optimum koşulları ortaya koymuşlardır. İyi kalitede biodizel elde etmek için gerekli işlem sıcaklığı, katalizör miktarı ve yıkama yöntemleri gibi önemli ayrıntılar hakkında bilgi vermişlerdir. Araştırmacılar, motor gücünde bir miktar düşüş gözlenirse de CO emisyon miktarındaki azalmanın önemli boyutlarda olduğunu, ayçiçeği yağından elde ettikleri biodizelin, motorin yerine geçebilecek özellikte bir alternatif yakıt olduğunu bildirmişlerdir.

Öğüt ve Oğuz (2002), fosil kökenli yakıt rezervlerinin durumu karşısında, petrol bağımlılığını azaltmak ve kriz dönemlerinde kullanılmak üzere motorine alternatif arayışları kapsamında, bitkisel yağların ve esterlerinin yakıt olarak kullanılması durumunda motor üzerindeki etkilerinin yanı sıra, bu amaçla üretilebilecek yağ bitkilerinin tarımı hakkında bilgi vermişlerdir.

Dorado et al. (2003), kullanılmış zeytinyağı metil esterlerini, denemelerinde motor yakıtı olarak kullanmışlar ve egzoz gazı emisyonları için çeşitli koşullarda denemişlerdir. Zeytinyağından elde edilen biodizel ile motorin, emisyon değerleri açısından karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar yaptıkları denemeler sonucunda; CO, CO₂, NO ve SO₂ emisyonlarında düşüş, NO₂ emisyonlarında bir miktar artış olduğunu,

motorine alternatif olarak önerilen kullanılmış kızartma yağının motorine göre daha çevreci olduğunu bildirmişlerdir.

Kalligeros et al. (2003), ayçiçeği ve zeytinyağı metil esterlerini %10, %20, %50 oranlarında motorin ile karıştırmışlar, elde ettikleri karışımları, tek silindirli, doğrudan püskürtmeli, sıkıştırma oranı 19: 1 olan 5 HP bir Diesel motorunda yakıt olarak kullanmışlardır. Araştırmacılar denemelerinin sonunda, karışımların yakıt tüketimlerinin, motorine göre bir miktar fazla olduğunu, karışım oranına bağlı olarak HC ve CO emisyonlarının azaldığını bildirmişlerdir.

Öğüt ve ark. (2003), kolzanın Türkiye'deki üretim potansiyeli hakkında bilgi vererek Konya koşullarında kolza kaynaklı biodizel üretiminin motorine göre avantajlı olduğunu ifade etmişlerdir. Diğer taraftan, gerek ek istihdam sağlanması, gerekse stratejik yakıt olması nedeniyle enerji amaçlı bitkisel üretimin yanı sıra, biodizele uygulanacak vergiler açısından da desteklenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Prasad Rao et al. (2003), keten tohumu yağını doğrudan püskürtmeli bir Diesel motorunda yakıt olarak kullanmışlar ve değişik püskürtme basınçları uygulayarak motor performans ve emisyon değişimlerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, püskürtme basıncı artışına bağlı olarak keten tohumu yağının motorine benzer püskürme karakteristiği gösterdiğini, motor gücü değerlerinin motorine yakın olduğunu, egzoz emisyonlarının ise motorine göre oldukça düşük değerlere sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Altıparmak ve ark. (2004), ayçiçeği yağından elde ettikleri metil esteri, bir silindirli, doğrudan püskürtmeli Diesel motorunda denemişlerdir. Araştırmacılar, motorun ayçiçeği yağı metil esteri ile çalışması durumunda ölçülen güç, tork ve özgül yakıt tüketim değerlerinin, motorin ile elde edilen değerlere yakın olduğunu, CO emisyonunun motorinden düşük olduğunu, SO_x emisyonu tespit edilemediğini belirtmişlerdir.

Karabektaş (2004), yaptığı araştırmada, kolza yağı metil esteri olan biodizeli Steyr marka, iki silindirli, dört zamanlı, doğrudan püskürtmeli, 22 kW gücündeki Diesel motorunda iki farklı püskürtme açısında deneyerek elde ettiği sonuçları motorin deneme sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Araştırmacı, biodizel kullanımının

motor gücü ve tork değerlerinde bir miktar düşüş yarattığını, saatlik ve özgül yakıt tüketim değerleriyle ısıl verimde ise artışa yol açtığını tespit etmiştir. Ayrıca, biodizelin CO emisyonlarının motorine göre daha düşük, NO_x emisyon değerlerinin ise daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı, biodizel kullanımıyla motorun ilk çalışma veya tam yük durumundaki çalışmasında bir kusur oluşmadığını, Diesel motorlarında alternatif yakıt olarak rahatlıkla kullanılabileceğini belirtmiştir.

Oğuz (2004), fındık yağından elde ettiği biodizelin yakıt özelliklerini belirledikten sonra bu yakıtı dört zamanlı, dört silindirli, 60 kW gücündeki doğrudan püskürtmeli bir Diesel motorunda deneyerek performans ve egzoz emisyonları açısından motorin ile karşılaştırmıştır. Araştırmacı, fındık yağı metil esteri kullanımıyla, motor gücü, moment ve toplam verim değerlerinin bir miktar düşüş göstermekle birlikte motorine yakın olduğunu, özgül yakıt tüketiminin motorine göre %10.2 oranında yüksek gerçekleştiğini, motorine göre duman ve CO₂ emisyonunun düşük, HC emisyonunun yüksek ölçüldüğünü ve enjektörlerde karbon birikintisine rastlanmadığını belirtmiştir.

Yıldırım ve ark. (2004), yaptıkları araştırma kapsamında ürettikleri fındık yağı metil esterinin motorine alternatif olarak kullanılabilirliğini bir silindirli, doğrudan püskürtmeli Diesel motorunda denemişlerdir. Araştırmacılar, fındık yağı metil esteri ile yapılan çalışmalarda ölçülen güç, tork ve özgül yakıt tüketimi gibi performans değerlerinin, motorin ile elde edilen değerlere yakın olduğunu, CO ve duman emisyonlarının motorin emisyon değerlerinden düşük olduğunu, SO_x emisyonuna rastlanmadığını belirtmişlerdir.

Eliçin (2005), yaptığı çalışmada, fındık yağını motorin ile %10/90, %20/80, %30/70, %40/60, %50/50 oranlarında karıştırarak ve ayrıca kendi kurduğu düzenek sayesinde fındık yağından elde ettiği etil ve metil esterleri, bir silindirli, dört zamanlı 5.5 kW gücündeki Diesel motorunda deneyerek motor performansı ve egzoz emisyon değerleri açısından motorinle karşılaştırmıştır. Araştırmacı, fındık yağı ve esterlerinin kullanıldığı denemelerde; moment, güç ve toplam verim değerlerinde düşüş, özgül yakıt tüketiminde artış olduğunu, motorin kullanımına göre NO ve O₂ emisyon değerlerinde bir miktar artış, CO ve CO₂ emisyonlarında düşüş görüldüğünü, duman emisyonunun ise fındık yağı karışımı yakıt kullanımı

durumunda motorinden yüksek, ester yakıt kullanımı durumunda motorinden düşük ölçüldüğünü belirtmiştir.

Alpgiray (2006), araştırmasında, kanola yağını motorin ile hacimsel olarak %20, 40, 60, 80 oranlarında karıştırarak ve ayrıca Eliçin (2005) çalışmasındaki düzeneği kullanarak kanola yağından elde ettiği metil esteri, bir silindirli, dört zamanlı 5.5 kW gücündeki Diesel motorunda deneyerek motor performansı ve egzoz emisyon değerleri açısından motorinle karşılaştırmıştır. Araştırmacı, kanola yağı kullanımı ile motor momenti ve güç değerlerinde motorine göre az da olsa düşüş meydana geldiğini, metil ester kullanımı ile moment ve güç değerlerinin ham kanola yağlı karışımlara oranla daha yüksek ölçüldüğünü ve motorine daha yakın olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, motorin kullanımına göre NO ve O₂ emisyon değerlerinde bir miktar artış, CO ve CO₂ emisyonlarında düşüş görüldüğünü, duman emisyonunun ise kanola yağı karışimli yakıt kullanımı durumunda motorinden yüksek, ester yakıt kullanımı durumunda motorine yakın düzeyde ölçüldüğünü belirtmiştir.

Pireli (2006), soya yağından elde edilmiş biodizeli bir silindirli, dört zamanlı, doğrudan püskürtmeli 8.5 kW gücündeki Diesel motorunda saf olarak ve motorinle %25, %50, %75 oranlarında karıştırarak kademeli yükseltilebilir püskürtme basıncı koşullarında motor performansına etkilerine yönelik denemeler yapmıştır. Araştırmacı, motorun standart püskürtme basıncı ile çalıştırılmasında, biodizel karışım oranındaki artışa bağlı olarak moment ve güç değerlerinde motorine göre düşüş olmasına karşın, püskürtme basıncı attıkça, her bir karışım için moment ve güç değerlerinin artmakta, özgül yakıt tüketim değerlerinin düşmekte olduğunu, düşük, orta ve yüksek hız momentleri arasındaki farkın azalarak Diesel motorlardan beklenen moment grafiğine daha çok yaklaşıldığını ortaya koymuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Denemelerin yapıldığı yer

Denemeler Türk Traktör ve Ziraat Makineleri A.Ş.'nin Güvercin Yolu 111-112 Gazi-ANKARA adresinde kurulu traktör fabrikası bünyesindeki Ar-Ge bölümü motor test laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. 1998 yılında kurulan Ar-Ge motor laboratuvarı son teknoloji ölçüm cihazları ve bilgisayar yazılımı ile donatılmış olup, motorların performans ve emisyon testleri yapılabilmektedir.

3.1.2. Deneme motorunun özellikleri

Denemelerde kullanılan motor, fabrikanın seri üretimi içerisinde seçilmiş olup, özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme motorunun özellikleri.

Marka	New Holland-Trakmak
Model	TD85D Turbo
Tip	Dört zamanlı-Diesel
Silindir sayısı	Dört silindirli
Silindir dizilişi	Sıravari
Yanma odası	Doğrudan püskürtmeli
Silindir çapı	104 mm
Silindir stroku	115 mm
Silindir hacmi	3908 cm ³
Sıkıştırma oranı	18:1
Nominal devir	2500 1/min
Maksimum güç	62.5 kW (2500 1/min)
Maksimum tork	340 Nm (1500 1/min)
Soğutma sistemi	Su soğutmalı
Yakıt pompası	BOSCH Distribütör tip
Ağırlık	430 kg

Çiftçi tarafından özellikle son yıllarda daha fazla tercih edilen ve ülkemiz tarım uygulamalarında yoğun olarak görülen 50–70 kW güç grubundan seçilen deneme motorunun kullanılmakta olduğu bir traktör modeline ait görünüm Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme motorunun kullanıldığı traktör.

3.1.3. Denemelerde kullanılan yakıtlar

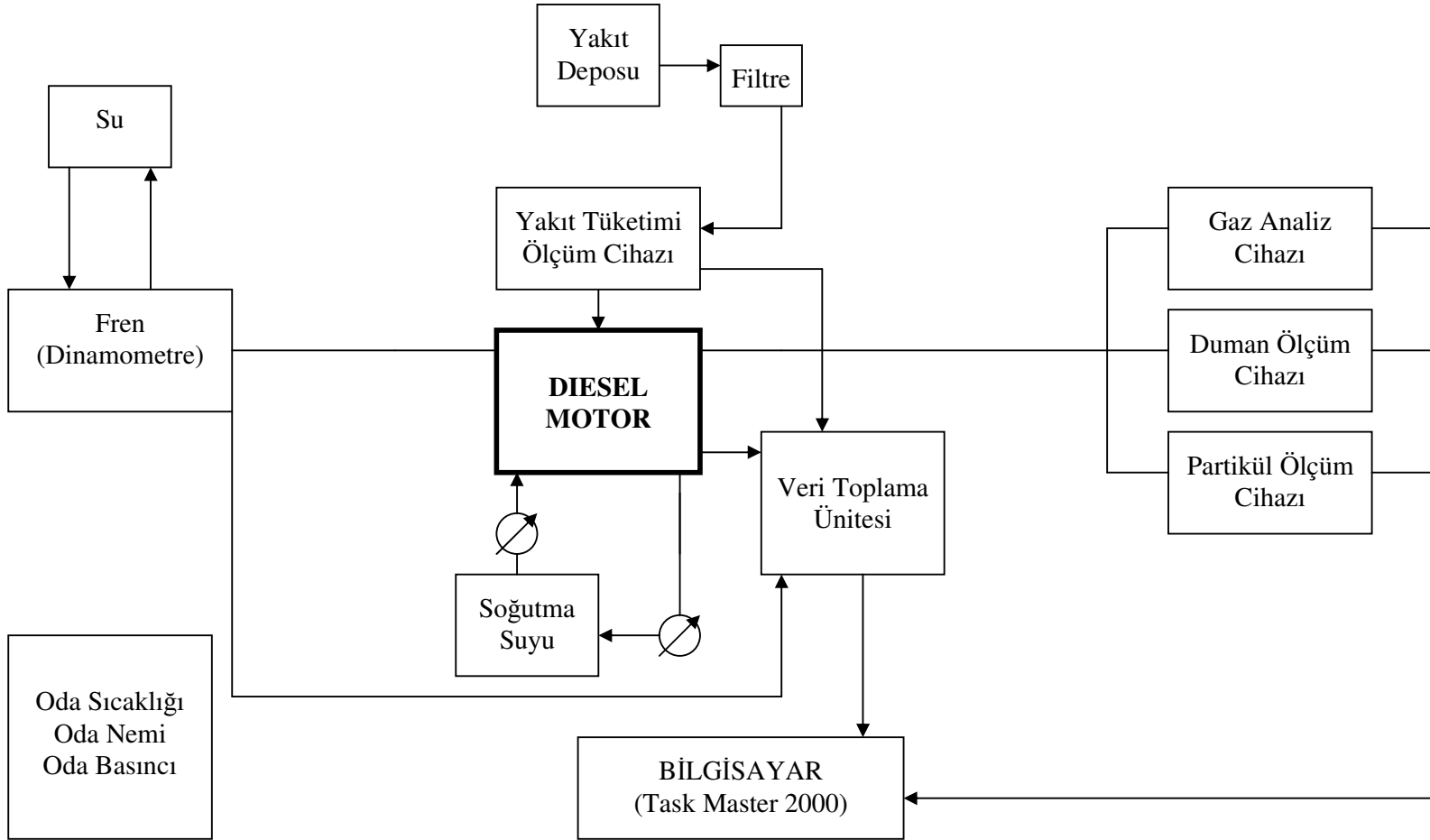
Denemelerde yakıt olarak motorin ve biodizel kullanılmıştır. Biodizel yakıtı kolza yağı metil esteri olup, bu çalışmada kullanılmak üzere Bursa’da faaliyet göstermekte olan AYT Biodizel Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. tarafından sağlanmıştır. Denemelerde kullanılan biodizelin bazı özellikleri motorin ile karşılaştırmalı olarak Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Motorin ve biodizel yakıtın özellikleri.

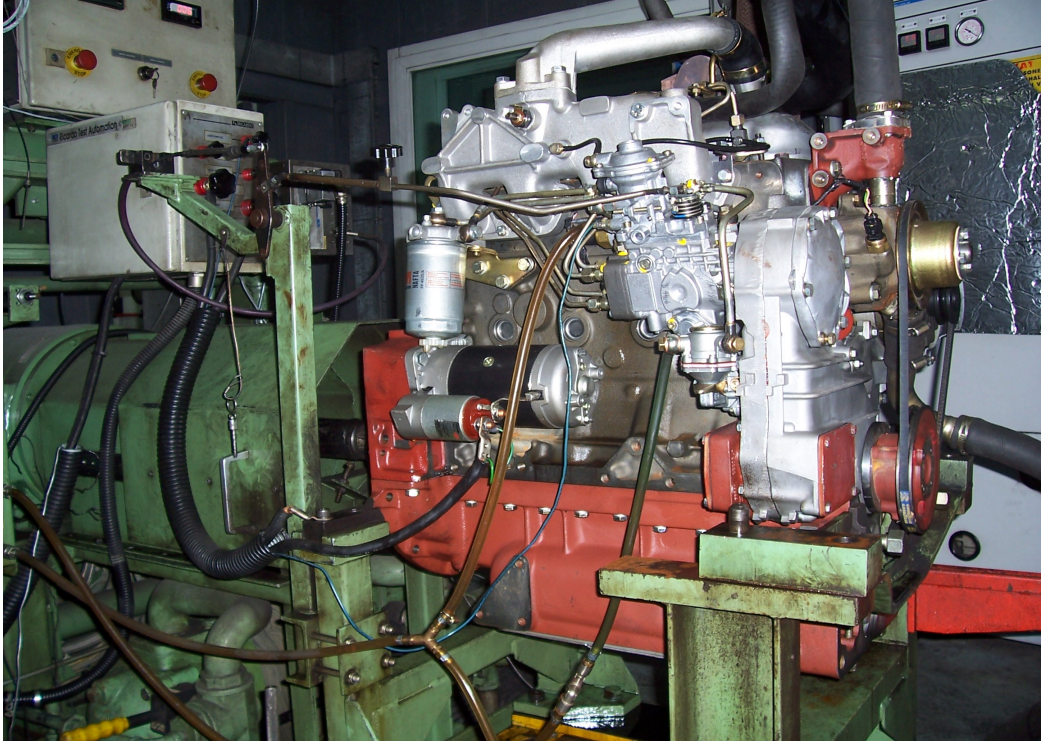
Parametre	Birim	Motorin	Biodizel
Özgül ağırlık	g/cm ³	0.830	0.875
Viskozite (40°C)	mm ² /s	2.80	4.65
Üst ısıl değer	kJ/kg	45500	39800
Alt ısıl değer	kJ/kg	42700	37200
Hidrojen	%	13.2	11.7
Karbon	%	86.5	78
Oksijen	%	0	10.3
Kükürt	%	0.15	<0.005
Azot	ppm	---	29

3.1.4. Deneme düzeneği

Denemeler için kullanılacak motor elektronik fren ünitesine bağlanmıştır. Yakıt deposu, yakıt tüketimi ölçüm cihazı, soğutma suyu bağlantıları, egzoz emisyon ölçüm cihazları ve duman ölçüm cihazı sistem üzerine bağlanmıştır. Deneme düzeneği Şekil 3.2’de, deneme düzeneğinin fotoğrafı ise Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Deneme düzeneği.



Şekil 3.3. Deneme düzeneğinin genel görünümü.

3.1.5. Denemelerde kullanılan ölçüm cihazları

3.1.5.1. Elektronik fren

Motor denemelerinde, performansın belirlenmesi amacıyla yükleme yapmak üzere elektronik fren kullanılmıştır. Fren ile ilgili teknik özellikler Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Elektronik frenin özellikleri.

Marka	Mc Clure
Model	GD 4000-AC 215
İmalat yılı	1997
Tip	Su soğutmalı AC elektrik motor
Maksimum güç	200 kW (4500 1/min)
Maksimum tork	450 Nm
Hız değeri ölçüm aralığı	0 – 4500 1/min

3.1.5.2. Yakıt tüketimi ölçüm cihazı

Yakıt tüketimini kütleli olarak ölçebilen ve yakıt deposu ile yakıt pompası arasında bağlanan yakıt tüketimi ölçüm cihazının özellikleri Çizelge 3.4’de, fotoğrafı ise Şekil 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Yakıt tüketimi ölçüm cihazının özellikleri.

Üretici firma	AVL List GmbH / Avusturya
Marka	AVL
Model	733 S Dynamic Fuelmeter
Ölçüm aralığı	0 – 75 kg/h



Şekil 3.4. Yakıt tüketimi ölçüm cihazı.

3.1.5.3. Egzoz gaz emisyonu ölçüm cihazları

Denemelerde kullanılan egzoz emisyon ölçüm ünitesine ait bir bölüm Şekil 3.5’de görülmektedir.



Şekil 3.5. Egzoz emisyon ölçüm cihazları.

Egzoz emisyon ölçüm ünitesinde bulunan cihazlara ilişkin bilgiler ise aşağıda verilmiştir.

1. Diesel Motor Egzoz Gaz Analizörü

Üretici Firma : Horiba-JAPAN

Tipi : Mexa-7100D

Temel Analizörler :

i. Karbon Monoksit (CO) Analizörü

Tipi : Non-Dispersive Infrared Analyzer – NDIR/AIA 721A

Ölçüm aralığı : 100 – 5000 ppm

- ii. Karbon Dioksit (CO₂) Analizörü
Tipi : Non-Dispersive Infrared Analyzer – NDIR/AIA 722A
Ölçüm aralığı : % 0.5 - 20 CO₂
- iii. Oksijen (O₂) Analizörü
Tipi : MPA – 720A
Ölçüm aralığı : % 1 - 25 O₂
- iv. Azot Oksit (NO_x) Analizörü
Tipi : Chemiluminescent Analyzer - CLA 720A
Ölçüm aralığı : 10 - 5000 ppm
- v. Toplam Hidrokarbon (THC) Analizörü
Tipi : Flame Ionization Analyzer – FIA 725A
Ölçüm aralığı : 10 - 50000 ppm

2. Diesel Partikül Ölçüm Sistemi: Partikül ölçümü, mini seyreltme tüneli sistemi kullanılarak yapılmaktadır.

Üretici Firma : Horiba-JAPAN
Tipi : MDLT- 1302 Mini Tunnel

Partikül emisyonlarının belirlenmesi için gereken yardımcı ekipman :

- i. Numune alma filtreleri:
Tipi : Florokarbon esaslı membran filtreler
Üretici Firma : Pall Gelman Sciences
Çapı : 70 mm
- ii. Analitik terazi:
Tipi : M5P Elektronik terazi
Üretici Firma : Sartorius / Almanya
Aralığı : 0 – 3000 mg
- iii. Tartım kabini:
Üretici Firma : Thermo Electron Corporation

Partikül filtrelerinin stabilizasyonu ve tartım işlemlerinin sağlıklı yapılabilmesi için sıcaklığı ve bağıl nemi kontrol altında tutulan tartım kabini Şekil 3.6'da görülmektedir.



Şekil 3.6. Tartım kabini.

3.1.5.4. Duman ölçüm cihazı

Denemelerde kullanılan duman ölçüm cihazının özellikleri Çizelge 3.5'de, fotoğrafı ise Şekil 3.7'de verilmiştir. Egzoz gazını, içerisine yerleştirilmiş kağıt şerit üzerinden geçirmekte, kağıdın koyuluğunu optik olarak okuyarak duman yoğunluğunu belirlemektedir.

Çizelge 3.5. Duman ölçüm cihazının özellikleri.

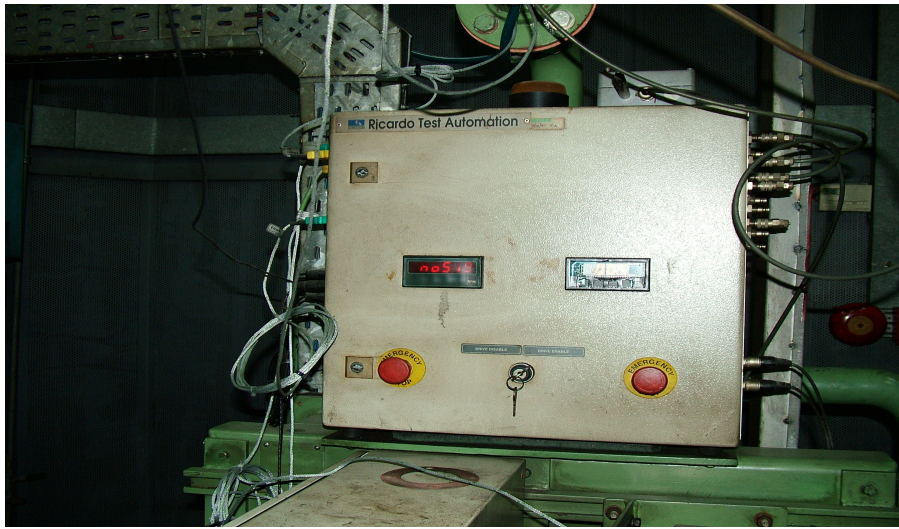
Üretici firma	AVL List GmbH / Avusturya
Tipi	AVL – 415 Variable Sampling Smokemeter
Ölçüm aralığı	0 – 10 FSN (Filter Smoke Number)



Şekil 3.7. Duman ölçüm cihazı.

3.1.5.5. Sonuçları toplama ve değerlendirme ünitesi

RICARDO Test Automation Ltd. / İngiltere tarafından hazırlanan sistem donanım ve yazılımdan oluşmaktadır. Ölçülen değerler deneme odasında bulunan ve Şekil 3.8’de görülen veri toplama ünitesi üzerinden bilgisayarlara aktarılmaktadır.



Şekil 3.8. Veri toplama ünitesi.

Denemelerde ölçülen değerlerin, kullanılan Task Master 2000 yazılımı sayesinde otomatik olarak hesaplanarak kaydedildiği kumanda odasının genel görünümü Şekil 3.9’da görülmektedir.



Şekil 3.9. Deneme sonuçlarının kaydedildiği odanın genel görünümü.

3.1.5.6. Diğer ölçüm cihazları

Denemeler sırasında sıcaklık, nem ve basınç değerlerini ölçmek amacıyla ayrıca aşağıda belirtilen algılayıcılar kullanılmıştır.

- Deneme odasının ve motor yağının sıcaklıklarını ölçmek üzere iki adet Pt-100 sıcaklık algılayıcısı,
- Motor su giriş ve çıkış sıcaklığını ölçmek üzere iki adet NiCr-Ni yüksek sıcaklık algılayıcısı (0–100°C),
- Motor yağı basıncını ölçmek üzere bir adet basınç algılayıcı,
- Deneme odasının basıncını ölçmek üzere bir adet barometrik basınç algılayıcısı (800–1200 mbar),
- Deneme odasının bağıl nemini ölçmek üzere bir adet bağıl nem algılayıcısı (%0–100).

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemelerin düzenlenmesi ve yürütülmesi

Motorun deneme düzeneğine montajının ardından, bacaya verilen egzoz gazı çıkış borusunun referans noktalarına emisyon ve duman ölçüm cihazlarının bağlantıları yapılmıştır. Ayrıca, motor yağı sıcaklık ve basınç algılayıcıları ile motor soğutma suyu giriş ve çıkış sıcaklık algılayıcıları sistem üzerine yerleştirilmiştir. Denemelere başlamadan önce, tüm bağlantılar kontrol edilmiş ve motorun açılması için sistem bir süre motorin kullanılarak çalıştırılmıştır. Motorun performans ve emisyon değerlerinin tespiti amacıyla referans yakıt olarak motorin kullanılmak suretiyle ilk denemeler yapılmıştır. Motorin kullanılarak yapılan denemeler tamamlandıktan sonra, ayrı bir kaptaki motorine hacimsel olarak sırasıyla %2, %5.75, %10 ve %20 oranlarında biodizel karıştırılarak tüm denemeler ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Deneme motorunun performansına ilişkin katalog değerlerinden yola çıkılarak denemeler sırasındaki ölçüm noktaları 1200, 1500, 2350 ve 2500 1/min motor devir hızları olarak belirlenmiş ve ölçülen değerler, kullanılan yazılım sayesinde otomatik olarak bilgisayara kaydedilmiştir. Deneme sonuçlarının grafiksel gösteriminde kolaylık sağlayacağı düşüncesiyle motorin ve biodizel karışımı motorin için aşağıdaki kodlamalar kullanılmıştır.

%100 Motorin	: B0
% 98 Motorin + %2 Biodizel	: B2
%94.25Motorin + %5.75 Biodizel	: B5.75
%90 Motorin + % 10 Biodizel	: B10
%80 Motorin + % 20 Biodizel	: B20

Denemeler her bir yakıt çeşidi için ayrı ayrı olmak üzere, iki ayrı prensibe göre yapılmıştır.

3.2.1.1. Motor karakteristik ve mutlak emisyon denemeleri

Motor performans karakteristiklerini ve mutlak egzoz emisyon değerlerini belirlemek üzere gerçekleştirilen tam yük değişken hız denemelerinde, motor tam gazda çalıştırılırken dinamometre tarafından kademeli olarak yüklenmek suretiyle devir sayısı düşürülmüş ve referans olarak alınan motor devirlerindeki tüm ölçüm değerleri, kullanılan yazılım üzerinden otomatik olarak bilgisayara kaydedilmiştir.

3.2.1.2. ISO 8178 standart denemeleri

Egzoz emisyonların Stage I ve Stage II (Euro I, Euro II) ile karşılaştırmasını yapmak üzere, 97/68/EC sayılı direktif doğrultusunda, ISO 8178 standardı çerçevesinde traktör motorlarını da kapsayan, karayolu dışında kullanılan araçlar (C1) için belirlenmiş 8 mod testi uygulanmıştır. Bu amaçla motor, Çizelge 3.6'da belirtilen devir sayılarında 8 ayrı modda 10'ar dakika çalıştırılarak ölçümler yapılmıştır.

Çizelge 3.6. ISO 8178-C1 test modları.

MOD NO	HIZ (1/min)	TORK (%)	ETKİ KATSAYISI
1	2500	100	0.15
2	2500	75	0.15
3	2500	50	0.15
4	2500	10	0.10
5	1500	100	0.10
6	1500	75	0.10
7	1500	50	0.10
8	650	0	0.15

Partikül emisyonlarının belirlenmesinde mini tünel sistemi kullanılmıştır. Tartım kabini içerisinde yer alan hassas terazide temiz olarak tartılan florokarbon filtreler mini tünel sistemi üzerindeki bağlantı noktasına yerleştirilmiştir. Yüksek

egzoz gazı sıcaklığı nedeniyle filtrelerin yanmaması için sistem tarafından %30 egzoz gazı ile %70 oranında ortam havası karışımı sağlanmış ve bu karışım tünele yerleştirilen filtre üzerinden 60 saniye süre ile geçirilmiştir. İşlem sonunda filtre tünelden alınarak tekrar tartılmış ve bulunan fark bilgisayara girilerek yazılım tarafından hesaplanmıştır.

Her bir denemede alınan sonuçlar Çizelge 3.6'da görülen etki katsayıları kullanılarak yazılım tarafından hesaplanmış ve bilgisayara kaydedilmiştir. Bu yöntemle bulunan egzoz emisyon değerleri, tam yük değişken hız denemelerinde bulunan emisyon değerleri gibi motorun herhangi bir devir sayısındaki anlık sonuçlar olmayıp, ISO 8178 Standardı çerçevesinde, motorun Çizelge 3.6'da belirtilen 8 ayrı devir ve tork kombinasyonundan oluşan şartlardaki çalışmasında ölçülen emisyon değerlerinin, her bir kombinasyonun karşısında belirtilen etki katsayısı oranına uygun olarak hesaplanmış ortalama özgül emisyon değerleridir.

Motor denemeleri, DIN (Deutsche Industri Norm) çerçevesinde yapılmıştır. Bu yöntemde, motor üzerinde emme ve egzoz donanımları, hava filtresi ve alternatör bulunmaktadır. Denemeler süresince motorun değişik oranlardaki biodizel karışimli motorin ile çalışması gözlemlenmiş; ilk hareket, rölanti, hızlanma, tam gaz ve yükleme durumlarında herhangi bir çalışma hatasına rastlanmamıştır.

3.2.2. Hesaplama yöntemleri

Gerek motorin, gerekse değişik oranlardaki biodizel karışimli motorin ile gerçekleştirilen motor denemeleri sonucunda elde edilen performans değerlerine ilişkin veriler değerlendirilerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Elektronik frenleme sistemindeki algılayıcı sayesinde moment değerleri otomatik olarak kaydedilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak güç, özgül yakıt tüketimi ve termik verim hesaplanmıştır. Motorun efektif gücü, dönme momenti ve devir sayısına bağlı olarak Eşitlik 3.1'de belirtildiği şekilde hesaplanmıştır (Saral, 1996).

$$N_e = \frac{M_d \cdot n}{9550} \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

- N_e : Efektif güç (kW)
 M_d : Dönme momenti (Nm)
 n : Motor devir sayısı (1/min)'dir.

Belirlenen motor devirlerinde yakıt tüketimi ölçüm cihazından kg/h olarak alınan değerler, özgül yakıt tüketiminin hesaplanmasında Eşitlik 3.2 içerisinde kullanılmıştır (Saral, 1996).

$$b_e = \frac{B}{N_e}$$

(3.2)

Eşitlikte;

- b_e : Özgül yakıt tüketimi (kg/kWh)
 B : Saatlik yakıt tüketimi (kg/h)
 N_e : Efektif güç (kW)'dir.

Termik (ısı) verim, motorda elde edilen efektif gücün, yakıtın enerjisine oranı şeklinde ifade edilmekte olup, motorinin ve biodizelin alt ısı değerleri ile yakıt tüketimleri dikkate alınarak Eşitlik 3.3'deki şekilde belirlenmiştir (Saral, 1996).

$$\eta_t = \frac{3600}{b_e \cdot H_u} \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

- η_t : Termik (ısı) verim (%)
 b_e : Özgül yakıt tüketimi (kg/kWh)
 H_u : Yakıtın alt ısı değeri (kJ/kg)'dir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Bulguları

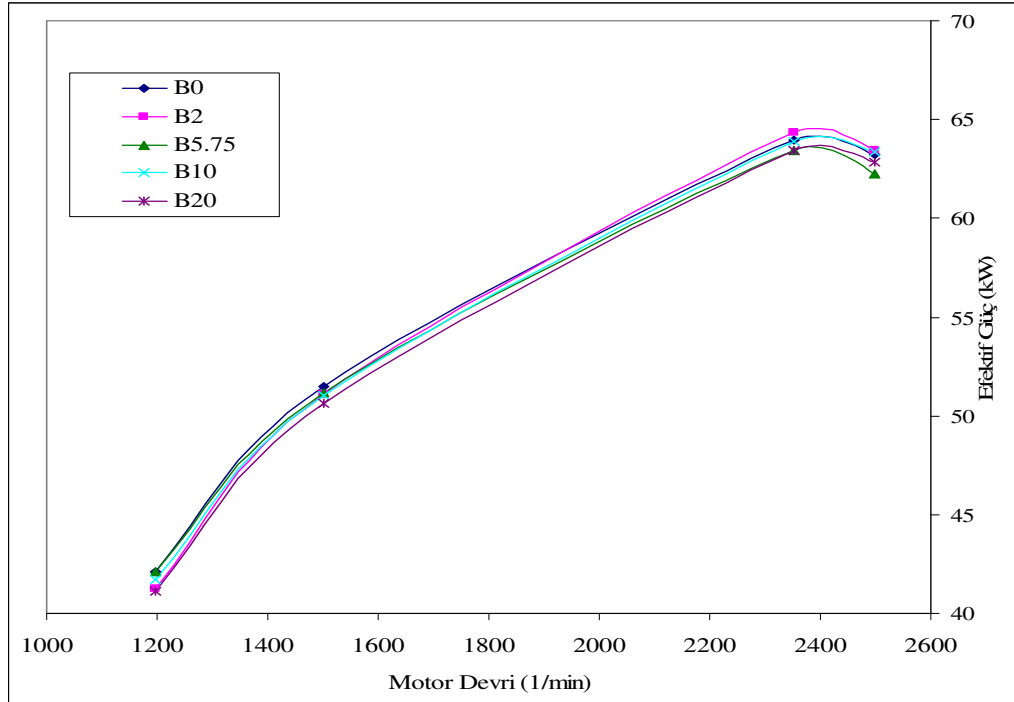
4.1.1. Motor karakteristik ve mutlak emisyon bulguları

4.1.1.1. Efektif güç

Deneme motorunun, motorin ve değişik oranlarda biodizel-motorin karışımları kullanılarak gerçekleştirilen tam yük-değişken hız denemelerinde ortaya çıkan efektif güç değişimleri Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Efektif güç değerleri.

	Motor Devri (1/min)	B0	B2	B5.75	B10	B20
Efektif Güç (kW)	2500	63.21	63.45	62.27	63.37	62.86
	2352	63.97	64.33	63.44	63.89	63.44
	1501	51.46	51.07	51.15	51.04	50.62
	1198	42.10	41.27	42.10	41.68	41.12



Şekil 4.1. Efektif güç değişimleri.

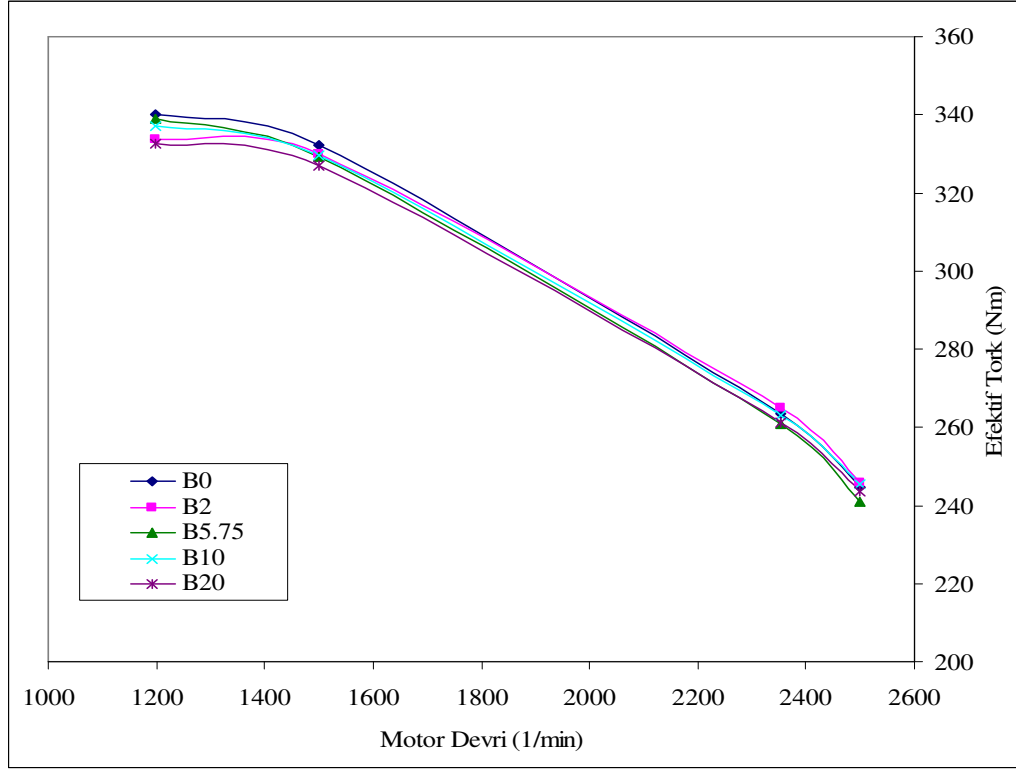
Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1 incelendiğinde, %2'den %20'ye kadar değişen oranlarda biodizel-motorin karışımı kullanımının, motorun bütün değişik devirlerindeki motorin kullanımına göre kayda değer bir değişiklik göstermediği görülmektedir. Yüksek motor devirlerinde B2 yakıtının motorine göre daha fazla efektif güç sağladığı görülmekle birlikte, genel olarak efektif güç değerlerinin motorine göre bir miktar düşüş eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Güç eğrisi, motor devir sayısı ile orantılı olarak sürekli artış göstermiş ve 2350 1/min'de maksimum değerine ulaşmıştır. Maksimum güç, motorin ile denemede 63.97 kW, B20 ile denemede ise 63.44 kW olarak ölçülmüştür. Motorin ile yapılan denemelerden elde edilen sonuçlara göre en büyük efektif güç düşüşünün, B20 kullanımı durumunda ve motorun 1200 1/min'deki çalışmasında %2.33 oranında gerçekleştiği görülmüştür.

4.1.1.2. Efektif tork

Denemeler sırasında ölçülen efektif tork değerleri Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2'de görülmektedir.

Çizelge 4.2. Efektif tork değerleri.

	Motor Devri (1/min)	B0	B2	B5.75	B10	B20
Efektif Tork (Nm)	2500	244.7	245.6	241.0	245.3	243.5
	2352	263.5	265.1	260.8	263.2	261.2
	1501	332.4	329.9	329.2	329.6	327.0
	1198	340.0	333.6	338.8	337.2	332.6



Şekil 4.2. Efektif tork değişimleri.

Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2'nin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere, motorin ile çalışmadaki efektif tork değerlerinin, değişik oranlardaki biodizel-motorin karışımı ile çalışmaya benzer değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle maksimum tork değerlerine ulaşıldığı düşük motor devirlerinde, motorin ile çalışmadaki tork değerleri ile biodizel-motorin karışımı ile çalışmadaki tork değerleri arasındaki farkın bir miktar açıldığı belirlenmiştir..

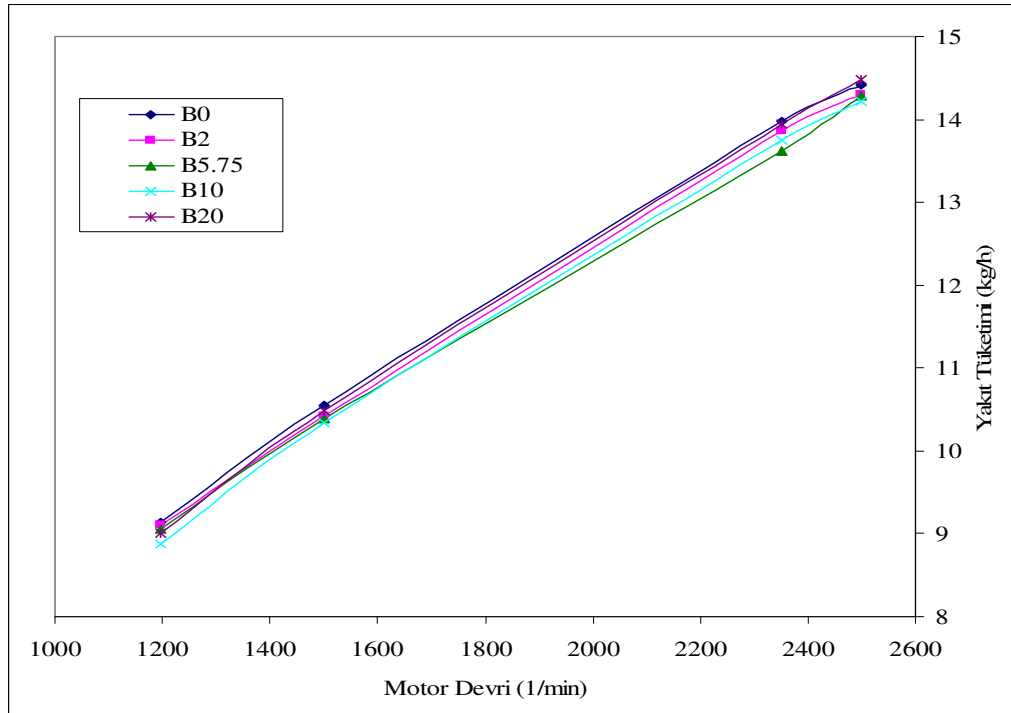
Motorun 2500 1/min'de motorin ile çalışmasında 244.7 Nm olan efektif tork değeri B20 ile çalışmasında 243.5 Nm olarak gerçekleşmesine rağmen, 1200 1/min motor devrinde motorinle çalışmadaki efektif tork 340.0 Nm, B20 ile çalışmadaki efektif tork ise 332.6 Nm olarak ölçülmüştür. Bir başka deyişle, motorin ile B20 kullanımı arasında, motorun yüksek devirlerinde oluşan %0.5 tork farkının, motorun düşük devirlerinde %2.18 olarak gerçekleştiği görülmüştür.

4.1.1.3. Saatlik yakıt tüketimi

Tam yük değişken hız denemeleri sırasında, motorin ve biodizel-motorin karışımı yakıt kullanılmasıyla motorun yakıt tüketim değerlerinde oluşan değişimler Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Saatlik yakıt tüketimi değerleri.

	Motor Devri (1/min)	B0	B2	B5.75	B10	B20
Yakıt Tüketimi (kg/h)	2500	14.42	14.30	14.29	14.23	14.48
	2352	13.97	13.86	13.62	13.75	13.95
	1501	10.56	10.43	10.39	10.33	10.48
	1198	9.13	9.11	9.06	8.89	9.01



Şekil 4.3. Saatlik yakıt tüketimi değişimleri.

Düşük motor devirlerinde bütün yakıt çeşitleri birbirine yakın tüketim değerleri gösterirken, B10 kullanımındaki tüketim değerlerinin en düşük olduğu belirlenmiştir. 1800-2400 1/min arasında ise B5.75 kullanımındaki tüketim değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Denemeler süresince, motorinin

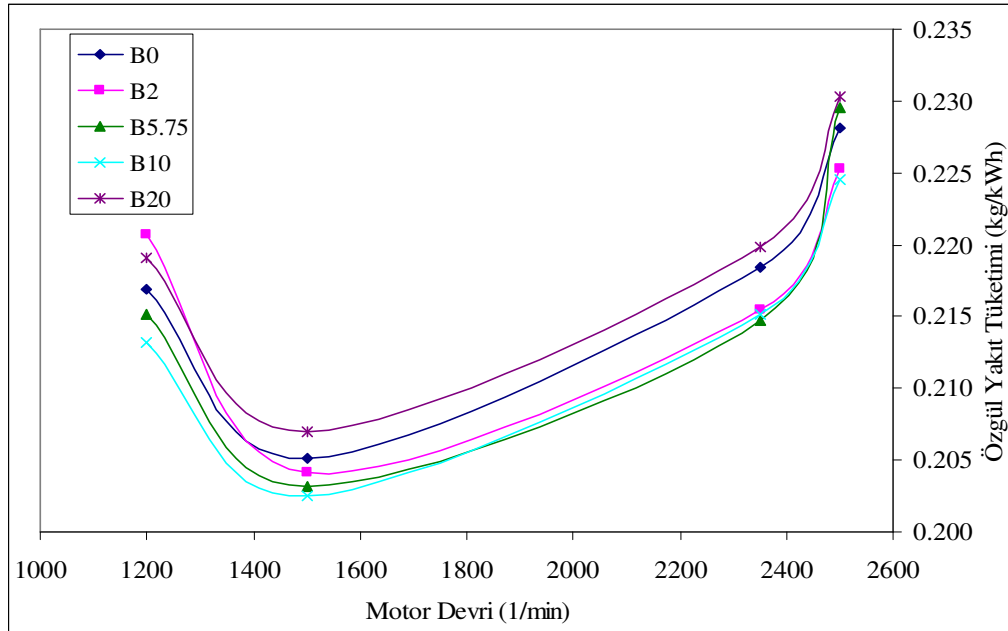
saatlik yakıt tüketim değerleri genel olarak karışımli yakıt tüketim değerlerinden yüksek seyretmiştir. 1200 1/min'de motorin ile çalışmada 9.13 kg/h olarak ölçülen yakıt tüketimi değeri, B10 ile çalışmada %2.63 oranında düşüş göstererek 8.89 kg/h olarak gerçekleşmiştir. Motorun 2500 1/min çalışmasında ise motorin yakıt tüketim değeri 14.42 kg/h olarak gerçekleşirken, en düşük yakıt tüketim değeri yine B10 kullanılması durumunda %1.32 oranında düşüş göstererek 14.23 kg/h olarak ölçülmüştür.

4.1.1.4. Özgül yakıt tüketimi

Yöntem bölümünde verilen 3.2 eşitliği kullanılarak hesaplanan özgül yakıt tüketim değerleri Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Özgül yakıt tüketimi değerleri.

	Motor Devri (1/min)	B0	B2	B5.75	B10	B20
Özgül Yakıt Tüketimi (kg/kWh)	2500	0,228	0,225	0,230	0,224	0,230
	2352	0,218	0,215	0,215	0,215	0,220
	1501	0,205	0,204	0,203	0,202	0,207
	1198	0,217	0,221	0,215	0,213	0,219



Şekil 4.4. Özgül yakıt tüketimi değişimleri.

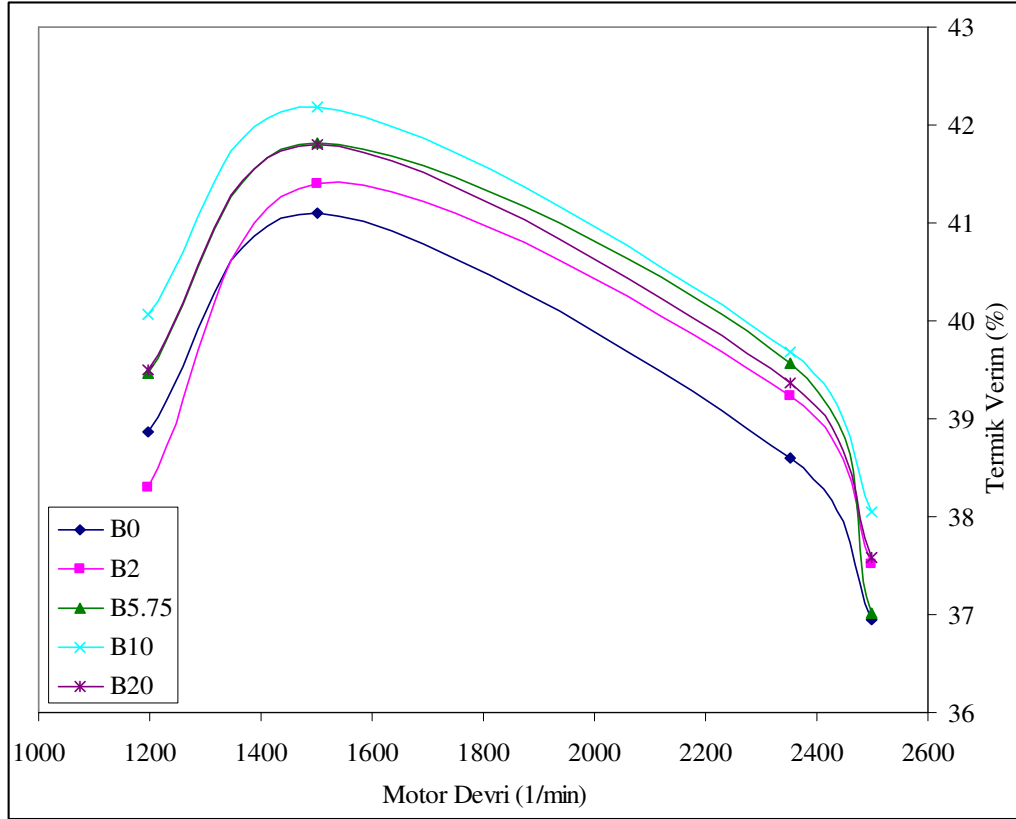
Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4 incelendiğinde, karışım oranlarına göre özgül yakıt tüketim değerlerinde belirgin bir fark olmamasına karşın, B20 kullanımında bulunan değerlerin genel olarak bir miktar yüksek seyrettiği görülmektedir. Tüm yakıt çeşitleri ile yapılan denemelerde; en yüksek özgül yakıt tüketim değerlerinin 2500 1/min'de, en düşük tüketim değerlerinin ise 1500 1/min'de gerçekleştiği görülmüştür. Karışım oranı baz alınarak bakıldığında ise en yüksek özgül yakıt tüketim değeri 2500 1/min'de B5.75 ve B20 karışımlı yakıt kullanımında 0.230 kg/kWh olarak, en düşük özgül yakıt tüketimi değeri ise 1500 1/min'de B10 karışımlı yakıt kullanımında 0.202 kg/kWh olarak bulunmuştur.

4.1.1.5. Termik verim

Yöntem bölümünde verilen 3.3 eşitliği kullanılarak hesaplanan termik verim oranları Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Termik verim değerleri.

	Motor Devri (1/min)	B0	B2	B5.75	B10	B20
Termik Verim (%)	2500	36.95	37.52	37.01	38.04	37.58
	2352	38.60	39.24	39.56	39.69	39.37
	1501	41.10	41.40	41.82	42.18	41.81
	1198	38.87	38.30	39.47	40.07	39.49



Şekil 4.5. Termik verim değişimleri.

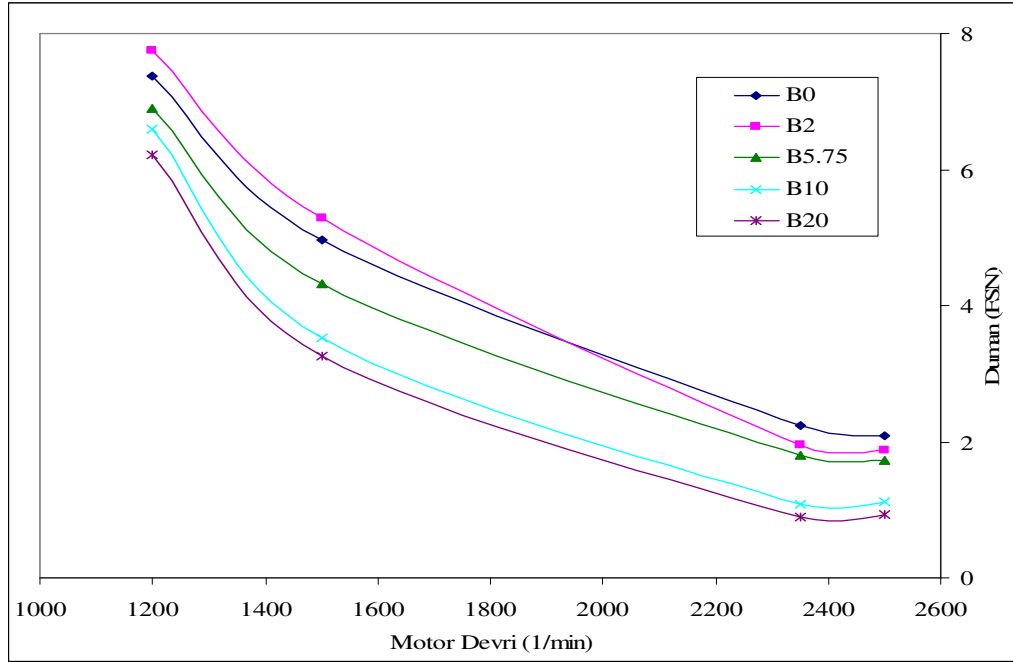
Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5 incelendiğinde, motorun 1200-1300 1/min arasında B2 ile çalıştığı durumdaki verim dışında, diğer bütün çalışma şartlarında biodizel karışımı yakıtlarla sağlanan termik verimin, motorun ile sağlanan termik verimin üzerinde gerçekleştiği görülmektedir. Motorun bütün devirlerinde en yüksek termik verim değerlerine B10 kullanımında ulaşıldığı belirlenmiştir. Bütün yakıt çeşitleri için en yüksek termik verim değerlerinin ise motorun 1500 1/min'de çalışması durumunda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Motorine göre en yüksek termik verim artışı, B10 kullanımı durumunda ve 1200 1/min motor devrinde % 2.99 oranında gerçekleşmiştir.

4.1.1.6. Duman

Denemeler sırasında ölçülen duman yoğunluğu değerleri Çizelge 4.6 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Duman değerleri.

	Motor Devri (1/min)	B0	B2	B5.75	B10	B20
Duman (FSN)	2500	2.09	1.88	1.72	1.12	0.92
	2352	2.24	1.95	1.80	1.09	0.90
	1501	4.96	5.29	4.33	3.53	3.27
	1198	7.38	7.75	6.90	6.60	6.21



Şekil 4.6. Duman değişimleri.

Çizelge 4.6 ve Şekil 4.6 incelendiğinde, her bir yakıt çeşidi ile yapılan denemelerde devir sayısı artışına bağlı olarak 2500 1/min'de B10 ve B20 istisnai durumları hariç, duman değerlerinde azalma olduğu görülmektedir. Düşük devirlerde B2 kullanımında görülen çok küçük artışlar dışında, yakıt içerisindeki biodizel oranının artışına bağlı olarak duman değerlerinin azaldığı, yüksek devirlerde bu azalmanın oransal olarak daha da yüksek olduğu saptanmıştır.

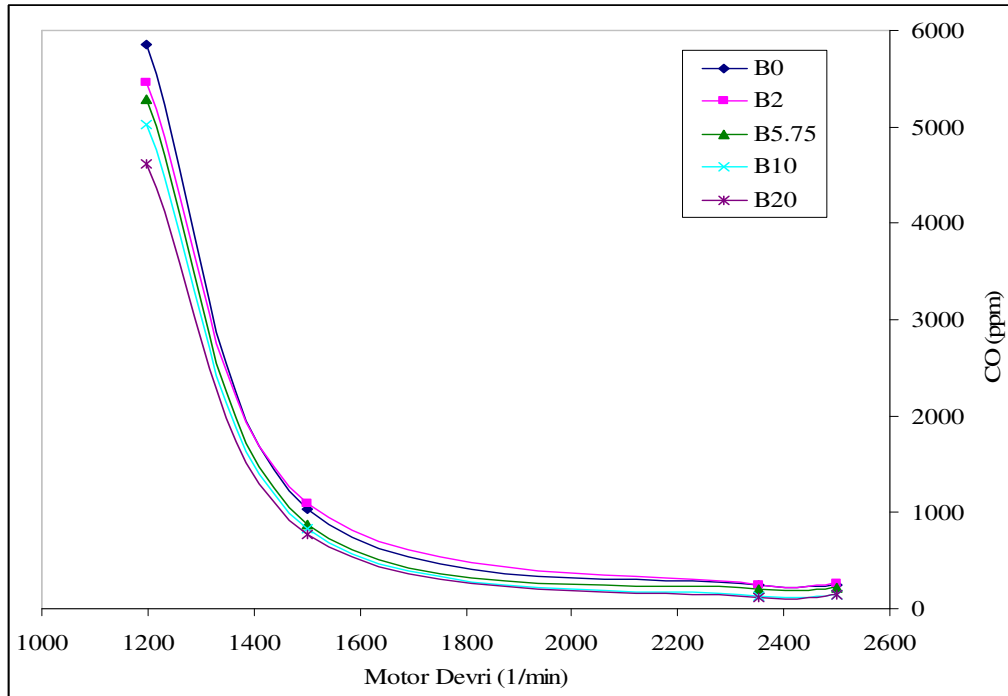
Bir başka deyişle, 1200 1/min'de motorin kullanıldığında 7.38 FSN olarak ölçülen duman değeri, B20 kullanıldığında %15.85 oranında azalarak 6.21 FSN olarak gerçekleşmesine karşın, 2350 1/min'de motorin kullanımında 2.24 FSN olarak ölçülen duman değeri, B20 kullanıldığında %59.82 oranında azalarak 0.90 FSN olarak ölçülmüştür.

4.1.1.7. CO emisyonu

Referans alınan devirlerdeki motorin ve biodizel-motorin karışımları ile çalışmalarda ölçülen CO değerleri Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. CO emisyon değerleri.

	Motor Devri (1/min)	B0	B2	B5.75	B10	B20
CO (ppm)	2500	241	263	221	147	144
	2352	246	241	210	132	121
	1501	1041	1092	876	832	778
	1198	5850	5460	5290	5019	4613



Şekil 4.7. CO emisyonu değışimleri.

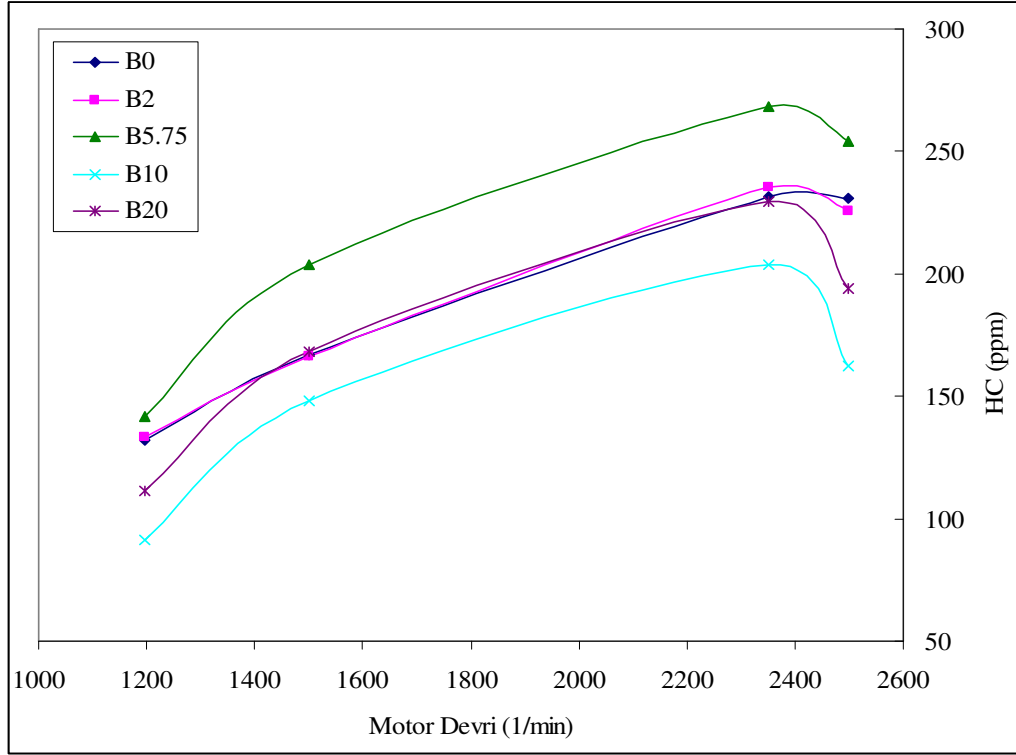
Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7 incelendiğinde, (B2 ile denemelerde iki noktadaki istisnai artış dışında) tüm devirlerde, yakıt içerisindeki biodizel oranı arttıkça CO emisyonunun düşmekte olduğu ve motorun yüksek devirlerinde bu düşüş oranının daha fazla olduğu görülmüştür. Gerek motorin, gerekse her orandaki karışimli yakıt kullanımı durumunda, her bir yakıt çeşidi için düşük devirlerdeki CO emisyonunun aşırı yüksek olduğu, devir artışına bağlı olarak 2350 1/min'e kadar CO emisyonunun düştüğü, 2400 1/min ve üzeri devirlerde ise (motorin hariç) tekrar bir miktar artış eğiliminde olduğu saptanmıştır. Denemelerde, maksimum CO emisyonu 1200 1/min'de motorin kullanımında 5850 ppm olarak, minimum CO emisyonu ise 2350 1/min'de B20 kullanımında 121 ppm olarak gerçekleşmiştir. Motorine oranla en büyük CO emisyon düşüşü, B20 kullanımında ve motorin 2350 1/min'deki çalışmasında %50.8 olarak gerçekleşmiştir.

4.1.1.8. HC emisyonu

Denemelerde ölçülen HC emisyon değerlerine ilişkin bilgiler Çizelge 4.8 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. HC emisyon değerleri.

	Motor Devri (1/min)	B0	B2	B5.75	B10	B20
HC (ppm)	2500	231	226	254	162	194
	2352	232	236	268	204	230
	1501	167	166	204	148	168
	1198	132	134	142	91	112



Şekil 4.8. HC emisyonu değışimleri.

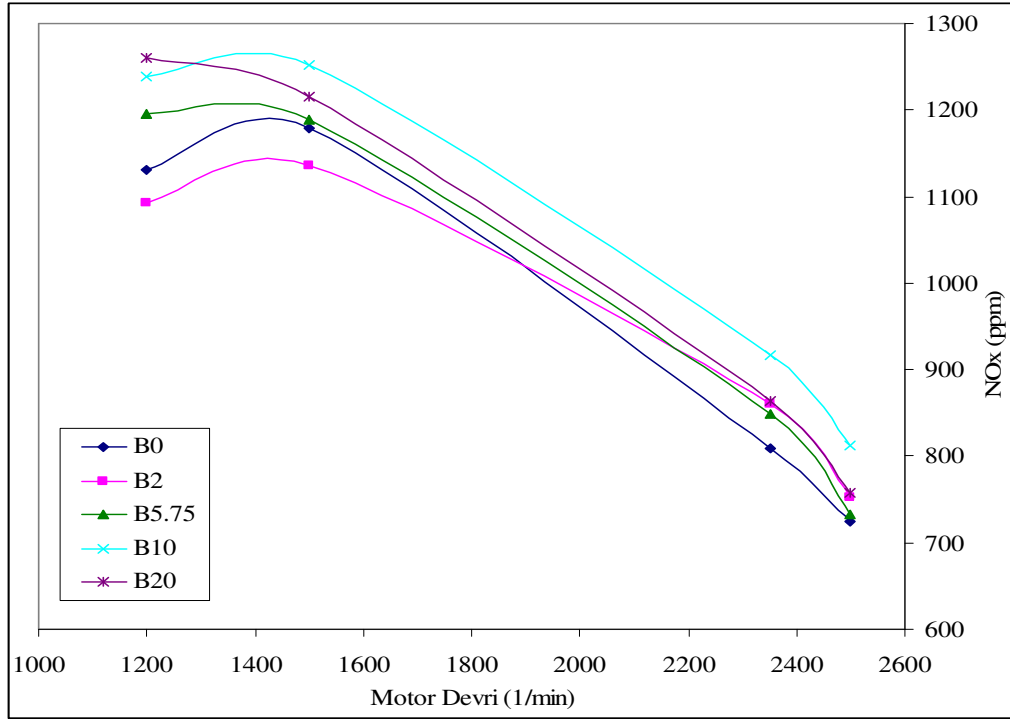
Çizelge 4.8 ve Şekil 4.8 incelendiğinde, motorun düşük devirlerinde düşük düzeyde seyreden HC emisyon değerlerinin, motorun maksimum güce ulaştığı (2350 1/min) devirlere kadar artış gösterdiği, daha yüksek devirlerde ise tekrar bir miktar düştüğü görülmektedir. Motorin ve karışimli yakıt çeşitleri arasında HC emisyonu açısından belirgin bir fark görülmemekle birlikte, motorine göre en büyük artışın B5.75 kullanıldığında ortaya çıktığı tespit edilmiştir.. En yüksek HC emisyonu, motorun 2350 1/min'deki çalışmasında B5.75 kullanımında 268 ppm olarak, en düşük HC emisyonu ise B10 kullanımında ve motorun 1200 1/min'de 91 ppm olarak ölçülmüştür.

4.1.1.9. NO_x emisyonu

Denemelerde ölçülen NO_x emisyonu değerleri Çizelge 4.9 ve Şekil 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. NO_x emisyon değerleri.

	Motor Devri (1/min)	B0	B2	B5.75	B10	B20
NO _x (ppm)	2500	725	752	733	812	758
	2352	808	860	849	917	864
	1501	1179	1136	1189	1252	1216
	1198	1131	1092	1196	1238	1260



Şekil 4.9. NO_x emisyonu değişimleri.

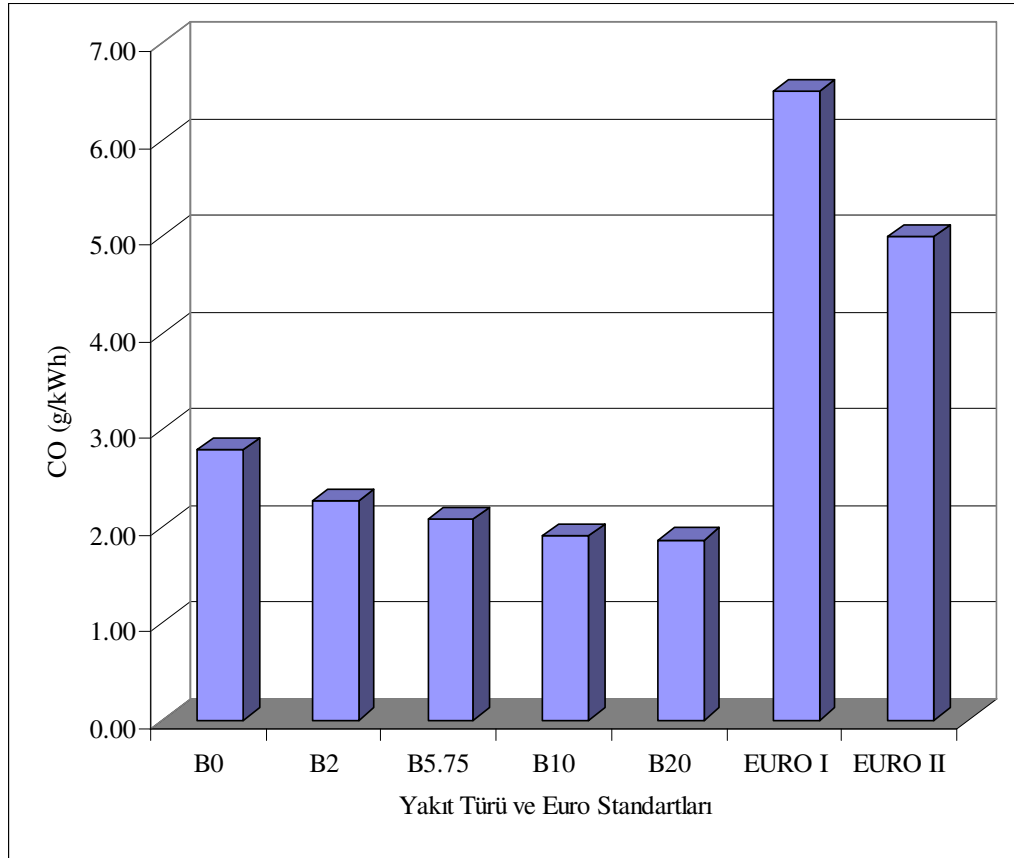
Çizelge 4.9 ve Şekil 4.9 incelendiğinde, düşük devirlerdeki B2 kullanımı dışında, motorinin NO_x emisyon değerlerinin her bir karışimli yakıtın NO_x emisyon değerlerinden düşük olduğu görülmektedir. NO_x emisyonunun da duman ve CO emisyonunda olduğu gibi motorun düşük devirlerinde arttığı tespit edilmiştir.

4.1.2. ISO 8178 standart deneme bulguları

Egzoz emisyon değerlerinin 97/68/EC Direktifi doğrultusunda Stage I ve Stage II (Euro I, Euro II) ile karşılaştırılması amacıyla sabit devir-değişken yük prensibiyle ISO 8178 standardı çerçevesinde, traktör motorlarını da kapsayan kriterlere göre gerçekleştirilen 8 mod testi her bir yakıt çeşidi için ayrı ayrı gerçekleştirilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

4.1.2.1. CO emisyonu ve Euro standartları

Deney yakıtı içerisindeki biodizel oranı artışına bağlı olarak CO emisyon değerinin düştüğü daha önce belirtilmişti. Yakıt türlerine göre özgül CO emisyonu değişimlerinin Euro standartları ile karşılaştırılması Şekil 4.10'da görülmektedir.

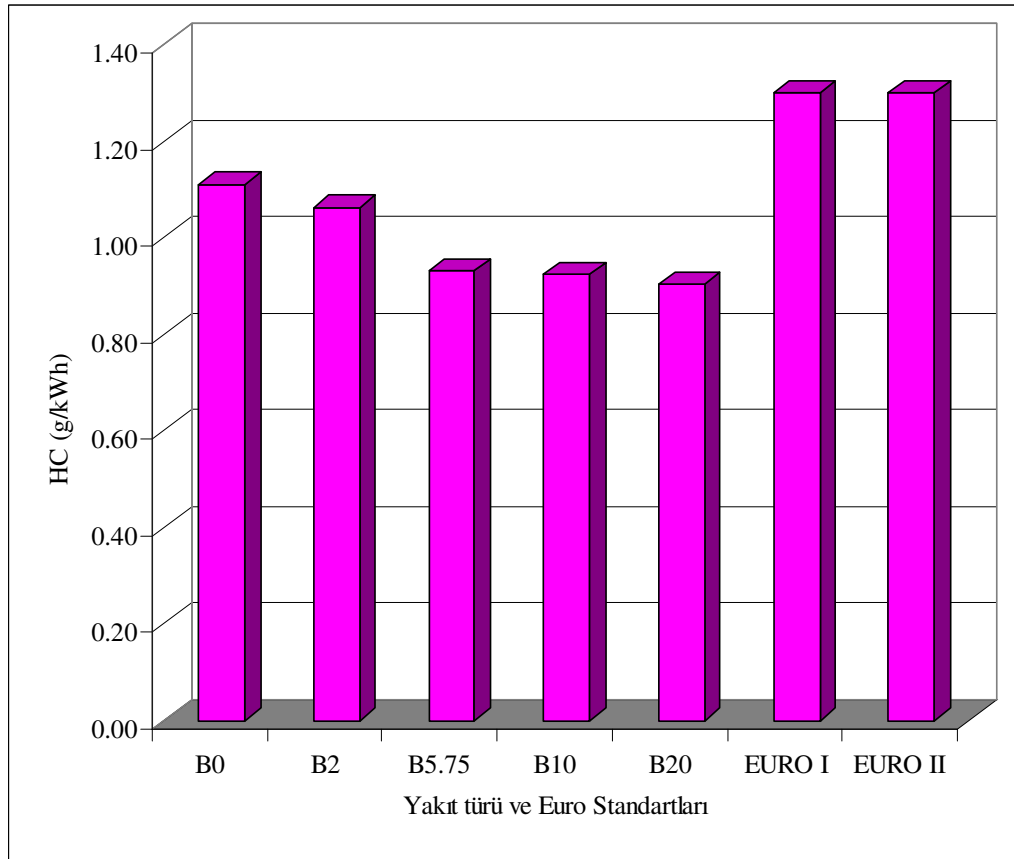


Şekil 4.10. CO emisyon değerlerinin Euro standartları ile karşılaştırılması.

Şekil 4.10 incelendiğinde, yakıt içerisindeki biodizel oranı artışına bağlı olarak özgül CO emisyonunun düştüğü görülmektedir. B20 kullanımı durumunda, motorun ortalama özgül CO emisyon değerinin, motorin kullanımına göre %33.6 oranında azaldığı anlaşılmaktadır. Motorun, en yüksek CO emisyonuna sahip olan motorin ile çalışmasında ölçülen değer bile 6.5 g/kWh olan Euro I ve 5.0 g/kWh olan Euro II maksimum özgül CO emisyon değerlerinin altında kaldığı görülmektedir.

4.1.2.2. HC emisyonu ve Euro standartları

Sabit devir-değişken yük deneylerinde ölçülen özgül HC emisyon değerlerindeki değişim ve Euro standartları ile uyumu Şekil 4.11’de verilmiştir.

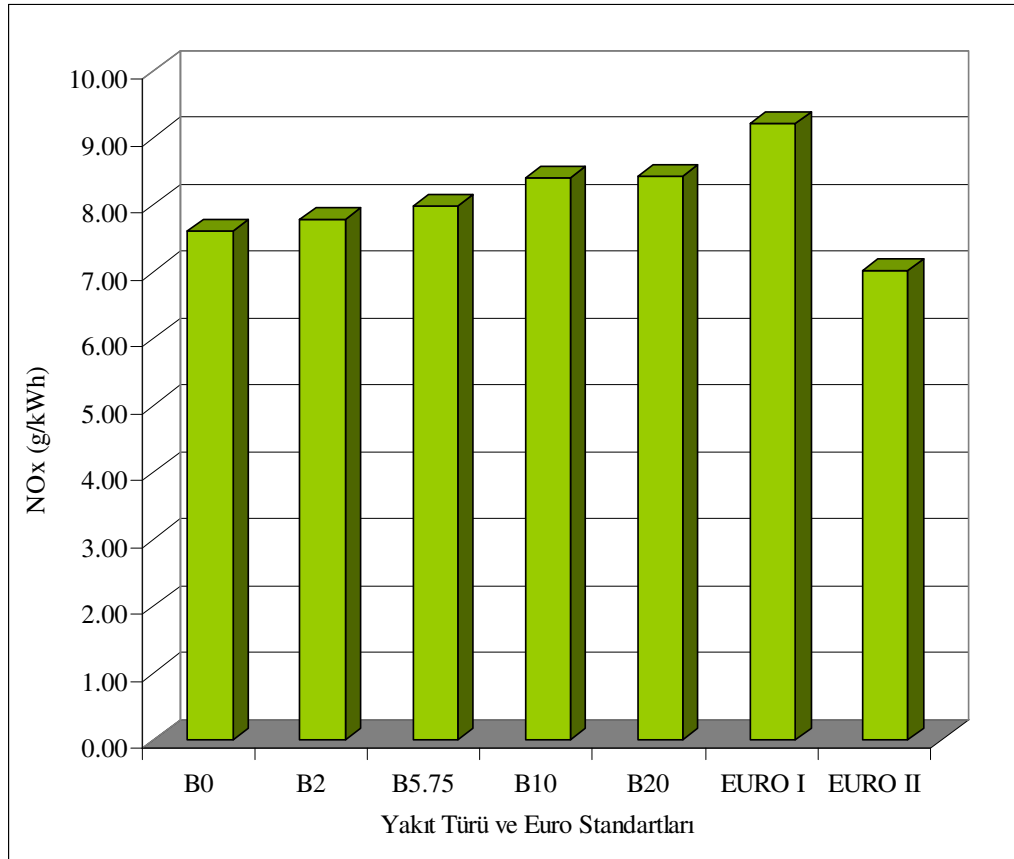


Şekil 4.11. HC emisyon değerlerinin Euro standartları ile karşılaştırılması.

Şekil 4.11 incelendiğinde, yakıt içerisindeki biodizel oranı artışına bağlı olarak özgül HC emisyon değerlerinde küçük düşüşler olduğu anlaşılmaktadır. Oransal olarak motorine göre en büyük özgül HC emisyonu düşüşünün, B20 kullanımı durumunda %18.9 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Denemelerde kullanılan bütün yakıtların, traktör motorları için belirlenmiş Euro I ve Euro II standartlarında maksimum 1.3 g/kWh olarak öngörülen özgül HC emisyon değerinin altında kaldığı görülmüştür.

4.1.2.3. NO_x emisyonu ve Euro standartları

Özgül NO_x emisyonu değişimlerinin Euro standartları ile karşılaştırılması Şekil 4.12’de görülmektedir.

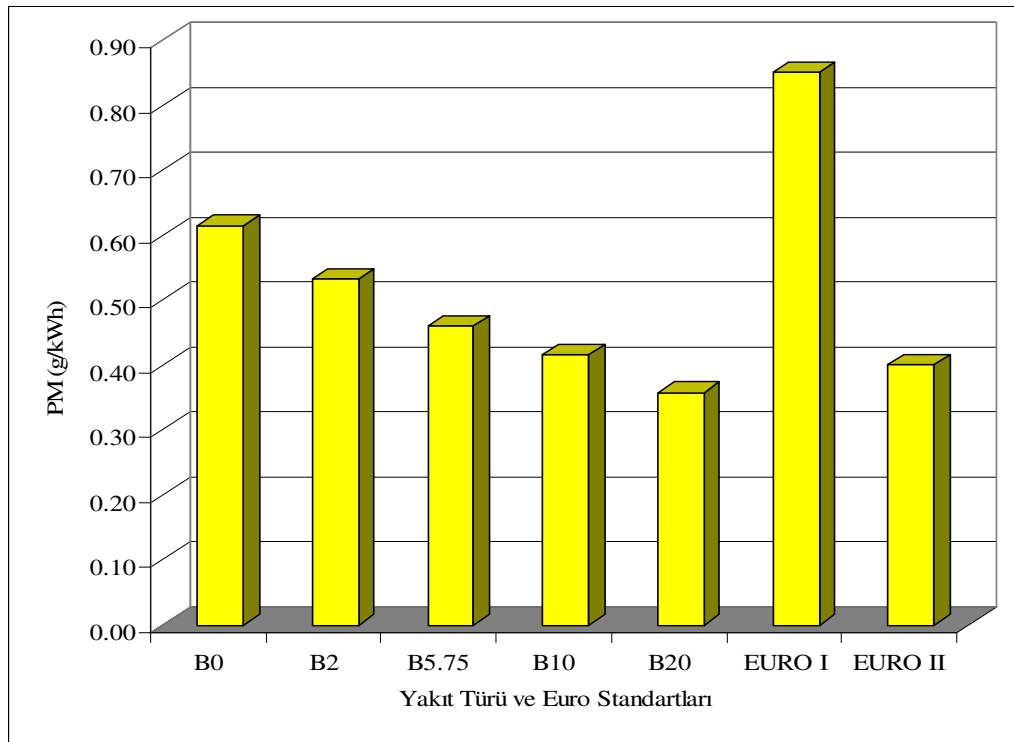


Şekil 4.12. NO_x emisyon değerlerinin Euro standartları ile karşılaştırılması.

Şekil 4.12 incelendiğinde, tam yük değişken hız denemelerinde olduğu gibi, bu deneylerde de yakıt içerisindeki biodizel oranı artışına bağlı olarak, motorun özgül NO_x emisyon değerlerinde, motorin kullanımına göre bir miktar artış olduğu görülmektedir. B20 kullanımı durumunda, motorun ortalama özgül NO_x emisyon değerinin, motorin kullanımına göre %10.9 oranında artış gösterdiği anlaşılmaktadır. Deneylerde kullanılan bütün yakıtların özgül NO_x emisyon değerlerinin, Euro I için belirlenmiş olan maksimum 9.2 g/kWh değerinden düşük fakat maksimum 7.0 g/kWh olarak belirlenen Euro II emisyon değerinden yüksek olduğu, bir başka deyişle, Euro II şartlarını sağlayamadığı görülmektedir. Bu durum, NO_x emisyon değerlerini sınırlandıracak teknik donanımların araçlarda kullanımını zorlayıcı etken olarak ortaya çıkmaktadır.

4.1.2.4. PM emisyonu ve Euro standartları

Özgül partikül madde (PM) emisyonuna ilişkin değerlerdeki değişim Şekil 4.13'de görülmektedir.



Şekil 4.13. PM emisyon değerlerinin Euro standartları ile karşılaştırılması.

Şekil 4.13 incelendiğinde, yakıt içerisindeki biodizel oranı artışına bağlı olarak, özgül partikül madde emisyonunun motorine göre büyük oranda düşüş kaydettiği görülmektedir. B20 kullanımı durumundaki ortalama özgül PM emisyon değerinin, motorin kullanımına göre %41 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Deneysel olarak kullanılan bütün yakıtların özgül PM emisyon değerlerinin Euro I için belirlenmiş olan maksimum 0.85 g/kWh değerinden düşük olduğu ancak, B20 dışındaki bütün yakıtların Euro II için belirlenmiş olan maksimum 0.40 g/kWh değerinden yüksek olduğu görülmektedir.

4.2. Tartışma

Bitkisel yağların yakıt olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla kolza yağı metil esterinin motorin ile değişik oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen yakıtların, bir traktör motorunun performans ve emisyon değerlerine etkilerinin deneysel olarak incelendiği bu çalışma sonucu elde edilen verileri, biyoyakıtlar konusunda yapılan önceki çalışmalara dayalı literatür bilgileri ışığında aşağıdaki şekilde değerlendirmek mümkündür.

Deneysel çalışmalar sonucu elde edilen araştırma bulgularında da belirtildiği üzere, %2-20 arasındaki oranlarda biodizel karışimli motorin kullanımıyla, efektif güç ve tork değerlerinde dikkate alınmayacak düzeyde küçük düşüşler meydana gelmesine karşın, genel olarak motorin kullanımıyla elde edilen sonuçlara yakın, hatta bazı istisnai durumlarda daha yüksek değerlere ulaşıldığı görülmüştür. Efektif güç ve efektif tork değerlerindeki en büyük düşüşlerin, maksimum torkun sağlandığı 1200 1/min'de gerçekleştiği, motorun bu devrinde B20 karışimli yakıt kullanımına bağlı olarak efektif güç değerinde motorine göre %2.3, efektif tork değerinde ise %2.18 oranlarında düşüş olduğu görülmüştür. Biodizel ısıl değerinin motorine göre düşük olmasından kaynaklanan bu küçük kayıpları literatür verileri de desteklemekte, benzer şekilde yapılmış pek çok çalışma, biodizel kullanımı ile motorin kullanımına yakın güç ve moment değerleri elde edildiğini ortaya koymaktadır (Karaosmanoğlu, 2002; Oğuz, 2003; Karabektaş, 2004; Eliçin, 2005; Alpgiray, 2006). Avrupa Birliği tarafından yayımlanan 2003/30/EC direktifinde ön

görülen ve bu çalışmada hedef olarak belirlenen %5.75 biodizel karışım oranı aşılarak %20 karışım oranına kadar çıkılmasına rağmen motor gücü ve tork değerlerinde kayda değer bir düşüş oluşmadığını söylemek mümkündür.

Motorin ve biodizel karışımlı yakıtların saatlik yakıt tüketim değerlerinde belirgin bir fark olmamasına rağmen genel olarak motorinin saatlik yakıt tüketim değerlerinin diğer yakıtlara göre bir miktar yüksek ölçüldüğü daha önce belirtilmişti. Ancak, yüksek oranlarda biodizel karışımlı yakıt kullanılması durumunda efektif motor gücünde oluşan kayıp, saatlik yakıt tüketiminin efektif güce oranı şeklinde hesaplanan özgül yakıt tüketim değerinin artmasına neden olmaktadır. Bu artışa rağmen motorin ve biodizel karışımlı yakıtların özgül yakıt tüketim değerleri arasında kayda değer bir fark oluşmadığı gözlemlenmiştir.

Literatür incelendiğinde, araştırmacılar tarafından bu konuda farklı sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. Bazı çalışmalarda biodizel karışımlı yakıtların özgül yakıt tüketim değerlerinin daha yüksek olduğu belirtilirken (Oğuz, 2003; Karabektaş, 2004) Pireli (2006), motorun 200 bar olan standart püskürtme basıncında bile motorine göre düşük değerlerde bulunduğu özgül yakıt tüketiminin, püskürtme basıncının artışına bağlı olarak daha da düştüğünü belirtmiştir. İlk bakışta çelişkili gibi görünen sonuçlara bu noktada iki farklı yaklaşımla bakmak faydalı olacaktır. Birinci yaklaşıma göre; biodizelin ısıl değerinin motorine oranla yaklaşık %13 düşük olmasının, yakıt içerisindeki karışım oranı ölçüsünde motor performansını düşürücü etki yapması beklenmektedir. Performansta meydana gelen bu düşüş, yukarıda da açıklandığı gibi, özgül yakıt tüketiminde artışa yol açmaktadır. İkinci yaklaşıma göre; eğer motorun çalışma koşullarında bir takım teknik düzenlemeler yapılarak performans değerlerinde iyileştirme sağlanıyorsa, bu durumda özgül yakıt tüketim değerlerindeki düşüşler normal karşılanmaktadır.

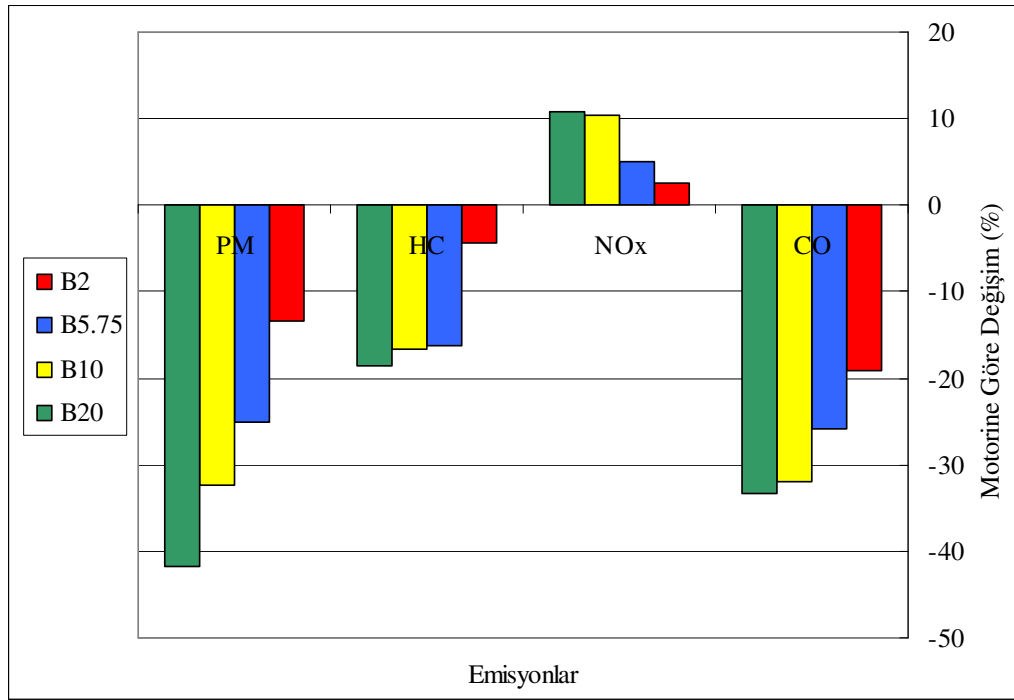
Motorun termik verim değerlerinin biodizel karışımlı yakıtlarla çalışmada, motorine göre daha yüksek oranda gerçekleştiği görülmüştür. Biodizel yaklaşık %10 civarında oksijen içerdiğinden, yanma veriminin artmasına bağlı olarak motorine göre daha yüksek oranlarda ısıl verim elde edilmiştir.

Literatürde biodizel termik veriminin motorine oranla bir miktar düşük veya eşit bulunduğuna rastlanmakla birlikte (Oğuz, 2003; Eliçin, 2005), motorinin termik

veriminden yüksek olduğunu belirten çalışmalar da bulunmaktadır (Tahir et al., 1982; Karabektaş, 2004).

Biodizel kullanımına bağlı olarak duman yoğunluğunda görülen düşüşler, önceki çalışmalardaki sonuçlarla da örtüşmektedir (Yıldırım ve ark., 2004; Alpgiray, 2006).

Motorine göre, biodizel karışimli yakıtların egzoz emisyon değişimlerini toplu olarak inceleyerek sonuçlarını değerlendirmek amacıyla hazırlanan grafik Şekil 4.14'de görülmektedir.



Şekil 4.14. Biodizel karışimli yakıtların motorine göre egzoz emisyon değişimleri.

Şekil 4.14 incelendiğinde, biodizel kullanımıyla Karbon Monoksit (CO), Hidrokarbon (HC) ve Partikül Madde (PM) emisyonlarında azalma, Azot Oksit (NO_x) emisyonunda ise artış olduğu görülmektedir. Bulunan sonuçlar genel olarak literatür bilgileriyle de uyuşmakla birlikte, Oğuz (2003), fındık yağı metil esteri HC emisyon değerlerinin motorininkinden çok yüksek olduğunu belirtmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneme sonuçlarından da görüleceği üzere; kolza yağı metil esteri olan biodizel, motorine %20 oranına kadar katıldığında, motor performans karakteristikleri üzerinde dikkate alınabilecek düzeyde olumsuz bir değişikliğe neden olmamasına karşın, Azot Oksitler (NO_x) hariç diğer bütün egzoz emisyon değerlerinde düşüş sağlayarak Diesel motorlarında kullanılmaya uygun, çevreye duyarlı alternatif bir yakıt olduğunu göstermiştir. Avrupa Birliğince 8 Mayıs 2003 tarihinde yayımlanan 2003/30/EC direktifinde, 2010 yılı sonu için ön görülen %5.75 oranındaki biyoyakıt karışımı şartlarının sağlanması çerçevesinde, Diesel motorlu araçlarda kullanılan yakıtlara karıştırılacak biodizelin petrole bağımlılığı da aynı oranda azaltacağı beklenmektedir.

Yapılan motor denemeleri, motorine %20 oranına kadar biodizel karıştırılmasının, motor performans karakteristiklerinde olumsuz etki yaratmadığını göstermiştir. Yapılan bütün bu çalışmalar ışığında, Türkiye’de biodizel üretim ve kullanımına ilişkin şu önerilere yer verilebilir.

- Öncelikle, biodizele, motorlarda kullanılacak tek alternatif enerji kaynağı gözüyle bakılmamalıdır.
- Tarımsal üretim açısından öncelikle yemeklik yağ açığımızın kapatılması için gerekli bitkisel üretim deseni oluşturulmalıdır.
- Petrolde dışa bağımlılık, yakıtların çevresel etkileri ve ülkenin yemeklik yağ gereksinimi ile ilgili politikalar iyi sentezlenmeli, tarımsal üretim potansiyelinin enerji amaçlı tarıma kaydırılacak bölümü belirlenmelidir.
- Pek çok ülkede değişik şekillerde desteklenen biodizel üretimi ve satışı, ülkemizdeki stratejik önemi ölçüsünde desteklenmelidir.
- Biodizel üretimi mutlaka kontrol altında tutulmalı, standartlara uygun üretim yapılması sağlanmalıdır.
- Biodizel standartları çerçevesinde, Türkiye şartlarına uygun, verimi ve yağ oranı yüksek yağ bitkisi çeşitleri belirlenmeli ve geliştirme çalışmaları yapılmalıdır.

ÖZET

İçinde bulunduğumuz yüzyılın ikinci yarısından itibaren fosil kökenli enerji kaynaklarına ait rezervlerin tükenmeye başlayacağı gerçeğinin kendisini hissettirmeye başlaması ve günümüzde artan çevre bilincinin de etkisiyle, alternatif enerji kaynaklarının kullanıma sunulması yolundaki çalışmalar önem kazanmıştır. Bu kapsamda, bitkisel yağlardan elde edilen biodizel de yenilenebilir enerji kaynakları arasında kendisini göstermiştir.

Dünyada biodizele ilgi artarken, Avrupa Birliğince 8 Mayıs 2003 tarihinde yayımlanan 2003/30/EC Direktifi, petrol kökenli yakıtlara 2005 yılı sonu itibariyle %2, 2010 yılı sonu itibariyle ise %5.75 oranında biyoyakıt katılması şartını getirmiştir. Bununla birlikte pek çok Avrupa Ülkesinde daha yüksek oranlardaki karışımların kullanıldığı da bilinmektedir. Bu çalışma ile aday ülke olarak Türkiye'deki tarım traktörlerinde söz konusu Direktifte belirtilen oranların yanı sıra, daha yüksek oranlardaki biodizel karışımı motorin kullanımının, motorlara uygunluk ölçüsünün belirlenmesi amaçlanmış ve Türkiye tarımında yoğun olarak tercih edilen 50–70 kW güç grubundaki dört silindirli, dört zamanlı, doğrudan püskürtmeli, turbo Diesel özellikte bir traktör motorunda yakıt olarak motorin ve değişik oranlardaki biodizel karışımı motorin kullanılmak suretiyle motor performansı ve egzoz emisyonları incelenmiştir. Bu amaçla, kolza yağı metil esteri olan biodizel, motorine hacimsel olarak %2, %5.75, %10 ve %20 oranlarında karıştırılarak deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Deneyler, amaca yönelik olarak tam yük- değişken hız ve sabit hız- değişken yük şartlarında gerçekleştirilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda; biodizel karışımı yakıt kullanımına bağlı olarak motorun efektif güç ve efektif tork değerlerinde dikkate alınmayacak düzeyde küçük düşüşler meydana gelmesine karşın, genel olarak motorin kullanımıyla elde edilen sonuçlara yakın, hatta bazı istisnai durumlarda daha yüksek değerlere ulaşıldığı, yakıt tüketim değerlerinde belirgin bir fark oluşmadığı, termik verim oranlarında artış olduğu, duman, Karbon Monoksit (CO), Hidrokarbon (HC) ve Partikül Madde (PM) emisyon değerlerinde düşüş, Azot Oksit (NO_x) emisyon değerlerinde ise artış olduğu tespit edilmiştir.

SUMMARY

After the second half of this century, efforts given on the usage of the alternative energy sources become more important because of the fact that the reality of the fossil based energy reserves are going to be run out, has been felt severely day by day, and the effect of growing environmental awareness. With in this concept, biodiesel extracted from oil seed rapeseeds (OSR's) also is being considered as a renewable energy source.

While the interest on biodiesel getting more and more popular, a directive was published by EU (European Union) on 8 May, 2003 which lay down an obligation that, 2% rate of biodiesel must be added to petroleum based fuels by the end of 2005 and this rate is expected to be 5.75% by the end of 2010 respectively. It is also known that higher rates of mixtures have been already used in European Countries.

This study aims firstly the determination on effects of mixture rates mentioned by EU directive, on engine characteristics and exhaust emissions of Agricultural Tractor. This study additionally considers the effects, 10% and 20% mixture rates which also used in some European Countries currently, on engine performance. In Turkey, the tractors used in agricultural activities as an average, is in a 50-70kW power group of which has, four-cylindered, four-stroked, direct injection, turbo Diesel engine. Within this concept, methyl Ester extracted from canola oil was used in experiments as a biodiesel with the rates of 2%, 5.75%, 10% and 20% in volume. The main parameters concerned during the experiments done, were at full load - variable speed and stable speed - variable load conditions.

As a result of these experiments, it is found that engine's effective power and effective torque were declined a little which can be ignored due to usage of biodiesel-diesel fuel mixtures when compared with results of conventional diesel fuel, however, these values were observed better than conventional diesel fuel at some exceptions. Generally, it can be expressed that power and torque were very close in some cases compared with diesel fuel. It is found out that there were not any significant differences in fuel consumption between them.

During the experiments, thermal efficiency rates were found higher. Smoke, Carbon Monoxide, Hydrocarbon and Particular Material emission rates were found lower, where as Nitrogen Oxide emission rates were found higher than diesel fuel emissions.

TEŞEKKÜR

Alternatif enerji arayışları kapsamında son yıllarda Türkiye’de hızla gelişen ve güncelliğini sürdürmekte olan biodizel konusundaki bu tez çalışmasını bilimsel temeller ışığında şekillendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN’a, tez çalışmamı maddi olarak destekleyen A.D.Ü. Araştırma Fon Saymanlığı’na, A.D.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü öğretim üyeleri ve araştırma görevlilerine, deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere biodizel sağlayarak araştırmaya destek olan AYT Biodizel Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Genel Müdürü Sayın Necdet ELMAS’a, Türk Traktör ve Ziraat Makineleri A.Ş. bünyesindeki Ar-Ge laboratuvarında motor denemelerinin yapılmasına izin veren Genel Müdür Yardımcısı Sayın Ali BAYCAN’a, denemeler sırasında sağladıkları teknik desteklerden dolayı Ar-Ge bölümü teknik elemanlarından Makine Yüksek Mühendisi Sayın Dr. Remzi ŞAHİN’e, Makine Mühendisi Sayın Ergün GÜLTEKİN’e ve Fizik Mühendisi Sayın Ceyhun ERMAN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

AFACAN, T., 2005. Ulusal yakıt Biyodizel, Türkiye’de Biyodizel Üretimindeki Mevcut Durum Sorunlar ve Öneriler Çalıştayı, 02 Aralık 2005, Ankara.

ALPGİRAY, B., 2006. Kanola Yağının Diesel Motorunun Performansına ve Emisyon Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

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

ALTIN, R., YÜCESU, H.S., 1999. Ham Pamuk Yağı Metil Esteri Yakıtlarının Dizel Motorlarında Kullanılabilirliğinin Deneysel Olarak Araştırılması, 6. Uluslar Arası Yanma Sempozyumu, s:43-57, 19-20 Eylül, İstanbul.

ALTIPARMAK, D., KESKİN, A., GÜRÜ, M., 2004. Ayçiçek Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı, 8. Uluslar Arası Yanma Sempozyumu, s:1-6, 8-9 Eylül, Ankara.

ANONYMOUS, 2003. 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, Official Journal of the European Union, 17.5.2003.

ANONYMOUS, 2005-a. Türkiye Biyoyakıt (Biyodizel-Biyoetanol) Çalışma Grubu Raporu, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Mart 2005, Ankara.

ANONYMOUS, 2005-b. Bitkisel Atık Yağlar ve Biyodizel Üretimi, Türkiye’de Biyodizel Üretimindeki Mevcut Durum Sorunlar ve Öneriler Çalıştayı, Çevre ve Orman Bakanlığı sunumu, 2 Aralık 2005, Ankara.

ANONYMOUS, 2006-a. Türkiye İstatistik Kurumu Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>, Ağustos 2006.

ANONYMOUS, 2006-b. Akaryakıt Sektörü Pazar Gelişmeleri ve Yakıt Kalitesi Üzerine Gelişmeler, Petrol Sanayi Derneği, http://www.rec.org/REC/Programs/pcfvd/downloads/2006_05_ankara/session_2/petde r.ppt.

ANONYMOUS, 2006-c. Türkiye İstatistik Kurumu Tarımsal Yapı ve Tarım İstatistikleri Özeti, <http://www.tuik.gov.tr>.

ANONYMOUS, 2006-d. Petrol ve Petrol Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı, Nisan, 2006.

ANONYMOUS, 2006-e. Emission Standards Europe Nonroad Diesel Engines, <http://www.dieselnet.com/standards/eu/offroad.html>.

ANONYMOUS, 2006-f. Petrol Sanayi Derneği 2005 Yılı Sektör Raporu, <http://www.petder.org.tr>, 17 Şubat 2006.

ANTOLIN, G., TINAUT, F.V., BRICENO, Y., CASTANO, V., PEREZ, C., RAMIREZ, A.I., 2002. Optimization of Biodiesel Production by Sunflower Oil Transesterification, Bioresource Technology, Vol:83, p:111-114.

DEMİRBAŞ, A., 2001. Biodiesel From Vegetable Oils Via Transesterification in Supercritical Methanol, Energy Conversion and Management 1620.

DORADO, M.P., BALLESTEROS, E.A., ARNAL, J.M., GOMES, J., LOPEZ, F.J., 2003. Exhaust Emissions from a Diesel Engine Fueled with Transesterified Waste Olive Oil, Fuel, Vol:82, Issue:11, p:1311-1315.

ELİÇİN, A.K., 2005. Yakıt Olarak Kullanılan Fındık Yağı ile Küçük Güçlü Bir Diesel Motorunun Performans Karakteristiklerinin Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

ERDOĞAN, D., 1991. Bitkisel Yağların Diesel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılması, Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi, 25–27 Eylül, Konya.

ERDOĞAN, D., ONURBAŞ, A., 1994. Küçük Güçlü Bir Dizel Motorunun Yakıt Olarak Kullanılan Bazı Bitkisel Yağlarla Ölçülen Performans Değerleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, Cilt:44, Fasikül no:1-2.

ERDOĞAN, D., MOHAMMED, A.A., 1997. Yakıt Olarak Kullanılan Bazı Bitkisel Yağların Dizel Motor Performanslarına Etkileri, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, 17–19 Eylül, Tokat.

ERGENEMAN, M., ÖZAKTAŞ, T., CIĞIZOĞLU, K.B., KARAOSMANOĞLU, F., ARSLAN, E., 1997. Effect of Some Turkish Vegetable Oil-Diesel Fuel Blends on Exhaust Emission, Energy Sources, 19 (8), p:879-885.

FORT, E.F., BLUMBERG, P.N., 1982. Performance and Durability of a Turbocharged Diesel Fueled With Cottonseed Oil Blends, Vegetable Oil Fuels, Proceedings of the International Conference on Plant and Vegetable Oils as Fuels, ASAE Publication, p:374-383, Michigan.

GEYER, S.M., JACOBUS, M.J., LESTZ,S.S., 1984. Comparison of Diesel Engine Performance and Emssion from Neat and Transesterified Vegetable Oils, Paper No:375, Vol.27, Transactions of the ASAE.

GOERING, C.E., SCHWAB, A.W., DAUGHERTY, M.J., PRYDE, E.H., HEAKIN, A.J., 1982. Fuel Properties of Eleven Vegetable Oils, Transactions of the ASAE, p:1472–1483, USA.

HASSET, D.J., HASAN, R.A., 1982. Sunflower Oil Methyl Ester as a Diesel Fuel, Proceedings of the International Conference on Plant and Vegetable Oils as Fuels, Holiday Inn Fargo North Dakota, Paper no:123, August 2–4.

İŞİĞİGÜR, A., 1992. Türkiye Kökenli Aspir Tohum Yağlarının Transesterifikasyonu ve Diesel Yakıt Alternatifi Olarak Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

KALLIGEROS, S., ZANNIKOS, Z., STOURNAS, S., LOIS, E., ANASTOPOULAR, G., TEAS, C., SAKELLAROULAS, F., 2003. An Investigation of Using Biodiesel / Marine Diesel Blends on the Performance of a Stationary Diesel Engine, Biomass and Bioenergy, Vol:24, p:141-149.

KARABEKTAŞ, M., 2004. Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Biodizel Kullanımının Motor Performansına Etkilerinin İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya.

KARAKUŞ, N., 2000. Yakıt Özelliklerinin Dizel Motor Performansına ve Emisyonlara Etkisi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.

KARAOSMANOĞLU, F., AKSOY, H.A., 1994. Kullanılmış Kızartma Atık Yağının Seyreltme Yöntemi İle Alternatif Yakıt Olarak Değerlendirilmesi, Türkiye 6. Enerji Kongresi, s:461, 17-22 Ekim, İzmir.

KARAOSMANOĞLU, F., CIĞIZOĞLU, K.B., TÜTER, M., 1995. Biyomotorin Uygulamaları, Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt:36, Sayı:431, s:35-39.

KARAOSMANOĞLU, F., KURT, G., ÖZAKTAŞ, T., 2000. Long Term CI Engine Test of Sunflower Oil, Renewable Energy 19(2000), p:219-221.

KARAOSMANOĞLU, F., 2002. Türkiye İçin Çevre Dostu-Yenilenebilir Bir Yakıt Adayı:Biomotorin, Ekojenerasyon Dünyası-Kojenerasyon Dergisi, ICC1 2002 Özel Sayısı, p:50-56, Nisan 2002, İstanbul.

KARAOSMANOĞLU, F., 2004. Biyomotorin ve Türkiye, <http://www.biyomotorin-biodiesel.com/biomoto.html>, Erişim tarihi:23 Aralık 2004.

LANG, X., DALAI, A.K., BAKSHI, N.N., REANEY, M.J., HERTZ, P.B., 2001. Preparation and Characterization of Biodiesels from Various Bio-Oils, Bioresource Technology, Vol:80, p:53-62.

MAZED, M.A., 1994. Test of Vegetable Oil as Fuel in Direct and Indirect Injection Diesel Engine, Ph.D. Thesis, Oklahoma State University.

MCDONELL, K.P., WARD, S.M., TIMONEY, D.J., 1995. Hot Water Degummed Rapeseed Oil as a Fuel for Diesel Engine, Journal of Agricultural Engineering, Vol:60, p:7-14.

OĞUZ, H., 1998. Diesel Yakıtı-Ayçiçek Yağı Karışımlarının Diesel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılma İmkanlarının Araştırılması, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Konya.

OĞUZ, H., 2004. Tarım Kesiminde Yaygın Olarak Kullanılan Dizel Motorlarında Fındık Yağı Biyodizelinin Yakıt Olarak Kullanım İmkanlarının İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Konya.

ÖĞÜT, H., OĞUZ, H., 2002. Biodiesel-Biyomotorin ya da Yeşil Enerji, Ticaret Borsası Dergisi, Yıl:5, Sayı:13, ISSN:1302-0323, s:50-55, Ekim, Konya.

ÖĞÜT, H., OĞUZ, C., OĞUZ, H., ARISOY, H., 2003. Kolzadan Biyodizel Üretiminin Analizi, Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, 3-5 Eylül, Konya.

ÖĞÜT, H., OĞUZ, H., 2006. Üçüncü Milenyumun Yakıtı Biyodizel, Yayın No:745, Nobel Yayın Dağıtım, ISBN: 975-591-730-6.

ÖZAKTAŞ, T., CİĞİZOĞLU, K.B., KARAOSMANOĞLU, F., 1997. Alternative Diesel Fuel Study on Four Different Types of Vegetable Oils of Turkish Origin, Energy Sources, 19 (2), p:173-181.

ÖZÇİMEN, D., KARDAŞLAR, D., ÇULCUOĞLU, E., KARAOSMANOĞLU, F., 2000. Biyomotorin Nedir?, III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Cilt:II, s:615-623, 15-17 Kasım, İstanbul.

ÖZTÜRK, Ö., AKINERDEM, F., ADA, R., 2005. Hammadde Kaynaklarına (Bitkilere) Göre Biyodizel Ekonomisi, Türkiye’de Biyodizel Üretimindeki Mevcut Durum Sorunlar ve Öneriler Çalıştayı, 2 Aralık 2005, Ankara.

PETERSON, C.L., 1986. Vegetable Oil as a Diesel Fuel: Status and Research Priorities, Transactions of the ASAE, p:1413–1422, USA.

PİRELİ, E., 2006. Biodizel ve Dizel Yakıtı İle Çalışan Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Püskürtme Basıncının Performansa Etkisi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilim Uzmanlığı Tezi, Karabük.

PRASAD RAO, G.A., MOHAN, P.R., 2003. Effect of Supercharging on the Performance of DI Diesel Engine with Cotton Seed Oil, Energy Conversion and Management, Vol:44(2003), p:937-944.

RAKOPOULOS, C.D., 1992. Comparative Performance and Emission Studies When Using Olive Oil as a Fuel Supplement in DI and IDI Diesel Engine, Renewable Energy, p:327-331.

RANDY, W.P., HANNA, M.A., SCHINSTOCK, J.L., BASHFORD, L.L., 1983. Soybean Oil in a Small Diesel Engine, Transactions of the ASAE, p:333–337, USA.

SABANCI, A., 1997. Termik Motorlar, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No:45, Adana.

SARAL, A., 1996. Termik Motorlar, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1436, Ankara

SCHLINK, M.L., HANNA, M.A., SCHINSTOCK, J.L., 1988. Soybean and Sunflower Oil Performance in a Diesel Engine, Transactions of the ASAE, Vol:88/31–5, p:1345–1349, USA.

SCHOLL, W.K., SORENSON, S.C., 1993. Combustion of Soybean Oil Methyl Ester in a Direct Injection Diesel Engine, New Developments in Alternative Fuels and Gasoline for SI and CI Engines, SAE Paper, 930934. p:211-223.

ULUSOY, Y., ALİBAŞ, K., 1999. Using Various Vegetable Oil as Alternative Fuel in Diesel Engine, 7th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, p:297-301, 26-27 May, Adana.

ÜLTANIR, M.Ö., 2006. 2005 Yılı Enerji İstatistikleri Değerlendirmesi, Rüzgar Enerjisi ve Su Santralleri İşadamları Derneği, Ankara, <http://www.ressiad.org.tr>.

TAHİR, A.R., LAPP, H.M., BUCHANAN, L.C., 1982. Sunflower Oil as a Fuel for Compression Engines Vegetable Oil Fuels, Proceedings of the International Conference On Plant and Vegetable Oils as Fuels, ASAE Publication, p:82-91, Michigan.

WEIDMANN, K., 1994. Einsatz von Rapsölmethylester in Volkswagen-Fahrzeugen, Emissionen von Pflanzenöl-Kraftstoffen und Ihre Umweltwirkungen, p:68, Januar11, Würzburg.

WOLFENSBERGER, U., 1994. Rapsölmethylester als Treibstoff für Dieselmotoren, Emissionen von Pflanzenöl-Kraftstoffen und Ihre Umweltwirkungen, p:69, Januar11, Würzburg.

YILDIRIM, H.M., GÜRÜ, M., KESKİN, A., ALTIPARMAK, D., 2004. Dizel Motorlarında Fındık Yağı Metil Esterinin Alternatif Yakıt Olarak İncelenmesi, 8. Uluslar Arası Yanma Sempozyumu, 8-9 Eylül, Ankara.

YÜCESU, H.S., ALTIN, R., ÇETİNKAYA, S., 1999. Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Bitkisel Yağ Kullanımının Deneysel İncelenmesi, Turkish Journal of Engineering&Environmental Science, Vol:25, p:39-50.

ÖZGEÇMİŞ

Ankara'da 05.02.1965 tarihinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da sırasıyla Mustafa Kemal İlkokulu, Balgat Ortaokulu ve Ömer Seyfettin Lisesi'nde tamamladı. 1987 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümünden mezun oldu. Yaklaşık üç yıl özel sektörde çalıştıktan sonra, 1990 yılında Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığına bağlı Çankırı Ziraat Üretim İşletmesi ve Ziraat Meslek Lisesi Müdürlüğünde göreve başladı. Bu kuruluşta görev yaptığı altı yıl süre zarfında, iki yıl hayvancılık şubesinde mühendis olarak, dört yıl Makina Şube Şefi olarak çalıştı. 1996 yılında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğüne mühendis olarak atandı. Halen aynı Genel Müdürlük bünyesindeki Bitki Besleme Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Daire Başkanlığında görev yapmaktadır. Evli ve iki çocuk babası olan Haluk EMİROĞLU İngilizce bilmektedir.