

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
DENİZCİLİK İŞLETMELERİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
DENİZCİLİK İŞLETMELERİ YÖNETİMİ PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

GEMİ MAKİNELERİ İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ
EKONOMİSİ: ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI
İÇİN KARŞILAŞTIRMALI MALİYET ANALİZİ

Mustafa NURAN

Danışman
Prof. Dr. A. Güldem CERİT

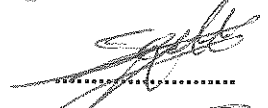
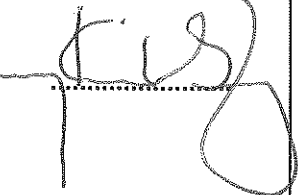
İZMİR-2014

DOKTORA
TEZ ONAY SAYFASI

2010800727

Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Adı ve Soyadı : MUSTAFA NURAN
Tez Başlığı : Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Ekonomisi: Alternatif Enerji Kaynakları İçin Karşılaştırmalı Maliyet Analizi
Savunma Tarihi : 15.12.2014
Danışmanı : Prof.Dr.A.Güldem CERİT

JÜRİ ÜYELERİ

<u>Ünvanı, Adı, Soyadı</u>	<u>Üniversitesi</u>	<u>İmza</u>
Prof.Dr.A.Güldem CERİT	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	
Doç.Dr.Serhan TANYEL	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	
Yrd.Doç.Dr.Seçil VARAN	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	
Doç.Dr.Mehmet ÇEVİK	CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ	
Prof.Dr.Osman Kamil SAĞ	PIRİ REİS ÜNİVERSİTESİ	

Oybirliği (X)

Oy Çokluğu ()

MUSTAFA NURAN tarafından hazırlanmış ve sunulmuş "Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Ekonomisi: Alternatif Enerji Kaynakları İçin Karşılaştırmalı Maliyet Analizi"başlıklı tezi kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Utku UTKULU
Enstitü Müdürü

YEMİN METNİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Ekonomisi: Alternatif Enerji Kaynakları İçin Karşılaştırmalı Maliyet Analizi” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

...../...../.....

Mustafa NURAN

ÖZET
Doktora Tezi
Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği : Alternatif Enerji
Kaynakları İçin Karşılaştırmalı Maliyet Analizi
Mustafa Nuran

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Anabilim Dalı
Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Programı

IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü) 2005 yılından itibaren gemi kaynaklı sera gazlarının olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla, kademeli olarak uygulanacak bir dizi düzenlemeyi yürürlüğe koymuştur. Bu süreçten en çok deniz yolu ulaştırması alanında kullanılan yakıtlar etkilenmiş ve gemi işletmecilerini yeni düzenlemelere uyumlu alternatif yakıt arayışlarına yönlendirmiştir. Biyodizelin deniz yakıtı olarak kullanılmaya uygun alternatif enerji kaynakları içerisinde ön plana çıktığı görülmektedir.

Bu tez çalışmasında biyodizelin gemi yardımcı dizel makinelerinde yakıt olarak kullanılmasının uygunluğu araştırılmıştır. Biyodizelin geleneksel dizel yakıtla karşılaştırmalı bir maliyet analizi gerçekleştirilmiş, sonrasında ulaşılan sonuçlardan faydalanarak yapılacak keşifsel araştırmalarla sürecin değişkenlerinin nitel olarak saptanması ve bu değişkenlerin uygulamadaki rolünün tanımlayıcı araştırmalarla nicel olarak karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada gemi makineleri işletme mühendisliği, ilgili maliyet kavramları dünyanın ve Türkiye'nin enerji görünümü açıklanarak, biyodizelin yakıt özellikleri, üretim süreçleri ve dünyada biyodizel uygulamaları değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında 2002-2013 yılları arasında Türk deniz ticaret filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak petrol türevi dizel ve biyodizel yakıt kullanıldığında oluşan maliyetler hesaplanmış ve geleceğe ilişkin

öngörölmemeler yapılmıştır. Elde edilen bulgular ve keşifsel araştırma sonuçları ışığında hazırlanan veri formu kullanılarak bir saha araştırması tasarlanmış ve gemilerde başmühendislerin biyodizel kullanımına ilişkin algıları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Başmühendislerin algılarındaki farklılığı analiz etmek için görev, yaş, başmühendislik süresi ve deniz tecrübesine göre 4 adet hipotez oluşturulmuştur. Analiz bulguları başmühendislerin algılarında farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : Biyodizel, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği, Maliyet Analizi, Başmühendis

ABSTRACT
Doctoral Thesis
Doctor of Philosophy (PhD)
Marine Engineering Economics: A Cost Comaparative
Analysis For The Alternative Energy Sources
Mustafa NURAN

Dokuz Eylül University
Graduate School of Social Sciences
Department of Maritime Business Administration
Maritime Business Administration Program

Since 2005, new regulations of IMO (International Maritime Organization) entered into force to reduce the greenhouse gas emissions from shipping. Usage of marine fuel oils in maritime transportation has been affected by these regulations and shipping companies are forced to consider alternative fuels in compliance with the new regulations. Among the alternative fuel sources biodiesel has been regarded as a potential marine fuel.

In this study compatibility of biodiesel as a marine fuel in ship diesel generators is investigated. A cost comparative analysis of biodiesel with the conventional diesel fuel is carried out, the results are used to assess the quantitative variables of the process by the exploratory studies and comparative analysis are realized to define the role of these variables by descriptive studies.

Marine engineering economics related costs are described. Global and Turkey's energy outlook is explained and fuel properties, production processes of biodiesel and main biodiesel producing countries are assessed. In cost analysis part of the research, fuel cost is computed for the case of the diesel generators and boilers according to their diesel fuel and biodiesel consumptions for dry bulk, general cargo and tanker vessels in the Turkish maritime fleet between 2002-2013 and a forecasting for the fuel costs is realized. The findings

of the cost analysis and the exploratory research are used as the variables of a field study among chief engineers to assess their perceptions about the biodiesel consumption comparatively.

Four hypotheses are generated according to chief engineer's duty, age, chief engineer experience and sea experience. The findings show there are meaningful differences in chief engineers' perceptions according to the chief engineer's duty, age, chief engineer experience and sea experience.

Key Words : Biodiesel, Marine Engineering, Cost Analysis, Chief Engineers

**GEMİ MAKİNELERİ İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ EKONOMİSİ:
ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI İÇİN KARŞILAŞTIRMALI
MALİYET ANALİZİ**

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xv
TABLolar LİSTESİ	xviii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xx
EKLER LİSTESİ	xxiv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

GEMİ MAKİNELERİ İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ EKONOMİSİ

1.1. GEMİ İŞLETMECİLİĞİ	1
1.2. GEMİ İŞLETMECİLİĞİ YÖNTEMLERİ	2
1.3. MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ	3
1.4. GEMİ MAKİNELERİ İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ EKONOMİSİ	6
1.5. GEMİ MAKİNE DAİRESİ İŞLETME MALİYETLERİ	8
1.5.1. Bakım ve Onarım Maliyetleri	10
1.5.2. Yakıt Maliyeti	12
1.5.3. Personel Maliyetleri	14
1.5.4. Yağlama Yağı Maliyetleri	16
1.6. GEMİ PERFORMANS KRİTERLERİ	18
1.7. GEMİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ	20

İKİNCİ BÖLÜM

DÜNYADA VE TÜRKİYEDE ENERJİ İHTİYACI

2.1. ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİNİN ÖNEMİ	22
2.2. ENERJİ KAYNAKLARININ SINIFLANDIRILMASI	25
2.2.1. Kullanılabilirliğe Göre Sınıflandırma	26
2.2.2. Dönüştürülebilirliğe Göre Sınıflandırma	26
2.3. DÜNYA ENERJİ GÖRÜNÜMÜ	26
2.3.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	29
2.3.1.1. Petrol	29
2.3.1.2. Doğal Gaz	32
2.3.1.3. Kömür	37
2.3.2. Yenilenebilir Enerji	40
2.3.3. Nükleer Enerji	43
2.4. TÜRKİYE’NİN ENERJİ GÖRÜNÜMÜ	44
2.4.1. Türkiye’nin Kömür Profili	48
2.4.1.1. Türkiye’nin Kömür Rezervleri	48
2.4.1.2. Türkiye’nin Kömür Üretimi ve Tüketimi	49
2.4.1.3. Türkiye’nin Kömür Ticareti	51
2.4.2. Türkiye’nin Doğalgaz Profili	51
2.4.2.1. Türkiye’nin Doğalgaz Rezervleri	52
2.4.2.2. Türkiye’nin Doğalgaz Üretim ve Tüketimi	53
2.4.2.3. Türkiye’nin Doğalgaz Ticareti	53
2.4.3. Türkiye’nin Petrol Profili	54
2.4.3.1. Türkiye’nin Petrol Rezervleri	55
2.4.3.2. Türkiye’nin Petrol Üretimi ve Tüketimi	55
2.4.3.3. Türkiye’nin Petrol Ticareti	56
2.4.4. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Profili	56
2.5. DENİZCİLİK SEKTÖRÜNDE KULLANILAN YAKITLAR	58
2.5.1. Petrol Türevi Yakıtlar	62
2.5.2. Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG)	67
2.5.3. Biyoyakıtlar	70

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİYODİZEL

3.1. BİYODİZELİN ÖZELLİKLERİ	71
3.1.1. Biyodizelin Tarihçesi	75
3.1.2. Biyodizelin Yakıt Özellikleri	76
3.1.2.1. Parlama Noktası	76
3.1.2.2. Isıl Değer	76
3.1.2.3. Viskozite	77
3.1.2.4. Setan Sayısı	79
3.1.2.5. Kararlılık	81
3.1.2.6. Biyobozunabilirlik	81
3.1.2.7. Toksik Etki	81
3.1.2.8. Yoğunluk	82
3.1.2.9. Soğuk Akış Özellikleri	83
3.1.2.10. Karbon Artığı	85
3.1.2.11. Biyodizelin Yağlama Özelliği	85
3.1.3. Biyodizelin Çevresel Özellikleri	85
3.1.4. Motor Yakıtı Olarak Biyodizel	88
3.2. BİYODİZEL ÜRETİM YÖNTEMLERİ	90
3.2.1. Seyreltme (İnceltme)	92
3.2.2. Mikro-emülsiyon	92
3.2.3. Piroliz	92
3.2.4. Karşılıklı Esterleşme	94
3.2.5. Serbest Yağ Asidi ve Su İçeriğinin Etkileri	96
3.2.6. Katalizör Tipinin Etkileri	97
3.2.7. Alkolün Etkileri	98
3.3. BİYODİZEL ÜRETİMİNDE KULLANILAN BAŞLICA KAYNAKLAR	100
3.3.1. Karar Verme Süreci	101
3.3.2. Hint Fıstığı	102
3.3.3. Soya	103

3.3.4. Palmiye	104
3.3.5. Algler	105
3.3.6. Atık Yağlar	107
3.4. DÜNYADA BİYODİZEL ÜRETİMİ VE UYGULAMALARI	108
3.4.1. Avrupa Birliği	112
3.4.2. Brezilya	113
3.4.3. A.B.D	115
3.4.4. Arjantin	115
3.4.5. Türkiye	117
3.5. BİYODİZELİN EKONOMİK ETKİSİ	118
3.5.1. Biyodizelin Ülke Ekonomisi ve İstihdama Etkisi	118
3.5.2. Biyodizelin Toprak Kullanımı ve İstihdama Etkisi	119
3.6. LİTERATÜR TARAMASI	121
3.6.1. Biyodizel Özellikleri ve Üretimi Literatür Taraması	121

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

GEMİ MAKİNELERİ İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ: ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI İÇİN KARŞILAŞTIRMALI MALİYET ANALİZİ

4.1. ARAŞTIRMANIN KONUSU	132
4.2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE KAPSAMI	133
4.3. ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ	134
4.3.1. Araştırmanın Modeli ve Süreçleri	134
4.3.2. Araştırmanın Hipotezleri	134
4.3.3. Keşifsel Araştırma: Maliyet Analizleri	138
4.3.3.1. Maliyet Analizleri Araştırmasının Amacı	138
4.3.3.2. Literatür Taraması	138
4.3.3.3. Öngörümleme Yöntemleri	141
4.3.3.3.1. Niteliksel Öngörümleme Yöntemleri	142
4.3.3.3.2. Niceliksel Öngörümleme Yöntemleri	142
4.3.3.3.3. Zaman Serileri	143

4.3.3.3.4. Regresyon Analizi	145
4.3.3.3.5. En Küçük Kareler (E.K.K.) Yöntemi	146
4.3.3.4. Maliyet Analizleri Araştırmasının Modeli	147
4.3.3.4.1. Bağımlı Değişkenler	148
4.3.3.4.2. Bağımsız Değişkenler	152
4.3.3.4.3. Niteliksel Öngörümleme Yöntemleri	152
4.3.3.5. En Küçük Kareler Yöntemi (E.K.K.) İle Regresyon Analizi	152
Sonuçları	
4.3.3.6. Regresyon Analizi Öngörümleme Sonuçları	154
4.3.3.7. Maliyet Analizleri Araştırmasının Bulguları	160
4.3.4. Keşifsel Araştırma: Uzman Görüşleri	160
4.3.4.1. Veri Toplama Aracının Oluşturulması	161
4.3.4.2. Uzmanların Seçimi ve Örneklem	161
4.3.4.3. Uzman Görüşleri Analizleri	162
4.3.4.4. Uzman Görüşü Yorumları	165
4.3.5. Yazın Taraması ve Keşifsel Araştırmalar Genel Bulguları	166
4.3.6. Tanımlayıcı Araştırma: Saha Araştırması	169
4.3.6.1. Saha Araştırması için Veri Toplama Aracının Oluşturulması	169
4.3.6.2. Saha Araştırması Örneklemi ve Veri Toplama Süreci	171
4.3.6.3. Saha Araştırmasından Elde Edilen Veri ve Bilgilerin	172
Analize Hazırlanması ve Analiz Yöntemleri	
4.3.6.3.1. Güvenilirlik Analizi	172
4.3.6.3.2. Profil Özelliklerine İlişkin Analiz ve Bulgular	173
4.3.6.3.3. Yardımcı Gemi Makinelerinde Yakıt Olarak	177
Biyodizelin Tercihini Etkileyen Değişkenlere	
İlişkin Bulgular	
4.3.6.3.3.1. Operasyonel Değişkenlerin Etkilerine	177
İlişkin Bulgular	
4.3.6.3.3.2. Mevzuat Değişkenlerinin Etkilerine	178
İlişkin Bulgular	
4.3.6.3.3.3. Ekonomik Değişkenlerinin Etkilerine	179
İlişkin Bulgular	

4.3.6.3.3.4. Çevre Değişkenlerinin Etkilerine İlişkin Bulgular	180
4.3.6.3.4. Yardımcı Gemi Makinelerinde Yakıt Olarak Biyodizelin Tercihini Etkileyen Etkenlere İlişkin Karşılaştırmalı Analizler: Hipotez Testleri	181
4.3.6.3.4.1. Başmühendislerin Yardımcı Gemi Makinelerinde Yakıt Olarak Biyodizelin Tercihini Etkileyen Değişkenler Konusundaki Algılarının Görevlerine Göre Karşılaştırılması	183
4.3.6.3.4.2. Başmühendislerin Yardımcı Gemi Makinelerinde Yakıt Olarak Biyodizelin Tercihini Etkileyen Değişkenler Konusundaki Algılarının Yaşlarına Göre Karşılaştırılması	188
4.3.6.3.4.3. Başmühendislerin Yardımcı Gemi Makinelerinde Yakıt Olarak Biyodizelin Tercihini Etkileyen Değişkenler Konusundaki Algılarının Toplam Deniz Tecrübelerine Göre Karşılaştırılması	192
4.3.6.3.4.4. Başmühendislerin Yardımcı Gemi Makinelerinde Yakıt Olarak Biyodizelin Tercihini Etkileyen Değişkenler Konusundaki Algılarının Başmühendislik Hizmet Sürelerine Göre Karşılaştırılması	197
4.3.7. Saha Araştırması Bulgularının Değerlendirilmesi	201
4.4. ARAŞTIRMA BULGULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	204

SONUÇ	205
KAYNAKÇA	211
EKLER	

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ASTM	American Society for Testing Materials (Amerikan Malzeme Test Birliği)
CO	Karbon monoksit
CO₂	Karbon Dioksit
ECA	Emission Control Area (Emisyon Kontrol Bölgesi)
EEDI	Energy Efficiency Design Index (Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi)
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
IEA	International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
ILO	International Labour Organization (Uluslararası Çalışma Örgütü)
IMO	International Maritime Organization (Uluslararası Denizcilik Örgütü)
ISO	International Standards for Organization (Uluslararası Standartlar Örgütü)
kWh	kilo Watt hour (kilovat saat)
LNG	Liquified Natural Gas (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz)
LPG	Liquified Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)
MARPOL	Marine Pollution (Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslar arası Sözleşmesi)
MDO	Marine Diesel Oil (Gemi Dizel Yakıtı)

MEPC	Marine Enviroment Protection Committee (Deniz Çevre Koruma Komitesi)
MGO	Marine Gas Oil (Gemi Gaz Yakıtı)
MLC	Maritime Labour Convention (Denzicilik Çalışma Sözleşmesi)
mToe	Milyon Ton
NO_x	Nitrojen Oksit
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries (Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü)
SECA	Sulphur Emission Control Area (Sülfür Emisyon Kontrol Bölgesi)
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan (Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı)
Sm³	Standart Metre Küp
SOLAS	Safety of Life At Sea (Denizde Can Güvenliği Uluslararası Sözleşmesi)
SO_x	Sülfür Oksit
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TTK	Türkiye Taşkömürü Kurumu
TWh	Tera Watt hour (Teravat saat)

ULCC Ultra Large Crude Carrier (Ultra Büyük Ham Petrol Tankeri)

v/g Varil/Gün

VLCC Very Large Crude Carrier (Çok Büyük Ham Petrol Tankeri)

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1: Örnek Gemiler İçin Yağ Harcamı Oranları (g/bhp/h)	s. 18
Tablo 2: Gemi Tiplerine Göre Yakıt Katsayıları ve Admiralti Sabiti	s. 19
Tablo 3: Dünya Toplam Birincil Enerji Kaynakları ve 2035 Projeksiyonu	s. 29
Tablo 4: Bölgeler İtibariyle Dünya Petrol Rezervleri	s. 30
Tablo 5: Dünya Petrol Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı, v/g	s. 31
Tablo 6: Bölgelere Göre Dünya Petrol Üretimi, v/g	s. 32
Tablo 7: Dünya Doğal Gaz Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı, 2013	s. 33
Tablo 8: Dünya Doğal Gaz Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı, 2013	s. 34
Tablo 9: Dünya Doğal Gaz Üretiminin Bölgelere Göre Dağılımı (milyar m ³), 2008-2013	s. 35
Tablo 10: Dünya Doğal Gaz Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı (milyar m ³), 2008-2013	s. 36
Tablo 11: Dünya Doğal Gaz Tüketiminin Ülkelere Göre Dağılımı (milyar metreküp), 2013	s. 37
Tablo 12: Dünya Kömür Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı (milyar ton), 2013	s. 38
Tablo 13: Dünya Kömür Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı (milyar ton), 2013	s. 39
Tablo 14: Dünya Kömür Üretiminin Bölgelere Göre Dağılımı (milyon tep), 2008-2013	s. 40
Tablo 15: Kıyı Dünya Yenilenebilir Elektrik Kapasite Tahmini (GW)	s. 43
Tablo 16: Türkiye Enerji Verileri, 2009-2011	s. 47
Tablo 17: TTK Ruhsatlı Kömür Sahalarına Ait Rezervler, 2012	s. 49
Tablo 18: Havza Taşkömürü Üretimi (ton), 2000-2012	s. 50
Tablo 19: Türkiye Taşkömürü Üretim Tüketim ve İthalat Dengesi, 1000 ton	s. 51
Tablo 20: Türkiye Doğal Gaz Rezervleri, m ³ , 2012	s. 52
Tablo 21: Ulusal Doğal Gaz Tüketim Değerleri (Sm ³)	s. 53
Tablo 22: Doğal Gaz İhracat Miktarları, (milyon sm ³), 2007-2013	s. 54
Tablo 23: Doğal Gaz İthalat Miktarları (milyon sm ³), 2005-2012	s. 54
Tablo 24: En Büyük Paya Sahip Yedi Ülkeye Göre Ham Petrol İthalat	s. 56

Miktarları, milyon varil

Tablo 25: Türkiye Yenilenebilir Enerji İstatistikleri	s. 57
Tablo 26: MARPOL Bölüm VI. NO _x Emisyon Sınırlamaları	s. 59
Tablo 27: Farklı Tiplerde Yakıtların ve Bunları Kullanan Makinelerin MARPOL Bölüm VI. Kurallarına Uyum Sağlamaları İçin Gerekli Maliyetler ve Performansları	s. 61
Tablo 28: Deniz Yakıtları	s. 63
Tablo 29: Denizcilikle İlgili Damıtık Yakıtlar İçin Özellikler ve Gerekler	s. 64
Tablo 30: Artık Yakıtlar	s. 65
Tablo 31: Biyodizelin ASTM Koda Göre Özellikleri	s. 72
Tablo 32: No:2 Dizel Yakıtı ile Biyodizel Yakıtının Özelliklerinin Karşılaştırılması	s. 74
Tablo 33: Standart Parlama Noktası Değeri, Min °C	s. 76
Tablo 34: Uluslararası Standartlardaki Viskozite Değerleri (mm ² /sn)	s. 78
Tablo 35: Standart Setan Sayısı Değerleri (Min.)	s. 80
Tablo 36: Uluslararası Standartlardaki Yoğunluk Değerleri (kg/m ³)	s. 82
Tablo 37: Hammaddelerine Göre Biyodizelin Viskozite, Yoğunluk ve Parlama Noktası Değerleri	s. 83
Tablo 38: Biyodizelin Motor Yakıtı Olarak Avantaj ve Dezavantajları	s. 89
Tablo 39: Biyodizel Üretim Yöntemlerinin Avantaj ve Dezavantajları	s. 91
Tablo 40: Biyodizel Üretiminde Katalizör Türlerinin Avantaj ve Dezavantajları	s.99
Tablo 41: Çeşitli Yağların Sabunlaşma ve İyodin Değerleri	s. 100
Tablo 42: Dünya Biyodizel Üretim Tahmini (Milyar Litre), 2013-2023	s. 110
Tablo 43: Başlıca Biyodizel Kullanıcısı Ülkeler (Milyar Litre), 2013-2023	s. 111
Tablo 44: Biyodizel Üretim Fiyatları ve 10 Yıllık Projeksiyon (ton/yerel kur)	s. 111
Tablo 45: Avrupa Birliği Biyodizel Verileri	s. 113
Tablo 46: Brezilya Biyodizel Verileri	s. 115
Tablo 47: Arjantin Biyodizel Verileri	s. 116
Tablo 48: EPDK Tarafından Belirlenen Mecburi Biyoyakıt Karıştırma Oranları (%)	s. 118
Tablo 49: Biyodizel Özellikleri ve Üretim Literatür Taraması	s. 126

Tablo 50: Biyodizel Özellikleri ve Maliyetleri Literatür Taraması	s. 131
Tablo 51: Araştırma Aşamalarının Amaçları, Yöntemleri, Veri Analizleri ve Örneklemeleri	s. 137
Tablo 52: Regresyon Yöntemi Kullanarak Gelecekteki Enerji ve Yakıt Talebini Öngörülme Çalışmalarının Literatür Taraması	s. 138
Tablo 53: Bağımlı Değişkenler Tablosu	s. 148
Tablo 54: Bağımsız Değişkenler	s. 152
Tablo 55: Regresyon Analizi Sonuçları (GSYİH-Nüfus-İhracat)	s. 153
Tablo 56: Regresyon Analizi Sonuçları (Nüfus)	s. 153
Tablo 57: Regresyon Analizi Sonuçları (Nüfus-İhracat)	s. 154
Tablo 58: Regresyon Analizi Sonuçları (Zaman)	s. 154
Tablo 59: Uzman Profil ve İletişim Bilgileri	s. 162
Tablo 60: Uzman Görüşleri Operasyonel Etkiler Sonuçları Özet Tablosu	s. 163
Tablo 61: Uzman Görüşleri Mevzuat Etkileri Sonuçları Özet Tablosu	s. 164
Tablo 62: Uzman Görüşleri Ekonomik Etkiler Sonuçları Özet Tablosu	s. 164
Tablo 63: Uzman Görüşleri Çevresel Etkiler Sonuçları Özet Tablosu	s. 165
Tablo 64: Cronbach Alpha (α) değeri Güvenilirlik Aralığı	s. 172
Tablo 65: Ölçeklerin Güvenilirlik Analizleri (Cronbach Alfa)	s. 173
Tablo 66: Araştırmaya Katılan Başmühendislerin Yaş Profili	s. 174
Tablo 67: Araştırmaya Katılan Başmühendislerin Eğitim Durumu	s. 175
Tablo 68: Araştırmaya Katılan Başmühendislerin Toplam Deniz Tecrübesi	s. 175
Tablo 69: Araştırmaya Katılan Başmühendislerin Toplam Başmühendislik Süresi	s. 176
Tablo 70: Genelde Çalışılmış Olan Gemi Tipleri	s. 176
Tablo 71: Şu An Çalışılan Gemi Tipi	s. 177
Tablo 72: Operasyonel Değişkenlerin Etkilerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler	s. 178
Tablo 73: Operasyonel Değişkenlerin Etkilerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler	s. 178
Tablo 74: Ekonomik Değişkenlerin Etkilerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler	s. 180
Tablo 75: Çevre Değişkenlerinin Etkilerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler	s. 180
Tablo 76: Saha Araştırmasının Ana ve Alt Hipotezleri	s. 182
Tablo 77: Saha Araştırmasının Ana ve Alt Hipotezleri, H_1	s. 185
Tablo 78: Saha Araştırmasının Ana ve Alt Hipotezleri, H_2	s. 189

Tablo 79: Saha Araştırmasının Ana ve Alt Hipotezleri, H ₃	s. 194
Tablo 80: Saha Araştırmasının Ana ve Alt Hipotezleri, H ₄	s. 198
Tablo 81: Ana Hipotezlerde Desteklenen Tüm Alt Hipotezler	s. 202

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1:	Karar Verme Sürecinin Matematiksel Modelinin Şematik Çizimi	s. 5
Şekil 2:	Gemi Tiplerine Göre Operasyonel Maliyetlerdeki Yıllar İçindeki Değişim	s. 7
Şekil 3:	Yıllara Göre Yedek Parça ve Diğer Bakım Maliyetleri	s. 11
Şekil 4:	Gemi Personel Maliyetlerindeki Yıllar İçindeki Değişim	s. 15
Şekil 5:	Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	s. 25
Şekil 6:	2035 Yılı Küresel Birincil Enerji Talebi	s. 27
Şekil 7:	Dünya Birincil Enerji Arzında Kaynakların Payı 2013	s. 28
Şekil 8:	Küresel Petrol Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı	s. 31
Şekil 9:	Dünya Yenilenebilir Enerjilerin Toplam Arz İçindeki Payı, 2013	s. 42
Şekil 10:	Türkiye Birincil Enerji Üretiminin Kaynaklar Temelinde Dağılımı	s. 46
Şekil 11:	ETKB Elektrik Talep Tahmini	s. 48
Şekil 12:	Türkiye'nin Ham Petrol Arzı ve Yerli Üretim Oranları (varil/gün)	s. 56
Şekil 13:	Deniz Yakıtları Sülfür İçeriği Sınırlamaları	s. 58
Şekil 14:	Güncel ECA Bölgeleri ve Potansiyel ECA Bölgeleri	s. 60
Şekil 15:	Gemi Makine Dairesi Yakıt Devre Şeması	s. 66
Şekil 16:	LNG Yakıtlı Geminin Makine Yerleşim Düzeni	s. 67
Şekil 17:	2011-2035 yılları arasında Artık Yakıt, Damıtık Yakıt ve Doğal Gaz Fiyat Projeksiyonu	s. 68
Şekil 18:	Gliserin ve Yağ Asidinden Triglicerit Oluşumu	s. 90
Şekil 19:	Triglicerit ve Alkolden Biyodizel Eldesi	s. 94
Şekil 20:	Karşılıklı Esterleşmenin Basamakları	s. 96
Şekil 21:	2003-2013 Yılları Arasında Dünya Biyodizel Üretimi, Milyon Ton	s. 109
Şekil 22:	Araştırmanın Kavramsal Modeli	s. 136
Şekil 23:	Niceliksel Öngörülme Yöntemlerinin Sınıflandırılması	s. 143
Şekil 24:	Dünya Deniz Ticaret Filosu Yıllık Bazda Yakıt Harcam Tahminleri	s. 150
Şekil 25:	Dizel Yakıt Maliyeti İçin Zaman Değişkenine Bağlı Olarak Yapılan Öngörümleme	s. 155
Şekil 26:	Biyodizel Yakıt Maliyeti İçin Zaman Değişkenine Bağlı Olarak Yapılan Öngörümleme	s. 156

Şekil 27: Dizel Yakıt Maliyeti İçin Nüfus-İhracat Değişkenlerine Bağlı Olarak Yapılan Öngörümle	s. 157
Şekil 28: Biyodizel Yakıt Maliyeti İçin Nüfus Değişkenine Bağlı Olarak Yapılan Öngörümleme	s. 158
Şekil 29: Biyodizel-Dizel Yakıt Maliyetleri İçin Nüfus-İhracat Değişkenine Bağlı Olarak Yapılan Öngörümleme Karşılaştırması	s. 159
Şekil 30: Biyodizel-Dizel Yakıt Maliyetleri İçin Nüfus-İhracat Değişkenine Bağlı Olarak Yapılan Öngörümleme Karşılaştırması	s. 159
Şekil 31: Değişkenlerin Tespit Edilme Süreçleri	s. 167

EKLER LİSTESİ

Ek 1: Yakıt Harcam Envanteri	ek s.1
Ek 2: Karşılaştırmalı Maliyet Analizinde Kullanılan Veriler	ek s.5
Ek 3: Uzman Görüşü Formu	ek s.20
Ek 4: Başmühendisler İçin Anket Formu	ek s.23

GİRİŞ

Enerji, farklı kaynaklardan elde edilse de insanoğlu var olduğundan beri, onun hayatında çok önemli bir yer tutuyor. Enerji kavramı insan hayatının temel ihtiyaçlarının karşılanmasında en büyük paya sahip olduğu gibi, ülkelerin de sosyal ve ekonomik açılardan büyümesini sağlayan en temel etkenlerin başında gelir. Gelişen teknolojiler ile artan kentleşme, sanayileşme ve yükselen yaşam standartları enerjiye olan talebi arttırmaktadır. Ülkeler mevcut kaynaklarını doğru şekilde kullanmaya çalışırken aynı zamanda iklim koşullarına ve gelişmişlik düzeylerine bağlı olarak yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik araştırma ve uygulama çalışmalarını arttırmışlardır.

Enerjiye en çok ihtiyaç duyan sektörlerden birisi de deniz taşımacılığı sektörüdür. Deniz ticaretinin ahşap tekneler üzerinde başlayan serüveni, yüz yıllar içerisinde önce buhar makineli gemilere sonra da petrolün bulunması ile dizel makinelere dönüşmüştür. Deniz yakıtı olarak petrol ürünleri, yıllar boyunca vazgeçilmez tek enerji kaynağı olmuştur. Gemi işletmecisi şirketler için yakıt en önemli konulardan biridir çünkü toplam işletme maliyetlerinin içerisinde yakıt en büyük paya sahiptir. Yakıt maliyetlerinin düşürülmesi gemi işletmecisi firmalara taşımacılık pazarında rekabet üstünlüğü sağlamaktadır.

Ancak petrol yenilenebilir bir enerji kaynağı değildir, bir gün tükenecektir. Ayrıca IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü)'nün 2005 yılından itibaren kademeli olarak yürürlüğe koyduğu bir dizi düzenleme ile, onlarca yıl boyunca gemilerde kullanılan petrol ürünlerine de sınırlamalar getirmektedir. Hem yakıt çeşitleri, hem de kullanılan bölgeyle ilgili bu sınırlamalar sonucunda daha rafine ve havayı daha az kirleten petrol türevi yakıtlar kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Bunun sonucunda gemi işletme maliyetleri yükselmiş ve yükselen maliyetler gemi işletmelerini petrol türevi yakıtlara alternatifler aramaya itmiştir.

Bu süreçten en çok denizyolu ulaştırması alanında kullanılan yakıtlar etkilenmiş ve gemi işletmecilerini yeni düzenlemelere uyumlu alternatif yakıt arayışlarına yönlendirmiştir. Alternatif enerjiler bir çok alanda olduğu gibi gemi işletmecisi şirketlerin de ilgisini çekmektedir. Biyodizel diğer tüm alternatif enerjiler arasında gemide kullanılmaya en hazırı olarak göze çarpmaktadır.

Tez çalışmasının birinci bölümünde gemi makineleri işletme mühendisliği, ilgili maliyet kavramları açıklanmıştır. İkinci bölümde dünyanın ve Türkiye'nin enerji görünümü değerlendirilmektedir. Biyodizelin yakıt özellikleri, üretim süreçleri ve dünyada biyodizel uygulamaları üçüncü bölümde anlatılmıştır. Dördüncü bölümde 2002-2013 yılları arasında Türk deniz ticaret filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak petrol türevi dizel ve biyodizel yakıt kullanıldığında oluşan maliyetler hesaplanmış ve geleceğe ilişkin öngörülmemeler yapılmıştır. Elde edilen bulgular ve keşifsel araştırma sonuçları ışığında hazırlanan veri formu kullanılarak bir saha araştırması tasarlanmış ve gemilerde başmühendislerin biyodizel kullanımına ilişkin algıları karşılıklı olarak analiz edilmiştir. Sonuç bölümünde ise araştırma sonucunda ulaşılan noktalar tartışılmış, çalışmanın kısıtları ve sonraki çalışmalar için öneriler belirtilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

GEMİ MAKİNELERİ İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ EKONOMİSİ

1.1. GEMİ İŞLETMECİLİĞİ

Denizcilik dünyanın uluslararası endüstrilerinden birisidir ve deniz ticareti bir anlamda dünyadaki ekonomik hareketlerin bir yansımasıdır. Dünya ticaretinin uluslararası özelliği arttıkça, denizcilik endüstrisi de ticaretin büyümesine sıra dışı bir katkı yapmıştır. Dünyanın ulusal sistemlerden, bugünkü küresel ekonomiye geçişin de denizcilik önemli itici güçlerden birini oluşturmuştur (Stopford, 1997).

Gemi işletmek için bir çok değişik yöntem kullanılır. Artan mevzuat sebebiyle değişen denizcilik endüstrisinin talepleriyle birlikte, az sayıda gemisi olan şirketler için gemi işletmek gittikçe zorlaşmaktadır. Küreselleşmede ulaşılan boyutlar nedeniyle bilinen gemi kalıplarında ve işletmeciliğinde çok büyük değişiklikler olmuş ve ölçek ekonomisi en önemli konu haline gelmiştir. Günümüz denizciliğinde personel sayısı, yakıt, sigorta ve işletme maliyetlerinde tasarrufla sonuçlanan her şey, ölçek ekonomisinin bir parçasıdır. Bu gelişmeler denizcilikte çok sayıda gemisi olan gemi işletmelerinin yükselişi ile beraber gemi işletmeciliği de rekabetçi bir fiyatla değişik alternatifler üretmek üzerine yoğunlaştı (Dickie, 2014).

Denizcilik şirketleri her zaman karlılığı yüksek gemileri işletmek isterler. Denizcilik piyasası mekanizmalarının en temel görevlerinden biri değişen kalıplardaki yük akışları için optimal gemileri en az maliyetle eşleştirmektir. Denizcilik piyasasının arz tarafını maliyet ve ölçek ekonomisi belirler. Deniz taşımacılığının ekonomik yönü birim maliyet fonksiyonu ile açıklanabilir (Stopford, 1997);

$$\text{Birim Maliyet} = \frac{LC + OPEX + CH}{PS}$$

Birim yükün bir gemide taşınma maliyeti, o geminin sermaye maliyeti (LC), hizmet hayatı boyunca işletme maliyetleri (OPEX), yükün elleçlenme maliyetinin taşıyabileceği yük tonajına bölünmesi ile elde edilir (Stopford, 1997).

Denizcilikte diğer endüstrilerde olduğu gibi, yatırımın geri dönüşü (ROI) işletmeye ödenen hizmet bedelleri sayesinde olur. Bu genellikle net kar şeklinde isimlendirilir ve amortisman bedeli düşüldükten sonra sermayeye bölünür. Bununla birlikte gemi sahipleri hem yükün taşımacılığını yaparak hem de gemi alıp satarak kar elde edebilirler bu yüzden ekonomik bir bakış açısıyla sermaye dönüşü aşağıdaki formülle açıklanabilir (Stopford, 1997):

$$ROI = \frac{(R_1 - DP_1) + (MV_1 - MV_0)}{MV_0} = \frac{\text{Ticari Kar} + \text{Varlıklar}}{\text{Filo Değeri}}$$

Formülde R yatırım periyodu sırasında ticari nakit giderleri, DP geminin amortisman değerini, MV filodaki gemilerin toplam pazar değerini temsil eder (Stopford, 1997).

1.2. GEMİ İŞLETMECİLİĞİ YÖNTEMLERİ

Gemi işletmeciliğinin üç temel yöntemi bulunmaktadır. Bunlar geleneksel işletme, dış kaynak kullanımı ve hibrid işletmedir (Dickie, 2014).

1. Geleneksel İşletme Yöntemi

Geleneksel işletme yöntemi, gemi sahibinin işletmeciliği tümüyle ve şirket içerisinde bütünleşmiş yönetim modeliyle uyguladığı sistemidir. Bu yöntemde gemi sahibi hem işletmenin tümünden sorumludur hem de çalışanların doğrudan işverenidir. Bu yöntem bir ofis ve gemilerle her yönden ilgilenecek örgütsel bir yapı gerektirir.

2. Dış Kaynak Kullanımı Yöntemi

Bu yöntem geminin işletmeciliğinin üçüncü parti şirket ya da yönetimlere anlaşma dahilinde devredilmesidir. Geminin tüm günlük işleri uzman bir şirket tarafından yürütülür. Bu işletme şekli teknik, personel yönetimi, operasyon, ticaret, muhasebe ve finans fonksiyonlarını içerir. İşletmeci şirket gemiyi kendi yönetimine alır ve gemi sahibini gelişmeler konusunda bilgilendirir. Gemi sahibinin son kararı

verme hakkı vardır ve anlaşma gereğince işletmeci firmaya hizmetleri için her ay ödeme yapar. Dış kaynak kullanımı yönteminin avantajlarını maliyetlerden tasarruf, esneklik, mevzuatla ilgili problemlerin azalması, ofise ya da içinde şirket gemiyi işletecek uzmanlara ihtiyaç olmamasıdır.

3. Hibrid İşletme Modeli

Hibrid model gemi sahibinin kısmi olarak dış kaynak kullanımına başvurduğu yöntemdir. Anlaşma gereği sağlanan hizmetler için gemi sahibi ücret öder. Bu çeşit bir işletme müşterek bir teşebbüs olarak düşünülebilir (Dickie, 2014).

1.3. MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ

Mühendislik ekonomisi, genelde çok farklı nitelikler taşıyan mühendislik faaliyetleriyle, iş idaresi ve işletme yönetimi alanlarında oluşturulan, geliştirilen çeşitli önerilerden sağlanabilecek olası faydalarla (ekonomik getirilerle), bu önerilerin uygulamaya konması ve gerçekleştirilmesi aşamalarında yapılması gereken olası kaynak harcamalarını (maliyetleri) sistematik biçimde karşılaştırmaya ve değerlendirmeye yarayan bilgilerin ve yöntemlerin bütünüdür (Eski, 2006).

Mühendislik Ekonomisi, mühendislik alternatiflerinden finansal olarak en iyisini seçebilmemiz için, alternatiflerin finansal sonuçlarını tahmin etmeyi; formüle etmeyi ve değerlendirmeyi kapsar ve seçim için kriterler sağlar (Tolga ve Kahraman, 1994).

Mühendislik hizmetlerinde belli bir ihtiyacın en uygun şekilde gerçekleştirilmesi, bir plan çerçevesinde davranmayı gerektirir. Bu plan aşağıdaki unsurları kapsamaktadır (Okka, 2003) ,

- İhtiyaçlar
- Olanaklar
- Seçenekler
- Kıyaslama
- Karar verme

Bu çerçeve içerisinde; özellikle olanaklardaki “kısıtlılık” ve seçeneklerdeki karmaşıklık karar vermeyi güçleştirmektedir.

Mühendisler, iş hayatında üretimden, pazarlamaya ve finansa kadar değişik alanlarda karar verme sürecine katılırlar. Yeni donanım ve ekipmanların satın alınması, tasarım fikrinden teslimata kadar ürün tasarımı ve planlanması süreçlerinde rol oynarlar (Türkşen, 2001).

Genellikle bu kararlar aşağıdaki bölümler altında sınıflandırılabilir (Okka, 2003),

1. Makine teçhizat ve üretim prosesi seçimi
2. Makine-teçhizat yenileme
3. Yeni ürün geliştirme ve kapasite arttırımı
4. Maliyetleri azaltma
5. Servis geliştirme

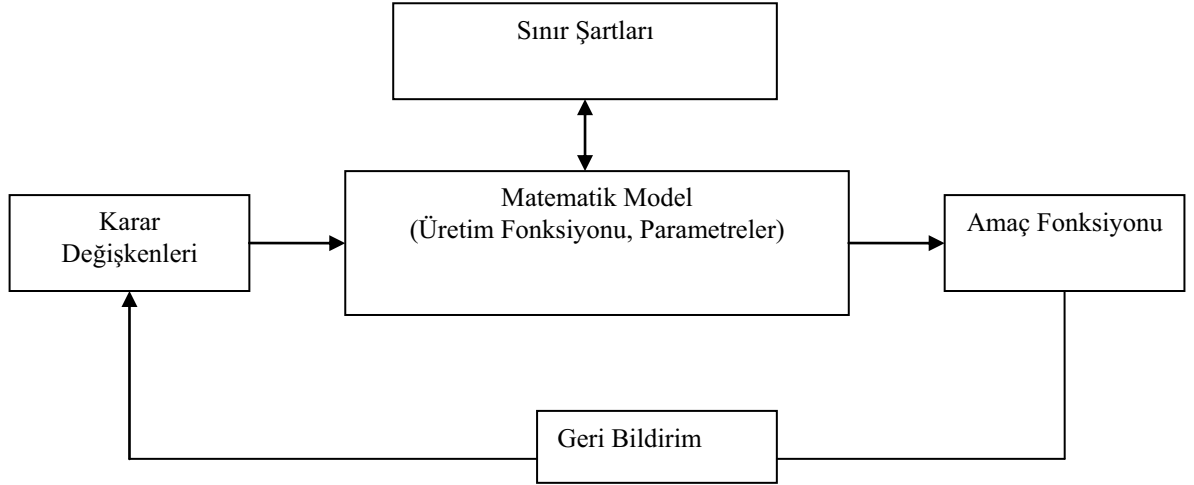
Nitelikleri birbirine benzer ancak yatırım maliyetleri ve getirileri birbirinden farklı olan seçenekler arasında karar verebilmek için ekonomik görüşün üstün ve ekonomik etkinliğin ölçüt olduğu durumlarda sağlıklı karar verebilmek için kullanılacak bilimsel yöntem aşağıdaki kavramları karşılamalıdır (Tolga ve Kahraman, 1994):

- Problemin tanınması
- Hedef veya amacın belirlenmesi
- İlgili verilerin toplanması
- Uygun seçeneklerin bulunması
- Seçenekler hakkında bilgi edinerek karar verme süreci
- Matematiksel modellerin kurulması
- Amacı gerçekleştirmek için en iyi seçeneğin tercih edilmesi
- Sonuçların kontrol edilmesi

Karar verme sürecinde sistem matematik modellerle tanımlanırken, çevre ile bağıntılar “sınır şartları”, girdiler “karar değişkenleri” niteliğini almakta en uygun çıktıların gerekli girdiler ve model parametreleri araştırılmaktadır. Bu işlem çoğunlukla iteratif bir şekilde yenilenmekte; çıktılar amaç fonksiyonunda değerlendirilerek sonuçlar karar değişkenlerine yansıtılmaktadır. Sistemin matematik modeli kullanılarak belirli amaçlara yönelik enerji çıktıları sağlayan sistem parametrelerinin ve/veya karar değişkenlerinin belirlenmesi işlemine “optimizasyon”

veya “eniyileme” yöntemi adı verilir (Öziş ve Harmancıoğlu, 2008). Karar verme sürecinin matematiksel modelinin şematik çizimi Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1: Karar Verme Sürecinin Matematiksel Modelinin Şematik Çizimi



Kaynak : Öziş ve Harmancıoğlu, 2008

Modern işletmelerde teknolojik yatırımların artan oranda yer alması, özellikle iki maliyet kalemi üzerinde önemli etkilere yol açmıştır: Doğrudan işçilik giderleri ve genel işletme giderleri. Otomasyonlaşmanın artması, işletme maliyetleri giderlerini en önemli maliyet kalemi haline getirirken, doğrudan işçilik giderlerinin işletme maliyetleri içerisindeki payını da çok düşük düzeylere indirmiştir. Diğer yandan, genel üretim giderleri kapsamında yer alan üretim mühendisliği, planlama ve makine kurulum faaliyetleri, otomasyon, satış sonrası hizmetler, bakım onarım vb. gibi faaliyetlerin önem kazanması nedeniyle destek maliyetleri önemli bir maliyet kalemi haline gelmiştir (Gersil, 2007).

1.4. GEMİ MAKİNELERİ İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ EKONOMİSİ

Belirsizlik ve risk koşulları altında karar vermek gemi işletmecilerinin her zaman en büyük sorunu olmuştur. Bugünün koşullarında gemi işletmecileri aşağıdaki etkenleri göz önünde bulundurmalıdır (Butman ve Hunt, 1995):

1. Gemiler her geçen yıl, büyüyen boyutları ve gelişen teknolojileri yüzünden daha pahalıya mal olmaktadır.
2. Bir çok gemi deniz ticareti özel tonajlar arasında bölündüğünden yük bulma konusunda daha az esnekliğe sahiptir.
3. Varlıkların ekonomik yaşam döngüsü, artan teknolojik gelişmelerden ve değişen gerekliliklerden dolayı çok daha kısadır.
4. Bilgi çağında, potansiyel müşterilerle rakipler arasındaki ayırım belirsizleştiği için rakabet çok yoğundur.
5. Denizcilik alanında kullanılacak finansal kaynakları bulmak gittikçe daha zor ve maliyetli olmaktadır.

Bir gemi içerisine kurulan tüm makine ve sistemler geminin ekonomik ömrüne katkıda bulunur. Boyut, kapasite, ağırlık, verimlilik, etkililik, güvenilirlik, bulunabilirlik, kullanım, performans ve kurulum maliyeti- her birinin geminin ekonomik performansı üzerinde etkisi vardır. Sıklıkla bir çok rakip ürün farklı performans ve fiziksel özellikleriyle gemi üzerinde aynı sonucu sağlayabilir. Bunlar arasından birini seçmek için bir ürün değerlendirme çalışması yapılmalıdır. Örneğin enerji verimli bir motor ile geleneksel bir motor arasında seçim yapmak gerektiğinde, her iki alternatifin de ekonomik katkısını açıklamak gerekir. Böyle bir hesaplama için motorların kurulum maliyeti, normal çalışma yükü, yıllık çalışma saati, motor verimliliği ve yakıt maliyeti gibi etkenlerin tümü göz önüne alınmalıdır (Molland, 2011).

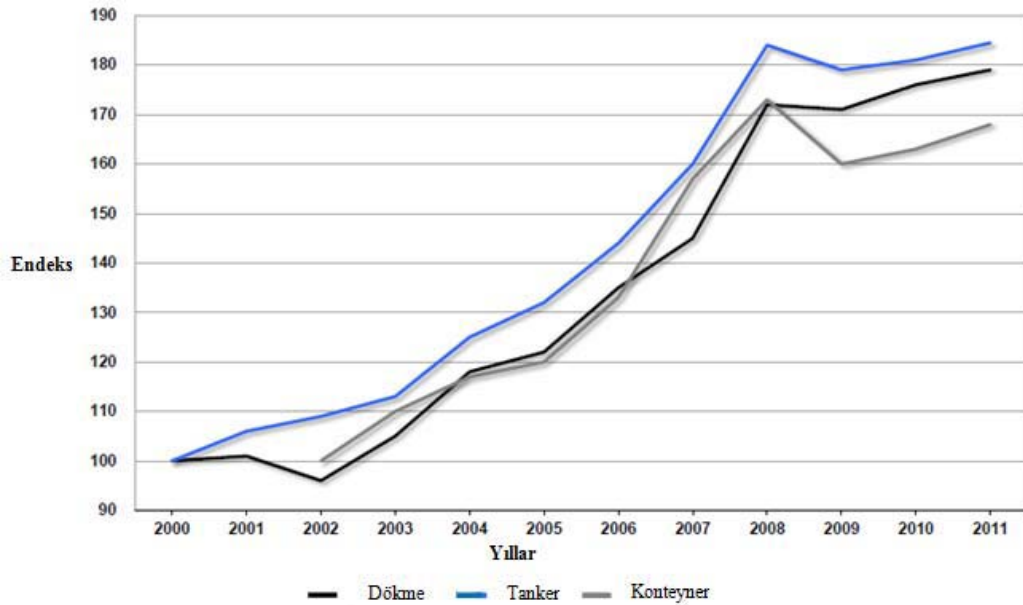
Bir geminin toplam maliyetleri aşağıda açıklanmıştır (Yell ve Riddell, 1995):

1. Satın alma ya da kiralama: Amortisman giderleri dahil gemiyi satın almak ya da kiralamak için yatırılan sermaye
2. Sigorta: Tekne makine, üçüncü partiler ve savaş risklerini de kapsayan tüm gemi sigortası

3. Bakım ve Onarım: iki bölümde incelenebilir
 - a. makine ve pompa overholleri, elektrik ve hidrolik sistemlerin bakımları gibi sabit ekipmanların planlı bakımları
 - b. Diğer beklenmeyen arızalardan kaynaklı maliyetler
4. Yakıt: Belirli bir periyod için tüketilen yakıt maliyeti. Yakıt makinenin beygir gücüne ve çalışma periyoduna bağlı olarak değişen bir maliyettir.
5. Yağlama Yağı: Yağlama yağları, gresler ve hidrolik yağlar yakıt harcamasının içerisinde kabul edildiği için değişken maliyetlerdir.
6. Yedek Malzeme: Bakım ve temizlik için tedarik edilen yedek ve müstehlik malzemenin maliyeti de değişken maliyetlerdendir
7. Personel Giderleri: Personelin maaşları ve bunun dışında fazla mesai/bonus ödemeleri sabit giderlerdendir.

Gemi tiplerine göre operasyonel maliyetlerdeki yıllar içindeki değişim Şekil 2’de gösterilmiştir. 2000-2008 yılları arasında sürekli artarak yükselen operasyonel maliyetler, kriz sebebiyle kısa bir süre düşüş yaşamış, daha sonra tekrar yükselişe geçmiştir. 2000-2011 yılları arasında ana gemi tipleri için operasyonel maliyetlerle yaklaşık %170-185 arasında artış göstermiştir.

Şekil 2: Gemi Tiplerine Göre Operasyonel Maliyetlerdeki Yıllar İçindeki Değişim



Kaynak: Stephens, 2013

Günümüzde denizcilik sektöründe çalışıp analiz yapmak ve karar vermek durumunda olan mühendisler, riskin ve belirsizliğin miktarını söyleyebilmek; iş gücü, malzeme, sermaye ve teknoloji gibi kaynakları en ekonomik şekilde kullanabilmek ve mühendislik ekonomisi ve maliyet analizi yöntemlerini etkin şekilde uygulayabilmek sorumluluğu ile karşı karşıyadır (Butman ve Hunt, 1995).

1.5. GEMİ MAKİNE DAİRESİ İŞLETME MALİYETLERİ

Bir çok mühendis ve yönetici alternatif projelerin maliyet karşılaştırmaları için, maliyet kalemlerini iki sınıfa ayırırlar (1) Sabit maliyetler; tasarım, inşa, kurulum, v.b. (2) Değişken maliyetler; iş gücü, enerji, sigorta, v.b. Bu maliyetler toplanabilir ve zaman süre içinde nakit kar akışı ile ya da diğer zamanla bağıntılı taşınan konteyner sayısı, tamamlanan sefer sayısı, ton/mil cinsinden taşınan yük gibi değişkenlerle karşılaştırılabilir (Butman ve Hunt, 1995).

Gemi makineleri işletme mühendisleri gemi üzerinde ana-yardımcı makineler ve sistemleri kapsayan bir çok ekonomik kararla yüz yüzedir. Bu sistemler için temel bir sınıflama Kane tarafından (Kane, 1976) önerilmiştir:

1. Ana Sevk Sistemi
 - Şaft beygir gücü
 - Pervane devri
 - Özgül yakıt harcamı
 - Yakıt kapasitesi
 - Merkezi kontrol ve işletme
 - Veri toplama ve analiz
2. Gemi Yardımcı Sistemleri
 - Elektrik üretimi ve dağıtımı
 - Liman kazanı
 - Isıtma, soğutma, havalandırma
 - Basınçlı hava
 - Yangınla mücadele, sınıtma ve balast
 - Atık su arıtma
3. Güverte Makineleri
 - Demir ırgatı

- Dümen motoru ve telemotor sistemi
- Kaldırma makineleri
- Ambar kapak sistemleri

Gemi makineleri işletme mühendisleri için hem tasarım aşamasında, hem de işletilmesi sırasında alternatif olarak dikkate alınması ve değerlendirilmesi gereken bir çok ekonomik faktör vardır. Makine ve ekipmanın planlanan ekonomik ömrü boyunca değerlendirilmesi ve karşılaştırılması gereken kilit maliyetler en temel olarak aşağıdaki etkenleri içermek durumundadır (Pope, 1996);

- Toplam personel maliyeti
- Bakım maliyetleri
- Bakım için gerekli özel el aletleri ve aparatlar
- Gerekli yedek parça ve gemi üzerinde stoklanması
- Planlanan operasyonlar için yakıt maliyeti
- Yağlama yağı maliyeti
- Yakıt arıtma
- Kurtarma maliyetleri
- İlk kurulum sermaye maliyeti
- Sigorta maliyetleri

Paranın değeri sabit değildir ve iki sebepten dolayı zaman içerisinde değişir. Birincisi para bir yatırım aracıdır ve faiz kazancı vardır. İkincisi paranın alım gücü enflasyon sebebiyle değer kaybedebilir. Herhangi bir mühendislik projesi ya da finansal proje için sermaye yatırımı karar verme sürecinde net bugünkü değer, gelecek değer ve faiz kavramlarını anlamak önemlidir. Bugünkü değer paranın bugün alınacak ya da gelecekte ödenecek değeridir. Gelecekteki değer yatırım yapılan bir paranın belirli bir gelecekteki değeridir. Faiz borç alınan bir paranın geri ödeme maliyetidir (Pope, 1996).

Uygun bir faiz ve artış oranı ile ekonomik bir ömür seçildikten sonra bu maliyetler yıllık eşit maliyet ya da bugünkü değer ölçütlerine göre toplanıp alternatifleriyle karşılaştırılabilir. Örneğin uzun stroklu ve düşük devirli bir dizel makine modern tankerlerde ve kargo gemilerinde en çok tercih edilen makine tipiysen, pervaneye iki adet devir düşürücü dişli donanımıyla bağlanmış iki adet orta devirli dizel makinenin, hava koşulları ya da diğer seyir koşullarından dolayı düşük

yolda kullanıldığında ekonomik avantajının olduğunun gösterilmesi gibi (Butman ve Hunt, 1995).

Sıfır kar noktası, gelir ya da nakit kar akışının sabit ve değişken maliyetlere eşit olduğu noktaya denir. Gelecek maliyetlerin paranın zaman değerinin iskonto edilmesi dolayısıyla azalması ve enflasyon sebebiyle artması yüzünden bu değişkenlerinde hesaba katılması istenir. Ancak bunu başarmak enflasyon ve paranın gelecek değeri fonksiyonunun doğrusallığını bozduğu için her zaman mümkün olmaz (Butman ve Hunt, 1995).

1.5.1. Bakım ve Onarım Maliyetleri

Bakım-Onarım yönetimi işletmeye ait tesislerin, makinelerin, diğer araç ve gereçlerin belirli zamanlardaki bakımlarının ve beklenmedik zamanlarda ortaya çıkan arızalarının giderilmesi için yürütülen aktivitelerin, düzenli bir şekilde planlanmasını gerçekleştirilmesini ve kayıt altına alınmasını sağlayan uygulamalar bütünü olarak tanımlanır (Çebi ve diğerleri, 2011). Bakım genellikle makine ve ekipmanı tatmin edici bir şekilde çalışır tutmak için gerekli olan iş gücü ve malzeme giderleridir (Dhillon, 1989).

Bakım maliyetlerinin hesaplanmasında, çok çeşitli maliyet verileri kullanılabilir. İşletme bu verilerden hangilerini ileriki uygulamalarda kullanacağına karar vererek bir veri bankası oluşturmalıdır. Bu maliyet verilerinden başlıcaları aşağıda açıklanmıştır (Dhillon, 2002):

- İş Gücü Maliyetleri: Genellikle, iş gücü maliyetlerini hesaplamada iş zaman çizelgesi kullanılır. İş zaman çizelgesi, maliyetlerin hesaplanmasında muhasebe bölümleri için faydalı bir kaynak olsa da, bireysel çalışmaların toplam maliyetini hesaplayacak bir veri elde etmek için yeterli değildir. Bu şartlar altında, işin cinsi, gerektirdiği beceri gibi özellikleri kullanarak maliyetleri hesaplamak için ek veriler gerekebilir.

- Ekipman Maliyetleri: Bu maliyetler ya tedarikçinin faturalarından ya da sipariş listelerinden elde edilebilir.

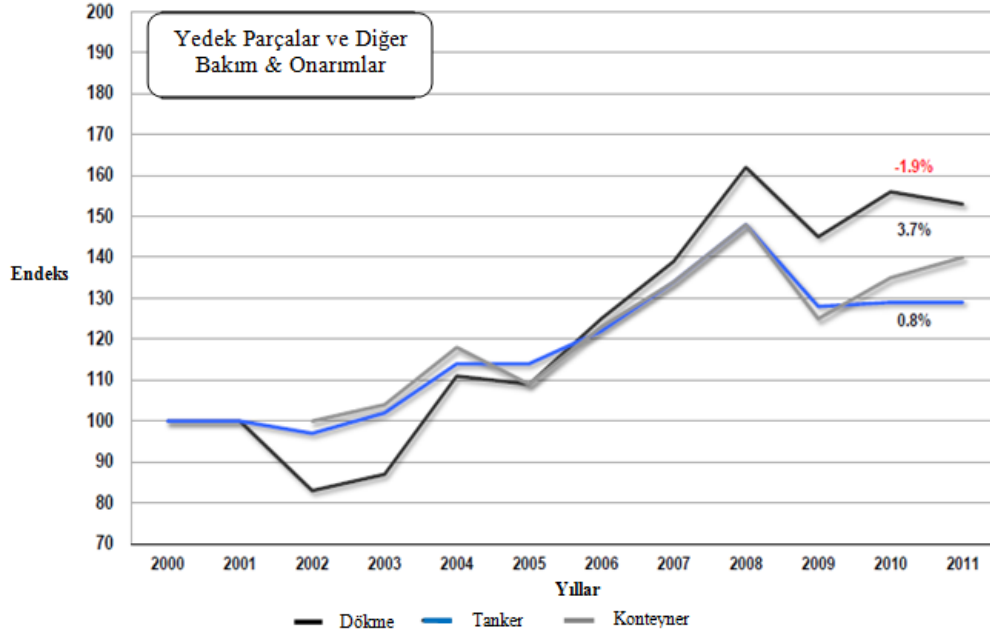
- Yedek Parça Maliyeti: Bakım sırasında bu maliyetleri hesaplamak ekipman maliyetininkilerden daha zordur. Buna rağmen, iş emri bu maliyet verisini sağlamada önemli bir kaynaktır.

Bakım yöntemlerinin ortak amaçları; (1) Üretim maliyetlerini düşürmek, (2) Ürün kalitesine katkıda bulunmak, (3) Tesis/donanım ömrünü arttırmak ve (4) Üretimin sürekliliğini korumaktır. Bu amaçla gerçekleştirilen farklı bakım çeşitleri vardır. Bunlar; Toplam Üretken Bakım, Periyodik Bakım, Önleyici Bakım, Kestirimci Bakım, Arızı Bakım ve Güvenilirlik Merkezli Bakım olarak sayılabilir (Çebi ve diğerleri, 2011).

Gemide bakım için ayrılan bütçe, güverte ve üstyapılar ile, kargo bölmeleri ana ve yardımcı makineler emniyet ekipmanı için yapılan işlerin toplamını ve ayrıca sökme giderlerini kapsar (Watson, 1998).

Yıllara göre yedek parça ve diğer bakım maliyetleri Şekil 3’de açıklanmıştır. 2000-2008 yılları arasında sürekli artarak yükselen bakım ve yedek parça maliyetleri, kriz sebebiyle 2008 yılında kısa bir süre düşüş yaşamış, daha sonra dökme yük ve konteyner gemileri için yükselen maliyetler tankerlerde sabit kalmıştır (Stephens, 2012).

Şekil 3: Yıllara Göre Yedek Parça ve Diğer Bakım Maliyetleri



Kaynak: Stephens, 2012

Bakımın etkinliğini ölçmek için maliyet oranını gösteren bir çok indis geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir (Stephens, 2012):

İş Gücü Maliyetinin Malzeme Maliyetine Oranı

$$R_{im} = TBM_i / TBM_m$$

R_{im} Toplam İş Gücü Maliyetinin Toplam Malzeme Maliyetine Oranı

TBM_i Toplam İş Gücü Maliyeti

TBM_m Toplam Malzeme Maliyeti

Bakım Maliyetinin Toplam Çıktıya Oranı

$$R_{bç} = TBM / T_ç$$

$R_{bç}$ Bakım Maliyetinin Toplam Çıktıya Oranı

$T_ç$ = Toplam çıktı genellikle megawatt, ton, litre gibi birimlerle ifade edilir

TBM = Toplam Bakım Maliyeti

1.5.2. Yakıt Maliyeti

Yakıt tüm maliyetler içerisinde % 47 oranında pay sahibi olan en önemli maliyet kalemidir. 1970’li yıllara kadar yakıt fiyatları düşükken, gemi dizaynında yakıt çok önemli bir parametre değildi. 1970-1985 yılları arasında yakıt fiyatları % 950 oranında artmasının sonucu olarak, yakıt verimliliği daha yüksek gemiler dizayn edildi ve gemi yakıtları kullanımı süratle azaldı. Denizcilik endüstrisinin yakıt fiyatlarına tepkisi çok, gemi dizaynının değişen maliyetlere karşı olan tepkisine de çok iyi bir örnektir. Gemi işletmecisi yakıt fiyatlarına etki edemez ama yakıt tüketiminin seviyesini kontrol edebilir (Stopford, 1997).

Fiyata bağlı olarak yakıt, bir geminin işletme maliyetlerinin önemli bir kısmını kapsar. Yakıt fiyatları 200 A.B.D. doları/ton olduğunda, işletme maliyetlerinin % 50’sini; tonu 100 A.B.D. doları iken toplam personel giderlerinin toplam maliyetine eşit olur. Özellikle spot piyasada çalışan gemiler için yakıtın miktarı ve nerede alınacağı konusunda karar vermek büyük önem kazanır. Ana makine ve dizel jeneratörlerin yakıt harcamı akış ölçer (flow-meter) üzerinden geçen yakıt miktarı ile tespit edilir (Hughes, 1996).

Gemi yakıt giderleri gemilerin yakıt, yağ ve su giderlerini kapsamaktadır ve gemi sefere çıkmadığı sürece minimum seviyededir. Ancak hiçbir zaman sıfır olmaz. Çünkü geminin limanda olduğu sürede elektrik üretimi, havalandırma, soğutma, ısıtma gibi nedenlerle yardımcı motorların çalışması gerekmekte ve yakıt giderleri ortaya çıkmaktadır (Saban, 2009).

Bir gemi ana makinesinin yıllık yakıt maliyetleri aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir (Turan ve diğerleri, 2009).

$$TYYH = G_{seyir} \times GYH \times F_{yakıt} \times N_{mak} \times D_{yağ}$$

$$GYH = G_{maks} \times ÖYH \times 10^{-6} \times F_{ort} \times 10^{-2} \times 24$$

Sembol	Tanım	Birim
TYYH	Ana makine toplam yıllık yakıt harcam maliyeti	ABD Doları
G_{seyir}	Seyirde geçen gün sayısı	gün
GYH	Günlük yakıt harcamı	ton
$F_{yakıt}$	Yakıt fiyatı	ABD Doları
N_{mak}	Ana makine sayısı	
$D_{yağ}$	Yağlama yağı ve dizel yakıtı için düzeltme katsayısı	1,15
G_{maks}	Maksimum makine gücü	kW
ÖYH	Özgül yakıt harcamı	g/kWh
F_{ort}	Ortalama hız faktörü	%

Kaynak: Turan ve diğerleri, 2009.

Geminin yakıt harcamı en önemli işletme maliyetidir, bu yüzden performans ve verimlilik açısından sürekli gözlemlenmelidir. Gerçekte yapılan yakıt harcamı kira sözleşmesinde yazanla düzenli olarak karşılaştırılmalıdır, çünkü gemi bu standartı yakalayamazsa gemi işletmesinin bunu tazmin etmesi gerekir. Ayrıca yağlama yağı ve tatlı su ile damıtılmış suyun miktarlarının kontrol ve kayıt edilmesi gereklidir. Kayıtlar sonucu oluşturulan veriler ne tür iyileşmeler sağlanabileceğini görmek için analiz edilmelidir (Dickie, 2014).

1.5.3. Personel Maliyetleri

Personel giderleri, gemi çalışanlarının doğrudan ya da dolaylı olarak sebep oldukları tüm maliyetleri kapsar. Bu maliyetlere maaşlar, sosyal güvence, barınma, iâşe ve gemiden ayrılma-katılma masrafları dahildir. Bir geminin personel donatma maliyetleri iki yolla tahmin edilebilir; birincisi personel sayısı, ikincisi donatan ve bayrak devleti tarafından uygulanan iş akdi sözleşmesi. Personel maliyeti, işletme maliyetlerinin yarısı kadar bir değere yükselebilir (Stopford, 1997).

Gemi personel giderleri grubunun içerisinde yer alan giderler; esas işçilik, fazla çalışma ücreti, personel ulaşım masrafı, hafta tatili ya da genel tatil ücreti, tehlike primleri, sosyal yardımlar ve kıdem tazminatı karşılığı şeklinde sıralanmaktadır (Saban ve Güğçerçin, 2009).

Makine personel giderleri gerekli çalışma saati ve uygulanan ortalama maaş kullanılarak tahmin edilebilir. Toplam çalışma saatleri ya ayrıntılı bir iş değçerlendirme tablosu oluşturularak – kesin ama uzun bir süreç – ya da eldeki verilerden toplam çalışma saatleri ile referans geminin toplam makine gücüne (P) oranını 0,82 katsayısı ile çarparak elde edilebilir (Watson, 2011).

Kişi başı personel maliyeti aşğıdaki denklemle hesaplanabilir (Dhillon, 2002):

$$M_{\text{ç}} = S\ddot{U}(1 + FK) * T\text{ÇS}$$

$M_{\text{ç}}$ = Çalışan başına maliyet

$S\ddot{U}$ = Saatlik Ücret

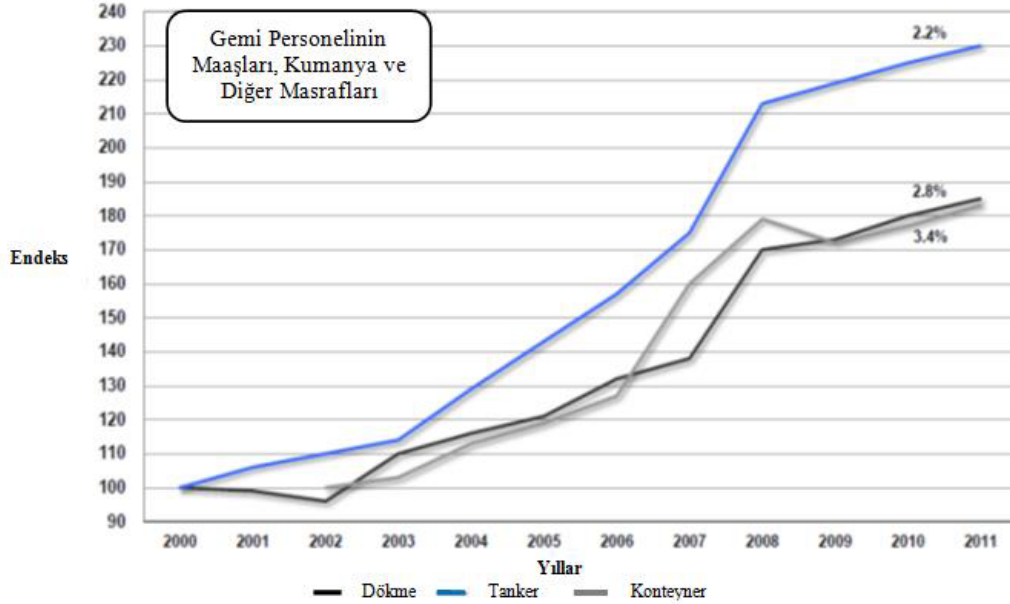
FK = Fayda Katsayısı

$T\text{ÇS}$ = Toplam Çalışma Saati

Gemi personel maliyetlerindeki yıllar içindeki değışim Şekil 4'te gösterilmiştir. 2000-2011 yılları arasında üç ana gemi tipi için de personel maliyetleri sürekli bir yükseliş trendi göstermiştir. Daha özellikli gemiler olmaları ve daha kalifiye personele ihtiyaç duymaları sebebi ile tankerlerin personel maliyetleri diğçer iki ana gemi tipine göre belirgin şekilde yüksektir. Özellikle MLC (Maritime Labor

Convention) yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ve bunu uygulayan ülke sayısının artması ile personel maliyetleri yakın gelecekte de yükselmeye devam edecektir.

Şekil 4: Gemi Personel Maliyetlerindeki Yıllar İçindeki Değişim



Kaynak : Stephens, 2013

Bir gemide çalışacak asgari personel sayısı gemi tipine, tonaj ve makine gücüne, sefer bölgesine göre değişiklik gösterip uluslar arası iki düzenleme ile belirlenmiştir. Bunlar, SOLAS 74 Bölüm V. “Emniyetli Personel Donatma” ve IMO A890(21) maddesinde açıklanan “Emniyetli Personel Donatma Kurallarıdır” (Dickie, 2014).

Gemiadamı, Uluslararası Çalışma Örgütü’nün (ILO) 23 Şubat 2006 tarihli Genel Konferansı’nda kabul edilen MLC (Maritime Labour Convention) Denizcilik Çalışma Sözleşmesi şartlarına uygun olarak çalışır. Personel için en düşük maaş cetveli yine Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından belirlenmiş olup, bu sözleşmeye taraf olan bayrak devletlerinin hiç bir gemisinde daha düşük maaş ödenemez. 1.1.2013 tarihinden geçerli olmak üzere bu maaş 568 ABD Doları’dır (ILO, 2006). Günlük iş saati uluslararası denizcilik kuralları ve standartlarına uygun olarak, kaptanın talimatları çerçevesinde 8 saattir. Ancak çalışan, ihtiyaç halinde ve kaptanın talimatı doğrultusunda bu süre dışında da çalışır. Normal çalışma saati olan 8 (sekiz) saati aşan her saat için fazla mesai ücreti ödenir, saatlik fazla mesai oranı, belirli sınıflandırmaya ait temel maaş ve haftalık çalışma saati değerlendirilerek

temel saat ücretinin 1,25 katı olarak hesaplanır. Her gemiadamının, 24 saatlik zaman dilimi içinde en az 10 saat ve her yedi günlük zaman dilimi içinde en az 77 saat istirahati vardır. Her bir gemiadamına, aylık en az 103 (yüz üç) saatlik fazla mesai ücreti ödenecektir (ILO, 2006).

Gemilerin büyüklükleri, tipleri, siciline kayıtlı olduğu ülkenin konuyla ilgili düzenlemeleri, otomasyon derecesi ve taşınan yük çeşidi personel giderlerini etkileyen etmenlerdendir. Örneğin gemiler büyüdükçe, kaptanların ve başçarkçıların ücretleri artmaktadır. Ya da modern ve yeni inşa edilmiş gemilerin içerisindeki mekanizasyon çok yüksek düzeyde olduğundan, gemi personelinin niteliği yüksek, sayısı ise oldukça düşük olmaktadır. Ayrıca taşınan yükün cinsi de personel giderlerini etkilemektedir. Örneğin benzin taşıyan bir tankerdeki personel ücretleri yüksek risk nedeniyle, kuru yük taşıyan gemilerde çalışan personel ücretlerinden daha fazladır (Saban ve Güğərçin, 2009: Orhon, 1983).

1.5.4. Yağlama Yağı Maliyetleri

Yağlama yağı önemli harcama listesinin en üst sıralarında yer alan maliyet kalemlerinden birisidir. Bu maliyetleri kabul edilebilir düzeylerde tutmak için teknik analizler yapmak mümkündür. Silindir yağ harcamı ile layner çeperlerindeki aşınma arasında ters orantılı bir ilişki vardır. Fazla miktarda silindir yağının kullanılması layner aşınmalarını azaltabilir ancak bu olayı bir de ticari bakış açısı ile değerlendirmek gerekir (Hughes, 1996).

Silindir yağ harcamı saatte beygir gücü başına kullanılan yağ miktarı olarak hesaplanır (g/b.h.p./h) ve layner aşınması 1000 saatlik periyodlarda mm. cinsinden ölçülür. Örnek olarak silindir yağ besleme oranı 0,7 g/b.h.p./h olan 700 mm. çapındaki silindirin aşınma oranı 1000 saatte 0,1 mm. ve maksimum layner aşınma limiti 5,5 mm. ise laynerin ömrü aşağıda ki gibi hesaplanır (Hughes, 1996):

$$\frac{5,5}{0,1} \times 1000 = 55000 \text{ saat} = 9,2 \text{ yıl}$$

Eğer yağlama oranı 1,0g/b.h.p./h yükseltilir ve aşınmanın 0,08 mm/1000 saat olduğu gözlemlenirse sonuç;

$$\frac{5,5}{0,08} \times 1000 = 68750 \text{ saat} = 11,4 \text{ yıl olacaktır}$$

Harcanan yağın iki seçenek için de maliyeti hesaplanabilir. Örneğin, 10000 bhp yılda 6000 saat çalışan bir makine için, yağın fiyatı 0,90 ABD Doları/ltr, yoğunluğu 0,96 g/cm³ kabul edilirse (Hughes, 1996);

$$\text{Maliyet(1)} = \frac{0,7 \times 10000 \times 6000}{1000} \times 0,96 \times 0,9 = 39375 \text{ ABD Doları}$$

Yağ besleme oranının yükseltildiği ikinci durum için maliyet,

$$\text{Maliyet(2)} = \frac{1,0 \times 10000 \times 6000}{1000} \times 0,96 \times 0,9 = 56250 \text{ ABD Doları}$$

Yağ beslemese oranını 0,1 g/b.h.p./h arttırmak için

$$= \frac{56250 - 39375}{3} = 5625 \text{ ABD Doları /yıl}$$

Karter yağı için harcam besleme oranı ile hesaplanamaz, çünkü bu yağ kaçaklar sebebiyle kaybedilen yağdır. Bakımlı bir makine için karter yağ harcamı 0,3 g/b.h.p./h kabul edilir. Karter yağı silindir yağından daha ucuz olduğundan yukarıdaki örnek kullanılarak yıllık maliyetin yaklaşık 4100 ABD Doları olduğu bulunabilir (Hughes, 1996)

Tablo 1: Örnek Gemiler İçin Yağ Harcamı Oranları (g/bhp/h)

Gemi	Ortalama Yük ME%	Layner Aşınması		Silindir Yağ Harcamı		Karter Yağ Harcamı		Dizel jeneratör yağ harcamı	
		93/4	94/5	93/4	94/5	93/4	94/5	93/4	94/5
A	65	0,07	0,07	0,7	0,6	0,3	0,3	25	24
B	71	0,08	0,07	0,6	0,6	0,4	0,4	21	19

Kaynak: Hughes, 1996.

1.6. GEMİ PERFORMANS KRİTERLERİ

Seyirdeki geminin performansını ölçmenin en bilinen yollarından bir tanesi benzer özellikte gemilerin birbirleriyle karşılaştırılabilmesine olanak sağlayan boyutsuz yakıt katsayısıdır. Katsayının hesaplanması için kullanılan formül aşağıdaki gibidir (Hughes, 1996):

$$k = \frac{D^{2/3} V^3}{C}$$

D = deplasman tonaj

V = gemi sürati

C = yakıt harcamı

Yakıt harcamının da formüle dahil edilmesiyle, makine performansı da hesaba katılır. Örneğin % 3 oranındaki daha az yakıt harcamı katsayının da aynı oranda artmasını sağlar. Hızın kübü, pervanenin pervanenin hidro dinamik performansını ölçmek için kullanılan formülle ilişkilidir. Bu kübik ilişki yakıt harcamı üzerinde hızın etkisini ifade eder ve hızdaki % 10'luk bir artış, yakıt harcamında %30'luk bir artışa sebep olur. Bazı gemi işletmecileri hesaplama sırasında yakıt harcamı yerine beygir gücü kullanan Admiralti sabitinden faydalanırlar. Ancak çok az sayıda gemi anlık güç değeri alınabilen donanıma sahiptir. Yakıt katsayıları ve admiralti sabiti tabloda gösterilmiş ve hesaplamada kalorifik değeri 9600 K.cal/kg olan ağır yakıt kullanılmıştır (Hughes, 1996). Tablo 2'de gemi tiplerine göre yakıt katsayıları ve admiralti sabiti gösterilmektedir.

Tablo 2: Gemi Tiplerine Göre Yakıt Katsayıları ve Admiralti Sabiti

Gemi Tipi	Yakıt Katsayısı		Admiralti Sabiti	
	Deneme Seyri	Seyir	Deneme Seyri	Seyir
VLCC/VLBC	185,000	165,000	580	520
Cape Size	185,000	165,000	570	510
Panamax	175,000	147,000	550	470
30000 DWT	140,000	125,000	385	335
26 yaşında VLCC	137,000		535	

Kaynak: Hughes, 1996.

Yük taşıyan bir gemi için, en uygun hızın belirlenmesinde üç temel etken vardır. Bunlar yakıt fiyatı, navlun oranı ve sefer uzunluğudur. Gemi sahibi, bu etkenleri de göz önüne alarak, en yüksek karı elde etmeyi amaçlar. Bu üç faktöre bağlı olarak, geminin günlük brüt karı aşağıda ki gibi ifade edilebilir (Başer, 2011: Hogg, 1956):

$$GS = \frac{(F.R.) W}{d/s} - C_r - pks^3$$

GS = günlük brüt kar

F.R. = navlun oranı/ton

W = yük için uygun tonaj (DWT cinsinden)

C_r = faaliyet giderleri/gün

p = Yakıt fiyatı/ton

d = balastlı seyir dahil makinelerin çalıştığı mesafe

s = deniz mili olarak hız/gün

k = gemi yakıt katsayısı

Optimum hızın bulunabilmesi için fonksiyonun s'ye göre kısmi türevinin alınması ve sifıra eşitlenmesi gerekmektedir.

$$\frac{d}{ds} (GS) = \frac{(F.R.) \cdot W}{d} - 3pks^2 = 0 \text{ (maksimum için)}$$

$$3pks^2 = \frac{(F.R.) \cdot W}{d}$$

$$s = ((F.R.) \cdot W / 3pkd)^{1/2}$$

1.7. GEMİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Enerji verimliliği; enerjide arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılıktan kaynaklanan risklerin azaltılması, enerji maliyetlerinin sürdürülebilir kılınması, iklim değişikliği ile mücadelenin etkinliğinin artırılması ve çevrenin korunması gibi ulusal stratejik hedefleri tamamlayan ve bunları yatay kesen bir kavramdır (Bayraç, 2006).

Gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkelere göre, birkaç kat daha az enerji girdisi ile aynı GSMH'yi elde edebilmektedirler. Bu nedenle, gelişmekte olan ülkelerin kalkınma politikalarının en önemli hedefleri arasında, enerji verimliliğini arttıracak önlemler alınması yer almaktadır. Sürdürülebilir ekonomik kalkınma açısından, üretim güvenilirliği olan bir enerji alt yapısının oluşturulmasına ek olarak, enerji sektörünün çevre ile olan etkileşimi de önem taşımaktadır. Fosil yakıtlara dayalı enerji kullanımı; yeterli kaynağı olmayan ülkelerin bir taraftan fosil yakıt ithalatının miktar ve gider olarak artmasına diğer taraftan da, çevre kirliliğine neden olmaktadır (Bayraç, 2006).

MEPC (Deniz Çevre Koruma Komitesi) 62 toplantısında gemilerin enerji verimliliğine yönelik yeni kuralların MARPOL Annex VI'ya yeni bir bölüm olarak (Bölüm 4) eklenmesi kabul edilmiştir. Bu sayede, yeni gemiler için Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) ve bütün gemiler için Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP) zorunlu hale getirilmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin uyarıları sonucunda, "Gerekli Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi" (Required EEDI) ve "Ulaşılabilir Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi" (Attained EEDI) kuralları ile ilgili olarak idarelere kuralın uygulanış tarihlerinden en fazla 4 yıl sonrasına kadar uygulama yapmama yönünde esneklik getirilmiştir (Türk Lloyd, 2012).

01.01.2013 tarihinden itibaren inşa edilen, 400 GT'den büyük, uluslararası sefer yapan tüm yeni şemiler için "Ulaşılabilir Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi" (Attained EEDI) değeri hesaplanacaktır. Bu değerin, IMO'nun istatistiki çalışmalar sonucunda belirlemiş olduğu "Gerekli Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi" (Required EEDI) değerinin altında olması gerekmektedir. "Gerekli Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi" (Required EEDI) değeri şu an için 7 gemi tipi için tanımlanmış durumdadır. Ancak bazı küçük tonajlı gemiler için (örneğin 4000 DWT'dan küçük tankerler, 3000 DWT'dan küçük şenel karşı gemileri vb.) "Gerekli Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi" (Required EEDI) değeri yoktur. Bu boyuttaki şemiler için "Ulaşılabilir

Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi” (Attained EEDI) hesaplanacak ancak herhangi bir değerle kıyaslama yapılmayacaktır. Gemilerin işletilmeleri sırasında enerji verimliliğinin dikkate alındığının doğrulanabilmesi için tüm gemilerde “Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı” (Ship Energy Efficiency Management Plan – SEEMP) bulunması gerekecektir. Mevcut gemilerde SEEMP’in hazırlanması ve gemide bulunduğunun doğrulanması yürürlüğe girişten sonraki ilk ara veya yenileme sürveyinde (hangisi önce ise) yapılacaktır. “Büyük değişim” kapsamına giren değişimler için, idareler’in değerlendirmesine bağlı olarak enerji verimliliği kurallarına uygun olma şartı sağlanacaktır. Kurallara uygunluk sonucunda gemilere “International Energy Efficiency Certificate” düzenlenecektir. IMO tarafından belirlenen “Gerekli Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi” (Required EEDI) değerlerinin 2025 yılına kadar 3 fazda yaklaşık %30 oranında düşürülmesi planlanmaktadır. Ancak azaltım katsayıları teknolojik gelişmeler değerlendirilerek ileri tarihlerde netleştirilecektir (Türk Lloyd, 2012).

İKİNCİ BÖLÜM

DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ENERJİ İHTİYACI

2.1. ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİNİN ÖNEMİ

Enerji; bir sistemin, kendisi dışında etkinlik üretme yeteneği veya bir nesne ya da sistemde bulunan iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle enerji, bir sistemin iş ve ısı verme yeteneğidir (Yavuzcan, 1994). Enerji Yunanca kökenli bir kelime olup “en” iç ve “ergon” iş kelimelerinin birleşmesinden oluşmuştur (Karluk, 1996). İç iş demek olan bu kelime sonraları sosyal bir anlam kazanmış iş üretme becerisi, dinamizm, kuvvet ve etkinlikle eş anlamda kullanılmaya başlanmıştır (Demirbaş, 2002).

Enerji; bir cismin veya sistemin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Başlıca enerji çeşitleri; kimyasal enerji, ısı enerjisi, elektrik enerjisi ve mekanik enerji olarak sıralanabilir. Bu enerjiler; enerji dönüşüm sistemleri ile birbirine dönüşebilirler ve bir iş yapma özelliğine sahiptirler (Demirbaş, 2008).

Termodinamikte enerji, bir tesir meydana getirebilme kapasitesi ve yeteneği olarak tanımlanır. Enerji maddenin bir özelliğidir ve madde enerjiye sahiptir. Günlük hayatta enerjinin dönüşebilen şekilleri olan iş ve ısı kastedilmektedir (Kılıç, 1980). Enerji, herşeyden önce her canlı türün kimyasal ve biyolojik varlığında ve gelişme içinde yaşamını sürdürmesinde en temel gereksinimler arasında yer almaktadır. İnsanoğlunun bireysel günlük yaşamını sürdürmesinde kullandığı her tür fiziksel olanağın fonksiyonel olabilmesinde, mutlaka bir enerji türüne ve genel olarak da ısı veya elektrik enerjisine gereksinim duyulmaktadır (Cebe, 2014).

Sanayi devrimi insanlık tarihinde dönüm noktası olmuştur. Sanayi devrimi insan ve hayvan gücüne dayalı üretim tarzından, makine gücünün hakim olduğu üretim şekline geçiştir. 18. yüzyılda yapılan bir dizi icadın ekonomik hayata geçirilmesi sanayi devrimi olarak adlandırılır. Makineye geçişle birlikte üretimin şekli, miktarı ve enerjiye olan ihtiyaç da artmıştır (Küçükalay, 1997).

Enerji küreselleşmeyi oluşturan temel olgulardan biridir ve küreselleşen dünyamızda, serbest pazar ekonomisi koşulları altında fiyatı belirlenen yatırımı ve ticareti yapılan bir ekonomik değerdir (Yalçın, 2000). Ülkelerin ekonomik ve sosyal

gelişimlerinin sürükleyici unsuru ve en temel gereksinimlerinden biri, enerjidir. Bu nedenle de ülke yönetimlerini üstlenenler, enerjiyi kesintisiz, güvenilir, temiz ve ucuz yollardan bulmak ve bu kaynakları da mutlaka çeşitlendirmek durumundadırlar (Pamir, 2005).

Enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamanın üç temel yolu vardır (Pamir, 2003);

- Bunlardan birincisi ve tercih edilmesi gereken ülkenin özkaynaklarını doğru belirleyerek en uygun biçimde enerjiye dönüştürerek
- İkincisi, yurt dışındaki kaynakların aranması ve değerlendirilmesi sürecine, kamu ve özel şirketlerle katılarak, bu kaynaklarda hisse sahibi olmak ve enerji kaynakları ve taşıma yolları üzerinde kontrol elde ederek
- Enerji ihtiyacının karşılanamadığı durumlarda ya da stratejik ve ekonomik amaçlarla enerji ithalatı yoluna gitmektir.

Enerji sektörü, ülkelerin kalkınma politikaları içinde hayati önem taşıyan stratejik bir alan niteliğindedir. Yükselen enerji fiyatları, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda gelişen duyarlılık, dünya enerji talebindeki artışa karşın tükenme eğilimine girmiş olan fosil yakıtlara bağımlılığın yakın gelecekte devam edecek olması, yeni enerji teknolojileri alanındaki gelişmelerin büyüyen talebi karşılayacak ticari olgunluktan henüz uzak oluşu, ülkelerin enerji güvenliği konusundaki kaygılarını her geçen gün daha da artırmaktadır (Satman, 2006).

Enerjide bağımsızlık tüm ülkeler için arzu edilen bir konuya da, artık enerjide bağımsızlık yerine enerji güvenliği tanımı dünya ülkelerinin enerji politikalarında daha fazla kabul görmekte ve kullanılmaktadır (Satman, 2006).

Enerji güvenliği 1800'lü yıllardan bugüne tüm dünyanın önemle üzerinde durduğu bir konu olarak gelmiştir. Geçmişte bu kavram petrol kaynaklarının bulunması ve korunması anlamında kullanılırken, günümüzde bu kaynakların azalması ve iklim değişikliği gibi çevresel kaygılar yüzünden bu tanım değişikliğe uğramıştır. Yeni enerji güvenliği paradigması, yenilenebilir enerji kaynakları ve yerel kaynakların kullanılmasıyla kaynak çeşitliliği sağlanması üzerine kurulu olacaktır (Sevim, 2009).

Sürdürülebilir enerji de sosyo-ekonomik kalkınma, üretim-tüketim gibi Avrupa Birliği İstatistik Ofisinin (EUROSTAT) belirlediği en önemli sürdürülebilir kalkınma göstergelerinden birisidir (Kaypak, 2013). “Sürdürülebilir kalkınma”, ilk kez 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunun raporunda, doğal kaynakların, insan ile doğa arasında denge kurarak gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanmasına olanak verecek şekilde bugünden tüketilmemesi anlamında kullanılmaktadır (Kaypak, 2013).

Enerji, ekonomi ve çevre sürdürülebilir kalkınmanın üç ana unsurunu oluşturmaktadır. Gerçek anlamda bir sürdürülebilir kalkınma sağlanması da, birbiri ile sıkı bir etkileşim halinde olan bu üç unsurun dengede olmasına bağlıdır. “Sürdürülebilir Kalkınma“ ile kaynaklar tüketilmeden, çevreye zarar vermeden, toplumların, ülkelerin kalkınma ve sanayileşme süreçlerinin devamının sağlanması ve gelecek nesillere yaşanabilir bir dünyanın miras olarak bırakılması hedeflenmektedir (DEKTMK, 2010).

Enerjinin sürdürülebilir kalkınmanın bir aracı olabilmesi için, aşağıdaki altı değişkenle uyumlu olması gerekir (Rogner, 2002):

- Çevre uyumluluğu
- Ekonomik uyumluluk
- Talep uyumluluğu
- Sosyopolitik uyumluluk
- Jeopolitik uyumluluk

Enerjiye olan ihtiyacın sürekli arttığı, ancak kaynakların giderek azaldığı bir ortamda, enerji kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılması önem kazanmaktadır. Enerji verimliliği kavramı, enerjinin üretim ve tüketimi anlamında yapılan çalışmaların tümünü içerir. Bu çalışmalar en az kaynak kullanımıyla en fazla enerji üretmeyi ve aynı miktar enerji kullanılarak daha fazla üretim gerçekleştirmeyi amaçlar (Narin ve Akdemir, 2006).

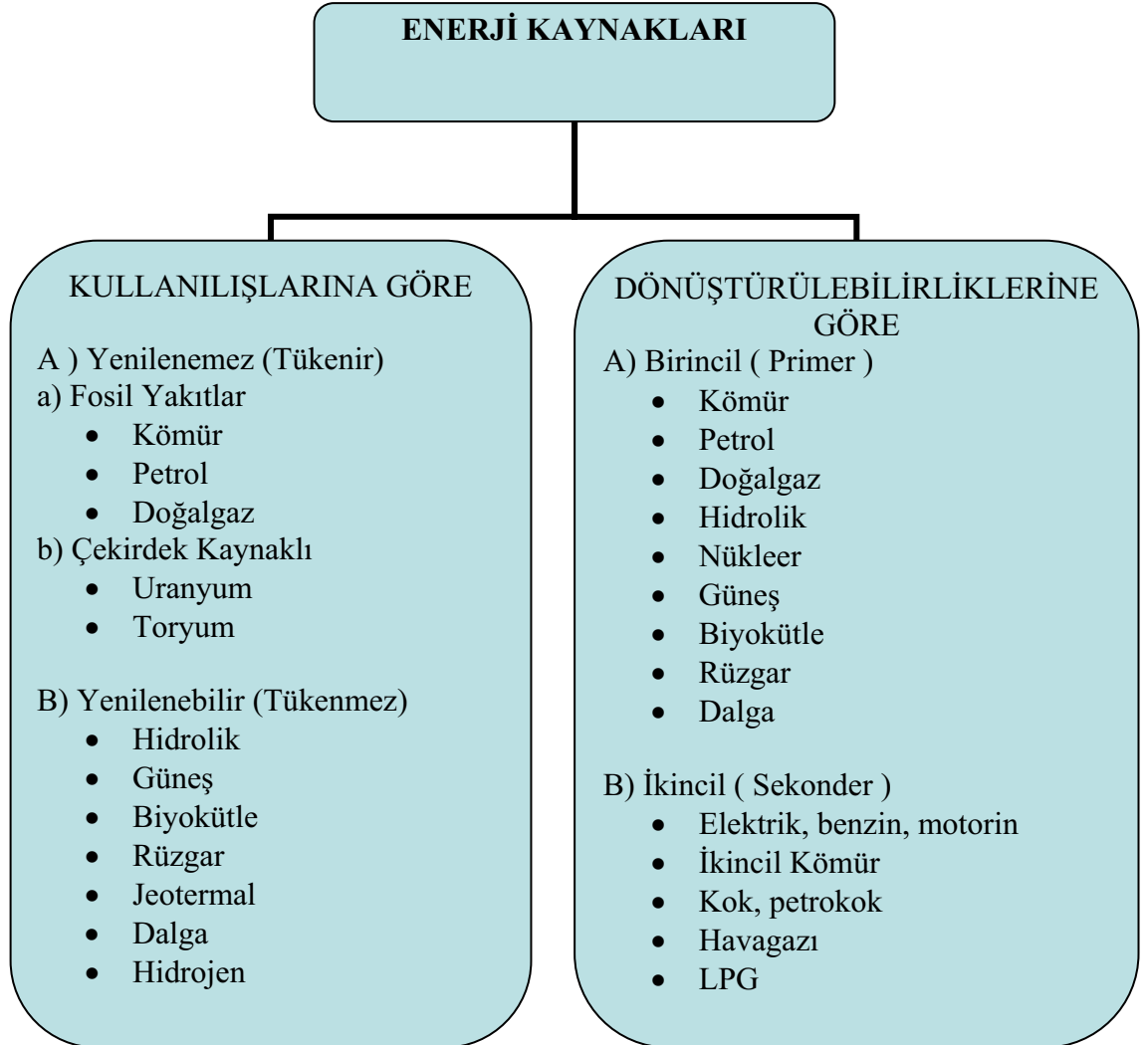
Enerji verimliliğindeki tüm gelişmelere rağmen 2050 yılında küresel enerji talebinin bugünkünün 2 katı olması beklenmektedir. Bu küresel nüfus artışı ve ekonomik büyümenin, süregelen kentleşmenin olduğu kadar hareketlilik ve enerjiye bağlı hizmetlere olan talep artışının kaçınılmaz sonucudur. Bu süre zarfında eğer küresel ısınma 2C° ’nin altında tutulmak isteniyorsa küresel sera gazı emisyonlarının

yarıya düşürülmesi gerekmektedir. Ayrıca Dünya üzerinde halen elektriğe ulaşımı olmayan 1,3 milyar insan bulunmaktadır (WEC, 2013).

2.2. ENERJİ KAYNAKLARININ SINIFLANDIRILMASI

Ekonomik anlamda değişik yöntemlerle enerji elde edilen kaynaklar, enerji kaynakları olarak isimlendirilmekte ve değişik şekillerde sınıflandırılmaktadır. Kullanışlarına göre enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılırken; dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde incelenmektedir (Koç ve Şenel, 2013). Şekil 5'te enerji kaynaklarının sınıflandırılması gösterilmektedir.

Şekil 5: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması



Kaynak: Koç ve Şenel, 2013.

2.2.1. Kullanılabilirliğe Göre Sınıflandırma

Enerji günlük yaşamlarımızda ve ülkelerin sosyo-ekonomik gelişmesinde hayati bir öneme sahiptir. Çevremizdeki enerjinin kullanımımız için depolanmasının ve dönüştürülmesinin değişik yolları vardır. Enerji kaynakları kullanılışlarına göre 3 grup halinde sınıflandırılabilir: Fosil enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerji. Başlıca fosil enerji kaynakları petrol, kömür ve doğalgazdır. Bugünün yakıt ve kimyasalları çoğunlukla, çevre kirliliğine, sera gazı emisyonlarına ve enerji güvenliği sorunlarına yol açan petrol ve kömür gibi sürdürülemez mineral kaynaklardan türetilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları biyokütle, su, rüzgar, güneş, jeotermal ve okyanus enerjisidir. Başlıca nükleer enerji kaynakları ise uranyum ve toryumdur (Demirbaş, 2009).

2.2.2. Dönüştürülebilirliğe Göre Sınıflandırma

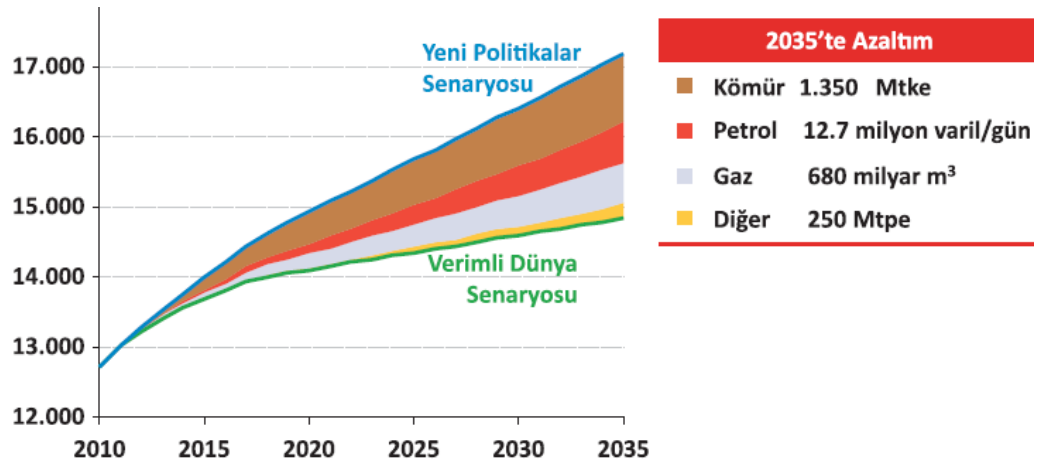
Bir diğer sınıflandırma ise enerji kaynağının dönüştürülebilirliğine göre yapılandır. Herhangi bir değişime uğramamış petrol, doğalgaz, kömür, nükleer, rüzgar ve güneş gibi saf enerji kaynakları birincil (primer) enerji kaynakları olarak isimlendirilirler. Bu kaynakların dönüştürülmesi sonucu elde edilen elektrik, benzin, motorin, kok kömürü, hava gazı, sıvılaştırılmış hava gazı (LPG) gibi türetilmiş enerji kaynakları da ikincil (sekonder) enerji kaynakları şeklinde adlandırılır (Koç ve Şenel, 2013).

2.3. DÜNYA ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

Sürekli artan dünya nüfusunun 2035’de 8,6 milyara yükselmesi beklenmektedir. Nüfusun kentleşme oranı 2010 yılındaki %51 değerinden, 2035 yılında %61’e yükselecektir. Dünyadaki nüfus artışı, uzun dönemde ortalama %3,5 büyümesi beklenen dünya ekonomisi, sanayileşme ve kentleşme, doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebi önemli ölçüde arttırmaktadır. Şu anki enerji politikalarının sürdürülmesi durumunda, 2035 yılında enerji talebi, yıllık %1,5 artış oranıyla 12730 Mtoe’den 18676 Mtoe’ye yükselerek, toplamda %46,7’lik bir artış gösterecektir (IEA, 2013).

Şekil 6’da görüldüğü üzere Uluslararası Enerji Ajansının geliştirdiği yeni politik senaryoya göre 2011-2035 yılları arasında küresel enerji talebi en az 1/3 oranında artacaktır (IEA, 2013). Talep tüm yakıt türleri için büyüyecek ama fosil yakıtların toplam enerjideki payı 2035 yılında %82’den %76’ya düşecektir. Düşük karbon salınımına sahip enerji kaynakları (yenilenebilir ve nükleer) enerji talebinin yaklaşık %40’ını karşılayacaklardır (IEA, 2013).

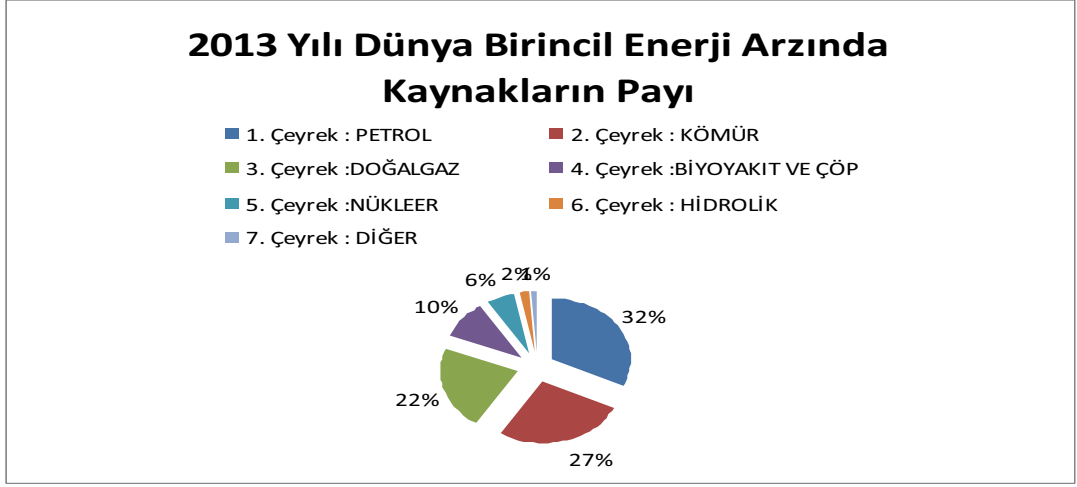
Şekil 6: 2035 Yılı Küresel Birincil Enerji Talebi



Kaynak: IEA, 2012

2013 yılında Dünya Birincil Enerji arzında fosil yakıtlar petrol %32, kömür %27, doğal gaz % 22 ile toplam arzın % 81'ini oluşturmuştur. Yenilenebilir enerjiler toplamda % 13 pay sahibi olurken, biyoyakıtların payı % 10 olmuştur (IEA, 2013: DEKTMK, 2012). Şekil 7’de görüldüğü gibi dünya birincil enerji arzı 1990 yılında 8.779 mtep iken, %45 artarak 2011 yılında 13,113 mtep olarak gerçekleşmiş, yeni düzenlemelerin (Yeni Politikalar Senaryosu) önümüzdeki 20 yıl içerisinde hayata geçirilebilmesi durumunda dahi 2035 yılında toplam birincil enerji arz % 35 artışla 17.197 mtep’e yükselecektir (IEA, 2013: DEKTMK, 2012). Şekil 7’de 2013 yılında dünya birincil enerji arzında kaynakların payı ve Tablo 3’te dünya toplam birincil enerji kaynakları ve 2035 projeksiyonu gösterilmektedir.

Şekil 7: Dünya Birincil Enerji Arzında Kaynakların Payı 2013



Kaynak: IEA, 2013.

Tablo 3: Dünya Toplam Birincil Enerji Kaynakları ve 2035 Projeksiyonu

YILLAR		1990	2010	Mevcut Politikalar 2035	Yeni Politikalar 2035
Kömür	mtep	2.231	3.474	5.523	4.218
	%	25	27	30	25
Petrol	mtep	3.230	4.113	5.053	4.656
	%	37	32	27	27
Doğalgaz	mtep	1.668	2.740	4.380	4.106
	%	19	22	23	24
Nükleer	mtep	526	719	1.019	1.138
	%	6	6	5	7
Hidrolik	mtep	184	295	460	488
	%	2	2	2	3
Odun, Çöp, vb.	mtep	903	1.277	1.741	1.881
	%	10	10	9	11
Jeotermal, Güneş, Rüzgar	mtep	36	112	501	710
	%	0	1	3	4
TOPLAM BİRİNCİL ENERJİ	mtep	8.779	12.730	18.676	17.197
	%	100	100	100	100

Kaynak: DEKMTK, 2012.

Günümüzde Çin Halk Cumhuriyeti dünyanın en büyük elektrik tüketicisi konumundadır (IEA, 2011; EPDK, 2012). Çin'i A.B.D. ve A.B. takip etmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerin yol açtığı enerji talebi hızla yükselmektedir. Son kullanıcı formu olarak elektrik dünyada en hızlı büyüyen ikincil enerji türü olacaktır. Projeksiyonlarda elektrik tüketimindeki artışının ortalama yıllık % 2,6 artarak enerji tüketimindeki payının 2010'daki %17.7 düzeyinden 2020'de %20.3'e, 2035'te ise %23.4'e çıkması öngörülmektedir. Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) bugünkü mevcut politikaların devamını öngördüğü senaryo uyarınca elektrik üretiminin, 2010'da 21,408 TWh'den ortalama %2.6'lık artışlarla 2020'de 29,194 TWh'ye, 2030'da 36,492 TWh'ye ve 2035'de de 40,364 TWh'ye yükselmesi beklenmektedir (IEA, 2011; EPDK, 2012).

2.3.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil enerji kaynakları, yenilenemeyen enerji kaynakları olarak isimlendirilmektedirler.

2.3.1.1. Petrol

Petrolün, milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan kalıntılarının denizlerde biriken çökel katmanlar içerisinde, oksijensiz bir ortamda çürüyerek, belirli bir basınç ve sıcaklık altında ayrışmasından oluştuğu varsayılmaktadır (Bayraç, 2005). Petrol sözcüğü, Yunanca'da "petra" taş ile yağ anlamına gelen "oleum" sözcüklerinden oluşmuştur. Petrol; benzin ve motorin gibi işlenmiş bir yakıtı anlatmak için değil, doğal halde bulunan ve yeraltından çıkarılan ham petrolü ifade eder (Bayraç, 2005).

Kimyasal yönden petrol oldukça karmaşık bir hidrokarbon (hidrojen ve karbon) karışımı olup nitrojen, oksijen ve sülfür bileşenlerini içerir. Rafine edilmiş petrolden ayırt etmek için ham petrol diye isimlendirilen sıvı petrol, ticari açıdan en önemli olanıdır. Ham petrol başlıca sıvı hidrokarbonlarla, değişen oranlarda çözünmüş gazlardan, katranlardan ve katkı maddelerinden oluşur (BP, 2013).

Dünyada petrol üretimi 2012'de 1,9 milyon varil/gün artışla 86,152 milyon varil olarak gerçekleşmiş A.B.D. üretimi günlük 1 milyon varil artarak 6,5 milyon varil/ gün olmuş, ülke ve dünya tarihindeki en yüksek artışı gerçekleştirmiştir. Küresel petrol tüketimi ise 89,774 milyon varil/ gün olmuştur. Önceki yıla oranla

üretimdeki artış, küresel petrol tüketimindeki büyümenin 2 katından fazla olmuştur (BP, 2013).

2012 yılsonu verilerine göre kanıtlanmış küresel petrol rezervleri, dünya üretimini 52,9 yıl daha karşılamaya yetecek 1668,9 milyar varile ulaşmıştır. Son on yılda dünya toplam rezervleri %26 oranında ya da 350 milyar varillik bir artış göstermiştir. Dünya kanıtlanmış doğal gaz rezervleri küresel üretimi 55,7 yıl karşılamaya yetecek 187,3 trilyon metre küp seviyesindedir. Kanıtlanmış rezervler ilk kez gerçekleşen bir düşüşle 2011 sonu verilerine göre % 0,3 azalmıştır. Dünya kanıtlanmış kömür rezervleri ise küresel üretimi 109 yıl karşılamaya yetecek miktardadır (BP, 2013). Tablo 4'te bölgeler itibariyle dünya petrol rezervleri gösterilmiştir.

Tablo 4: Bölgeler İtibariyle Dünya Petrol Rezervleri

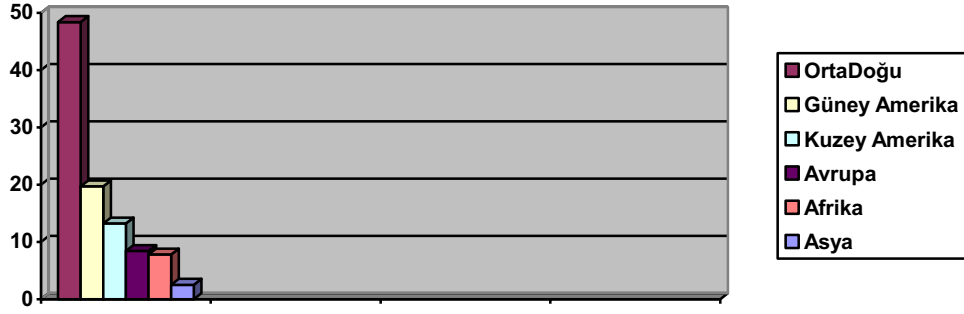
BÖLGE	EIA'ya göre (2012 sonu itibariyle)		BP'ye göre (2013 sonu itibariyle)	
	Miktar	Pay (%)	Miktar	Pay (%)
Orta Doğu	802,1	55,7	808,5	47,9
Kuzey Amerika	213,8	14,3	229,6	13,6
Orta ve Güney Amerika	325,9	10,0	329,6	19,5
Afrika	127,7	8,8	130,3	7,7
Avrupa ve Avrasya	118,6	8,3	147,8	8,8
Asya	45,3	3,0	42,1	2,5
TOPLAM	1645,9	100	1.687,9	100

Kaynak: EIA, 2013; BP, 2014.

Petrol Rezerv Ömrü, mevcut teknolojilerle, ekonomik olarak üretilebilen ispatlanmış rezervlerin, mevcut üretime bölünmesiyle (R/Ü) elde edilen değer olarak bilinmektedir. Dünya petrol rezerv miktarında 2011 yılına oranla %0,9'luk bir artış gerçekleşmiş, bununla birlikte artan petrol üretiminin de etkisi ile 2011 yılında 53,8 yıl olan dünya petrol rezerv ömrü 2012 yılında 52,9 yıla düşmüştür (TPAO, 2013).

Şekil 8'de görüldüğü gibi küresel petrol rezervlerinde en yüksek pay %47,9 ile Orta Doğu Bölgesine aittir. Orta Doğu'yu % 19,5 ile Güney Amerika, %13,6 ile Kuzey Amerika, %8,8 ile Avrupa, % 7,7 ile Afrika ve % 2,5 ile Asya takip etmektedir.

Şekil 8: Küresel Petrol Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı



Kaynak: BP, 2013.

Küresel petrol tüketimi günlük 1,4 milyon varil ya da ortalama % 1,4 artarak geçmiş yıllardaki ortalamanın hemen üzerinde gerçekleşmiştir. OECD dışındaki ülkeler, artık tüketimin yarıdan fazlasını kullanır hale geldiler (% 51) ve bir kez daha küresel tüketimdeki net büyümeyi sağladılar. OECD ülkelerinin tüketimi son 8 yılda 7. kez düşerek % 0,4 oranında azaldı. A.B.D. 2013 yılında küresel petrol tüketimine rekor katkıda bulunarak (400000 v/g) , Çin'in büyümesini 1999 yılından beri ilk kez geride bıraktı (BP, 2014). Tablo 5'te dünya petrol tüketiminin bölgelere göre dağılımı gösterilmektedir. Tablo 5'ten görülebileceği üzere küresel petrol harcamı ekonomik krizin de etkisiyle son 5 yılda yatay bir seyir izleyerek % 5 artmıştır. Orta Doğu ülkelerinin harcamı %19 artarken; Afrika, Asya ve Güney Amerika bölgesinde sınırlı yükselişler görülmüştür. Kuzey Amerika bölgesinde büyük bir değişiklik olmamıştır. Doğal gaz ve alternatif enerjilere yönelmesinin de etkisiyle Avrupa petrol harcamında yaklaşık % 7 oranında bir düşüş meydana gelmiştir (IEA, 2014).

Tablo 5: Dünya Petrol Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı, v/g

	2009	2010	2011	2012	2013
Kuzey Amerika	23.014,4	23.534,5	23.270,1	22.924,2	23.305,7
Güney ve Latin Amerika	6.105,6	6.330,6	6.758,7	6.938,5	7.047,3
Avrupa	15.375,8	15.338,3	14.930,1	14416,27	14297,19
Avrasya	4132.843	4160.333	4365.529	4528.562	4689.067
Orta Doğu	6752.111	6991.423	7650.226	7817.619	8033.461
Afrika	3260.162	3373.635	3404.821	3497.359	3574.01
Asya	26277,28	27800,03	28111,8	29037,03	29382,99
Dünya	84918,18	87528,79	88491,29	89159,52	90329,76

Kaynak: BP, 2014.

Tablo 6’da görülebileceği üzere küresel petrol arzının son 5 yıldaki yükselişindeki en büyük sebep Kuzey Amerika ülkelerinin bu dönemde % 24,8, Orta Doğu ülkelerinin % 9,5 oranında petrol üretimini artırmasıdır. 2009-2013 yılları arasında A.B.D. günlük petrol arzı 9133,8 v/g değerinden 12312 v/g miktarına, Orta Doğu ülkelerinin günlük üretimi 24830,7 v/g miktarından 27190,66 değerine yükselmiştir.

Tablo 6: Bölgelere Göre Dünya Petrol Üretimi, v/g

	2009	2010	2011	2012	2013
Körfez Ülkeleri	23,319.1	24,396.9	25,871.8	26,327.9	26,011.8
OPEC	34,086.0	35,319.3	35,532.3	36,980.5	35,974.2
Kuzey Amerika	15453,42	16104,86	16693,53	17909,8	19292,83
Güney ve Latin Amerika	7525,382	7687,315	7857,205	7801,07	7941,794
Avrupa	4982,974	4646,775	4268,95	3979,366	3790,104
Avrasya	12943,47	13255,6	13332,26	13415,32	13563,56
Orta Doğu	24830,74	25975,7	27361,49	27599,61	27190,66
Afrika	10461,35	10717,44	9319,878	9971,298	9353,059
Asya	8751,974	9137,225	9000,935	9023,79	8925,226
Dünya	84949,3	87524,91	87834,25	89700,26	90057,24

Kaynak: IEA, 2014.

2011 yılında 84,2 milyon v/g olan dünya petrol üretimi, 2012 yılında % 2,4 artarak 86,2 milyon v/g olarak gerçekleşmiştir. Pek çok ülkedeki siyasi istikrarsızlık ve İran’a uygulanan yaptırımlar sebebiyle düşen üretime rağmen, küresel petrol üretiminde yaşanan 2 milyon v/g’lük artış, büyük ölçüde Suudi Arabistan, Birleşik Arap Emirlikleri, Katar, Irak ve Libya gibi OPEC ülkeleri ile ABD’deki üretim artışlarından kaynaklanmıştır. OPEC üyesi ülkeler, küresel petrol üretiminin yaklaşık olarak % 40’ını karşılamıştır (Petform, 2014).

2.3.1.2. Doğal Gaz

Bir petrol türevi olan doğalgaz, yer kabuğunun içindeki fosil kaynaklı bir çeşit yanıcı gaz karışımıdır. Metan gazı (CH₄), etan (C₂H₆), propan (C₃H₈) ve bütan

(C₄H₁₀) gazlarından oluşur. İçeriğinde az miktarda karbondioksit (CO₂), azot (N₂), helyum (He) ve hidrojen sülfür bulunur (Petform, 2014).

Bir fosil yakıt kaynağı olan doğalgaz yanma sonucu kül ve cürufa neden olmayan, emniyetli depolanabilen, kükürt dioksit ve karbondioksit gibi sera gazlarının salınımına sebep olmayan çevre dostu bir yakıttır (Gültekin ve Yüksel, 1993).

Tablo 7’de 2013 Yılı dünya doğal gaz rezervlerinin bölgelere göre dağılımı gösterilmiştir. Orta Doğu bölgesi, yaklaşık 2.824 trilyon fit³’lük doğal gaz rezerviyle dünyanın % 41,6’lık bölümüne sahiptir. Orta Doğu bölgesinden sonra gelen bölgeler sırasıyla; 2324 trilyon fit³ ve % 34,2’lik payla Avrupa ve Avrasya, 518 fit³ % 7,6’lık payla Afrika, 504 fit³ ve % 7,4’lik payla Asya, % 5,2’lik payla Kuzey Amerika ve % 4’lük payla Orta ve Güney Amerika bölgeleridir.

Tablo 7: Dünya Doğal Gaz Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı, 2013 (trilyon fit³ ve %)

BÖLGE	EIA’ya göre (2013 başı itibariyle)		BP’ye göre (2013 sonu itibariyle)
	Miktar	Pay (%)	Miktar
Orta Doğu	2.824	41,6	2.835,4
Avrupa ve Avrasya	2.324	34,2	1.999,5
Afrika	518	7,6	501,7
Asya	504	7,4	536,6
Kuzey Amerika	358	5,2	413,7
Orta ve Güney Amerika	269	4	270,9
TOPLAM	6.793	100	6.557,8

Kaynaklar: EIA, 2013: BP, 2014.

Tablo 8’de 2013 yılı dünya doğal gaz rezervlerinin ülkelere göre dağılımı gösterilmektedir. Dünyanın en fazla doğal gaz rezervine sahip ilk üç ülkesi sırasıyla yaklaşık % 25’lik payla Rusya, % 18’lik payla İran ve % 13’lük payla Katar olarak görülmektedir.

Tablo 8: Dünya Doğal Gaz Rezervlerinin Ükelere Göre Dağılımı, 2013

ÜLKE	EIA'ya göre (2013 başı itibariyle) (trilyon fit ³)		BP'ye göre (2013 sonu itibariyle) (trilyon fit ³)		OPEC'e göre (2012 sonu itibariyle) (trilyon m ³)
	Miktar	Pay (%)	Miktar	Pay (%)	Miktar
Rusya	1.688	24,9	1.603,6	24,8	48,676
İran	1.187	17,5	1.192,9	18,2	33,780
Katar	890	13,2	871,5	13,3	25,069
Suudi Arabistan	288	4,2	290,8	4,4	8,235
ABD	273	4	330	5	8,910
Türkmenistan	265	3,9	317,3	4,7	10
Birleşik Arap Emirlikleri (BAE)	215	3,2	215,1	3,3	6,091
Nijerya	182	2,7	179,4	2,7	5,118
Venezüella	195	2,9	196,8	3	5,563
Cezayir	159	2,3	159,1	2,4	4,504
Diğer	1.451	21,2	1.401,3	21,5	44,404
TOPLAM	6.793	100,00	6.557,8	100,00	200,350

Kaynaklar: EIA, 2013; BP, 2014; OPEC, 2013.

2008-2013 yılları arasında dünya doğal gaz üretiminde yaklaşık % 10'luk bir artış gerçekleşmiştir. 2013 yılı içinde gerçekleşen toplam dünya doğal gaz üretim miktarı yaklaşık olarak 3,37 trilyon metreküplük bir seviyeye ulaşmıştır. Üretim miktarının bölgelere göre dağılımı incelendiğinde; Avrupa ve Avrasya bölgesinin üretimdeki payının % 30,6 ve Kuzey Amerika bölgesinin ise % 26,6'lık bir paya sahip olduğu görülmektedir. Diğer bölgelerin üretim oranları ise sırasıyla Orta Doğu % 16,8 Asya Pasifik % 14,5, Afrika % 6 ve Güney ve Orta Amerika % 5,1 şeklindedir. Tablo 9'da 2008-2013 yılları arasındaki dünya doğal gaz üretiminin bölgelere göre dağılımı gösterilmektedir.

Tablo 9: Dünya Doğal Gaz Üretimini Bölgelere Göre Dağılımı (milyar m³), 2008-2013

BÖLGE	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	Miktar	Miktar	Miktar	Miktar	Miktar	Miktar
Avrupa ve Avrasya	1.074,4	954,9	1.026,9	1.034,2	1.029,1	1.032,9
Kuzey Amerika	800,8	807,4	821,1	866,5	894,2	899,1
Asya Pasifik	417,1	439,6	486,4	483,5	484,9	489
Orta Doğu	400,3	420,3	478,9	524,8	545,5	568,2
Afrika	212,6	200,4	214,3	211,2	216,3	204,3
Güney ve Orta Amerika	163,2	158,5	163,2	167,4	174,3	176,4
TOPLAM	3.068,4	2.981,1	3.190,8	3.257,6	3.344,3	3.369,9

Kaynak: BP, 2014.

Uluslararası Enerji Ajansı'na göre 2035 yılına kadarki dönemde, dünyanın hemen her bölgesinde doğal gaz üretiminin artması beklenmektedir. Bunun tek istisnasının ise Avrupa olacağı değerlendirilmektedir. Norveç'in doğal gaz üretim artışının, Avrupa genelindeki üretim düşüşünü karşılamada yetersiz kalması beklenmektedir. Çin, ABD, Rusya ve Avustralya ise, 2035 yılına kadar en fazla doğal gaz üretim artışı gösterecek ülkelerin başında gelmektedir (TPAO, 2013).

Tablo 10'da görülebileceği üzere 2008-2013 yılları arasında dünya doğal gaz tüketiminde yaklaşık %10'luk bir artış meydana gelirken, 2013 yılında dünyada yaklaşık 3,35 trilyon metreküplük bir doğal gaz tüketimi gerçekleşmiştir. Söz konusu tüketim miktarının bölgelere göre dağılımı incelendiğinde; Avrupa ve Avrasya bölgesinin % 31,6'lık bir payla doğal gaz tüketiminin en fazla gerçekleştiği bölge olduğu görülmektedir. Bu bölgeyi % 27,5'lik bir payla ABD ve Kanada'nın içinde bulunduğu Kuzey Amerika bölgesi izlemektedir. Diğer bölgelerin tüketim oranları ise sırasıyla, Asya Pasifik % 19, Orta Doğu % 12,7, Güney ve Orta Amerika % 5 ve Afrika % 3 şeklindedir.

Tablo 10: Dünya Doğal Gaz Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı (milyar m³)
2008-2013

BÖLGE	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	Miktar	Miktar	Miktar	Miktar	Miktar	Miktar
Avrupa ve Avrasya	1 133,4	1 048,2	1 127,4	1 099,3	1 082,6	1 064,7
Kuzey Amerika	821,5	816,1	849,6	870,6	902,9	923,5
Asya Pasifik	480,3	497,9	562,2	593,5	627,1	639,2
Orta Doğu	374,4	356,5	385,8	402,8	412,9	428,3
Güney ve Orta Amerika	143,7	138,6	148	151,9	162,3	168,6
Afrika	101,3	100,1	107,9	114,8	123	123,3
TOPLAM	3 054,6	2 957,4	3 180,9	3 232,9	3 310,8	3 347,6

Kaynak: BP, 2014.

Tablo 11’de BP 2014 Dünya Enerji İstatistikleri Raporuna göre 2013 Yılı dünya doğal gaz tüketiminin ülkelere göre dağılımı görülmektedir. Rapora göre dünyanın en büyük doğal gaz tüketicisi 737,2 milyar metreküp ve %22,2 payla A.B.D. , ikinci %12,3 pay ve 413 milyar metreküp ile Rusya’dır. Bu iki ülke dünya toplam doğal gaz tüketiminin üçte birinden fazlasını kullanmaktadırlar.

Tablo 11: Dünya Doğal Gaz Tüketiminin Ülkelere Göre Dağılımı (milyar metreküp), 2013

ÜLKE	BP'ye göre (2013)	
	Miktar	Pay (%)
A.B.D.	737,2	22,2
Rusya	413,5	12,3
İran	162,2	4,8
Çin	161,6	4,8
Japonya	116,9	3,5
Kanada	103,5	3,1
Suudi Arabistan	103	3,1
Almanya	83,6	2,5
İngiltere	73,1	2,2
İtalya	64,2	1,9
Diğer	1.328,8	39,3
TOPLAM	3.347,6	100,0

Kaynak: BP, 2014.

2.3.1.3. Kömür

Kömür; çoğunlukla karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan az miktarda kükürt ve nitrojen içeren, kimyasal ve fiziksel olarak farklı yapıya sahip maden ve kayadır. Diğer içerikleri ise kül teşkil eden inorganik bileşikler ve mineral maddelerdir. Kömürleşme süreci ve yataklanma, nem içeriği, kül ve uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, kükürt ve mineral madde içeriklerinin yanı sıra jeolojik, petrografik, fiziksel, kimyasal ve termik özellikler yönünden kömürler çok çeşitlilik gösterirler (TTK, 2014).

Kömür kaynaklarının kullanımındaki kolaylığı ve güvenilirliği nedeniyle enerji elde edilmesinde bu kaynaktan faydalanılmaya devam edilmektedir ancak enerji üretiminde kullanılan özellikle linyit olumsuz çevresel etkilere neden olmaktadır (Alemdaroğlu, 2007).

Değişik tipte kömürlerin kullanım amaçlarına göre uluslararası sınıflandırılmasında; ilk olarak 1957 yılında çeşitli ülkelerden üyelerin oluşturduğu Uluslararası Kömür Kurulu'nca birçok ülkeden temin edilen numuneler üzerinde yapılan çalışmalar, Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından da desteklenerek genel bir sınıflama yapılmıştır. Bu sınıflamada; kalorifik değer, uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, koklaşma ve kekleşme özellikleri temel alınarak, kömürler sert (taşkömürü) ve kahverengi (alt - bitümlü ve linyit) kömürler olarak iki ayrı sınıfa ayrılmıştır (TKİK, 2009):

- Sert Kömürler (Taşkömürü - Hard Coal): Nemli ve külsüz bazda 24 MJ/kg (5700 Kcal/kg) üzerinde kalorifik değere haiz olan kömürdür. Uçucu madde içeriği, kalorifik değer ve koklaşma özelliklerine göre alt sınıflara ayrılır.
- Kahverengi kömürler (Brown Coal): Nemli ve külsüz bazda 24 MJ/kg (5700 Kcal/kg) altında kalorifik değere haiz olan kömürdür. Toplam nem içeriği ve kalorifik değere göre alt sınıflara ayrılırlar.

2013 yılı dünya kömür rezervlerinin bölgelere göre dağılımı Tablo 12'de gösterilmektedir. Avrupa ve Avrasya bölgesi, yaklaşık 310,5 milyar ton'luk kömür rezerviyle dünyanın % 34,8'lik bir bölümüne sahiptir. Avrupa ve Avrasya bölgesinden sonra gelen bölgeler; sırasıyla yaklaşık % 32,3'lik payla Asya Pasifik, % 27,5'luk payla Kuzey Amerika, % 3,7'lik payla Orta Doğu ve Afrika ve % 21,6'lık payla Orta ve Güney Amerika bölgeleridir.

Tablo 12: Dünya Kömür Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı (milyar ton), 2013

BÖLGE	2013 Sonu İtibariyle	
	Miktar	Pay (%)
Avrupa ve Avrasya	310,5	34,8
Asya Pasifik	288,3	32,3
Kuzey Amerika	245,2	27,5
Orta Doğu ve Afrika	32,9	3,7
Orta ve Güney Amerika	14,6	1,6
TOPLAM	891,5	100

Kaynak: BP, 2014.

Tablo 13'te görüldüğü gibi, dünyanın en fazla kömür rezervine sahip ilk üç ülkesi sırasıyla A.B.D., Rusya ve Çindir. Taşkömürü rezervlerinde % 26,9'luk payla ABD, % 15,4'lük payla Çin, ve % 12,1'lik payla Rusya, kahverengi kömür rezervlerinde ise A.B.D. %26,4, Rusya %22,1 ve Çin %10,7'lik paya sahiptir. Diğer kömür rezervlerine sahip önemli ülkeler Avustralya, Hindistan ve Almanya'dır.

Tablo 13: Dünya Kömür Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı (milyar ton), 2013

ÜLKE	Taş Kömürü (Hard Coal) Rezervleri (2012 sonu itibariyle)		Kahverengi Kömür (Brown Coal) Rezervleri (2012 sonu itibariyle)		Toplam Kömür Rezervleri (2012 sonu itibariyle)
	Miktar	Pay (%)	Miktar	Pay (%)	Miktar
ABD	108,5	26,9	128,8	26,4	237,3
Rusya	49,1	12,1	107,9	22,1	157,0
Çin	62,2	15,4	52,3	10,7	114,5
Avustralya	37,1	9,2	39,3	8	76,4
Hindistan	56,1	13,9	4,5	0,9	60,6
Almanya	0,1	0,0	40,5	8,3	40,6
Ukrayna	15,4	3,8	18,5	3,8	33,8
Kazakistan	21,5	5,3	12,1	2,4	33,6
Güney Afrika	30,2	7,5	-	-	30,2
Kolombiya	6,7	1,6	-	-	6,8
Diğer	16,3	4,3	84,42	17,4	100,5
TOPLAM	403,2	100	488,32	100	891,5

Kaynak: BP, 2014.

Tablo 14'te görüldüğü gibi, dünya kömür üretimi, 2008-2013 yılları arasında %16,6 artarak 2013 yılında yaklaşık 3,88 milyar tep'lik miktara ulaşmıştır. Söz konusu üretim miktarının bölgelere göre dağılımı incelendiğinde; Asya Pasifik bölgesinin % 69'luk payla en büyük kömür üretimini gerçekleştirdiği görülmektedir. Diğer bölgelerin yaklaşık üretim oranları ise sırasıyla; Kuzey Amerika bölgesi % 14, Avrupa ve Avrasya bölgesi % 11,5, Afrika % 3,7 ve Güney ve Orta Amerika % 1,6 şeklindedir.

Tablo 14: Dünya Kömür Üretiminin Bölgelere Göre Dağılımı (milyon tep), 2008-2013

BÖLGE	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	Miktar	Miktar	Miktar	Miktar	Miktar	Miktar
Asya Pasifik	2.029,8	2.153	2.317,2	2.506,4	2.620	2675,7
Kuzey Amerika	639,2	580	594	600,9	561,2	545,6
Avrupa ve Avrasya	457,5	426,9	435,3	455,4	469	450,2
Afrika	144,4	143,2	147,9	144,6	148,1	147,2
Güney ve Orta Amerika	54,3	52,2	52,7	59,8	63,2	62
Orta Doğu	1,0	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7
TOPLAM	3.326,2	3.356	3.547,8	3.767,8	3.862,2	3.881,4

Kaynak: BP, 2014.

2.3.2. Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji kaynaklarını, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biyokütle enerjisi, hidrojen enerjisi ve hidrolik enerji, jeotermal enerji, dalga enerjisinden oluşan su gücü enerjileri ile füzyon enerjisi olmak üzere sınıflandırabiliriz. Yenilenebilir enerji kaynakları, güneşten gelen enerjinin doğrudan yada dolaylı olarak kullanımı sonucu elde edilmektedirler (Doğan, 2001).

Kömür, petrol, doğal gaz, vb. yenilenemeyen kaynakların insanlar tarafından kullanılması ile oluşan çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi ortaya çıkan negatif sonuçlar, ekonomik, sosyal ve çevresel etkiler bakımından sürdürülemez bir duruma neden olmaktadır ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ön plana çıkarmaktadır (Sevilgen ve Kılıç, 2013).

Yenilenebilir enerji ile ilgili ilk politikalar 1987 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Dünya Komisyonu tarafından tanımlanan “sürdürülebilir kalkınma” kavramı ve 1992 yılında imzaya açılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile gündeme gelmiştir. Bu tarihten itibaren sürdürülebilirliğin sağlanması enerji sektörünün bir önceliği olmuş, yenilenebilir enerji kaynaklarına öncelik verilmiş ve bu sayede yenilenebilir enerji teknolojilerinde önemli gelişmeler sağlanmıştır. Günümüzde dünyanın birçok ülkesinde "enerji arz güvenliği", "enerjinin çeşitlendirilmesi", “enerjide ithalat bağımlılığının azaltılması”,

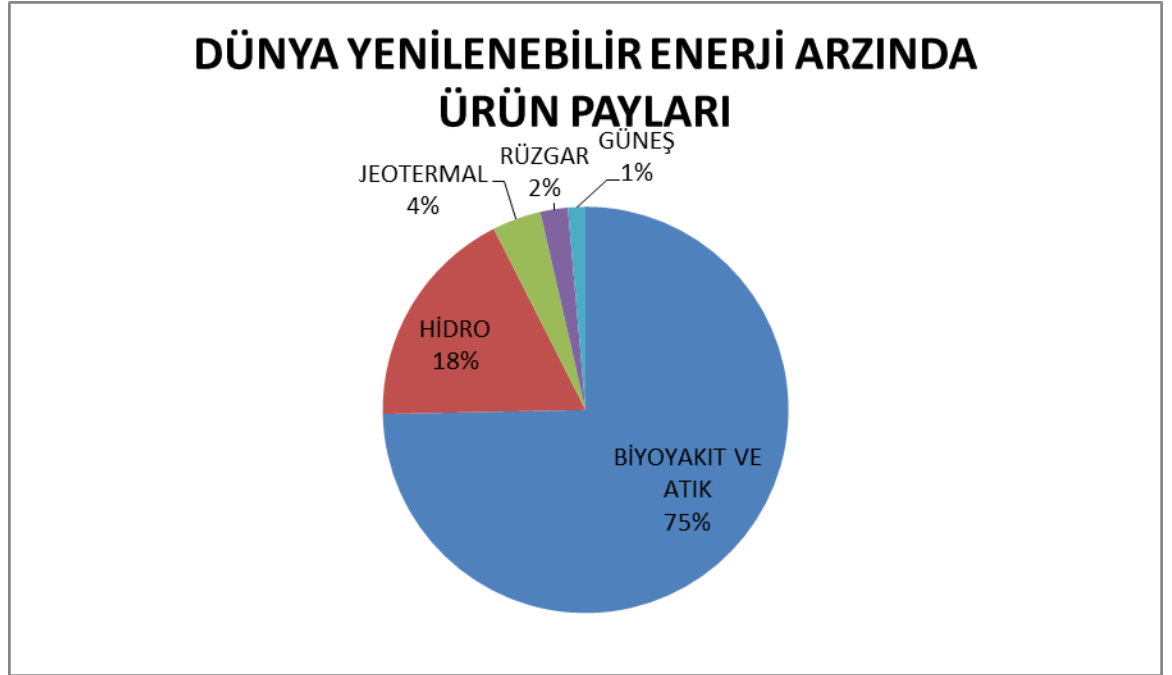
“iklim değişikliği ile m¼cadele”, “istihdam yaratma” gibi yararları ile gittikçe daha fazla kullanılmaya başlanmıştır (TTGV, 2011).

Hidro, güneş, biyok¼tle, r¼zgar ve hidrojen gibi yenilenebilir enerjiler gelecekte çok önemli bir rol oynayacaktır. 2040 yılında küresel enerjinin yaklaşık olarak yarısı yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanacaktır ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi toplam küresel elektrik arzının %80’inden daha fazla olacaktır (EWEA, 2005).

Gelişmekte olan ÷lkelerde, ticari olmayan yaygın kullanımından dolayı (evsel ısınma, yemek pişirme, v.b.), katı biyoyakıtlar (atıklar hariç) en fazla tüketilen yenilenebilir enerji kaynağıdır ve dünya toplam birincil enerji kaynaklarının %9,7’sini, küresel yenilenebilir enerji kaynaklarının % 74,9’unu oluşturmaktadır. İkinci en büyük kaynak dünya toplam birincil enerji kaynaklarının % 2,3’ünü, yenilenebilir kaynakların ise % 17,6’sını oluşturan hidro enerjidir. Jeotermal, sıvı biyoyakıtlar, biyogazlar, güneş, r¼zgar ve gel-git enerjileri kalan küçük kısmı paylaşmaktadır (IEA, 2013).

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan küresel talep 2011 ve 2012’de yükselmeye devam etti ve yenilenebilir enerjiler 2011 yılında küresel son enerji tüketiminin yaklaşık %19’unu sağladılar. Bunun yaklaşık yarısından biraz daha azı geleneksel biyok¼tle yakıtlardan elde edildi. Dünya çapında toplam yenilenebilir güç kapasitesi 2012 yılında 1470 GWatt’ı aştı. Bunun 990 Gwatt’lık kısmı hidrolik enerjisinden, 480 GWatt’lık kısmı ise diğer yenilenebilir enerjilerden elde edildi (REN 21). Tüm bu gelişmelere rağmen şekil 9’da da gör¼lebileceęi gibi fosil yakıtlar yaklaşık olarak toplam küresel enerjinin yaklaşık % 80’ini karşılamaktadır.

Şekil 9: Dünya Yenilenebilir Enerjilerin Toplam Arz İçindeki Payı, 2013



Kaynak: IEA, 2013

Yenilenebilir enerjilerin pazar payları 2020 yılında toplam 325,1 milyar dolara ulaşacaktır. Geleceğin en önemli 3 yenilenebilir enerji endüstrisi olarak görülen rüzgâr gücünün, biyoyakıtların ve güneş pilinin üretim değerlerinin sırasıyla; 139,1 milyar dolar, 105,4 milyar dolar ve 80,6 milyar dolar olması beklenmektedir (Kum,2009) . Hidro, güneş, biyokütle, rüzgar ve hidrojen gibi yenilenebilir enerjiler gelecekte çok önemli bir rol oynayacaktır. 2040 yılında küresel enerjinin yaklaşık olarak yarısı yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanacaktır ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi toplam küresel elektrik arzının %80'ninden daha fazla olacaktır (EWEA, 2005).

Tablo 15'te görüldüğü üzere hidroelektrik enerjisi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin büyük kısmını tek başına karşılamaktadır. Onu rüzgar ve güneş enerjisi izlemektedir. Diğer yenilenebilir enerjilerin payı toplam içerisinde çok küçüktür.

Tablo 15: Dünya Yenilenebilir Elektrik Kapasite Tahmini (GW)

	2013	2014	2105	2016	2017	2018	2019	2020
Hidroelektrik	1133	1168	1203	1227	1270	1307	1333	1360
Biyoenerji	88	93	97	104	111	118	125	133
Rüzgar	319	363	407	449	491	536	583	630
Güneş	137	176	214	253	289	326	364	403
Güneş-Termal	4	5	5	6	7	8	10	11
Jeotermal	12	12	13	13	14	15	15	16
Okyanus	1	1	1	1	1	1	1	1
Toplam	1692	1817	1940	2061	2182	2311	2431	2555

Kaynak: IEA, 2014

2.3.3 Nükleer Enerji

Nükleer Enerji; Atom enerjisi; atom çekirdeğinin parçalanmasına bağlı olarak açığa çıkan ısı enerjisinin teknolojik kontrolüyle gerçekleşen enerji türüdür. Endüstriyel alanda elektrik üretiminde termal (ısı) reaktörleri kullanılmaktadır. Bu reaktörlerde doğal veya zenginleştirilmiş uranyum yakıt olarak kullanılır, Reaktörlerde su (H₂O), ağır su (D₂O) ve grafit moderator olarak kullanılan en yaygın malzemelerdir. Fisyon olayı sonunda oluşan ısı enerjisi sıvı veya gaz soğutucularla reaktör dışına taşınır. Isı enerjisi bu soğutucular aracılığı ile buhar devresine gönderilir. Buhar, türbo - alternatörleri çalıştırarak elektrik enerjisi üretilir. (İnol, 1978).

Reaktörler, nükleer teknolojilerin gelişimi doğrultusunda farklı nesillere dâhil edilmektedir. Elektrik üretimi amacıyla 1950’lerde kurulmaya başlanan öncül reaktörler 1. nesil olarak adlandırılmakta; 2. nesil ise 1990’ların sonlarına kadar yapılan ticari amaçlı reaktörleri kapsamaktadır. 2. nesle dâhil olan reaktör tiplerinin yakıt teknolojisi, verim, güvenlik sistemleri gibi açılardan geliştirilmiş halleri 3. nesil olarak adlandırılmaktadır (EMO, 2013).

Bugün üzerinde en çok konuşulan enerji türü olan nükleer enerji ; ilk defa İkinci Dünya Savaşı sırasında duymuştur. Nükleer hammaddelerden enerji üretimine yönelik ilk bilimsel çalışmalar 20. yüzyılın başına kadar inmektedir. Bu konu

üzerinde Rotherford, Hans, Strasman, Oppenheimer ve Eistein ilk çalışan biliminsanlarıdır. Nükleer enerji başta fizik ve tıp olmak üzere pek çok disiplinin konularından biridir. Başta Amerika Birleşik Devletleri ve Fransa olmak üzere nükleer enerji kullanımının yaygın olduğu pek çok ülkenin eğitim programında nükleer enerji konusuna yer verilmektedir (Özdemir ve Çobanoğlu).

11.06.2013 itibarıyla dünyada 193 nükleer santralde toplam 372.686 MW kurulu güce sahip 436 nükleer reaktör çalıştırılmaktadır. Toplam kurulu gücü 52.950 MW'ı bulan 145 nükleer reaktör kalıcı olarak kapatılmıştır. Dünyada inşaat halindeki 69 nükleer reaktörün toplam kurulu gücü 66.831 MW'tır. Bu reaktörlerin 28'i Çin, 11'i Rusya, 7'si Hindistan'da bulunmaktadır (EMO, 2013).

Nükleer enerjiden enerji üretimi oldukça verimli bir şekilde sağlanmaktadır. Ayrıca küresel ısınmaya etki edecek herhangi bir gaz da kullanım sonucu açığa çıkmamaktadır. Bu enerji çeşidindeki en önemli sorun, radyoaktif atıkların yok edilmesi hususunda yaşanmaktadır (Parfit, 2005). Enerji üretim süreleri, 25-30 yıl ile sınırlı olan nükleer santrallerin, bu süre sonunda ne olacakları önemli bir sorundur. Nükleer atıklarla dolu olan santrallerin çevreleri, çalışma süresini dolduran reaktörler ve diğer radyoaktif atıklar potansiyel olarak radyoaktif kirlilik kaynağıdır. (Torunoğlu, 1997)

Özellikle son dönemde nükleer santrallerin inşa edildiği ülkelerin niteliğine bakıldığında ise; nükleer enerji talebi olan ülkelerin emek ve enerji yoğun teknolojilerle kalkınmaya çalışan ülkeler (Çin, Rusya, Hindistan) olduğu, gelişmiş kapitalist ülkelerin ise kademeli olarak nükleer enerjiden vazgeçmeye çalıştığı görülmektedir (EMO, 2013)

2.4. TÜRKİYE'NİN ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

Enerjiyi kesintisiz, güvenilir, ucuz, temiz ve çeşitlendirilmiş kaynaklardan sağlayabilmek ve verimli kullanmak önemlidir. Enerji talebinin karşılanmasında yüksek oranda dışa bağımlılık; yerli ve yenilenebilir kaynakların değerlendirilmesinin önemini, kaynak ve menşe çeşitlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır (MMO, 2012).

Arz güvenliği sorununu hafifletmek üzere Türkiye'de bir yandan petrol ve doğal gaz aramaları sürdürülürken, diğer yandan yerli kaynakların geliştirilmesine

yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda özellikle yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi bir politika olarak benimsenmiştir. 08 Ocak 2011 tarih ve 27809 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”da Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile yenilenebilir enerji için yeni teşvikler getirilmiştir. Bu düzenleme ile yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik için kaynak temelinde belirlenen fiyatlar üzerinden alım garantisi sağlanmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinde yurt içinde imal edilen ekipman kullanılması durumunda, bu tesislere işletmedeki ilk 5 yıl boyunca kaynak ve kullanılan ekipmanın türüne göre ilave fiyat teşvikleri verilmesi hükme bağlanmıştır (T.C. Resmi Gazete, 08.01.2011).

Türkiye dünyanın hızla büyüyen ekonomilerinden birisidir. Türkiye Avrupa’nın altıncı büyük ekonomisi ve altıncı büyük elektrik piyasası konumundadır. 2010 yılında % 8.9’luk bir Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) büyümesi gözlenmiştir. Ekonomideki hızlı büyüme birincil enerji kaynakları ve elektriğe talebin artmasına sebep olmaktadır. 2010’da ithal enerji bağımlılığı % 71.5 olan Türkiye’nin yıllık enerji talep artışı (1990’dan itibaren) % 4.6 olarak gerçekleşmiştir (MMO, 2012).

Türkiye’de linyit, taşkömürü, asfaltit, bitümlü istler, ham petrol, doğalgaz, uranyum ve toryum gibi fosil kaynak rezervleri ile hidrolik enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve biyokütle enerjisi gibi yenilenebilir kaynak potansiyelleri bulunmaktadır. Türkiye’ de en fazla rezerv yaklaşık 8,2 milyar ton ile düşük kaliteli linyit kömüründe bulunmaktadır. Linyit dışında Zonguldak yöresinde 1 milyar ton civarında kaliteli taş kömürü rezervi bulunmaktadır. Türkiye’nin toplam kömür rezervi dünya rezervinin binde beşinden azdır. Petrol rezervi daha da kısıtlıdır (yaklaşık 50 milyon ton). Doğal gazda ise durum farklı değildir. Trakya Hamitabat’ ta 1970’ de yaklaşık 14 milyar m3 (dünya rezervinin onbinde biri) üretilebilir doğal gaz bulunmuş ve 1976’ da üretime başlanmıştır. İhtiyacın ancak %5’ ini karşılayabilmektedir. Türkiye’ nin bilinen uranyum yatakları ile ekonomik uranyum üretimi, günümüz teknolojisinde pek uygun görülmemektedir. Fakat bugüne kadar bulunan rezervlerin, Türkiye’ nin gerçek uranyum rezervini yansıtmadığı görüşü

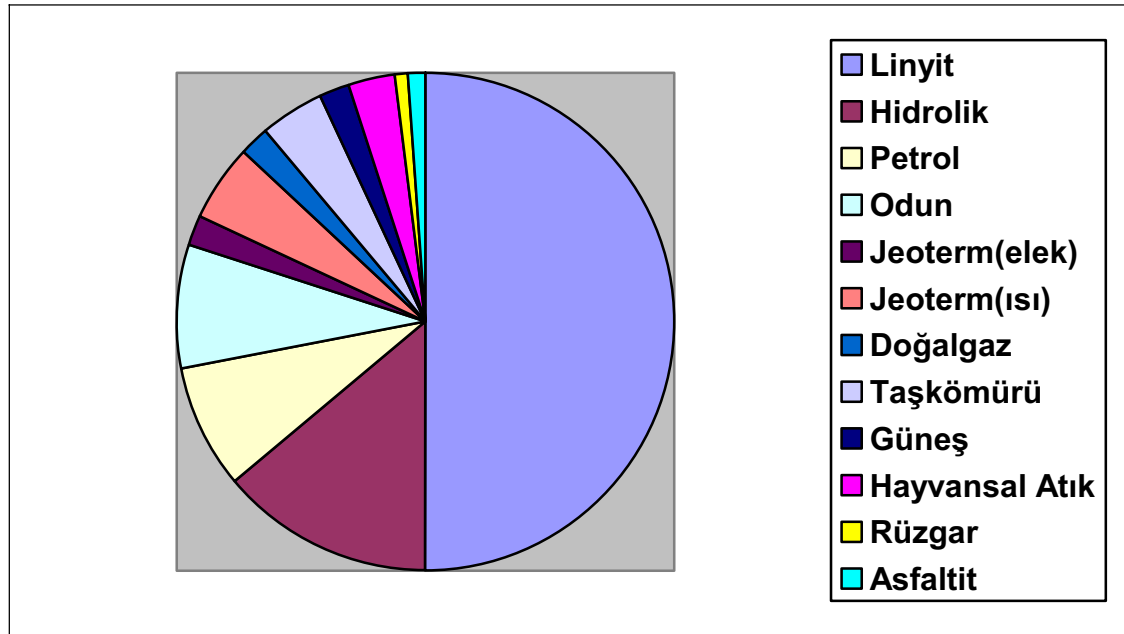
ağırlık kazanmaktadır. Türkiye toryum yatakları bakımından ise dünyanın sayılı rezervleri arasında yer almaktadır (Atılğan, 2000).

Türkiye yüzölçümü ve nüfusu itibarıyla dünya üzerinde kayda değer bir duruma sahiptir. Nüfusu 74,8 milyonu aşmaktadır. 2011 verileriyle GSYİH olarak cari fiyatlarla 1.294.892 milyar TL’lik bir büyüklüğe sahiptir. Milli gelirin dolar cinsinden tutarı 772.298 milyar dolardır. Kişi başına düşen milli gelir 10.444 dolar, cari fiyatlarla 17.510 TL seviyesindedir. Kriz nedeniyle 2008’e göre % 4,5 gerilemeyle 2009’da 103.500 MTEP’e düşen Türkiye’nin enerji tüketimi 2010 yılında 109.266 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Elektrik üretimi 2011 yılında, bir önceki yıla göre % 8,78 artışla 228.431 milyar kWh’ye, tüketim ise % 8,19 artışla 229.344 milyar kWh’ye varmıştır (MMO, 2012).

2011 yılı Türkiye birincil enerji üretimi 32228.9 Btep (bin ton eşdeğer petrol) olarak gerçekleşmiştir. Aynı yıl birincil enerji üretiminin kaynaklar bazındaki dağılımı sırasıyla; linyit (%50), hidrolik (%14), odun (%8), petrol (%8), jeotermal-ısı (%5) ve taşkömürü (%4) şeklindedir (Koç ve Şenel, 2013).

Şekil 10’da görüldüğü gibi Türkiye’nin yerli enerji üretiminde en büyük pay % 50 ile linyit kömürüne aittir. Linyiti, % 14 ile hidrolik enerji, % 8 petrol ve % 8 odun takip etmektedir.

Şekil 10: Türkiye Birincil Enerji Üretiminin Kaynaklar Temelinde Dağılımı



Kaynak: ETKB, 2012

Fosil yakıtlar bakımından linyit hariç zengin rezervlere sahip olmayan Türkiye’de, 2008 yılından bu tarafa birincil enerji tüketiminde en büyük pay doğal gaz kaynağına aittir. Doğal gaz tüketimi 2009 yılında 2008’e göre düşmüş, ancak 2010 yılında tekrar yükselerek ekonomik daralma öncesindeki seviyeleri aşmıştır. 2010 yılında 37,5 milyar metreküp olan Türkiye doğal gaz tüketiminin 2011 yılında 41,6 milyar metreküp olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Tüketimin yüzde 56’sının elektrik üretiminde, yüzde 21’inin konutlarda, yüzde 20’sinin ise sanayi sektöründe gerçekleşeceği öngörülmektedir (Aktaş, 2012).

Tablo 16’da 2009-2011 yılları arasındaki Türkiye enerji verileri görülmektedir. Verilerden görülebileceği üzere 2009-2011 yılları arasında birincil enerji tüketimi % 6,6, enerji ithalatı % 9,8 artmış, buna karşılık enerji ithalatı harcamaları yükselen enerji maliyetlerinden dolayı neredeyse iki katına çıkmıştır.

Tablo 16: Türkiye Enerji Verileri, 2009-2011

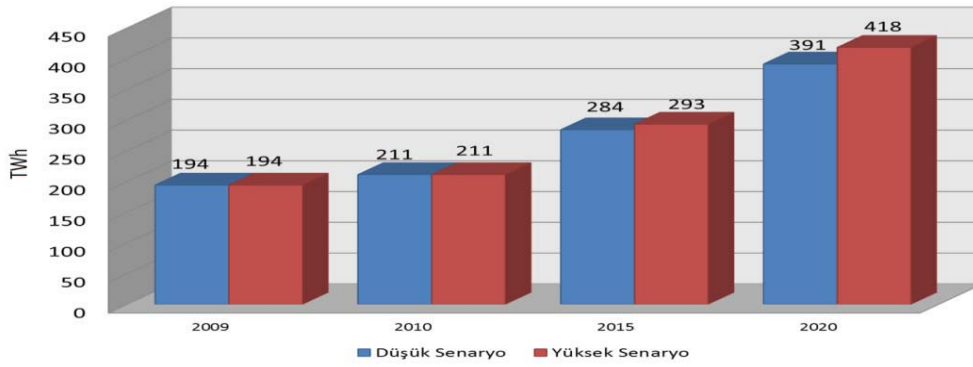
	2009	2010	2011
Birincil Enerji Üretimi	106,138 Btep	109,236 Btep	114,480 Btep
Birincil Enerji Tüketimi	30,2 Mtep	32,5 Mtep	32,2 Mtep
Türkiye Enerji İthalatı	82 Mtep	87 Mtep	90 Mtep
Enerji İthalat Harcamaları	29,9 mil. USD	38,5 mil. USD	54 mil. USD
Toplam ithalat payı (%)	21	21	23
Kurulu Güç (MW)	44761	49524	53211
Üretim (Gwh)	194079	210434	229319

Kaynak: DEKMTK, 2012

2013 yılı sonu itibariyle, 38.648,0 MW’ı termik, 310,8 MW’ı jeotermal, 22.289,0 MW’ı hidrolik ve 2.759,6 MW’ı rüzgar olmak üzere Türkiye toplam kurulu gücü 64.007,5 MW’a ulaşmıştır. 2013 yılı sonu itibariyle brüt elektrik enerjisi talebi 248,3 milyar kWh, puant güç talebi ise 38.274,0 MW olarak gerçekleşmiştir. Toplam 242,1 Milyar kWh üretim gerçekleştirilirken 7,4 Milyar kWh ithalat yapılmış, arz edilen toplam elektrik enerjisinden 1,2 Milyar kWh ihracat gerçekleştirilmiştir (TEİAŞ, 2013).

2014 yılında ise elektrik enerjisi talebinin bir önceki yıla göre yaklaşık % 4,7'lik artışla 256,7 milyar kWh olacağı beklenmektedir. Mevcut sistem 2014 yılında, termik santrallardan 174,8 milyar kWh, hidrolik santrallardan 57,9 milyar kWh, rüzgar santrallerinden 5,8 milyar kWh ve jeotermal santrallardan 0,9 milyar kWh olmak üzere toplam 239,5 milyar kWh üretim imkanına sahiptir (TEİAŞ, 2013). Şekil 11'de 2020 yılına kadar Türkiye elektrik tahmini görülmektedir. ETKB'nın öngörüsüne göre 2010-2015 yılları arasında Türkiye'nin elektrik talebi yaklaşık %35 artacak, 2020 yılında 2010 yılının yaklaşık 2 katına çıkacaktır. İyimser senaryoya göre bile 2020 yılında ihtiyaç duyulan elektrik ihtiyacı 2010 yılından 280 twh daha fazla olacaktır.

Şekil 11: ETKB Elektrik Talep Tahmini



Kaynak: ETKB, Yıl Yazılacak

2.4.1. Türkiye'nin Kömür Profili

Türkiye özellikle elektrik üretimi amacıyla kullanılabilecek özellikte geniş kömür rezervlerine sahiptir. Linyit üretimleri, özellikle 1970'li yılların başlarından itibaren, petrol krizlerine bağlı olarak elektrik üretimine yönelik linyit işletmeleri yatırımlarının başlaması ile hızlanmıştır. Ancak, taşkömürü üretimleri 1980'li yıllardan itibaren sürekli bir azalış eğilimi göstererek 2004 yılında 1,9 milyon tona gerilemiş, linyit üretimi 1998 yılından itibaren, özellikle yapılan doğalgaz alım anlaşmaları nedeniyle azalmıştır (Torun ve Tamzok, 2005).

2.4.1.1. Türkiye'nin Kömür Rezervleri

Türkiye’de en önemli taşkömürü rezervleri Zonguldak Havzasında bulunmaktadır. Havzada bugüne kadar yapılan rezerv arama çalışmalarında, -1200 m derinliğe kadar tespit edilmiş toplam Jeolojik rezerv 1,31 Milyar ton olup, bunun %39’u (yaklaşık 514 Milyon ton) görünür rezerv olarak kabul edilmektedir. Dünya genelinde rezerv tanımlamaları yapılırken, mevcut madencilik teknolojisi ile ekonomik olarak işletilebilir rezervler dikkate alınmaktadır. Havza bazında rezerv tespiti yapılırken –1200 m derinliğe kadar yapılmış sondajlardan elde edilmiş veriler kullanılmaktadır (TTK, 2011).

Tablo 17’de ruhsatlı kömür sahalarına ait rezervler ve miktarları açıklanmıştır. Havzada koklaşabilir rezervler Kozlu, Üzülmüş ve Karadon bölgelerinde yer almaktadır. Koklaşabilir taşkömürü rezervlerinin toplam rezervler içerisindeki payı yaklaşık %67’dir. Armutçuk bölgesinde yer alan rezervler; yarı-koklaşma özelliği, yüksek ısı değeri ve düşük bünye külü içeriği ile hem koklaşabilir kömürlerle harmanlanarak hem de pulverize enjeksiyon (PCI) kömürü olarak demir-çelik fabrikalarında kullanıma uygun niteliktedir. Amasra bölgesi kömürlerinin koklaşma özelliği bulunmamakla birlikte, belirli oranlarda metalurjik kömürler ile harmanlandığında koklaşma özelliğini bozmamaktadır (TTK, 2014)

Tablo 17: TTK Ruhsatlı Kömür Sahalarına Ait Rezervler, 2012

2012 Yılı TTK Ruhsatlı Kömür Sahalarına Ait Rezervler								
YERİ		REZERVLER(1.000 TON)						
İL	Müessesesi	Kömürlerin Özelliği	Hazır	Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam	AİD kcal/kg
Bartın	Amasra	Koklaşmaz	391	170.401	115052	121535	407.379	5450-6050
Zonguldak	Armutçuk	Yarı Koklaşır	1.654	8.046	15.860	7.883	33.442	6050-7050
	Kozlu	Koklaşabilir	2.557	66.745	40.539	47.975	158.816	6400-6950
	Üzülmüş	Koklaşabilir	1.081	135.795	94.342	74.020	305.238	6400-6950
	Karadon	Koklaşabilir	2.452	133.810	159.162	117.034	412.458	6200-6950
TOPLAM			8.135	514.797	424.955	368.447	1.316.333	

Kaynak: TTK, 2014

2.4.1.2. Türkiye'nin Kömür Üretimi ve Tüketimi

Ülkemiz 2012 yılı satılabilir kömür üretimi; 68,1 milyon ton linyit, 2,3 milyon ton taşkömürü ve 1 milyon ton asfaltit olmak üzere bir önceki yıla göre %6,4 azalarak toplam 71,4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizde 1980'li yıllardan önce son derece düşük miktarlarda başlayan kömür ithalatı, 1990'lı yıllarda 10 milyon tonun ve 2000'li yıllarda ise 20 milyon tonun üzerine çıkmıştır. Kömür ithalatındaki artış oranı son on yılda %106 ve son yirmi yılda ise %540 oranındadır (ETKB, 2014).

Kömür ithalatının ivme kazanmaya başladığı 1980'li yılların başında ülke toplam taşkömürü tüketiminin %80'i, sonlarına doğru ise %45'i yerli kaynaklardan karşılanırken, 2011 yılında 25 569 000 ton olarak gerçekleşen taşkömürü tüketiminin sadece %9,8'i, 2012 yılında 31 460 000 ton olarak gerçekleşen taşkömürü tüketiminin sadece %7,3'ü yerli kaynaklardan (TTK ve havza üretiminden) karşılanmıştır (TTK, 2014).

Tablo 18'de 2000-2012 yılları arasında havza taşkömürü üretimi açıklanmaktadır. Yapılan özelleştirmelerle yıllar içerisinde özel sektörün üretimdeki payı artmış, 13 yılda toplam üretim 31 213 804 ton olarak gerçekleşmiştir. Yıllar içerisinde en düşük üretim 2004 yılında 1 945 971; en yüksek üretim 2009 yılında 2.879.406 ton olmuştur.

Tablo 18: Havza Taşkömürü Üretimi (ton), 2000-2012

YILLAR	TTK Üretimi	Özel Sektör	Havza Toplamı
2000	2 259 227	135 019	2 394 246
2001	2 356 865	137 097	2 493 962
2002	2 244 385	74 647	2 319 032
2003	2 011 178	47 943	2 059 121
2004	1 880 847	65 124	1 945 971
2005	1 665 846	511 355	2 177 201
2006	1 522 698	795 931	2 318 629
2007	1 675 283	817 092	2 492 375
2008	1 586 532	1 043 909	2 630 441
2009	1 879 630	999 776	2 879 406
2010	1 708 844	883 074	2 591 918
2011	1 592 515	1 026 732	2 619 247
2012	1 457 098	835 157	2 292 255

Kaynak: TTK, 2014

2.4.1.3. Türkiye'nin Kömür Ticareti

Ülkeler ve ödenen döviz miktarları bazında bakıldığında Türkiye'nin kömür ithalatında; Rusya, Güney Afrika, Avustralya, ABD, Çin ve Kanada'nın önemli payları olduğu görülmektedir (TTK, 2014). Tablo 19'da görüldüğü gibi Türkiye'nin kömür tüketimi ağırlıklı olarak ithal kömüre dayanmaktadır. Kömür üretimi yaklaşık olarak aynı iken, artan talepten dolayı kömür ithalatı artmış ve 2010 yılında üretilen 2 524 bin ton kömüre karşılık 20 634 bin ton kömür ithal edilmiştir.

Tablo 19: Türkiye Taşkömürü Üretim Tüketim ve İthalat Dengesi, 1000 ton

Türkiye Taşkömürü Üretim Tüketim ve İthalat Dengesi			
YILLAR	ÜRETİM	İTHALAT	TOPLAM TÜKETİM
2000	2 259	12 990	15 393
2001	2 357	8 028	11 039
2002	2 319	11 693	13 830
2003	2 425	16 166	17 535
2004	2 070	16 427	18 904
2005	1 900	17 360	19 421
2006	2 319	20 286	22 798
2007	2 492	22 946	25 224
2008	2 601	19 489	22 720
2009	2 863	20 364	23 698
2010	2 524	21 333	25 569

Kaynak : TTK, 2012

2.4.2. Türkiye'nin Doğalgaz Profili

Yerli üretimin çok kısıtlı olması nedeniyle doğal gaz tüketiminin tamamına yakını ithalatla karşılanmaktadır. Bu açıdan, doğal gaz sektöründe; arz güvenliğinin sağlanması ve rekabet koşullarının sağlandığı bir ortamın oluşturulması gerekmektedir. Tüketicilere tedarikçilerin serbestçe seçme olanağı tanınarak doğalgazın sürekli ve ekonomik olarak tüketicilerin kullanımına sunulması sektörün öngörülen yapıya kavuşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır (WEC, 2010).

Yerli üretimi düşük seviyelerde seyreden ve büyük oranda ithal edilen doğal gaz kaynağına bu ölçüde bağımlı olunması, önemli bir arz güvenliği riski oluşturmaktadır. Ülkede tüketilen petrolün de büyük ölçüde ithal bir kaynak olması, Türkiye'yi birincil enerji kaynakları açısından bağımlı bir ülke haline getirmektedir. Arz güvenliği sorununun aşılması için öncelikle yerli kaynakların daha fazla değerlendirilmesi, daha sonra hem ithal enerji kaynaklarının hem de ithal edilen kaynağın getirildiği ülkelerin çeşitlendirilmesi gerekmektedir (T.C. Resmi Gazete, 18.10.2011).

2.4.2.1. Türkiye'nin Doğalgaz Rezervleri

Tablo 20'de Türkiye'nin doğal gaz rezervleri görülmektedir. 2012 yılı yurtiçi üretilebilir doğal gaz rezervi 6,84 milyar m³'tür. Yeni keşifler yapılmadığı takdirde, bugünkü üretim seviyesi ile yurtiçi doğal gaz rezervinin 10,3 yıllık bir ömrü bulunmaktadır (TPAO, 2012).

Tablo 20: Türkiye Doğal Gaz Rezervleri, m³, 2012

ŞİRKET	Rezervuardaki Gaz	Üretilebilir Gaz	Kalan Üretilebilir Gaz
T.P.A.O.	16 267 954 165	12 050 635 459	3 972 681 642
N.V.Turkse Perenco	340 680 073	340 680 073	
Amity Oil İnt. & T.P.A.O	1 924 833 289	1 586 975 398	86 853 167
Thrace Basin & Pinnacle Turkey & Corp.	5 320 873 992	4 828 601 173	2 299 472 242
Tiway& T.P.A.O.&Foinavon& Petrol Ofisi A.Ş.	1 336 910 000	1 005 490 000	143 089 510
TransAtlantic&Petrako& Valeura Energy	140 993 784	133 253 784	9 796 449
Arar	240 013 267	192 013 267	190 588 584
Tiway-TEMI	161 400 000	141 600 000	135 316 297
Petrogas	27 533 214	27 533 214	40 208
Amity Oil İnt.	17 656 097	17 656 097	3 539
Maya & Çalık Enerji & Petrogas	1 049 720	1 049 720	
Toplam	25 779 897 601	20 325 488 185	6 837 841 638

Kaynak: EPDK, 2013

2.4.2.2. Türkiye'nin Doğalgaz Üretim ve Tüketimi

Tablo 21'de görüldüğü üzere, 2009, 2010 ve 2011 yılları için, 2009 yılında bir önceki yıla göre tüketimde yaklaşık 1.6 milyar Sm³'lük düşüş, sonrasında 2010 yılında yaklaşık 2.1 milyar Sm³'lük artışla 2008 yılı seviyesine geri dönmüş ve 2011 yılında yaklaşık 6 milyar Sm³'lük artış neticesinde 45.241.762.899 Sm³ civarında gerçekleşmiştir (EPDK, 2013).

Tablo 21: Ulusal Doğal Gaz Tüketim Değerleri (Sm³)

YIL	TÜKETİM MİKTARI	DEĞİŞİM MİKTARI
2004	22 272 528 240	1 334 528 240
2005	27 348 213 942	5 075 685 702
2006	30 982 063 980	3 633 850 038
2007	35 394 878 230	4 412 814 250
2008	36 865 051 313	1 470 173 083
2009	35 218 839 390	-1 646 211 924
2010	37 411 118 370	2 192 278 980
2011	43 697 409 192	6 286 290 822
2012	45 241 762 899	3 258 237 101

Kaynak: EPDK, 2013

2.4.2.3. Türkiye'nin Doğalgaz Ticareti

İthal edilmiş veya yurt içinde üretilmiş doğal gazın yurt dışına ihraç faaliyeti, ihracat lisansı almış tüzel kişiler tarafından lisanslarında belirtilen ülkeler dâhilinde gerçekleştirilebilmektedir. İhracat lisansları kapsamında lisans sahibi tüzel kişilerden hali hazırda sadece BOTAŞ faaliyette bulunmaktadır. BOTAŞ, lisansı çerçevesinde Yunanistan'a doğal gaz ihracatı gerçekleştirmektedir. 23 Şubat 2003 tarihinde imzalanan Hükümetlerarası Anlaşma ve 23 Aralık 2003 tarihinde BOTAŞ ile DEPA (Dimosia Epichirisi Paroxis Aeriou-Yunanistan) arasında imzalanan Doğal Gaz Alım Satım Anlaşması sonrası Temmuz 2005'te inşaatına başlanan Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Boru Hattı'nın tamamlanması ile 18.11.2007 tarihinde Yunanistan'a doğal gaz ihracatına başlanmıştır. Azeri Şah Deniz-1 sahasından alınan gazın Yunanistan'a satılmasına ilişkin Alım Satım Anlaşması yıllık 750 milyon Cm³'lük

bir sevkiyatı içermektedir. BOTAŞ tarafından Yunanistan'a ihraç edilen doğal gaz miktarlarına ilişkin veriler Tablo 22'de verilmektedir (EPDK, 2013).

Tablo 22: Doğal Gaz İhracat Miktarları, (milyon sm³), 2007-2013

Yıllar	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Miktar	30,8	435,8	708,5	648,6	714	611	682

Tablo 23'te Türkiye'nin 2005-2012 yılları arasında doğal gaz ithalat miktarları ve ülkeler gösterilmektedir. Tablodan da anlaşılacağı üzere ülkemizin doğal gaz ithalatı ağırlıklı olarak Rusya'ya bağımlıdır.

Tablo 23: Doğal Gaz İthalat Miktarları (milyon sm³), 2005-2012

YIL	Rusya	İran	Azerbaycan	Cezayir(LNG)	Nijerya(LNG)	Diğer (LNG)	TOPLAM
2005	17 524	4 248	0	3 786	1 013	0	26 571
2006	19 316	5 594	0	4 132	1 100	79	30 221
2007	22 762	6 054	1 258	4 205	1 396	167	35 842
2008	23 159	4 113	4 580	4 148	1 017	333	37 350
2009	19 493	5 252	4 960	4 487	903	781	35 856
2010	17 576	7 765	4 521	3 906	1 189	3 079	38 036
2011	25 406	8 190	3 806	4 156	1 248	1 069	43 874
2012	26 491	8 215	3 354	4 076	1 322	2 464	45 922
2013	26 212	8 730	4 242	3 917	1 274	892	45 269

Kaynak: EPDK, 2013

2.4.3 Türkiye'nin Petrol Profili

Türkiye'de petrol aramacılığının kökleri Osmanlı dönemine kadar uzanır. Yabancı şirketler ortaklığıyla 1914 yılında kurulan Turkish Petroleum Company Musul'da petrol aramaya başlayacakken Birinci Dünya Savaşı çıkınca faaliyetini durdurmuştur. Maden Tetkik ve Arama (MTA) Enstitüsü'nün 22 Haziran 1935 tarih ve 2804 sayılı kanunla kurulmasıyla Petrol Arama ve İşletme İdaresi de MTA'ya bağlanmıştır. Ticari anlamda ilk petrol keşfi 1945 yılında delinen Raman-8 kuyusunda yapılmıştır (Atalay, 2003).

2012 yılı yurtiçi üretilebilir petrol rezervi 294,8 milyon varil (43,2 milyon ton) olup, yeni keşifler yapılmadığı takdirde, bugünkü üretim seviyesi ile yurtiçi toplam ham petrol rezervinin 18,5 yıllık bir ömrü bulunmaktadır (TPAO, 2012).

Net petrol ithalatçısı konumunda olan Türkiye'nin ithal ettiği petrolün miktarı ve değeri, genel olarak uluslararası petrol fiyatlarına bağlı olarak değişimler göstermektedir. Türkiye'nin toplam enerji ihtiyacının yaklaşık %44 'ü petrolden sağlanmaktadır. Ancak son yıllarda doğalgaz kullanımının artması bu oranın biraz düşmesine sebep olmuştur. Türkiye'nin petrol ihtiyacının %92'si, doğalgaz ihtiyacının ise tamamına yakını ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Türkiye'nin toplam ithalatının yaklaşık %9'unu ham petrol oluştururken, GSMH'nin %2,27'si petrol ithalatı için harcanmaktadır (Bayraç, 2006).

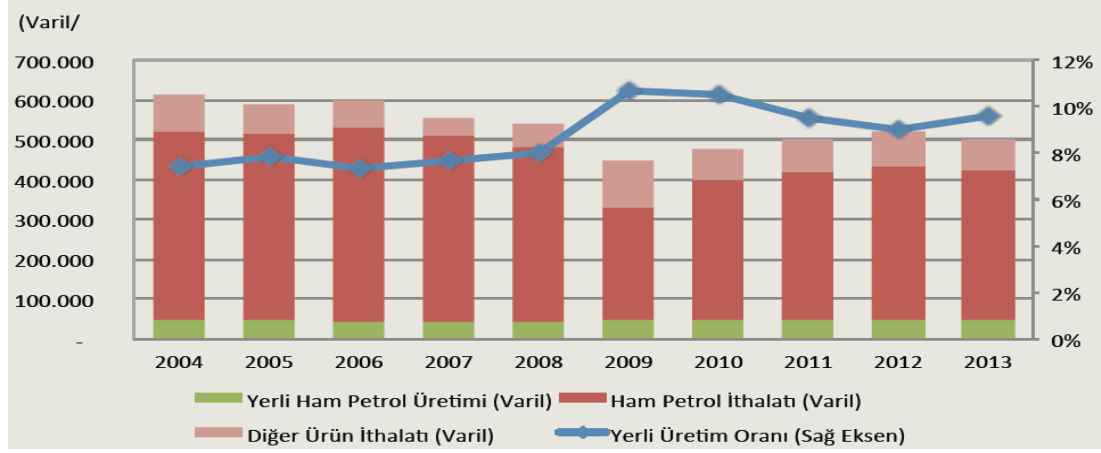
2.4.3.1. Türkiye'nin Petrol Rezervleri

2013 yılı Türkiye üretilebilir petrol rezervi 2012 yılında 294 milyon varil olarak kaydedilen rezerv miktarından küçük bir artış göstererek 296 milyon varil (43,1 ton) olmuştur. Yeni keşifler yapılmadığı takdirde, mevcut üretim ve tüketim trendleri dikkate alındığında, kalan üretilebilir ham petrol rezervinin yaklaşık 18,5 yıllık ömrü bulunmaktadır. Türkiye'deki petrol sahalarının %7'si, 25 -500 milyon varil rezerve sahip olup, kalan % 93'ünün rezervi 25 milyon varilden azdır (TPAO, 2013).

2.4.3.2. Türkiye'nin Petrol Üretimi ve Tüketimi

Şekil 13'te görüldüğü gibi 2013 yılında, Türkiye'de günlük yaklaşık 500.000 varil ham petrol tüketilmiş buna karşılık yerli üretim ortalama 48.000 varil/gün olarak gerçekleşmiştir. 2013 yılında yerli üretimin toplam tüketime oranı % 9,6 olarak gerçekleşmiştir (TPAO, 2013). Tüketime sektörel dağılımı incelendiğinde, petrolün yaklaşık % 49'luk payla önemli bir miktarının ulaştırma sektöründe kullanıldığı görülmektedir. Ulaştırma sektörünü sırasıyla yaklaşık % 21'lik payla sanayi sektörü ve % 7'lik payla elektrik sektörü takip etmektedir (IEA, 2013).

Şekil 12: Türkiye'nin Ham Petrol Arzı ve Yerli Üretim Oranları (varil/gün)



Kaynak:TPAO, 2013

2.4.3.3. Türkiye'nin Petrol Ticareti

Tablo 24'teki ham petrol ithalat miktarlarının incelenmesi neticesinde; 2013 yılında ithalat yoluyla temin edilen ham petrolün %95'lik bölümünün sadece yedi ülkeden ithal edildiği ve 2010-2012 yıllarında ithalat yapılan ülkelerin sıralaması değişmekle birlikte ilk beş ülkenin aynı kaldığı ancak 2013'de Irak'ın ilk sıraya geçtiği ve 2012 ile 2013 yıllarında ham petrol ithalatı yapılan ülkelere Libya ve Nijerya'nın dâhil olduğu görülmektedir (EPDK, 2013).

Tablo 24: En Büyük Paya Sahip Yedi Ülkeye Göre Ham Petrol İthalat Miktarları, milyon varil

	İran	Rusya Federasyonu	Irak	Suudi Arabistan	Kazakistan	Libya	Nijerya
2011	9 287	2 131	3 071	1 965	1 186	0	0
2012	7 561	2 113	3 739	2 823	1 414	1 019	397
2013	5 256	1 462	6 000	2 754	1 545	674	478

Kaynak: EPDK, 2013

2.4.4. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Profili

Türkiye'nin coğrafi konumu, ona yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük çoğunluğunun geniş olarak kullanımında birçok üstünlük sağlamaktadır. Türkiye'nin büyük bölümü nemli ve ılıman iklim kuşağında yer almaktadır. Sahil kesimlerinin

çoğunluğunda tipik Akdeniz iklimi hakimken, iç kısımlarda kuru iklim ve tipik step bitki örtüsü görülmektedir. Türkiye her çeşit enerji kaynağına sahip olmasına rağmen, bu kaynaklar sınırlı olduğundan enerji ithal eden bir ülke konumundadır (TTGV, 2011).

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar 2005 yılından sonra hızla artış göstermekle birlikte, hidroelektrik santralleri hariç toplam kurulu güç içerisinde hala çok düşük (%2,6) seviyelerdedir. Ayrıca toplam kurulu güç içerisinde şebekeye bağlı güneş santralleri yer almamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından oldukça şanslı olan Türkiye’nin fosil kaynak bağımlılığını azaltması ve temiz enerji tüketmesi için enerji portföyünü yenilenebilir enerjilere doğru kaydırması gerekmektedir. Ancak bunu yaparken yenilenebilir enerji teknolojilerinin Türkiye’ye istihdam ve katma değer yaratmasına da önem verilmelidir (TTGV, 2011). Tablo 25’te Türkiye yenilenebilir enerji istatistikleri gösterilmektedir.

Tablo 25: Türkiye Yenilenebilir Enerji İstatistikleri

	1990	2000	2009	2010	2011	2012
Toplam Birincil Enerji Arzı (MToe)	52.76	76.35	97.66	105.13	112.46	115.70
Yenilenebilir Enerji (MToe)	9.66	10.10	9.92	11.63	11.22	11.85
%	18.3	13.2	10.2	11.1	10.0	10.2
GSMH (milyar \$)	269.69	386.59	517.70	565.10	614.68	628.44
Nüfus (milyon)	55.12	64.25	72.05	73.00	73.95	74.98
Elektrik Üretimi (TWh)	57.5	124.9	194.8	211.2	229.4	239.5
Yenilenebilir Enerji (TWh)	23.23	31.15	38.14	55.71	58.10	65.21
%	40.4	24.9	19.6	26.4	25.3	27.2
Yol Enerji Tüketimi (MToe)	8.4	10.5	13.3	13.3	13.5	13.8
Sıvı Biyoyakıtlar (MToe)	-	-	0.01	0.01	0.02	0.02

Kaynak: IEA, 2013

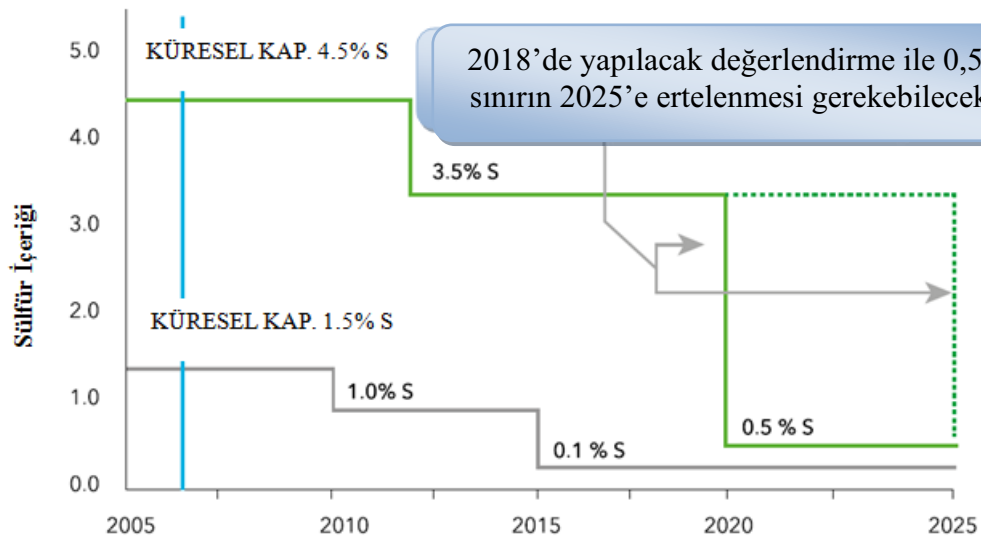
2.5. DENİZCİLİK SEKTÖRÜNDE KULLANILAN YAKITLAR

19. yüzyılın başından, 20 yüzyılın üçüncü çeyreğine kadar buharlı gemiler dünya deniz ticaretine hakim oldu. 1930'lu yıllarda, artık yakıtlar kullanan iki zamanlı dizel makineler daha büyük ve daha hızlı oldukları için tercih edilmeye başlandılar ve 1960'ların ikinci yarısında motorlu gemiler, hem tonaj hem de sayıca buharlı gemilerin yerini aldı. 21. yüzyılın başında, motorlu gemiler dünya filosunun %98'inin oluşturuyorlardı (Vermiere, 2007).

Bugünün uluslararası deniz işletmeciliğinde, petrol türevi ağır yakıtlar (HFO –Heavy Fuel Oil) gemi sevk sistemlerinde ana enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca damıtılmış deniz dizel yakıtları (MDO -Marine Diesel Oil-/ MGO -Marine Gas Oil-) yardımcı dizel makineler için ve liman operasyonları sırasında kullanılmaktadır (IEA, 2013).

Dünya ticaret filosu yıllık yaklaşık 330 milyon ton yakıt tüketmekte ve bunun %80-85'i yüksek sülfür içeriğine sahip ağır yakıtlar, geriye kalan kısım ise düzenlemelerle uyumlu damıtılmış yakıtlardır. Hem küresel hem de emisyon kontrol bölgelerinde gemi yakıtlarının sülfür içeriği ile ilgili yürürlüğe girecek yeni düzenlemeler, önümüzdeki 5-10 yıllık süreçte, düşük sülfürlü yakıt talebini arttıracak gibi görünmektedir (DNV, 2014). Şekil 13'te deniz yakıtlarının sülfür içeriği sınırlamaları gösterilmektedir.

Şekil 13: Deniz Yakıtları Sülfür İçeriği Sınırlamaları



Kaynak : IMO, 2014

Kükürt sınırlamalarına ek olarak gemilerin 2016 yılından sonra MARPOL Bölüm VI. Tier III NOx sınırlamalarına da uymaları gerekmektedir. Tier I ve Tier II sınırlamaları küresel sınırlamalarken, Tier III sadece NOx ECA bölgelerinde uygulanacak bir standarttır. Tier III NOx sınırlamaları 1 Ocak 2016 ve sonrasında inşa edilmiş ECA-NOx bölgesinde çalışan ve 130 kW'tan büyük ana makineye sahip gemilere uygulanacaktır (IEA, 2013). Tablo 26'da MARPOL bölüm VI. NOx emisyon sınırlamaları gösterilmektedir.

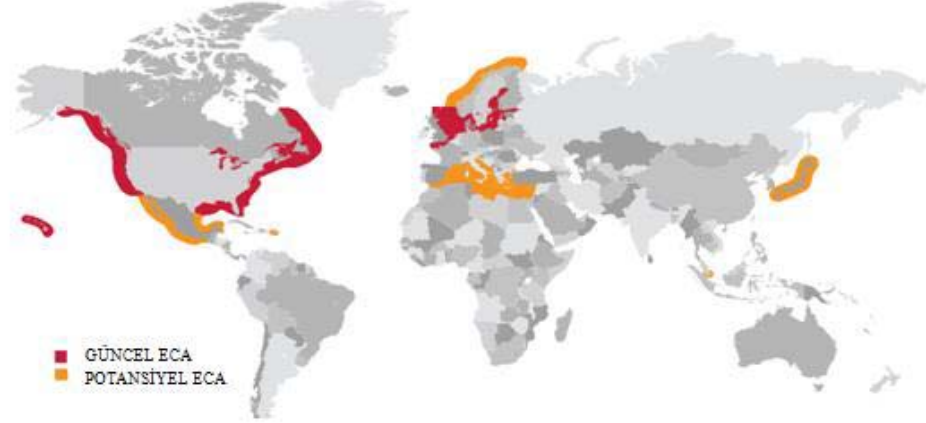
Tablo 26: MARPOL Bölüm VI. NOx Emisyon Sınırlamaları

Tier	Tarih	NOx sınırı, g/kWh		
		n<130	130<n<2000	n>2000
Tier I	2000	17.0	45	9.8
Tier II	2011	14.4	44	7.7
Tier III	2016	3.4	9	1.96

Kaynak: IMO, 2005

Günümüzde gemi işletmeciliği endüstrisi makine egzoz emisyonları ve sera gazlarını azaltmakla ilgili bir dizi zorlamayla karşı karşıyadır. Uluslararası Denizcilik Örgütü ve birçok ulusal çevre ajansı gemi kaynaklı emisyonların azaltılması amacıyla bir çok düzenleme ve kural yayınlamışlardır. Gemilerin Kuzey Amerika gibi emisyon kontrol bölgelerinde (ECAs- Emission Control Area) ve Baltık Denizi ve İngiliz Kanalı gibi sülfür emisyon kontrol bölgelerinde (SECAs- Sulphur Emission Control Area) çalışabilmeleri için, düşük sülfürlü yakıtlar kullanmak ya da sülfür oksit (SOx) emisyonları azaltıcı sistemlere sahip olmaları gerekmektedir. Kısa vadede NOx ve SOx emisyonları ile ilgili sınırlamalar sektör üzerinde baskı yaratırken, uzun vadede diğer sera gazları ve partikül emisyonları ile ilgili yapılacak yeni çevresel düzenlemeler başka sorunlara sebep olacak gibi görünmektedir (IEA, 2013). Şekil 14'te güncel ECA bölgeleri ve potansiyel ECA bölgeleri gösterilmektedir.

Şekil 14: Güncel ECA Bölgeleri ve Potansiyel ECA Bölgeleri



Kaynak: DUPONT, 2014

Birçok gemi işletmecisi mevcut makineler ve yakıtlarla bu yeni düzenlemeleri, pahalı arıtma sistemleri kurmadan, düşük sülfürlü dizel yakıtı ya da makine emisyonlarını zorunlu değerlerin altına düşüren alternatif yakıtlar kullanmadan sağlayamamaktadırlar. Bu yeni ulusal ve uluslar arası kurallar alternatif yakıtların ön plana çıkmasına sebep olmuş, alternatif yakıt endüstrisi hem sıvı hem de gaz yakıtlar için süratle büyümüştür. Bu yakıt çeşitlerinden her birinin denizcilik endüstrisi için avantajları olduğu kadar dezavantajları da bulunmaktadır (IEA, 2013).

Farklı tiplerde yakıtların ve bunları kullanan makinelerin MARPOL Bölüm VI. kurallarına uyum sağlamaları için gerekli maliyetler Tablo 27’de açıklanmıştır.

Tablo 27: Farklı Tiplerde Yakıtların ve Bunları Kullanan Makinelerin MARPOL Bölüm VI. Kurallarına Uyum Sağlamaları İçin Gerekli Maliyetler ve Performansları

DİZAYN TANIMI	MALİYET		PERFORMANS	
	UPC \$/MW	TLC \$/MW	Sfc(@75% MCR) (g/kWh)	Dwt kaybı (t/MWh)
H2+Yakıt pili+ Elektrik Motoru	5.30E+06	1.70E+05	57	0.26
LNG+İyileştirme +Yakıt Pili	2.40E+06	1.70E+05	153	0.09
Metanol+ İyileştirme +Yakıt Pili	1.70E+06	1.70E+05	389	0.07
LNG+4 zamanlı kıvılcım ateşlemeli gaz makinesi	1.65+06		150	0.09
LNG+2/4 zamanlı yakıtlı çift gaz makinesi	1.65+06		150	0.09
Metanol+2/4 zamanlı yakıtlı çift gaz makinesi	9.50E+06		381	0.07

Kaynak: UCL, 2014

Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün 2009 yılında yaptığı II. Sera Gazları Çalışması yedi alternatif yakıtın pazara girme şansı olduğunu göstermektedir. Bunlar aşağıda gösterilen yakıt türleridir (IMO, 2009):

1. Damıtılmış Yakıtlar
2. Ağır yakıtlar
3. Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG)
4. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)
5. Biyodizel
6. FTD gibi sentetik yakıtlar
7. Diğer yenilenebilir yakıtlar

Yakıtların gemi yakıtları pazarındaki şansı değerlendirilirken, aşağıdaki varsayımlardan göz önüne alınmıştır (Kolwzan ve Narewski, 2012):

- Petrol türevi yakıtlar 2020-2050 yılları arasında halen en önemli birincil enerji kaynağı olacaklar (2050 yılında dünya birincil enerji kaynaklarının % 16-28'i).
- Yapılan çalışmalara göre 2050 yılında denizcilikte yakıtı talebi 400-810 milyon ton arasında olacaktır.
- MARPOL Bölüm VI. gereği tüm dünyada % 0,5 kükürt sınırlaması yürürlüğe girecektir.
- LNG özellikle gaz tankerlerinde ve kıyısız sefer yapan gemilerde tercih edilecektir.

2.5.1. Petrol Türevi Yakıtlar

Ham petrol çok çeşitli hidro karbolardan ve az miktarda artık maddeden oluşmaktadır. Ham petrolün bileşenleri onun kaynağına göre çok değişiklik gösterebilirler. Farklı ham petrol sınıflandırmaları aşağıda gösterilmiştir. Hidrokarbonlar 3 ana sınıfa ayrılırlar (Vernire, 2007).

- Parafin bazlı
- Nafta bazlı
- Asfalt bazlı

Ham petrol bu 3 tip hidro karbonu da içerir ama oran göreceli olarak çok değişebilir. Örneğin Suudi Arabistan petrolü parafin, Nijerya'nın petrolü nafta ve Venezuela'nın petrolü asfalt bazlıdır (Kolwzan ve diğerleri, 2012).

Bugünün uluslararası deniz işletmeciliğinde, petrol türevi ağır yakıtlar (HFO) gemi sevk sistemlerinde ana enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Deniz yakıtları temelde iki ana gruba ayrılırlar. Bunlar damıtılmış ve artık yakıtlardır. Bir üçüncü grup bunların karıştırılmasından elde edilen ara yakıtlardır. Damıtılmış deniz dizel yakıtları (MDO/MGO) yardımcı dizel makineler için ve liman operasyonları sırasında kullanılmaktadır (Kolwzan ve diğerleri, 2012). Artık yakıt, bir kısmı deniz taşımacılığı tarafından kullanılan ve pazarın ucuz yakıt talebini karşılamak için az miktarda damıtılmış yakıtlarla karıştırılan bir rafineri yan ürünüdür. Aslında rafineri endüstrisinin ana amacı gaz yağı, otomobil ve jet yakıtı gibi ürünlerde kullanılan, hafif ve orta damıtılmış yakıtlar üretmektir (Woodyard, 2009). Tablo 28'de deniz yakıtı olarak kullanılan yakıt çeşitleri açıklanmıştır.

Tablo 28: Deniz Yakıtları

Yakıt Çeşidi	Yakıt Dereceleri	Endüstriyel İsmi
Damıtılmış Yakıtlar	DMX, DMA, DMB, DMZ	Gazyağı ya da Deniz Gazyağı, Gemi Dizel Yakıtı
Ara Yakıtlar	IFO 180, 380	Ara Fuel Oil (IFO)
Artık Yakıtlar	RMA-RMK	Artık Fuel Oil

Kaynak : Kolwzan ve Narewski, 2012.

Gemi dizel yakıtı, ham petrolün damıtılması sırasında 200-300°C kaynama aralığında alınan ana ürün olup, dizel motorlarda kullanılır. Ham petrolün damıtılması ile elde edilen fuel oil, rafinerilerde damıtma kulesi denilen çelik silindir içinde elde edilir. Damıtma için ham petrol ısıtılarak kuleye sevk edilir ve bünyesindeki hidrokarbonlar çeşitlerine göre ayrılır. Farklı yapıdaki hidrokarbonlar, damıtma kulesinin farklı bölümlerinden alınır. Kulenin en altında 380°C'ye kadar kaynamayan ağır kısım (artık) toplanır. Bu kısmın çeşitli şekillerde harmanlanmasından, farklı viskozitelerde ağır yakıt veya fuel oil adı verilen yeni ürünler elde edilir.

Denizcilikte kullanılan yakıtların standartları ISO 8217:2010 ile belirlenmiş olup, Tablo 29 ve Tablo 30'da damıtık ve artık yakıtlar için özellikler ve gerekler açıklanmıştır.

Tablo 29: Denizcilikle İlgili Damıtık Yakıtlar İçin Özellikler ve Gerekerler

Özellikler	Birim	Sınır	ISO-F- Tipi				Deney yöntemi
			DMX	DMA	DMB	DMC ^{a)}	
Yoğunluk, 15 °C'ta	kg/m ³	En çok	-	890,0	900,0	920,0	ISO 3675 veya ISO 12185
Viskozite, 40 °C'ta	mm ² /s b)	En az En çok	1,40 5,50	1,50 6,00	- 11,0	- 14,0	ISO 3104 ISO 3104
Parlama noktası	°C	En az	43	60	60	60	ISO 2719
Akma noktası (üst), -Kış kalitesi -Yaz kalitesi	°C	En çok En çok	- -	-6 0	0 6	0 6	ISO 3016 ISO 3016
Bulutlanma noktası	°C	En çok	-16 ^{c)}	-	-	-	ISO 3015
Kükürt	% (m/m)	En çok	1,0	1,5	2,0 ^{d)}	2,0 ^{d)}	ISO 8754 veya ISO 14596
Setan indeksi		En az	45	40	35	-	ISO 4264
Karbon kalıntısı (%10 (V/V) damıtma kalıntısında)	%(m/m)	En çok	0,30	0,30	-	-	ISO 10370
Karbon kalıntısı	%(m/m)	En çok	-	-	0,30	2,50	ISO 10370
Kül	% (m/m)	En çok	0,01	0,01	0,01	0,05	ISO 6245
Görünüş ^{e)}			Berrak ve parlak		e)	-	
Toplam tortu	% (m/m)	En çok	-	-	0,10 ^{e)}	0,10	ISO 10307-1
Su	% (V/V)	En çok	-	-	0,3 ^{e)}	0,3	ISO 3733
Vanadyum	mg/kg	En çok	-	-	-	100	ISO 14597 IP 501 IP 470
Alüminyum+silisyum	mg/kg	En çok	-	-	-	25	ISO 10478 IP 501 IP 470
Kullanılmış yağlama yağı (ULO)						Yakıt ULO ^{f)} ihtiva etmemeli	
- Çinko	mg/kg	En çok	-	-	-	15	IP 501 veya IP 470
- Fosfor	mg/kg	En çok	-	-	-	15	IP 501 veya IP 500
- Kalsiyum	mg/kg	En çok	-	-	-	30	IP 501 veya IP 470

^{a)} Esas olarak damıtık yakıttan oluşmasına rağmen artık yakıt muhtevası kayda değer miktarda olabilir.

^{b)} 1 mm²/s = 1 cSt.

^{c)} Bu yakıt -16°C ortam sıcaklığına kadar ısıtılmaksızın kullanıma uygundur.

^{d)} İlgili protokolün yürürlüğe girmesinden sonra, International Maritime Organisation tarafından belirlenen SO_x emisyon kontrol bölgelerinde %1,5 (m/m) kükürt sınır değeri uygulanır. Kükürt sınırlamasında yerel farklılıklar da mevcuttur. Örneğin AB mevzuatında, bazı uygulamalar için belirli damıtık yakıt tiplerinde kükürt muhtevası en çok %0,2 (m/m) ile sınırlıdır (Giriş ve Kaynak [7]).

^{e)} Numune berraksa ve görünür bir tortu veya su mevcut değilse, toplam tortu muhtevası ve su muhtevası tayinleri gerekli değildir (Madde 7.4 ve Madde 7.5).

^{f)} Çinko, fosfor ve kalsiyum elementlerinden biri veya daha fazlası belirtilen sınırların altında ise, yakıtın kullanılmış yağlama yağı (ULO) ihtiva etmediği sonucuna varılır. Yakıtın ULO ihtiva ettiği sonucuna varmak için, yakıt içindeki çinko, fosfor ve kalsiyum elementlerinin tamamının sınır değerleri aşması gerekir.

Kaynak : T.S.E., 2014

Tablo 30: Denizcilikle İlgili Artık Yakıtlar İçin Özellikler ve Gereklr

Özellikler	Birim	Sınır	ISO-F- Tipi				Deney yöntemi
			DMX	DMA	DMB	DMC ^{a)}	
Yoğunluk, 15 °C'ta	kg/m ³	En çok	-	890,0	900,0	920,0	ISO 3675 veya ISO 12185 (Madde 7.1)
Viskozite, 40 °C'ta	mm ² /s ^{b)}	En az En çok	1,40 5,50	1,50 6,00	- 11,0	- 14,0	ISO 3104 ISO 3104
Parlama noktası	°C	En az	43	60	60	60	ISO 2719 (Madde 7.2)
Akma noktası (üst), -Kış kalitesi -Yaz kalitesi	°C	En çok En çok	- -	-6 0	0 6	0 6	ISO 3016 ISO 3016
Bulutlanma noktası	°C	En çok	-16 ^{c)}	-	-	-	ISO 3015
Kükürt	% (m/m)	En çok	1,0	1,5	2,0 ^{d)}	2,0 ^{d)}	ISO 8754 veya ISO 14596 (Madde 7.3)
Setan indeksi		En az	45	40	35	-	ISO 4264
Karbon kalıntısı (%10 (V/V) damıtma kalıntısında)	%(m/m)	En çok	0,30	0,30	-	-	ISO 10370
Karbon kalıntısı	%(m/m)	En çok	-	-	0,30	2,50	ISO 10370
Kül	% (m/m)	En çok	0,01	0,01	0,01	0,05	ISO 6245
Görünüş ^{e)}			Berrak ve parlak		^{e)}	-	Madde 7.4 Madde 7.5
Toplam tortu	% (m/m)	En çok	-	-	0,10 ^{e)}	0,10	ISO 10307-1 (Madde 7.5)
Su	% (V/V)	En çok	-	-	0,3 ^{e)}	0,3	ISO 3733
Vanadyum	mg/kg	En çok	-	-	-	100	ISO 14597 IP 501 IP 470 (Madde 7.8)
Alüminyum+silyum	mg/kg	En çok	-	-	-	25	ISO 10478 IP 501 IP 470

Kaynak : TSE, 2014

2.5.2. Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG)

Sıvılaştırılmış gaz denizcilik endüstrisinde alternatif bir yakıt olarak kullanılabilir. LNG diğer petrol türevi yakıtlara oranla, CO₂ emisyonlarının (kg CO₂/kg yakıt) düşmesine sebep olan daha yüksek hidrojen-karbon oranına sahiptir. Ek olarak, LNG hiç sülfür içermediğinden Sox ve parçacık emisyonlarını ortadan kaldırır. Ayrıca düşük yanma sıcaklığı yüzünden NO_x emisyonlarını %90 oranında düşürür. Ancak yanma sonucunda metan (CH₄) oluşumu daha yüksektir (IMO, 2009).

Sıvılaştırılmış halde depolanan doğal gaz gelecekte yakın sefer denizcilik için çok önemli bir yakıt haline gelecektir. Uzun yakıt alım süreleri, yakıt tankları için fazladan alan gerekliliği, sınırlı hacimde yakıt alabilmelerinden dolayı uzun seferlerde kullanımı için uygun değildir (IEA, 2013).

DNV'nin açıkladığı rakamlara göre halen günümüzde çalışan 48 adet LNG yakıtlı gemi bulunmaktadır. 2020 yılına kadar dünya tersanelerinin aldığı onaylanmış gemi siparişi sayısı toplam 53 tanedir (DNVGL, 2014). Şekil 16'da LNG yakıtlı bir geminin makine yerleşim düzeni görülmektedir.

Şekil 16: LNG Yakıtlı Geminin Makine Yerleşim Düzeni



Kaynak : WARTSILA, 2014

Gemi yakıtı olarak sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) 2006 yılından bu yana gemi sevk sistemlerinde yakıt olarak kullanılmaktadır. LNG'yi gemi yakıtı olarak çekici kılan iki ana sebep vardır (Adamchak ve Adede, 2013):

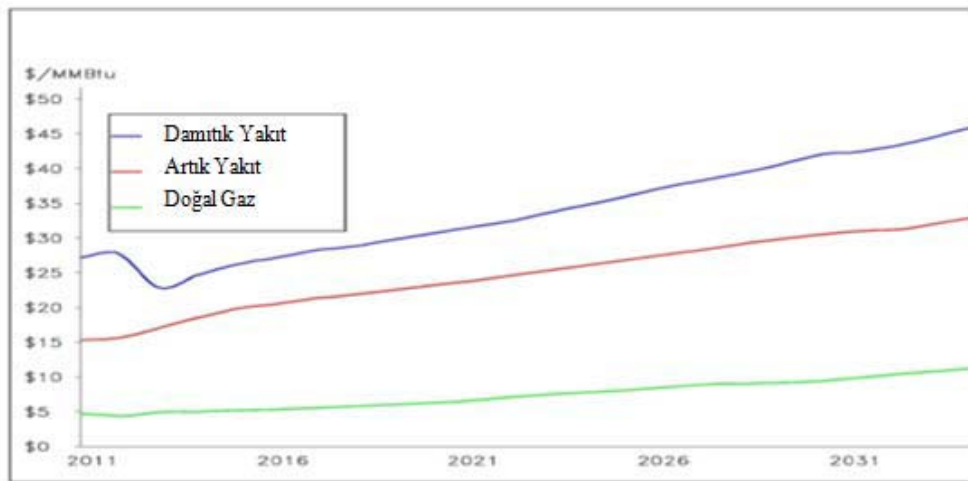
- Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG), gemilerin MARPOL Bölüm VI sülfür sınırlamaları ile ilgili gereklerini hem ECA bölgesinde, hem de tüm dünya denizlerinde karşılamaktadır. Bunun ötesinde, LNG NOx emisyonlarını MARPOL Bölüm VI' da istenen seviyeleri herhangi bir arıtma gerektirmeksizin sağlayabilmektedir.
- Bir çok yakıt pazarında, doğal gaz ve LNG enerji eşiti bazında yüksek sülfürlü gemi yakıtlarından daha düşük fiyata bulunabilmektedir.

Gemi yakıtı olarak doğal gazın başka bir çok avantajları daha bulunmaktadır (IEA, 2013). Bunlar aşağıdaki gibidir:

- Bulunabilirlik: Yeni bulunan doğal gaz kaynakları ve özellikle kırılma yöntemi ile kayagazı elde edilmesi uzun yıllar yetecek bir doğal gaz rezervi sağlamaktadır.
- Fiyat: Bugün için doğal gaz artık yakıtlardan %70 ve damıtılmış yakıtlardan %85 daha ucuzdur. EIA tarafından yapılan 2035 projeksiyonunda da bu oran bu şekilde devam edecektir.

Şekil 17'de 2011-2035 yılları arasında artık yakıt, damıtık yakıt ve doğal gaz fiyat projeksiyonu gösterilmiştir.

Şekil 17: 2011-2035 yılları arasında Artık Yakıt, Damıtık Yakıt ve Doğal Gaz Fiyat Projeksiyonu



Kaynak: EIA, 2013

Buna karşılık sıvılaştırılmış doğal gazın bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Yeni inşa edilen LNG gemilerinin maliyeti fosil yakıt kullanan geleneksel gemilere göre daha yüksektir. LNG gemileri için gaz makineleri, gaz yakıt sistemi ve LNG depolama tanklarından kaynaklanan bir maliyet artışı söz konusudur (IEA, 2013). Doğal gazın içten yanmalı makinelerde ya da dizel-elektrik sevk sistemlerinde kullanılması yeni bir kavram değildir. Sıvılaştırıldığı zaman, doğal gaz için gerekli depolama hacmi geleneksel yakıtlardan 4 kat daha fazladır. Ayrıca tankların çok iyi yalıtılmasına ve bir sızıntı durumunda emniyetli bir bölmeye ihtiyaç vardır (RAE, 2013).

2.5.3. Biyoyakıtlar

Verimli yakıt teknolojileri ile donatılmış, enerji verimliliği daha yüksek dizayn edilmiş gemiler sera gazı emisyonlarının düşürülmesine yardımcı olabilir. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynakları için geliştirilmiş sistemlere ihtiyaç vardır ve biyoyakıtlar bu anlamda önemli bir seçenektir (Opdal ve Hojem, 2007).

Biyoyakıt basit anlamda biyokütleden elde edilen her hangi bir yakıt olarak tanımlanabilir. Biyoyakıt sınıfına giren maddeler, biyodizel, biyoetanol, biyometanol, biyodimetiler ve biyoyağdır. Bu yakıtlar içerisinde biyodizel ve bitkisel yağlar gemi dizel makinelerinde kullanılmaya uygundur.

Etanol farklı oranlarda benzine karıştırılarak yakıt olarak kullanılmaktadır ama bugüne kadar etanolla çalışabilecek bir gemi makinesi geliştirilmemiştir. Bununla birlikte makine üreticisi Scania firması %95 etanol ile çalışabilen bir otobüs motoru geliştirmiş ve rekabetçi bir etanol fiyat ve üretiminin gerçekleşmesi durumunda gelecekte etanolün gemi yakıtı olarak kullanılabileceğine dikkat çekmiştir (Kolwzan ve Narewski, 2012).

Biyoyakıtlar denizcilik sektöründe çok sınırlı miktarlarda kullanılmaktadır. 2004 yılında Kanada’da en fazla 750 yolcu kapasiteli yolcu gemilerinde B5,B20,B100 biyodizel kullanılarak testler gerçekleştirilmiştir.2003 ve 2006 yıllarında Kuzey Amerika Büyük Göller bölgesinde biyodizel kullanımının ekonomik ve teknik olarak kullanımını araştırmak üzere denemeler yapılmıştır. Yine 2003 yılında İngiltere’de küçük gezinti tekneleri üzerinde denemeler yapılmış ve hiç bir denemede büyük bir sorun raporlanmamıştır. En büyük iki gemi makine üreticisi MAN B&W ve Wartsila firmaları 2007 yılından bu yana her hangi bir modifikasyon

gerektirmeksizin hem biyodizel, hem de geleneksel dizelle kullanılabilen makineler üretmektedirler (Opdal ve Hojem, 2007).

A.B.D. Denizcilik Dairesi (MARAD – U.S. Department of Transportation Maritime Administration) ve A.B.D. Deniz Kuvvetleri (U.S. NAVY) 2001 yılında ortak yürüttükleri bir çalışmada düşük sülfürlü dizel yakıtına (ULSD) karşı % 50 biyodizel ve %50 düşük sülfürlü dizel yakıt karışımını test etmişler ve NO_x dahil tüm sera gazı emisyonlarında azalma tespit etmişlerdir. A.B.D. Deniz Kuvvetleri bünyesindeki araçlarda B20 biyodizel kullanmakta ve yakın zamanda gemilerinde de B50 yakıtla denemeler yapmayı planlamaktadır (MARAD, 2012).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİYODİZEL

3.1.BİYODİZELİN ÖZELLİKLERİ

Biyodizel, bitkisel ya da hayvansal yağların metanol gibi bir alkolle kimyasal tepkimeye girmesiyle üretilen alternatif bir dizel motor yakıtıdır. Tepkime sodyum ya da potasyum hidroksit gibi bir katalizör gerektirir ve metil ester diye isimlendirilen yeni kimyasal bileşikler oluşturur (Van Gerpen, 2005).

Biyodizel, bitkisel ve hayvansal yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan transesterifikasyon reaksiyonu kullanılarak sağlanan oksijenli alternatif dizel yakıtıdır (Altun, 2010). Kullanılan yağların yeni veya atık olmasının önemi yoktur. Bu nedenle biyodizel üretimi, aynı zamanda bir atıklardan enerji kazanımı modelidir. Yerli kaynaklara dayalı, yenilenebilir bir yakıt olması nedeniyle, ülkedeki atıl tarım alanlarının değerlendirilmesine, tarımın ve dolayısı ile istihdamın artmasına, yakıttaki dışa bağımlılığın ve bu yolla ülke dışına çıkan döviz miktarının azaltılmasına önemli katkılar sağlamaktadır (Öztürk, 2009).

Biyodizelin genel olarak anlamı, yenilenebilir biyo kütleden dizel makinelerde kullanılması için yakıt üretmek. Biyodizel, bitkisel yağlı tohumlardan, kullanılmış atık kızartma yağlarından, hayvansal yağlardan ve her türlü biyolojik kökenli yağlardan bir katalizör eşliğinde (KOH, NaOH) kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyon sonucunda oluşan ve yakıt olarak kullanılan yağ asidi metil esterleridir (Deniz, 2013).

Yapılan araştırmalara göre kullanılan bitkisel yağlardan dizel yakıt özelliğine en çok yaklaşabilen bitkisel yağın seçilmesi, bitkisel yağların yakıt olarak kullanılmasında önem arz etmektedir. Bu amaçla bitkisel yağların yakıt özelliklerinin birbirleriyle ve petrol esaslı dizel yakıtı ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bitkisel yağların oksidasyon süresi oldukça düşük olduğundan kararsız bir yapı göstermektedir. Ayrıca setan sayısı da düşük düzeydedir. Yüksek setan sayısı, yüksek oksitlenme süresi, düşük viskozite, düşük akma ve bulutlanma noktası gibi özellikleri aspir, fındık, kolza, soya, susam, pamuk, ayçiçek, palm yağı ve yer fıstığı yağlarını DY alternatifi olarak ön plana çıkarmaktadır (Öztürk, 2009).

Biyodizel, fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından petrol kökenli dizel yakıtlarıyla benzerlik göstermektedir. Biyodizel, dizel motorlarında saf olarak kullanıldığı gibi petrol kökenli dizel yakıtlarıyla da karıştırılarak kullanılabilir. Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları, motor üzerinde herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Saf olarak biyodizel kullanıldığında B100 olarak isimlendirilirken, %20 biyodizel ve %80 dizel yakıtı içeren bir karışım B20 olarak isimlendirilir (Alptekin ve Çanakçı, 2006).

Biyodizelin özellikleri ve hangi ASTM deney kodları ile ifade edildiği Tablo 31’de gösterilmiştir.

Tablo 31: Biyodizelin ASTM Koda Göre Özellikleri

Özellik	ASTM Test Kod	Sınırlar	Birim
Parlama Noktası	D93	130 dakika	C
Su ve Çökelti	D2709	0.050 max.	% hacim
Kinematik Viskozite (40 C)	D445	1.9-6.0	mm ² /sn.
Kül	D874	0.020 max.	% kütle
Sülfür	D5453	0.05 max.	% kütle
Bakır Şerit Korozyonu	D130	No.3 max	
Setan Sayısı	D613	47 dakika	
Bulutlanma Noktası	D2500	Rapor	C
Karbon Artığı	D4530	0.050 max.	% kütle
Asid Numarası	D664	0.80 max.	Mg KOH/gm
Serbest Gliserin	D6584	0.020 max	% kütle
Toplam Gliserin	D6584	0.240 max.	% kütle
Fosfor İçeriği	D4951	0.001 max.	% kütle
Damıtma Sıcaklığı	D1160	360 max.	C

Kaynak: Knothe, 2006

Biyodizel günümüzde önemi gittikçe artan alternatif enerji kaynaklarından olup, yenilenebilir enerji türü olması sebebiyle önemli bir enerji kaynağıdır. Hammaddesi yağ olan biyodizel ülkemiz tarımı için de önemli yer tutmaktadır (Utku, 2009). Biyodizel ve petrol eşdeğerli dizel arasındaki benzer özellikler için yenilenebilir ve sürdürülebilir yakıt, ulaştırma sektörü için en umut verici alternatiflerden biri haline gelmektedir. Biyodizel, dizel ile karışım oranları bazında aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır (Gürel, 2013; Kian ve diğerleri, 2009):

-B2 : % 2 Biyodizel + %98 Dizel

- B5 : % 5 Biyodizel + %95 Dizel
- B20 : % 20 Biyodizel + %80 Dizel
- B50 : % 50 Biyodizel + %50 Dizel
- B100 : %100 Biyodizel

Biyodizelin bazı özellikleri aşağıda belirtilmiştir (Karaosmanoğlu, 2008):

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

Biyokütle kökenli, en önemli dizel motoru alternatif yakıtı biyodizeldir. Biyodizel enerji bilânçosu açısından avantajlıdır. Biyodizelin elde edildiği bitkinin yetistirilmesi, yağ ve yakıt eldesi aşamaları ele alındığında, enerji bilânçosu 2.5:1'lik bir oran olduğu görülmektedir. Bunun anlamı biyodizelin sahip olduğu enerjinin birçoğu, gübreleme, ilaç, ekstraksiyon (yağ eldesi), rafine, kimyasal işlem ve biyodizelin taşınması dâhil harcanan enerjiden 2,5 kat fazla olduğudur. Bu nedenle biyodizel pozitif bir enerji bilânçocuna sahiptir (Utku, 2009).

Biyodizel hammaddesi bitkisel ve hayvansal yağlar olduğu için, genellikle yenilenebilir bir yakıt olarak kabul edilmektedir. Yağ içerisindeki karbon havadaki karbon dioksitten meydana geldiği için, biyodizelin küresel ısınmadaki payı küresel yakıtlara göre çok daha düşüktür. Biyodizel orta uzunlukta C16-C18 yağ asidi zincirlerini içeren metil veya etil ester tipi bir yakıttır. Biyodizel ile çalışan motorlar,

daha düşük karbon monoksit emisyonlarına, yanmamış hidro karbonlara, artık partiküllere ve diğer zehirli maddelere sebep olurlar (Van Gerpen, 2005). Tablo 32’de No:2 dizel yakıtı ile biyodizel yakıtının özellikleri karşılaştırılmıştır,

Tablo 32: No:2 Dizel Yakıtı ile Biyodizel Yakıtının Özelliklerinin Karşılaştırılması

Yakıt Özelliği	Dizel No2	Biyodizel
Yakıt Standartı	ASTM D975	ASTM PS121
Yakıt Bileşimi	C10-C21 HC	C12-C22 FAME
Alt Isıl Değeri Btu/gal	131,295	117,093
Kinematik Vizkozite @ 40 C	1.3-4.1	1.9-6.0
Özgül Ağırlık kg/l @ 60 F	0.85	0.88
Yoğunluk lb/gal @ 15 C	7.079	7.328
Su ağırlıkta ppm	161	.05 % max.
Karbon , ağırlık %	87	77
Hidrojen, ağırlık %	13	12
Oksijen, ağırlık farkı %	0	11
Sülfür, ağırlık %	.05 max.	0.0-0.0024
Kaynama noktası	188-343	182-338
Parlama noktası	60-80	100-170
Bulutlanma Noktası	-15 ile 5 aralığı	-3 ile 12 aralığı
Akma Noktası	-35 ile -15 aralığı	-15 ile 10 aralığı
Setan Sayısı	40-55	48-65
Stoichimetrik Hava/Yakıt Oranı ağırlık/ağırlık	15	13.8
BOCLE Scuff , gram	3,600	>7,000
HFFR, mikron	685	314

Kaynak: U.S. DOE, 2009

Dizel yakıtı büyük oranlarda parafinler ve aromatiklerden oluşmasına karşılık, bitkisel yağlar yağ asitlerinin gliserinle yapmış olduğu esterlerdir. Bu esterlere gliserid adı verilir. Gliserinin molekülünü oluşturan 3 alkol grubu yağ asitlerinin esterleşmesi ile trigliserid adını alır. Trigliseriddeki doymamış yağ asitlerinin cinsi ve miktarı, bitkisel yağın özelliklerini oluşturmaktadır (Acaroğlu, 2003).

Bağımsız yağ esterlerinin yapısal özellikleri, biyodizelin tutuşma kalitesi, egzoz emisyonları, yağlama özelliği, oksijen kararlılığı, soğuk akış özellikleri, viskozite, yoğunluk gibi bir çok fiziksel özelliğini belirler. Biyodizelin yakıt

özellikleri Avrupa (EN) 14214 ve ASTM (American Society for Testing Materials) standartlarını tam olarak karşılamalıdır. (Knothe,2008). Biyodizelin partikül oluşumundan dolayı bulutlanmaya başladığı noktaya bulutlanma noktası adı verilir (CP). Yakıtın artık akmadığı sıcaklık ise akma noktası olarak isimlendirilir (PP). Sıcaklık bulutlanma noktasının altına düştüğünde, oluşan parçacıklar büyümeye devam eder ve bir araya toplanarak yakıt filtrelerinin ve borularının tıkanmasına sebep olurlar (Chuang, 2004).

Biyodizelin motorda yağlamayı geliştirmesi, biyolojik olarak bozunabilir olması, zehirleyici etkisinin düşük olması, düşük emisyon profili ve yenilenebilir olması gibi avantajlarından dolayı biyodizele olan ilgi artmıştır (Altun, 2010).

3.1.1. Biyodizelin Tarihçesi

Biyokütlelerden yakıt üretim yöntemi 18. Yüzyılda da temelde bugünkü ile aynıydı. Biyodizelin tarihçesi teknolojik olmaktan daha çok politik ve ekonomiktir. 20. Yüzyılın başlarında dünya motorin ile çalışan otomobillerle tanıştı. Yakıt şirketleri motorin ihtiyacını karşılamak için dizel makinelerin kullanımına çok uygun ve bitkisel yağlardan daha ucuz olan ham petrolü rafine etmeye başladılar (Demirbaş, 2006). Yağ içerisindeki tri-gliseridlerin trans esterifikasyonu yeni bir yöntem değildir. Bitkisel yağların transesterifikasyonu, ilk dizel makine icat edilmeden uzun zaman önce bilim adamları E.Duffy ve J.Patrick tarafından 1853 yılında gerçekleştirilmişti. Dizel makinenin hayata geçirilmesi 1893 yılında mucit Dr.Rudolph Diesel ile oldu. Dr.Diesel ilk makineyi bitkisel yağ ile çalışacak şekilde tasarlamıştı (Demirbaş, 2008).

2. Dünya Savaşı sırasında bitkisel yağların bazı ülkeler tarafından yakıt olarak kullanıldığı görülmekle birlikte, biyodizelle ilgili ilk resmi belgeye 1937 yılında rastlanmaktadır (Knothe, 2001). İlk olarak, 1938 yılında Walton yayınladığı çalışmada, yağdaki mono-di-tri-gliseridlerin ayrıştırılması sonucunda elde edilen yağ asitlerinin yakıt olarak kullanılmasını önermiştir (Graboski ve diğerleri, 1998). Biyodizel üretim süreçlerinin çoğu 1940'ların başında geliştirilmiş ve E.I. Dupont ve Colgate-Palmolive-Peet firmalarından araştırmacılar tarafından hazırlanan patentlerde tanımlanmışlardır (Van Gerpen, 2005).

Ancak biyodizelle ilgili kapsamlı bir çalışma yüksek petrol fiyatlarının, bilim adamlarını alternatif yakıtlar üzerinde geniş araştırmalar yapmaya zorladığı 1980 yılların başına kadar yapılmamıştır (Van Gerpen, 2005). Bu yakıt ilerleyen yıllar içerisinde etil ya da metil ester olarak isimlendirilmiş ve 1988’de literatürde “biodiesel” olarak isimlendirilmiştir (Knothe, 2001).

3.1.2. Biyodizelin Yakıt Özellikleri

Biyodizelin başlıca yakıt özellikleri parlama noktası, ısı değeri, viskozite, setan sayısı, kararlılık, biyobozunabilirlik, toksik etki, yoğunluk, karbon kalıntısı, soğuk akış ve yağlama özelliği olarak sayılabilir.

3.1.2.1. Parlama Noktası

Parlama noktası; sıvı buharının parlayabilir bir atmosfer meydana getirdiği en düşük sıcaklık olarak ifade edilebilir. Biyodizelin motorin karşısındaki başlıca üstün özelliklerinden birisi de parlama noktasının yüksek olmasıdır. Biyodizelin alevlenme noktası, dizelden daha yüksektir ($>110^{\circ}\text{C}$). Bu özellik biyodizelin kullanım, tasınım ve depolanmasında daha güvenli bir yakıt olmasını sağlar. Bu özellik biyodizelin depolama, taşıma kolaylığı ve güvenliğini beraberinde getirmektedir.

Minimum parlama noktası yakıtın yangın emniyeti için önemlidir. Ulusal Yangın Koruma Birliği (NFPA) koduna göre zararsız olarak sınıflandırılabilmesi için B100 yakıtının parlama noktası en az 93°C (200°F) olmalıdır (Tyson ve McCormick, 2006). Bazı uluslararası standartlarda parlama noktası değerleri Tablo 33’te açıklanmıştır:

Tablo 33: Standart Parlama Noktası Değeri, Min $^{\circ}\text{C}$

Standart	Kod	Parlama Noktası
ASTM	D6751	130
DIN	E51606	100
Pr EN	14214	120

Kaynak: Knothe, 2006

3.1.2.2. Isıl Değer

Isıl değer yakıtın birim kütlede açığa çıkan enerjisi olarak tanımlanır. Biyodizelin ısı değeri dizel yakıtlara oranla daha düşüktür. Bunun sebebi

içeriğindeki oksijen oranının yüksek olmasıdır (Safgönül ve diğerleri, 1995). Bir yakıtın ısı değeri ne kadar yüksek ise yakıttan yanma sonucu elde edilebilecek enerji miktarı da o kadar artar. Genel olarak bitkisel yağlardan elde edilen biyodizellerin ısı değeri petrol türevi dizel yakıtından daha düşüktür. Bu nedenle biyodizel kullanımında aynı gücü elde edebilmek için tüketilen yakıt miktarı daha fazla olmaktadır. Dolayısıyla özgül yakıt tüketimi artmaktadır. Biyodizel yakıtlarının ısı değerinin motorine nazaran daha düşük olması ayrıca motorun termik veriminin düşüş göstermesine sebebiyet vermektedir. Aynı motor şartları altında biyodizelin güç ve torku daha düşüktür (Altınsoy, 2007).

3.1.2.3. Viskozite

Viskozite akışkanın içsel sürtünmesi ya da akışa karşı gösterdiği direncin ölçüsüdür. Yakıtın sıcaklığı yükseldikçe viskozitesi düşer ve daha kolay akar. Bu aynı zamanda akışkanın boru devreleri, enjektör nozulları ve orifisler içerisindeki akışı bakımından da önemlidir. Yakıtın viskozitesi düştükçe, pompalanması, atomizasyonu ve daha iyi yakıt zerreciği oluşturması kolaylaşır (Demirbaş, 2008).

Viskozite, Redwood No:1 Engler derecesi ya da Saybolt/sn. gibi çok farklı birimler ile ifade edilebilir. Viskozite yakıt püskürtme ekipmanlarının üzerindeki etkisinden dolayı, biyodizelin en önemli özelliklerinden birisidir. Viskozitenin yükseldiği düşük sıcaklıklarda akış olumsuz etkilenir. Yüksek viskozite yakıt hüzmelerinin kötü atomizasyonuna ve yakıt enjektörlerinin istenildiği gibi çalışmamasına neden olur (Demirbaş, 2006).

Viskozitenin çok düşük olması yakıt pompası yönünden, çok yüksek olması da depodan pompalama ve enjektörden püskürtmede problem oluşturmaktadır. Hatta iri damlaların oluşması durumunda tam yanma olmayacağı için egzoz gazları çok isli olur. Genellikle ilk hareket soğukta başladığı için egzoz gazlarında bu özellikleri gözlemek mümkündür (Borat ve diğerleri, 1995).

Yakıtın viskozitesi, tutuşma gecikmesine etki ederek püskürtme ve yanma zamanlarında motorun daha yüksek ısı verimle çalışmasını sağlar. Bitkisel yağ esterlerinin dizel yakıtla kıyasla yüksek viskoziteleri, ısı veriminin düşmesine sebep olur; yüksek akam ve bulanma noktaları ise soğuk hava şartlarında problemlere

sebepe olabilir. Bu sorunlar uygun katkı maddelerinin (anti-jel) kullanımıyla giderilebilir (Ölçüm, 2006).

Bitkisel yağların yüksek viskoziteye sahip olmaları, enjektörlerde tıkanmalardan başlayıp yetersiz püskürtme ve silindir içinde kurumlaşmayla sonuçlanan bir dizi probleme neden olabilmektedir. Viskozitenin yüksek çıkması; transesterifikasyon işleminin başarıyla tamamlanamadığının bir göstergesidir. Çok düşük olması yakıt pompası yönünden, çok yüksek olması da depodan pompalama ve enjektörden püskürtmede problem oluşturmaktadır. Hatta iri damlaların oluşması durumunda tam yanma olmayacağı için egzoz gazları çok isli olur. Genellikle ilk hareket soğukta başladığı için egzoz gazlarında bu özellikleri gözlemek mümkündür (Borat ve diğerleri, 1995).

Biyodizelin, viskozite değerleri dizel yakıtına yakın değerlerdedir. Yakıtın sıcaklığı yükseldikçe viskozitesi düşer. Saf bitkisel yağlar, içten yanmalı makinelerde kullanılabilir ama bu yakıtların viskozitesi normal dizel yakıtından çok yüksektir ve motorda doğrudan kullanılabilmesi için modifikasyonlara ihtiyaç vardır. Buradaki asıl problem silindirdeki sıkıştırarak kendiliğinden yanma sırasında açığa çıkan yüksek yakıt viskozitesi sebebiyle oluşmaktadır. Bu yüzden saf bitkisel yağların metil esterlere (biyodizel) dönüştürülmesi gerekmektedir. Metil esterlerin viskozite değerleri 3,6 -4,6 mm²/s arasında değişirken, saf bitkisel yağlarda bu değer 27,2 – 53,6 mm²/s arasındadır. Karşılıklı esterleşme yöntemi ile bitkisel yağların viskozite değerleri düşürülür. No:2 dizel yakıtının viskozitesi 313 K sıcaklıkta 2,7 mm²/sn, biyodizelinkine oranla biraz daha akışkandır (Demirbaş, 2006).

Bitkisel yağlar, D2 yakıttan 10-20 kat daha yüksek viskozite değerlerine sahip, aşırı ağırlı yakıtlardır. Yağın yüksek viskozitesini düşürmek için metanol ya da etanol gibi alkollerle ya da iyonik-iyonik olmayan amfililerle hazırlanan mikro emülsiyonlar üzerine çalışmalar yapılmıştır. Kolza yağının içindeki etanolün hem iyonik hem de iyonik olmayan mikro çözeltileri kısa süreli motor performansları sırasında neredeyse D2 yakıt kadar iyi sonuçlar vermiştir. Bütanol, heksanol, oktanol ile hazırlanan tüm mikro emülsiyonlar D2 yakıtı için gerekli viskozite standartları sağlamaktadır (Demirbaş, 2008). Bazı uluslararası standartlarda parlama noktası değerleri Tablo 34’te açıklanmıştır;

Tablo 34: Uluslararası Standartlardaki Viskozite Değerleri (mm²/sn)

Standart	Kod	Viskozite
ASTM	D6751	4,0-6,0
DIN	E51606	3,5-5,0
Pr EN	14214	3,5-5,0

Kaynak: Knothe, 2006.

3.1.2.4. Setan Sayısı

Setan sayısı (CN) yanma gecikmesinin ya da yanma kalitesinin bir ölçüsüdür ve sıvı yakıtın motorun içine püskürtüldükten sonra yanması için ihtiyaç duyulan zaman olarak tanımlanabilir. Setan sayısı iki bileşene dayanır. 100 setan heksadekan ve 15 setan heptametilnonan. Setan sayısı ayrıca doğrusal zinciri gösterir. Doymuş hidro karbonlar, benzer molekül ağırlıkta ve karbon atomu sayısına sahip aromatik bileşiklerden daha yüksek setan sayısına sahiptir (Demirbaş, 2008).

Setan sayısı, bir yakıtın kendi kendine tutuşma kabiliyetini gösteren ölçüdür. Setan sayısı dizel motorlarında yanmanın seyrine etki eden en önemli parametrelerden biridir. Yakıtın vuruntuya karşı direncini gösterir. Oktan sayısı gibi ölçülebilen bir özelliktir. Setan sayısı yüksek olan yakıtlarda tutuşma gecikmesi periyodu kısalmış ve sonuçta yanma düzenli bir şekilde devam eder. Setan sayısı düşük olan yakıtlarda tutuşma gecikmesi safhası uzar. Dolayısıyla bu safhada püskürtülen yakıt miktarı da artar. Yanmanın başlaması ile birlikte bu safhada püskürtülen yakıtın tamamı bir anda yanmaya başlar. Sonuç olarak silindir içerisinde ani bir basınç artışı meydana gelir. Bu ani basınç artışı motor parçalarına etki ederek motorun gürültülü çalışmasına ve yanmanın kötüleşmesine sebebiyet vermektedir. Bu duruma Dizel Vuruntusu adı verilmektedir. Sonuçta vuruntulu çalışan bir motorda; güç kaybı, ilk harekette zorlanma, karbon birikintisi, motorun geç ısınması, fazla yakıt tüketimi gibi aksaklıklar meydana gelebilmektedir.

Araştırma ve uygulamalar; kimyasal yapı olarak uzun, dallanmış ve tek çift bağlı yağ asitlerini içeren yağların uygun dizel alternatifi olduğunu ve artan doymamışlık derecesinin setan sayısını olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Bu durum oleik asitçe zengin yağları ön plana çıkarmaktadır (Eliçin ve Erdoğan, 2007).

Biyodizelin ısı değeri kütle bazda petrol dizellere göre yaklaşık %10 daha düşüktür. Bununla birlikte, biyodizelin yüksek viskozitesi yakıt pompasında

plencerlerden kaçan yakıt miktarını azaltır. Yanma sıcaklığına ek olarak tutuşma gecikmesi,yakıt yanma özellikleri için önemlidir. Tutuşma gecikmesi yakıtın silindir içine püskürtüldüğü zamanla,tutuşmanın gerçekleştiği anın arasındaki süredir ve setan sayısı (CN) ile ifade edilir (Knothe ve Dunn, 2005). Daha yüksek setan sayısı daha kısa süreli tutuşma gecikmesini gösterir ya da bunun tam tersi düşük setan sayısı yakıtın geç tutuşmasına sebep olur. Setan uzun düzgün zincirli bir hidro karbondur ve 100' e kadar setan sayıları ile gösterilir. Bitkisel yağlardan elde edilen çoğu biyodizelin setan sayısı 51'den yüksektir. Stearik gibi bazı özel esterlerin setan sayısı 87 bile olabilir.Buna karşılık petrol dizellerinin setan sayısı 40-52 arasında değişir.Biyodizelin yüksek setan sayısı kendisine benzeyen doğrusal zincir molekül yapısından kaynaklanır.Petrol bazlı dizelin her bir molekülünden 8-12 karbon atomu taşıyan, %75 doymuş hidrokarbon, %25 aromatiklerden oluşan bir hidrokarbon karışımıdır.Dallanmış zincirler, sikloalkanlar ve aromatikler petrol dizelin yüksek setan sayısının sebebidir. Setan sayısı genellikle ASTM D613 kodu ile ifade edilir. Alternatif olarak biyodizelin setan sayısı, çift bağların sayısı ile azaldığından ve zincir uzunluğu ile arttığından,sabunlaşma ve iyodun sayısı kullanılarak tahmin edilebilir (Krisnangkura, 1986).

Dizelin performansı, öncelikle, tutuşma kalitesine bağlıdır. Dizelin ateşleme kolaylığını ve düzenli yanmasını, “setan numarası” belirler. Dizel motorun, yanma hücreesindeki gecikme süresi, dizelin tutuşma kalitesinin bir ölçüsüdür. Düşük setan numaralı bir dizel, yanma hücreesinde doğru noktada tutuşmaz. Bunun sonucunda, kontrolsüz biçimde yanan karışım, gürültüye ve motor içinde hasara neden olur. Biyodizel, dizel yakıttan daha yüksek setan sayısı sahip olduğu için, bu tür sorunlar ile karşılaşmaz. Bazı uluslar arası biyodizel standartlarında setan sayısına ilişkin sınır değerler Tablo 35'te gösterilmiştir:

Tablo 35: Standart Setan Sayısı Değerleri (Min.)

Standart	Kod	Setan Sayısı
ASTM	D6751	47,0
DIN	E51606	49,0
Pr EN	14214	51,0

Kaynak: Knothe, 2006.

3.1.2.5. Kararlılık

Biyodizel yakıtın bozulmasına sebep olan oksitlenmeye karşı hassastır. Bu yüzden oksitlenme tepkimesi sonucu oluşabilecek kimyasal değişiklere direncini belirlediğinden, biyodizelin oksijen kararlılığı hayati önem taşımaktadır.

Oksitlenmenin dışında moleküler ağırlığı artırarak biyodizel viskositesine yükselten çifte bağların varlığı polimerleşmeye sebep olur. Oksitlenme kararlılığı büyük oranda yağ asidi içeriğine ve doymamışlık derecesine bağlıdır. Doymuş yağ asiti alkil esterleri doymamışlara oranla daha karardır. Yanı sıra çoklu doymamış yağ asidi esterleri kendi kendine oksitlenmeye tekli doymamış yağ asiti alkil esterlerine göre en az iki kat daha fazla tepki verirler (Neff ve diğerleri, 1997).

Yüksek oleik asitli bitkisel yağlarda oksitlenme direnci daha iyidir. Her bir yağda yağ asidi zincirinin farklı tiplerinin oranı olarak yaygın bitkisel yağların kompozisyonu değişir. Bu zincirlerin oranları her bir akışkanın fiziksel özellikleri için anahtardır. Mono doymamış zincirler oksitlenme direnci için iyidir. Polidoymamış zincirler fakir oksitlenme direnci verir, fakat düşük sıcaklıkta davranış özelliğini iyileştirmektedir. Doymuş yağ asidi zincirinin düşük sıcaklık direnci çok azdır. Bu yüzden istenen yağ çoğunlukla mono doymamış ve polidoymamış zincirler ve minimum doymuş zincirlerin karışımına sahip olacaktır (Altınsoy, 2007).

3.1.2.6. Biyobozunabilirlik

Biyobozunabilirlik: Biyodizeli oluşturan C16-C18 metil esterleri doğada kolayca ve hızla parçalanarak bozunur, 10 000 mg/l'ye kadar herhangi bir olumsuz mikrobiyolojik etki göstermezler. Suyu bırakıldığında biyodizelin 28 günde %95'i, motorinin ise %40'ı bozunabilmektedir. Biyodizelin doğada bozunabilme özelliği dekstroza (şeker) benzemektedir (Karaosmanoğlu, 2001).

3.1.2.7. Toksik Etki

Biyodizelin olumsuz bir toksik etkisi bulunmamaktadır. Biyodizel için ağızdan alınmada öldürücü doz 17.4 g biyodizel/kg vücut ağırlığı şeklindedir. Sofra tuzu için bu değer 1.75 g tuz/kg vücut ağırlığı olup, tuz biyodizelden 10 kat daha yüksek öldürücü etkiye sahiptir. İnsanlar üzerinde yapılan elle temas testleri biyodizelin ciltte %4'lük sabun çözeltisinden daha az toksik etkisi olduğunu

göstermiştir. Biyodizel toksik olmamasına karşın, biyodizel ve biyodizel-motorin karışımlarının kullanımında; motorin için zorunlu olan standart koşulların (göz koruyucular, havalandırma sistemi v.b.) kullanılması önerilmektedir (Karaosmanoğlu, 2001).

3.1.2.8. Yoğunluk

Yoğunluk biyoyakıtların bir diğer önemli özelliğidir. Yoğunluk bir sıvının belirli bir sıcaklıkta birim hacime düşen kütlesi olarak tanımlanabilir. Özgül ağırlık, bir sıvının yoğunluğunun suyun yoğunluğuna olan oranıdır. Yoğunluk, özgül yakıt hesabı hacimsel olarak hesaplandığından dizel motor performansı için önemlidir. Ayrıca yoğunluk, setan ve indeks sayısının hesaplanmasında kullanılmaktadır (Demirbaş, 2008).

Bitkisel yağların yoğunluğu, genellikle yağ çeşidine göre değişmesine rağmen 15 C de 880-920 kg/m³ gelmektedir. Bu belirleme DIN normu DIN EN ISO 3675 veya DIN EN ISO 12185 e göre yapılmaktadır. Elde edilen biyodizelin yoğunluğu ise yağa göre düşmekte ve motorin seviyesine inebilmektedir. Bitkisel yağ metil esterlerinin viskozite ve yoğunluk değerleri arasında doğrusal bir ilişki vardır. Biyodizelin yoğunluğunun 860 kg/m³ değerinden 885 kg/m³ değerine yükselmesi viskoziteyi 3,59 mm²/sn'den 4,63 mm²/sn' ye çıkartmaktadır (Altınsoy, 2007). Biyodizelin bazı standartlardaki yoğunluk değerleri Tablo 36'da verilmiştir.

Tablo 36: Uluslararası Standartlardaki Yoğunluk Değerleri (kg/m³)

Standart	Kod	Yoğunluk
ASTM	D6751	860-900
DIN	E51606	875-900
Pr EN	14214	860-900

Kaynak: Knothe, 2006.

Tablo 37'de farklı tip biyodizel hammaddesi olarak kullanılan çeşitli yağlar için viskozite, yoğunluk ve parlama noktası değerleri gösterilmiştir.

Tablo 37: Hammaddelerine Göre Biyodizelin Viskozite, Yoğunluk ve Parlama Noktası Değerleri

Hammadde	Viskozite (mm ² /sn 313 K)	Yoğunluk (kg/m ³ 288 K)	Parlama Noktası (K)
Pamuk Yağı	3,75	870	433
Fındık Yağı	3,59	860	422
Keten Tohumu Yağı	3,40	887	447
Hardal Yağı	4,10	885	441
Palmiye Yağı	3,94	880	431
Kolza Yağı	4,60	894	453
Aspir Yağı	4,03	880	440
Soya Yağı	4,08	885	441
Ayçiçeği Yağı	4,16	880	439

Kaynak: U.S. DOE, 2009

3.1.2.9. Soğuk Akış Özellikleri

Biyodizel ve biyodizel-motorin karışımları, motorinden daha yüksek akma ve bulutlanma noktasına sahiptir; bu durum yakıtların soğukta kullanımında sorun çıkarır. Akma ve bulutlanma noktaları uygun katkı maddeleri (anti-jel maddeleri) kullanımı ile düşürülebilmektedir. Biyodizel-motorin karışımları 4°C üzerinde harmanlama ile hazırlanmalıdır. Soğukta harmanlamada biyodizelin motorin üzerine eklenmesi, sıcakta harmanlama da ise karışımda daha fazla olan kısmın az kısım üzerine eklenmesi önerilmektedir. Eğer harmanda soğumaya bağlı olarak kristal yapılar oluşursa, harmanın tekrar normal görünümünü kazanması için bulutlanma noktası üzerine ısıtılması ve karıştırılması gerekmektedir (Karaosmanoğlu, 2001).

Biyodizel geleneksel dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında soğuk akışkanlık özelliklerinin uygunluğu daha azdır. Biyodizel sıcaklığın giderek düşmeye başlamasıyla donmaya ya da jele dönüşmeye başlayabilir. Yakıtın jelleşmesi halinde, geçirgenlik zayıflar, filtreler tıkanabilir ve yakıtın tanktan makineye pompalanması kısıtlanabilir ya da durabilir. Biyodizelin bulutlanma ve akma noktası soğuk hava koşullarında normal testlerde başarılı olduysa da biyodizel kullanımında yıl içinde farklı koşullar ve coğrafi bölgeler dikkate alınmalıdır (Nayyar, 2010).

Yakıt akış özelliği, yakıt akış sisteminin performansını belirlediği için önemlidir ve akışkanın akışa direncini ölçen viskozite ile değerlendirilir. Akışkanlığı yüksek bir yakıt, yakıt akış sisteminin performansını düşürebilir. Ham bitkisel

yağların yakıt olarak tatmin edici olmadığı düşünülmesinin ana sebebi yüksek viskoziteleridir (Ma ve Hanna, 1999). Ham yağların viskozitesini düşürmek için TAG gliserol omurgasının genellikle karşılıklı esterleşme tepkimesi sırasında soyulması gereklidir. Ortaya çıkan yağ asidi alkil esterlerin ham yağlara ham yağlara oranla viskozitelerinde ciddi oranda azalma görülür. Karşılıklı esterleşme sonucu yağın viskozitesindeki düşüş aynı zamanda tepkimenin başarısını gözlemlemek için bir araç olarak kullanılabilir (Ellis ve diğerleri, 2008).

Dizel yakıtın viskozitesi yüksek oranda sıcaklığa bağlı olduğu ve genellikle düşük sıcaklıklarda yükseldiği için, soğuk iklimlerde bölgelerinde çalışan makineler zorluk yaşayabilir bu yüzden yakıtın düşük sıcaklık akış özellikleri yakından takip edilmelidir. Bu özellikler yakıtın bulutlanma noktası (CP) akma noktası (PP) ve soğuk filtre tıkanma noktası (CFPP) ile test edilebilir. Bulutlanma noktası anında soğutulduğu ve bulutlanmış yakıtın çıplak gözle görülebildiği, yağın içerisinde ilk balmumu kristallenin ortaya çıktığı sıcaklıktır. Bulutlanma noktasının altındaki sıcaklıklarda kristaller daha büyür ve yakıtın akışını engelledikleri noktaya kadar bir araya toplanırlar. Yakıtın akabildiği en düşük sıcaklığa akma noktası olarak tanımlanır. Soğuk filtre tıkanma noktası biyodizelin vakum altında tel gözenekli bir filtreden 60 sn süre boyunca akabileceği en düşük sıcaklıktır (Lang ve diğerleri, 2001).

Biyodizelin düşük sıcaklık özellikleri temelde onun bileşimine bağlıdır. Doymamış yağ asidi alkil esterlerinin (FAME) farklı üç boyutu yapılarından dolayı doymuş yağ asiti alkali esterlerine göre düşük sıcaklıklarda kristalize olduğu bilinmektedir. Doymuş moleküller tam olarak uzayıp bira arada kümelenerek iç moleküller çekim gücünü arttırdıklarında minimum enerji seviyesinde olurlar. Doymuş esterlerin tersine, doymamış yağ asidi alkil esterleri daha zayıf moleküller iç çekime sahiptir ve bu yüzden daha düşük sıcaklıklarda kristalize olurlar. Bu bilgiye dayanarak dallanmış alkollerle yapılan karşılıklı esterleşme ile ya da izomerizasyon tepkimesi yolu ile biyodizelin düşük sıcaklık akış özelliklerini geliştirmek için yapılan çalışmalar olmuştur (Issariyakul, 2011).

3.1.2.10. Karbon Artığı

Karbon Kalıntısı terimi standartlarda, numunenin buharlaşması ve termal bozulması sırasında oluşan karbonlu kalıntıları tarif etmekte kullanılır. Kalıntı tümüyle karbondan oluşmayıp daha sonraki bozunmalarla bileşimi değişebilen kok'tur. Karbon kalıntısı miktarı, ester yakıtının kalitesinin bir göstergesidir. Gliseritlerden, sabunlardan ve diğer organik kalıntılardan arındıklarını gösterir. Sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) gibi grup 1 ve 2 metallerin yüksek seviyede olması, istenmeyen yan etkileri hızlandırabilir. Bu metaller özellikle emisyon kontrol ekipmanlarına zarar verilir. Grup 1 ve 2 metaller her sınıftaki metallerin bir kombinasyonu olarak sınırlandırılmışlardır. Na+K ve Ca+Mg bileşikleri için sınır 5 ppm'dir (U.S. DOE, 2009).

3.1.2.11. Biyodizelin Yağlama Özelliği

Bir yakıtın yağlama yağı özelliği, yüzey yüzeye temas ederek hareket eden iki metal parçanın maruz kaldığı aşınmayı önleyici etkisi olarak tanımlanabilir. Dizel yakıtının doğal yağlama özelliği içerisindeki oksijen ve nitrojen içeren bileşiklerden kaynaklanır (Mirchell, 2001). Petrol rafinerilerinde, sülfürün ayrıştırılması için kullanılan hidrojenlenme gibi işlemler, aynı zamanda yakıtın yağlama özelliğini sağlayan oksijen ve nitrojen içeren bileşiklerin de yok olmasına sebep olurlar (Barbour ve diğerleri, 2000).

Çok düşük sülfür dizelin düşük yağlama yağı özelliği göstermesi bu yüzden. ASTM D6079 kodu biyodizelin yağlama özelliklerini değerlendirmek için kullanılır. Bu yöntemde, top ve disk test sıvısının içine yerleştirilir ve 75 dakika boyunca 50 Hz. frekansta aşınma meydana getirebilmek için birbirine sürterek döndürülür. Testin sonunda topun çapındaki aşınma ölçülür ve yüksek aşınma test sıvısının zayıf yağlama özelliğini gösterir (Knothe ve Steidley, 2005).

3.1.3. Biyodizelin Çevresel Özellikleri

Özellikle elektrik üretimi, endüstri ve taşımacılık alanlarında kullanılan yakıt ve kimyasalların temel kaynağı yenilenemeyen petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil yakıtlardır. Teknoloji ve sanayileşmenin hızlı artışı da yine bu yakıtlar sayesinde gerçekleşmiş, ancak bu yakıtların aşırı kullanımı hava ve çevre kirliliğine sebep

olarak ekolojik dengede olumsuz etkiler yaratmışlardır. Dünyanın en önemli çevre sorunlarından birisi olan küresel ısınma, bu yakıtların sebep olduğu sera gazı etkisinden kaynaklanmış, yanma sonucunda ortaya çıkan CO₂, CO başta olmak üzere NOX ve SOX gibi zararlı emisyonlar insanlığın geleceğini tehdit eder seviyeye gelmiştir (Ölçüm, 2006). Bu kaynakların araştırılması, sondaj çalışmaları, çıkarılması ve hazırlanması sırasında da önemli ölçüde çevre sorunları ile karşılaşmaktadır. Bir yandan çevresel kirlilik yaşanırken, diğer taraftan bulunduğu arazide büyük çapta tahribatlar oluşmakta ve arazi yapısında geri dönüşü pek de olmayan olumsuz yönde değişiklikler olmaktadır (Ölçüm, 2006).

Enerji kaynaklarının kıtlığı ve rezervlerinin giderek azalmasının yanı sıra, küresel ısınma sonucu oluşan sera etkisi ve iklim değişiklikleri, gelecek nesillerin de çıkarlarını gözetken, ulusal ve uluslararası düzeyde enerji politikaları üretilmesini gerektirmektedir (Bayraç, 2009). Enerji arz ve talebini etkileyen faktörlerin, bilimsel ve gerçek yöntemlerle sürekli öngörülmesi, küresel değişimler doğrultusunda güncellenmesi ve gereğinde revize edilmesi etkin enerji politikaları açısından önemli bir ön koşuldur (Pamir, 2003).

Klasik enerji kaynakları ve geri kalmış teknolojilerin doğal çevrede geri dönülmez tahribatlara yol açmaması ve halkın en temel haklarından biri olan enerjiye erişiminin en uygun koşullarda temini içinse, “sürdürülebilir kalkınma” kavramı gündeme gelmiştir. Buna paralel olarak da gelişmiş toplumlarda, yalnız enerji kaynağı teminini ve enerji üretimini temel alan planlamaların yerini, enerji-ekonomi-ekoloji dengesini (3E) özenle gözetken planlama anlayışı ile, kaynak çeşitliliğini ve jeopolitik gerçekleri dikkate alan enerji güvenliği modelleri almaya başlamıştır (Pamir, 2005).

Çevresel sorunların başında gelen atmosferdeki karbondioksit oranındaki artışın sebep olduğu küresel ısınma, ozon tabakasındaki deliğin büyümesi ve meydana gelen iklim değişiklikleri sonucu dünya iklim kimi yerlerde kuraklaşırken kimi yerler sular altında kalma tehlikesine yaklaşmaktadır. Cilt kanseri, nükleer kirlilik, endüstriyel kirlilik, sulardaki yaşamının zarar görmesi, su kaynaklarının kirlenmesi, ormanların azalması, tarım alanlarında verimliliğin düşüşü, çarpık kentleşme, kanalizasyon ve çöp sorunu, gürültü kirliliği gibi sorunlarla karşı karşıya kalmaktayız. Unutulmaması gereken bir gerçek ise, sanayileşme ve sanayi

gelişiminin kalkınma ve çevre ile birlikte ele alınması gerektiğidir. Çünkü sanayileşme, sadece iktisadi bir süreç değil, aynı zamanda toplumsal bir durum ve tarihsel bir süreçtir (MMO, 2006).

İklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarını (salımlarını) azaltmaya yönelik eylem stratejilerini ve yükümlülüklerini, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi düzenlemektedir. Sözleşmeye bugüne kadar yaklaşık 180 ülke ve Avrupa Topluluğu taraf olmuştur. Sözleşme'nin nihai amacı, "Atmosferdeki sera gazı birikimlerini, insanın iklim sistemi üzerindeki tehlikeli etkilerini önleyecek bir düzeyde durdurmaktır" . Sözleşme'de, ülkelerin ortak fakat farklı sorumlulukları, ulusal ve bölgesel kalkınma öncelikleri, amaçları ve özel koşulları dikkate alınarak, tüm taraflara insan kaynaklı sera gazı salımlarının azaltılması, iklim değişikliğinin önlenmesi ve etkilerinin azaltılması vb. alanlarda ortak yükümlülükler verilmiştir (Türkeş ve diğerleri, 2000).

Biyodizelin düşük emisyon özelliklerine sahip olması, özellikle deniz taşıtlarında, milli parklar ve ormanların yanında, hava kirliliğinin yüksek olduğu kentlerde, kent içi taşımacılıkta kullanımını ideal yapmaktadır. Bitkisel yağlar, bazı tarım ürünlerinin meyve, çekirdek ve tohumlarının işlenmesi sonucunda elde edilmektedir. Bunlar petrol esaslı yağlardan farklı kimyasal yapıya sahiptirler (İçingür, 2003).

Ağırlık olarak biyodizel, geleneksel dizele göre daha az karbon, sülfür, su içerir ve daha fazla oksijen içeriğine sahiptir. Düşük karbon içeriği, karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂) , ve kül (element karbon) emisyonlarının azalmasına sebep olur. Biyodizelin düşük sülfür içeriği iki sebepten dolayı önemlidir. Birincisi, düşük sülfürlü bir yakıt olarak biyodizel, neredeyse hiç sülfür dioksit (SO₂) oluşumuna sebep olmaz. SO₂, solunum sistemi hastalıklarına ve mevcut akciğer-kalp hastalıklarının şiddetlenmesine sebep olur; asit yağmurlarının oluşumuna katkıda bulunur; görüşü kısıtlayabilir ve çok uzak mesafelere taşınabilir. İkincisi EPA'nın 2006 düzenlemeleri otoyollarda kullanılan yakıtın sülfür oranının % 97 oranında düşürülmesini öngörmektedir. Biyodizel, EPA 2006 standartlarına uygun bir yakıttır. Biyodizel yüksek oksijen içeriği nedeniyle geleneksel dizele oranla daha fazla tam yanma sağlar. Bu şekilde açığa çıkan hidro karbon ve karbon monoksit emisyonları da düşürülmüş olur (Strong ve diğerleri, 2004).

Biyodizel, tarımsal bitkilerden elde edilmesi nedeniyle, biyolojik karbon döngüsü içinde, fotosentez ile CO₂'i dönüştürüp karbon döngüsünü hızlandırdığı için sera etkisini artırıcı yönde etki göstermez. genellikle daha düşük CO, CO₂, SO_x, poliaromatik ve partiküler madde emisyonları içerir. AB tarafından yayınlanan araştırma raporu sonuçlarına göre; 1 litre dizel tüketiminden 3.2 kg CO₂ emisyonu meydana gelirken, biyodizel tüketiminde bu miktar 0.7 kg/L seviyesine kadar düşmektedir. Ozon tabakasına olan olumsuz etkiler biyodizel kullanımında dizel yakıta nazaran % 50 daha azdır. Biyodizel kükürt içermez. Bu yüzden NO_x kontrol teknolojileri biyodizel yakıtı kullanan sistemlere uygulanabilir. Konvansiyonel dizel yakıtı kükürt içerdiği için NO_x kontrol teknolojilerine uygun değildir. Ayrıca, biyodizelin sudaki canlılara karşı herhangi bir toksik etkisi yoktur. Buna karşılık 1 litre ham petrol 1 milyon litre içme suyunun kirlenmesine neden olabilmektedir (Dizge ve diğerleri, 2005).

Tükettiğimiz biyodizelden atmosfere verilen CO₂, biyodizel üretiminde kullanılacak olan yağ bitkisi tarafından en fazla bir yıl içinde geri alınacaktır. Bu açıdan bakıldığında: biyodizel üretimi, CO₂ emisyonları için doğal bir yutak olarak nitelendirilebilir ve Dünya'nın en önemli çevresel sorunlarından olan ve fosil yakıtların geri alınamayan CO₂ emisyonlarının yol açtığı sera etkisi sonucunda ortaya çıkan küresel ısınmadan kaynaklanan olumsuzlukların indirgenmesi bağlamında önemli katkılar sağlar.

3.1.4. Motor Yakıtı Olarak Biyodizel

Biyodizel (B100), tipik No:2 dizelden galonda % 11 oranında daha az enerji içerir. Biyodizel ham yağdan yakıt viskozitesi düşük olmasına rağmen, petrol dizel yakıtlara göre daha yüksektir. Yüksek viskozite yakıt pompası elemanları içerisinde kaçakları azaltır ve enjektör verimliliğini artırır. Ancak B100 kullanımı sırasında maksimum güç çıkışında % 5-7 arası kayıp olmaktadır. Yük kayıpları, biyodizel ile geleneksel dizelin yakıt karışım oranları ile doğrudan orantılıdır. B20 biyodizel motorun normal operasyonunda güç ve torkta % 1-2 arası indirgemeye sebep olur. Bu kayıplar makinenin yaşı, kondüsyonu ve tipine de bağlıdır. B5 ve B2 biyodizel yakıt karışımları için No:2 dizel ile karşılaştırıldığında açıkça görülen bir performans düşüklüğü oluşmamaktadır (Nayyar, 2010).

Dizel motorlarında yanma odasına püskürtülen yakıtın uygun bir tutuşma gecikmesinden sonra kendi kendine tutuşması istenir. Tutuşma gecikmesi dizel vuruntusunun oluşmasını ve yanma verimliliğini etkileyen en önemli faktördür. Bu nedenle setan sayısı uygun değerde olmalıdır. Genel olarak biyodizelin setan sayısı motorinden daha yüksektir. Bu özellik yüksek viskozite ve düşük ısı veriminden kaynaklanan düşük yanma verimini kısmen telafi etmektedir (Şen, 2004).

Özgül yakıt harcamı olarak biyodizel ve biyodizel karışımları no:2 dizele yakın sonuçlar vermişlerdir. Yakıt harcamı sağlanan güç ve yakıtın enerji içeriği ile doğrudan ilgilidir. B100 No:2 dizelden % 8-10; B20 sadece % 2-3 daha az enerji içerirken, B5 biyodizel dizel yakıtıyla aynı enerjiyi içerir (Nayyar, 2010).

Tablo 38’de Biyodizelin Motor Yakıtı Olarak Avantaj ve Dezavantajları gösterilmektedir.

Tablo 38: Biyodizelin Motor Yakıtı Olarak Avantaj ve Dezavantajları

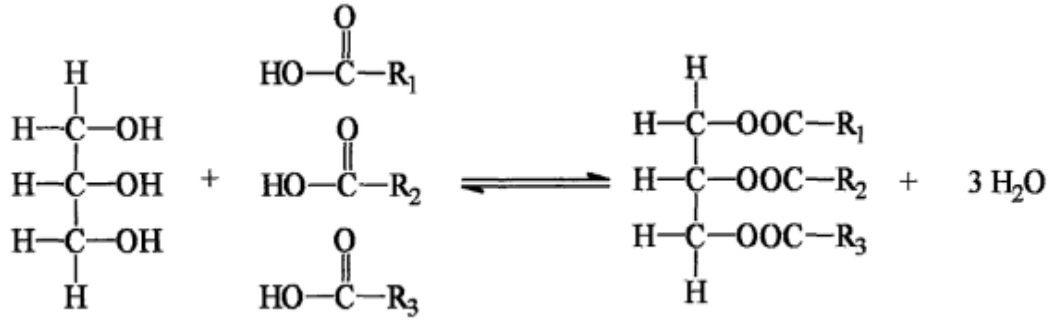
KATEGORİ	FAYDALAR		SAKINCALAR
	Avantaj	Sebep	Dezavantaj
Motor Performansı	Daha iyi yanma verimliliği	Yakıt içerisindeki fazla oksijen	- Daha düşük güç - Kötü püskürtme
Emisyonlar	- Daha düşük Toplam Hidro Karbon ve CO - Dizel yakıtı kıyasla daha düşük sülfür içeriği - Doğada Bozulabilirlik	- Fazla oksijene bağlı daha iyi yanma - Daha düşük sülfür - Organik maddelerden türeme	Artan NOx
Motor Dayanıklılığı	- Büyük bir modifikasyon yapmadan dizel motorlarda kullanılır - Metal parçalarda daha düşük aşınma	- Dizel yakıtı yakın kendi kendine tutuşma aralığı - Yüksek yağlama	- Bozulan sızdırmazlık elemanları - Soğuk havada zayıf çalışma - Yakıt sisteminde problemler - Püskürtme
Depolama	Yangın ihtimali daha düşük	Yüksek parlama noktası	Yakıtın bozulabilirliği

Kaynak: WEC, 2010

3.2. BİYODİZEL ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Bitkisel yağlar yağ asitlerinin gliserinle yapmış olduğu esterlerdir. Bu esterlere gliserid adı verilir. Gliserinin molekülünü oluşturan 3 alkol grubu yağ asitlerinin esterleşmesi ile trigliserid adını alır. Trigliseriddeki doymamış yağ asitlerinin cinsi ve miktarı, bitkisel yağın özelliklerini oluşturmaktadır (İçingür,2003). Biyodizel üretmek için bitkisel veya hayvansal yağlar kullanılmaktadır. Bitkisel yağlar, yüksek moleküllü yağ asitleri ile gliserin (gliserol) arasında oluşan trigliseritlerdir. Yağ asitlerinin esterleşme reaksiyonu şekilde gösterilmiştir. R1, R2, R3 uzun hidro karbon zincirleridir ve yağ asidi zincirleri olarak isimlendirilirler. Soya yağı ve hayvansal yağlarda ortak sadece 5 zincir vardır (diğerleri küçük miktarlarda bulunmaktadır) (Van Gerpen, 2005). Şekil 18’de Gliserin ve Yağ Asidinden Trigliserit Oluşumu gösterilmektedir.

Şekil 18: Gliserin ve Yağ Asidinden Trigliserit Oluşumu



Kaynak: Demirbaş, 2008.

Trigliseritler normal yağların %95’ini oluşturmaktadırlar. Geri kalan %5’lik kısımda ise mono ve digliseritler, serbest yağ asitleri, fosfatidler, streoller, yağ alkoller, yağda çözünen vitaminler bulunmaktadır. Katı ve sıvı yağlar trigliseritlerin bir karışımıdır. Yağların sıvı ve katı oluşları içerdikleri yağ asitlerine bağlıdır. Trigliseritlerin yapısındaki yağ asitleri doymuş ise yağlar katıdır. Yağlar sıvı oldukları zaman yapısındaki yağ asitleri kısa zincirli ve doymamıştır (Aksoy, 2010).

Yakıt olarak kullanılacak yağların önceden özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu işlemlerde yağın seyreltilmesi ve viskozitesinin azaltılması amaçlanır. Kullanılan başlıca yöntemler; seyreltme, mikro-emülsiyon oluşturma,

piroliz ve karşılıklı esterleşme yöntemidir. Dünyada en yaygın olarak kullanılan yöntem karşılıklı esterleşme yöntemidir (Akgün ve diğ., 2009). Tablo 39’da bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları açıklanmaktadır.

Tablo 39: Biyodizel Üretim Yöntemlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Metod	Tanımı	Avantajı	Dezavantajı
İnceltme	Biyodizel, dizel yakıtla inceltilir	Yenilenebilir, Kullanılabilir, portatif, doğal sıvı	Yüksek vizkozite, düşük uçuculuk, doymamış hidrokarbon zincirlerin reaktifliği
Mikro-emülsiyon	Normalde karışmayan iki sıvı ile bir veya daha fazla amfifilin bir araya gelmesiyle oluşur	Yanma sırasında daha iyi spreyleme, düşük yakıt vizkozitesi	Düşük setan sayısı, düşük enerji içeriği
Piroliz	Uzun zincirli ve doymuş maddelerin ısı yoluyla biyodizele dönüşmesi	Petrol türevi yakıtlara kimyasal benzerlik	Yüksek enerjiden dolayı yüksek maliyet
Transesterifikasyon	Hayvansal ve bitkisel yağlardan alkol ile katalizör varlığında ester ve gliserol etkisi	Yenilenebilirlik, yüksek setan sayısı, düşük emisyon, yüksek yanma verimi	Üründen gliserol ve suyun ayrılma güçlüğü

Kaynak: Aksoy, 2010

Trigliseritler birkaç tipte olabilirler. Gliserolün üç hidroksil grubu üç tane aynı yağ asidi ile esterleşirse basit trigliseritler oluşur. İki yada daha fazla yağ asidi içeren trigliseritlere ise karışık trigliseritler denir. Trigliseritler suda çözünmezler, kloroform, benzen, eter, alkol gibi organik çözücülerde çözünürler. Nötral yağlar ve yağ asitleri; hidroliz, esterifikasyon, interesterifikasyon, sabunlaşma, karbonil grubunun hidrojenasyonu, asit klorür oluşumu, halojenizasyon ve transesterifikasyon reaksiyonlarını verebilir. Transesterifikasyon reaksiyonu katalizörsüz ortamda 250 °C ve üstünde gerçekleşirken asidik veya alkali katalizörle düşük sıcaklıklarda gerçekleşmektedir (Aksoy, 2010).

3.2.1. Seyreltme (İnceltme)

Bitkisel ve hayvansal yağların belirli oranda dizel yakıtı ile karıştırılarak inceltilmesi işlemi olup böylece viskozite değerinin belirli oranlarda düşürülmesi gerçekleştirilmektedir (Akgün ve diğerleri, 2009). Bitkisel ve atık yağların belirli oranlarda dizel yakıtı ve bir başka çözücü ile karıştırılarak inceltilmesi olayıdır. Genellikle bitkisel ve atık yağlar dizel yakıtı ile karıştırılmaktadır. Böylece yağın viskozitesi düşürülmektedir. Ayrıca dizel yakıt kullanımı da azaltılmış olmaktadır. Uygulamalarda B20, B30, B40 şeklinde ifade edilen yakıtlarda, dizel yakıtlar içerisinde sırasıyla %20, %30, %40 oranında bitkisel yağ bulunmaktadır. Seyreltme yöntemiyle elde edilen yakıtlarda, yakıt maliyeti dizel yakıtlara göre daha düşüktür. Dizel yakıtı ve bitkisel yağdan elde edilen karışımlar yapılan çalışmalar incelendiğinde, karışımın ve dizel yakıtın özelliklerinin birbirine yakın olduğu çok önemli farklılık içermediği görülmüştür. Seyreltme yöntemiyle biyodizel üretimi için en çok kullanılan yağlar; atık yağlar ile yerfıstığı, ayçiçeği, kolza gibi bitkisel yağlardır (Aksoy, 2010).

3.2.2. Mikro-emülsiyon

1–150 nm boyutlarında, karışmayan iki sıvı ile iyonik veya iyonik olmayan organik karışımların, kendiliğinden oluşturdukları dengeli itarı l dağılımı olarak tanımlanmıştır. Mikro-emülsiyon, normalde karışmayan iki sıvı ile bir veya daha fazla amfifilin bir araya gelmesiyle oluşur. Bu metodla petrolden haricinde alternatif dizel yakıtları meydana getirmek mümkün olabilmektedir. Mikro –emülsiyon işleminde kullanılan organik madde alkoldür. Alkol olarak metanol, etanol gibi kısa zincirli alifatik alkoller kullanılmaktadır (Aksoy, 2010).

3.2.3. Piroliz

Piroliz, organik materyallerin inert (kontrollü oksijen verilen) atmosfer ya da vakum ortamında ısı ile bozulması olayıdır. Isıtma veya kısmi yanma olan piroliz, biyokütleden ikincil yakıtların ve kimyasal ürünlerin üretiminde kullanılır. Pirolizin hammaddesi odun, kömür, biyokütle atıkları ve yerel atıklar, ürünleri ise; gazlar, sıvılar (yoğunlaştırılmış buharlar), tarlar, yağlar, katılar (char) ve küldür (Kurtuluş, 2010). Biyokütlenin katalitik pirolizinden elde edilen sıvı ürünlerin

miktarı ve dağılımına katalizörün etkisinin araştırıldığı çalışmalarda, katalizörün ürün verimine doğrudan etki ettiği görülmektedir. Piroliz işlemlerinde nikel dolamit ve alkali, toprak alkali ve geçiş metali tuzları katalizör olarak kullanılmaktadır. Katalitik piroliz işlemlerinde genel olarak alkali metal karbonatları ve boraks da en yaygın kullanılan katalizörlerdendir. Ancak katalizör olarak kullanılan Na, Li ve K karbonatları piroliz dönüşüm oranını arttırırken sıvı üründen çok gaz ürün verimini arttırmaktadır. Sıvı ürün veriminin nispeten arttığı piroliz işlemlerinde ise TiO, ZnCl, AlCl, ZnO, Fe ve O katalizörleri kullanılmıştır (TTGV, 2010). Piroliz veya kraking kimyasal bağların daha küçük moleküller oluşturmak üzere kırılması işlemidir. Bitkisel yağların piroliz ürünlerini elde etmek için iki yöntem vardır. Bunlardan biri, bitkisel yağı ısı etkisiyle kapalı bir kapta parçalamak, diğeri ise standart ASTM distilasyonu ile ısı parçalanma etkisinde tutmaktır (Akgün ve diğeri, 2009).

Piroliz yöntemi, yüksek sıcaklıkta yüksek moleküllü bileşiklerin daha düşük moleküllü bileşiklere dönüşmesidir. Bitkisel yağların pirolizi iki şekilde gerçekleşmektedir. İlkinde bitkisel yağlar, kapalı bir kapta ısı etkisiyle parçalanmaktadır. İkincisinde ise standart maddeler kullanılarak damıtma ile bitkisel yağlar ısı olarak parçalanmaktadır. İkinci işlem uygulanarak elde edilen yakıt özellikleri dizele daha yakındır. Pirolizde bileşik, ya ısı ya da ısı yanında katalizör kullanılarak havasız ortamda başka bir bileşiğe dönüşmektedir. Aynı anda ve peş peşe gerçekleşen birçok farklı reaksiyondan oluşması nedeniyle piroliz işleminin mekanizmasını anlamak oldukça güçtür (Aksoy, 2010).

Elde edilen kimyasal ürünler, diğeri prosesler için kimyasal besleme stoğu olarak veya doğrudan kullanım kolaylığı bakımından önemlidir. Randıman olarak, biyokütlenin doğrudan yanmasından elde edilen ısı ile ikincil yakıt ürünlerin yanmasından elde edilen ısı değerlerinin karşılaştırılmasında %80–90’a çıkan bir fark bulunmuştur. Biyokütlenin termokimyasal dönüşüm yöntemlerinden en verimli ve en ekonomik olanı pirolizdir ve özellikle sıvı hidrokarbon üretiminde en çok kullanılan bir proses olarak dikkat çekmektedir (TTGV, 2010).

Yağların termal parçalanmaları 100 yıldan fazla bir süredir özellikle dünyada petrol rezervlerinin az olduğu bölgelerde araştırılmaktadır. Bitkisel yağların ısı yolla parçalanması ilk olarak bitkisel yağdan petrol sentezlemek amaçlı bir çalışmada gerçekleştirilmiştir. Pirolitik kimyayı tanımlamak reaksiyon yollarının çeşitliliğinden

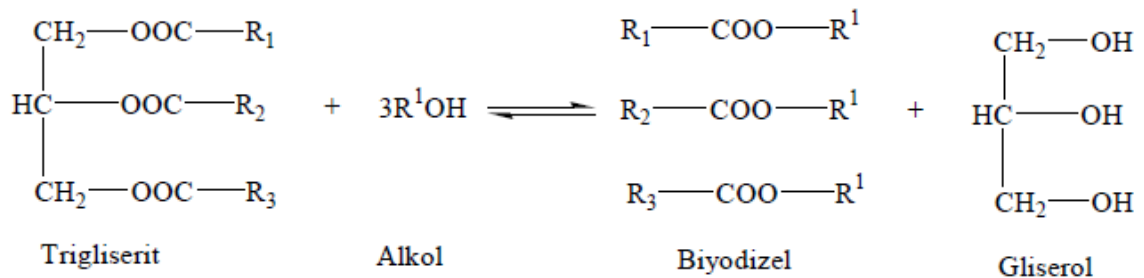
ve ortaya çıkan reaksiyonlardan elde edilen reaksiyon ürünlerinin çeşitliliğinden dolayı zordur. Piroliz edilmiş maddeler bitkisel yağlar, hayvansal yağlar, doğal yağ asitleri ve yağ asitlerinin metil esterleri olabilir. Genellikle termal bozunmalar serbest radikal ya da karbonyum iyonu oluşturarak ilerler (Aksoy, 2010).

3.2.4. Karşılıklı Esterleşme

Biyodizel, bitkisel ya da hayvansal yağlardan elde edilen uzun zincirli yağ asidi alkil esteri olarak tanımlanabilir. Biyodizel etanol ya da metanol gibi kısa zincirli alkollerle birlikte trigliseritlerin karşılıklı esterleşmesi ile elde edilir. Karşılıklı esterleşme, alkol ve ester arasında gerçekleşen tepkimeye verilen isimdir. Etil esterler, kolaylıkla elde edilemediklerinden, biyodizel üretiminde yaygın olarak kullanılamazlar. Bu yüzden genellikle ticari biyodizel üretiminde trigliseritler kullanılmaktadır. Karşılıklı esterleşme, ardışık ve tersine döndürülebilen üç kimyasal tepkimeden oluşmaktadır: Trigliserit (TG) ilk basamakta digliserite (DG), daha sonra mono gliserite dönüştürülür ve en sonunda ürün olarak gliserol açığa çıkar. Bu kimyasal tepkime sırasında her basamaka metil ester (biyodizel) elde edilir (Zhou, 2006).

Transesterifikasyon, bitkisel ve hayvansal yağların alkolle reaksiyonu sonucu biyodizel oluşturmasıdır. Alkol olarak genellikle metanol ve etanol kullanılmaktadır. Polar olması, en kısa zincirli alkol olması, trigliseritlerle kolay reaksiyon vermesi sebebiyle metanol kullanımı daha yaygındır. Şekil 19'da trigliserit ve alkolden biyodizel eldesi görülmektedir.

Şekil 19: Trigliserit ve Alkolden Biyodizel Eldesi



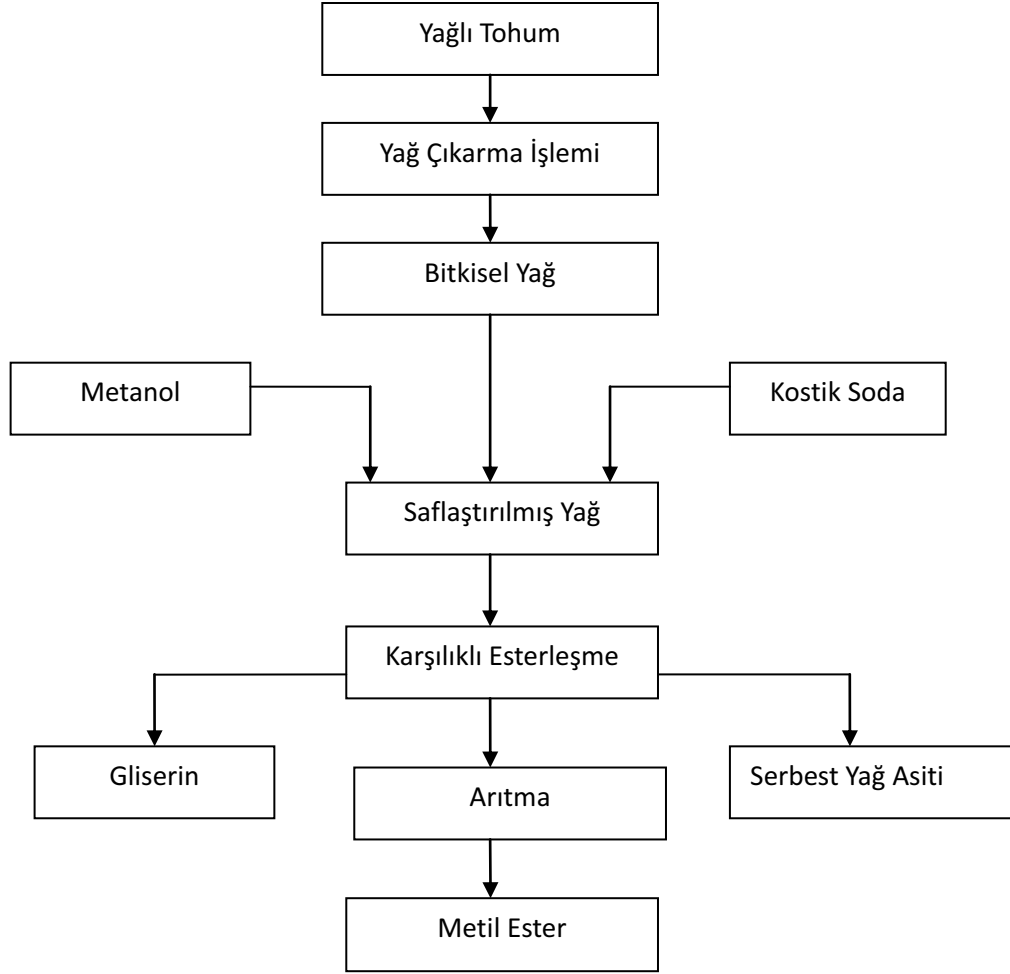
Kaynak: Strong ve diğerleri, 2004

Ticari biyodizel en çok karşılıklı esterleşme ismi verilen kimyasal bir yöntem ile elde edilir. Bu yöntem, hammaddenin bir alkol ile – tipik olarak etanol ya da metanol ile – hidroksit ya da potasyum hidroksit benzeri bir katalizör eşliğinde karıştırılmasından oluşur. Tepkime, biyodizel ve gliserin içeren metanol kullanıldıysa metil ester ya da etanol kullanıldığı durumlarda etil ester üretir. Biyodizel, karşılıklı esterleşme yöntemi ile yağ asidi metil esterlerine (FAME) dönüştürülebilen 14 ayrı türde yağ asidinden yapılmaktadır. Değişik hammaddelerde bulunan farklı tipte yağ asit metil esterleri yakıtın özelliklerine etki etmektedir. Örneğin Avrupa genellikle kolza metil esteri kullanırken A.B.D.’de ağırlıklı olarak soya metil esteri kullanılmaktadır (Strong ve diğerleri, 2004).

Endüstriyel biyodizel üretiminde günümüzde çok çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır. Örneğin İtalyan Navamont ve Ballestra, farklı ticari markalar altında Fransız IFP, Alman Henkel ve ATT gibi. Biyodizel hayvansal ve bitkisel yağların karşılıklı esterleşmesi sonucu elde edilir. Tri-gliseritler atmosfer basıncında ve yaklaşık 60-70 C sıcaklıkta katalizör ile birlikte ters esterleşme işlemine tabii tutulurlar. Tepkime sonucu oluşan karışım dinlenmeye bırakılır. Alttaki gliserin tabakası çektirilirken, üstteki metil ester tabakası gliserini ortamdan uzaklaştırmak için yıkanır. Alkolün fazlası kondenserde geri alınır, daha sonra ayırıştırma vegeri dönüşüm için başka bir üniteye gönderilir (Strong ve diğerleri, 2004).

Henkel Yöntemi 9000 kPa ve 240 C’de çalışır ve hammadde olarak rafine edilmemiş yağ kullanılır. Rafine edilmemiş yağ, fazla alkol katalizör eşliğinde reaktörün içine besleme yapılmadan önce 240 C’ye kadar ısıtılır. Fazla metanolün büyük kısmı reaktörü terk etmeden ayırıştırılır, geri kazanılan metanol tekrar sisteme döner. Reaktörden çıkan karışım fazlalık gliserinin %90’ının alındığı bir seperatöre girer. Sonrasında metil ester ayırıştırma işlemi için damıtma ünitesine gönderilir. Lurgi yöntemi normal basınç gerçekleştirilir. Bu metot aşdalı olmayan hammaddelerin kullanımını gerektirir. Rafine edilmiş bitkisel yağ ve metanol iki kademeli bir karıştırıcı düzeneği içerisinde, katalizör eşliğinde tepkimeye girer. Tepkimede oluşan gliserin arta kalan metanol içerisinde çözülür (Srivastava ve Prasad, 2000). Şekil 20’de Karşılıklı Esterleşmenin Basamakları gösterilmektedir.

Şekil 20: Karşılıklı Esterleşmenin Basamakları



Kaynak: Demirbaş, 2006

3.2.5. Serbest Yağ Asidi ve Su İçeriğinin Etkileri

Başlangıç malzemelerindeki serbest yağ asitleri ve su içeriği karşılıklı esterleşme sonucu oluşan ester ürünü ve gliserit dönüşümünü ciddi şekilde etkileyebilir. Yağ hammaddesi alkol ve katalizör dahil başlangıçtaki tüm maddeler sudan arındırılmış olmalıdır. Alkali katalizörün hava ile uzun süre teması, katalizörün havadaki karbondioksit ve nem ile etkileşime girmesi yüzünden verimliliğini düşürecektir. Alkali katalizör karşılıklı esterleşmede hammaddenin 0.5 ağırlık % oranından daha az serbest yağ asidi içermesi önemlidir (Ma ve Hanna, 1999). Yağın asitliği ne kadar yüksek olursa, karşılıklı esterleşmede dönüşüm ve ürün o kadar düşük olur. Eğer başlangıçtaki yağ serbest yağ asitleri içerirse bu serbest yağ

asitlerini nötralize edebilmek için fazladan katalizör kullanılması gerekir. Alkali katalizör ve serbest yağ asitleri arasındaki tepkime katalizör kullanımında artışa sebep olduğu gibi, su ve sabun oluşumuna sebep olur ve bu olaya sabunlaşma ismi verilir. Sabun oluşumu vizkoziteyi arttırır ve jel oluşumuna sebep olur (Meher ve diğerleri, 2006).

Atık yağ gibi hammadde kaynakları düşük maliyetleri dolayısıyla caziptir. Bununla birlikte bu hammaddeler genellikle yüksek oranda serbest yağ asidi içerirler. Bu yüzden bu yağlara doğrudan alkali katalizörlü karşılıklı esterleşme yöntemini uygulamak mümkün değildir. Bu yağlardan serbest yağ asitlerini ve suyu uzaklaştırabilmek için bir ön işleme ihtiyaç vardır. Yağdan serbest yağ asidini uzaklaştırmak için genellikle alkali arıtma yöntemi kullanılır. Bu yöntemde %12 sıvı NaOH çözeltisi serbest yağ asitlerini nötralize etmek ve fosfatı çöktürmek için kullanılır. Arıtma süresi ve sıcaklığı 90°C de birkaç saniye (kısa karışım yöntemi) ya da 40°C de 15 dakikada (uzun karışım yöntemi) olabilir. Daha sonra yağ sabun karışımı içindeki sabun, su ve çökelmiş durumdaki fosfatidleri ayrıştırmak için santrifüj yöntemi uygulanır. Arındırılmış yağ genellikle %0.05 ten düşük serbest yağ asidi ve 2 ppm'den az fosfor içerir. Bu yöntemin dezavantajı çok fazla atık su üretilmesidir (Martins ve diğerleri, 2006).

Serbest yağ asitleri ayrıca damıtma sırasında da uzaklaştırılabilir. Damıtma yöntemi işletme sıcaklıklarını düşürebilmek için vakum altında gerçekleştirilmelidir. Eğer işletme sıcaklığı çok yüksek olursa gliseritler daha fazla asit üreterek bozulacaklardır. Damıtma sıcaklığı 100-180°C arasına sınırlandırılmıştır. Bununla birlikte bu yaklaşım damıtma basamağıyla bağlantılı ek maliyetler dolayısıyla daha az tercih edilmektedir. Alternatif olarak iki basamaklı bir asit- alkali esterleşme karşılıklı esterleşme yöntemi kullanılabilir. Birinci adımda serbest yağ asidi kısa zincirli bir alkolle asit katalizörü eşliğinde esterleştirilir. Serbest yağ asidi ilk basamakta esterleştirildiği için alkali bir katalizör ikinci basamakta karşılıklı esterleşme için kullanılabilir (Kulkarni ve diğerleri, 2007).

3.2.6. Katalizör Tipinin Etkileri

Katalizörün çeşidi karşılıklı esterleşme tepkimesinde en önemli değişkenlerden biridir. Katalizör seçimi biyodizel üretiminde çıkan sonucu

belirleyecek önemlidir ve ağırlıklı olarak hammaddenin çeşidine ve kalitesine bağlıdır. Ticari yöntemlerin çoğu yüksek tepkime verimi, kısa tepkime süresi, düşük tepkime sıcaklığı ihtiyacı ve ekonomik faydalarından dolayı düşük homojen bazlı katalizörleri tercih eder. Atık yağ gibi yüksek miktarda serbest yağ asidi ve su içeren hammaddeler asit katalizörünün üretim sürecinde katılmasını gerektirir (Kulkarni ve diğerleri, 2007).

Heterojen katalizörlerle gerçekleştirilen tepkimeler homojen katalizöre göre daha uzun reaksiyon süresi ve daha yüksek reaksiyon sıcaklığı gerektirir. Enzimatik katalizör sabun üretmediği için başka bir alternatiftir ama çok yüksek işletme maliyetleri ve çok sıkı tepkime koşulları vardır (Leung ve diğerleri, 2010). Diğer taraftan aşırı hassas koşullar altında gerçekleşen katalizörsüz karşılıklı esterleşme tepkimesi için çalışmalar sürmektedir. Yöntem katalizöre ihtiyaç duymaması ve çok kısa tepkime süresi olmasına rağmen çok yüksek reaksiyon basınç ve sıcaklığı gerektirmektedir ve polimerleşmeye karşı hassastır. Sonuç olarak yükselen viskozite dolayısıyla ayrıştırma basamağı zorlaşmaktadır (D'Ippolito, 2007).

Birinci nesil biyodizel üretiminde kullanılan mevcut teknolojilerin halen ciddi sakıncaları bulunmaktadır. Biyodizelin üretimi sırasında homojen alkalın katalizörler (NaOH, KOH, NaOMe ve KOMe) kullanılmakta ve kullanılan bu katalizörleri ilave yıkama ile ayrıştırmak gerekmektedir. Biyodizel çevreci bir ürün olmasına karşılık, henüz çevreci bir şekilde üretilmemektedir. Tablo 40'da biyodizel üretiminde katalizör türlerinin avantaj ve dezavantajları açıklanmaktadır.

3.2.7. Alkolün Etkileri

Sokiyometrik olarak bir mol TAG (triacylglycerols) karşılıklı esterleşmede üç mol alkole ihtiyaç duyar. Bununla birlikte tepkimenin tersine çevrilebilir doğası gereği aşırı alkol genellikle karşılıklı esterleşmede tepkimeyi ürün tarafına kaydırabilmek için kullanılır. Genellikle alkali katalizörlü bir tepkime için 6:1 alkole yağ oranı %98 oranında başarı sağlar ve bundan sonra kullanılan alkolde artış, atık dönüşümünü değiştirmez (Freedman ve diğerleri, 1984). Bununla birlikte optimum alkol yağ oranı yağ kalitesi ve kullanılan bitkisel yağın çeşidine bağlı olarak değişebilir. Karanja yağından hazırlanan biyodizel de 40:1 metanol yağ oranında maksimum %92 çevrim sağladığı bildirilmiştir (Karmee ve Chadha, 2005). Karşılıklı

esterleşme sırasında en çok kullanılan alkol ekonomik faydasından dolayı metanoldür. Kullanılan alkolün cinside karşılıklı esterleşmede tepkime performansını etkileyebilir. Metanol kullanmanın dezavantajı petrol kaynaklarına bağımlı olması ve TAG 'in metanolün içersinde düşük çözünürlüğüdür (Ma ve Hanna, 1999).

Tablo 40: Biyodizel Üretiminde Katalizör Türlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Katalizör Türü	Metod	Avantaj	Dezavantaj
Alkalın Katalizli	- Ticari anlamda en çok kullanılan teknoloji - Ilımlı sıcaklık ve basınç şartları 1 saatlik bir reaksiyon süresinde dönüşüm elde edilir.	Sabunlaşmayı engellemek için, başlangıçtaki serbest yağ asiti miktarını sınırlamak ve yağ ile alkolün hidroliz reaksiyonuna girmesi gerekir.	- Tepkime atmosferik koşullarda gerçekleşir. - Alkalın katalizöre ihtiyaç vardır.
Asid Katalizli	- Serbest yağ asitlerinin metanolle esterleşmesi - Yüksek serbest yağ asidi içeren hammaddelerde kullanılabilir (hayvansal ve atık yağlar).	Alkaline katalizörlülere göre tepkime süreleri çok daha yavaştır.	Alkaline katalizörlü yonteme geçilmeden önce uygulanan bir ön esterleşme sürecidir.
Enzim Katalizli	Tepkime suyun ya da serbest yağ asitlerinin varlığından etkilenmez	Tepkime süreleri çok uzundur.	Tepkime katalizörü olarak organik çözeltiler kullanılır. Tepkimenin yavaşlamasını engellemek için her safhada alkol eklenir.
Süper Kritik Alkoller	- Düşük reaksiyon süreleri - Yüksek miktarlarda serbest yağ asidi ve su içeren hammaddelerde kullanılabilir. - Katalizöre ihtiyaç yoktur.	Yüksek sıcaklık ve basınçta gerçekleşen tepkime koşullarından dolayı yüksek maliyetler.	Yüksek basınç ve sıcaklık kullanılır.

Kaynak: ARPEL, 2009

3.3. BİYODİZEL ÜRETİMİNDE KULLANILAN BAŞLICA KAYNAKLAR

Hem yağ hem de alkol hammaddeleri, biyodizel üretiminin yöntemini ve özelliklerini belirler. Yağ hammaddeleri bitkisel yağları, hayvansal ve son zamanlarda mikro alg ve ciono bakteri gibi organizmalardan elde edilen yağları kapsar (Wahlen ve diğerleri, 2011). Biodizel üretimi için kullanılan bitkisel yağlar yüksek oranda iklim faktörüne bağlıdır. Kanola yağı Kanada ve Avrupa ülkelerinde, soya yağı A.B.D.'de ve palmiye yağı Endonezya ve Malezya gibi tropikal ülkelerde kullanılırken hindistan cevizi kıyısal bölgelerde biyodizel sentezi için kullanılır. Hint fıstığı gibi yenilmeyen yağ hammaddeleri de biyodizel üretiminde kullanılabilir (Sharma ve Singh, 2009).

Farklı tipte bitkisel yağlar arasındaki önemli farklılık, trigliserit moleküllerine bağlı yağ asitlerinin cinsidir. Yağ asidi bileşimi biyodizelin yakıt özelliklerini belirlediği için önemlidir (Ramos ve diğerleri, 2009). Bitkisel yağların doymuş/doymamış olması ve moleküller ağırlığı da yakıt özelliklerini belirler. Doymuşluk/Doymamışlık derecesi iyodin sayısı ile doğru orantılı iken sabunlaşma sayısı moleküler ağırlık ile ters orantılıdır. Bazı seçilmiş bitkisel yağların iyodin ve sabunlaşma sayıları Tablo 41'de gösterilmiştir (Itoh, 1973).

Tablo 41: Çeşitli Yağların Sabunlaşma ve İyodin Değerleri

Yağ	İyodine değeri	Sabunlaşma Değeri
Kanola	179.0	109.9
Soya	190.7	134.6
Palmiye	246.4	20.7
Ayçiçeği	190.3	143.6
Pamuk Tohumu	195.2	105.0
Mısır	195.9	105.3
Hindistan Cevizi	256.4	9.9
Zeytin	192.0	84.9
Pirinç	180.1	103.9
Susam	188.0	109.2

Kaynak: Issariyakul, 2011

Soya ve palmiye yağı dünyanın yağlı tohum üretimine hakimdir, daha sonra en çok kullanılan yağlı tohum kanoladır. Kanolanın yağ içeriği %40 az, soyanın ise %21 civarındadır. Palmiye yağı düşük fiyatı ve buna oranla %40'tan yüksek yağ

içeriği dolayısıyla ilgi çekici bir hammadde kaynağıdır. Palmiye yağı ayrıca soya ve kanolaya oranla daha yüksek yıllık yağ hasadı gerçekleştirir (Issariyakul, 2011).

3.3.1. Kolza

Kolza ilk kültür tarımı yapılan tarımsal ürünlerden biridir ve İ.Ö.2000-1500 yemek pişirmede ve aydınlanma için kullanılmaktadır (Boulter, 1983). Kolza, soğuk iklimlerde de yetiştirilebilen birkaç bitkisel yağ hammadesi kaynağından bir tanesidir. Ekonomik değeri olan kolza ile aynı türe ait diğer bitkiler brassica nigra (siyah hardal bitkisi) ve sinopsis albadır (beyaz hardal bitkisi) (Downey, 1983).

Kolzanın tohumlarının yağ içeriği %40'ın üzerindeyken, hardal bitkilerinin Sinopsis Alba gibi yağ oranı %20'nin altındadır. Bu tohumlardan ezilerek çıkarılan yağ asitleri oleik asit, linoleik asit ve erusik asit içerirler. Kolzanın erusik asit içeriği %2 erusik asit içerirler. Kolzanın erusik asit içeriği %2 oranından düşük olduğunda düşük erusik asit kolza olarak isimlendirilir (Issariyakul, 2011).

Kolzada bulunan erusik asitin günlük gıdalarda kullanılmasından kaçınmak gereklidir. Erusik asidin zehirli etkisi olduğu ve bu bileşeninden çok fazla almanın ,kalp hatalıklarına yol açtığı bildirilmiştir (Sauer ve Kramer, 1983). Brassica napus (Kanola ya da Kanada Brassica)gibi düşük erusik asit kolza bitkilerinin durumunda yağ asidinin oluşmasına sebep olan enzim kaybolur. Kanolanın erusik asit yüzde 1980-1989 yılları arasında ilk kez Kanada'da düşürülmüştür (Daun, 1986).

Kolza (Kanola olarak da bilinir), ideali 500 mm yağış alan bölgelerde gelişen yıllık/iki yıllık ekilebilen bir bitkidir ve 0,5-2 metre uzunluğuna erişebilir. Kurutulmuş tohumlarının yağ oranı % 45 civarındadır. Küçük ya da büyük ölçeklerde yetiştirilebilen kolza bitkisi, hayvan yemi ya da bitkisel yağ olarak kullanılabilir. Kolza yağı, gıda uygulamalarında kullanılabileceği gibi; biyodizel, sabun, mineral yağ üretimi için hammadde olarak da kullanılabilir. En önemli yan ürünleri saman ile biyodizel üretiminde elde edilen gliserindir (Elbehri ve diğerleri, 2013).

Anavatani Akdeniz Bölgesi olan kolza bitkisi, doğada bulunduğu islah edilmemiş haliyle insan sağlığına zararlı toksik etkili % 45-50 oranında erusik asit içerir. Bitkinin içerisindeki erusik asit miktarı, Kanadalı bilim adamları tarafından yapılan çalışmalar sonucunda % 1 ve altına indirilerek endüstriyel olarak

kullanılabilecek bir yağlı tohum bitkisi haline gelmiştir.

Kanola ismi aslında “Canadian Oil Low Acid” kelimelerinin baş harflerinden türetilmiştir (Baran, 2008). Kanola hem yazlık hem de kışlık olarak yetiştirilebilen bir bitkidir. Kanola kışlık hububatın yetiştirildiği bütün iklim alanlarında yetiştirilebilir. Kışa çok dayanıklıdır. Toprak seçiciliği pek yoktur. Humuslu ve derin topraklar idealdir. Kışlık kanolalar için ekim nöbetinde tahıl+kanola, yazlık kanolalar için nadas+kanola, baklagil+kanola ve buğdaygil+kanola sistemleri önerilmektedir (Öğüt ve Oğuz, 2005).

Kolza yüksek oranda mono doymamış oleik asit ve düşük oranda hem doymuş ve çoklu doymamış asidler içerir. Bu yüzden kanola yağı ,yanma karakteristikleri, oksidasyon kararlılığı, soğuk havalardaki akış özelliği açısından değerlendirildiğinde ideal bir hammaddedir (Rutz ve Janssen, 2007).

Kolzanın yakıt özellikleri aşağıda ifade edilmiştir (Karahana, 2006):

- Mono doymamış hidrokarbon (oleik asit) içermektedir.
- Az miktarda doymuş ve çoklu doymamış hidrokarbon içermektedir.
- Yanma karakteristikleri iyidir.
- Oksidasyon kararlılığı iyidir
- Soğuk akış özellikleri iyidir

3.3.2. Hint Fıstığı

Hint fıstığının anavatanı Amerika kıtasıdır ama en çok Asya’da özellikle de Hindistan da yetiştirilir. Hint fıstığı hem kurak hem de yarı kurak koşullara uyum sağlayabilir ve susuz dönemlerde hayatta kalmak için yapraklarını döker (Kumar, 2011). Hint fıstığı ekime uygun olmayan atıl topraklarda yetişebilir ve biyodizel üretimi için en çok gelecek vaat eden hammadde kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir (Misra ve Murthy, 2011).

Yemeklik yağların yakıt olarak kullanılmasının doğuracağı rekabet düşünülerek, biyodizel üretiminde kullanılabilecek yenilemeyen hammaddeler geliştirmek amacıyla bir çok çalışma sürdürülmektedir. Hint fıstığı yağ veren ağaçlar arasında tartışmasız bu amaca en uygun olanıdır. Hint fıstığı, düşük yağış alan fakir topraklara bile kolayca uyum sağlayabilen ve diğer yemeklik tohumlarla rekabet etmeden gelişebildiği için ekolojik çeşitlilik yaratabilen bir ağaç türüdür. Bu yüzden

son 10 yılda dünyanın birçok yerinde hint fıstığının ekilmesi, tohumlarından yağ asidi üretilmesi, yağın biyodizele dönüştürülmesi ve bu yakıtın motor testleri konusunda çalışmalar yapılmaktadır (Goto ve Ogoma, 2010). Hint fıstığının çok az gübre ihtiyacı olmasına karşın özellikle asitli toprakla yetiştirilmesi sırasında alkaline toprağı tercih ettiği için kalsiyum ve magnezyum gibi ek gübrelere ihtiyacı vardır. Hint fıstığından elde edilen yağ yağ tohumlarında bulunan zehirli bir maddeden dolayı yemeklik olarak kullanılmaz. İçeriğindeki yağ asitleri oleik ve linoleiktir, tohumundan %35-40, çekirdeklerinden %50-60 yağ çıkarılabilir (Issariyakul, 2011).

Tam olarak büyüdüğünde, yüksekliği 3-4 metreye ulaşabilir. Bununla birlikte, hasat amacıyla 2-3 yıllık budama periyodları ile boyu 2 metre civarında tutulur. Hint fıstığı kuraklığa dayanıklıdır ve toprağı tutma özelliğiyle erozyonu kontrol etme imkânı verir. Gübrelenmiş toprakta yılda hektar başına 2-5 ton ürün rekoltesi beklenebilir. Tohumların yağ oranı % 27-40 arasında değişir. Bugün dünya üzerinde 900.000 alanda sürdürülen 250 civarında hint fıstığı projesi vardır. Bu alanlar % 85 ile Asya'da yoğunlaşmakta, onu %13 ile Afrika izlemektedir (Elbehri ve diğerleri, 2013).

Ham Hint fıstığı yağının amprik karakteristik özellikleri aşağıdaki gibidir,

- Özgül Ağırlık 15 / 15 °C: 0,918 – 0,923
- Sabunlaşma Değeri (mg KOH)/g: 188-197
- İyodine Değeri (g 12)/(100 g) : 93-107

Hint fıstığından biyodizel, tohumlarından çıkarılan yağ ile yapılır. Dış kabuk ve küspe, gübre olarak ya da ısınma ve enerji üretimi için kullanılabilir. Elde edilen yağ asitleri sabun üretiminde kullanılır. Trans esterleşme işlemi sonucunda ortaya çıkan diğer yan ürünler potasyum gübresi ve gliserindir (Elbehri ve diğerleri, 2013).

3.3.3. Soya

Soyanın kökeni tam olarak bilinmemekle birlikte, Avustralya'dan Çin dahil bütün Pasifik Bölgesine, göç eden kuşların taşınması sonucu yayıldığı düşünülmektedir. Coğrafi ve tarihi kanıtlara göre Kuzey Doğu Çin soyanın kültürleştirildiği yer olarak var sayılır. Soyadan üretilen çeşitli sıvı ürünler dahil birçok gıda ürünü bulunmaktadır. Soya, Çin'den önce Kore, Japonya ve Güneydoğu Asya ülkeleri gibi komşu ülkelere yayılmıştır (Houck ve diğerleri, 1977).

Son yıllarda ise tüm dünyada yetiştirilmektedir. Soyanın A.B.D. literatüründe ilk kez 1804 yılında bahsi geçmektedir. Bu zamandan II.Dünya savaşına kadar yaygın bir şekilde yem bitkisi olarak kullanılmış,bundan sonra A.B.D.içinde üretimi ve ekonomik değeri gittikçe hızlanarak artmıştır.Bugün soya,üretim ve uluslar arası ticaret alanında dünyanın en büyük yağlı tohum çeşididir (Weiss,1983).

Soya tüm dünyada en yaygın olarak ekilen yağlı tohum çeşididir. A.B.D. ‘de en çok kullanılan biyodizel hammaddesi soya fasulyesidir. Ayrıca tüm dünyada en çok üretilen bitkisel yağ türüdür. Soya fasulyesinin ana üretici ülkeleri A.B.D. , Brezilya ve Arjantin, bu yağı gittikçe artan oranlarda biyodizel üretimi için kullanmaktadır. Bu, soyanın biyodizel olarak tercih edilen özelliklerinden daha çok onun yaygınlığından kaynaklanmaktadır. Soya yağı, ayçiçeği yağına benzer şekilde 121-143 gI2/100 g. arasında iyodin değerine sahiptir. Bu yüzden bir çok uzman tarafından biyodizel standartlarını karşılayıp karşılamadığı tartışılmaktadır (Rutz ve Janssen, 2007).

Dünya soya fasulyesi rekoltesi hektar başına ortalama 2300 kg seviyesindedir. Soyanın tohumlarının yağ oranı, palm yağı gibi diğer yağ çıkarılan tropikal bitkilere göre daha düşük olup % 17,5 seviyelerindedir. Soya yağı kolza palmiye yağından sonra üçüncü en önemli biyodizel hammaddesidir. A.B.D. üretilen biyodizelin % 75-90 ‘ı soya yağından elde edilmektedir. Başta Brezilya ve Arjantin olmak üzere diğer Güney Amerika ülkeleri soyadan elde ettikleri biyodizeli, fosil yakıtlarla karıştırarak kullanmaktadır (Elbehri ve diğerleri, 2013).

Diğer yağlı tohum bitkilerine oranla soya fasulyesi, göreceli olarak hektar başına daha düşük biyodizel hammaddesi sağlar. Ama soya hem ılıman hem de tropikal koşullarda yetişebilir. Topraktaki nitrojen miktarını düzenleme özelliğinden dolayı toprağa nitrojeni geri verir. Daha az gübreye ihtiyaç duyması fosil enerji dengesine olumlu katkıda bulunur. Soya fasulyesi A.B.D.’de mısır, Brezilya’da ise şeker kamışı ile dönüşümlü olarak ekilmektedir. Dünya üzerinde üretilen soyanın hala çok küçük bir bölümü yakıtı çevrilmektedir (Rutz ve Janssen, 2007).

3.3.4. Palmiye

Palmiye bitkisinin Afrika kökenli olduğuna inanılmaktadır ama en çok Malezya ve Endonezya gibi Güney Doğu Asya ülkelerinde dünya üretiminin %80 ini

yetiştirilmektedir. Palmiye ilk olarak botanik bilimindeki ismi “*Elaeis Guineensis*” 1763 yılında Nicholaas Jacquin tarafından verilmiştir (Corley ve Tinker, 2003).

Palmiye ağacı, genellikle Güney Asya ülkelerinde yetişen ve yağ üretiminde kullanılan tropikal bir bitkidir. Son on yılda palm yağı üretimi hızla artarak büyüyen iki ana üretici, Malezya ve Endonezya’dır. Nijerya ikinci en büyük ekili araziye sahiptir. Palm yağının büyük kısmı yemeklik amaçlar için kullanılmakla beraber bu yağdan üretilen biyodizele talep hızla artmaktadır. Özellikle Avrupa Birliği ülkeleri bu yağın en büyük ithalatçısı konumundadır (Goto ve Ogoma, 2010).

Palmiye bugün artık Malezya ve Endonezya gibi ülkelerde ticari olarak yetiştirilen bir türdür. Çünkü demet başına en çok ürün vermektedir. Meyve kabuk ve bir,iki ya da üç çekirdekten oluşur.Palmiye yıl ve alan başına en yüksek yağ üretimini sağlamaktadır.Genellikle palmiyeden elde edilen iki tip yağ vardır;meyvenin orta kısmından elde edilen palmiye yağı ve en iç kısmından elde edilen palmiye çekirdek yağı (Lin, 2002) .

Palmiye, hayvan besiciliği ve gıda sektöründe kullanılan üç önemli kaynağın hammaddesidir. Bunlar palm yağı, palm yemeklik yağ ve palm küspesidir. 1 hektarlık alandan ortalama 3,7 ton palm yağı, 0,4 ton palm yemeklik yağ ve 0,6 ton palm küspesi elde edilebilir. Palm gövde yüksekliği 18-30 metreye ulaşabilen bir tropik orman bitkisidir ve taç kısmı genellikle 40-100 yaprak taşır. 15-30 ton arası taze meyve verir ve bu meyvelerden %25 oranında yağ çıkartılabilir (Elbehri ve diğerleri, 2013).

Palmiye yağı kolza ve soya yağlarından daha doymuş bir yağdır çünkü içeriği ağırlıklı olarak oleik, palmitik, stearik ve linoleik yağ asitleri içerir. Palmiye yağının oda sıcaklığında (25-30 ‘C)içerisindeki palmiye olein ve oleik zengin yağı ayırabilir. Yağın içersindeki doymuş yağ asitlerinden dolayı diğer bitkisel yağlara göre daha fazla oksijen tutma özelliği vardır (Issariyakul, 2011) .

3.3.5. Algler

Son yıllarda insan besin zinciriyle doğrudan ilişkisi olmayan ve çevresel etkilere olumlu katkıda bulunabilecek yeni yakıt hammaddeleri ile ilgili hızla artan sayıda çalışma yapılmaktadır. Mikro-alglerden biyodizel üretme fikri, NREL projesi

sırasında, belirli koşullar altında bu canlıların yüksek oranda yağ tuttuklarının gözlemlenmesi sonucunda ortaya atıldı. O günden bu yana, alglerden yüksek yağ oranları elde etmek; ekonomik ve çevreci bir şekilde biyoyakıt olarak kullanılabilmesi için gerekli ideal koşulların belirlenmesiyle ilgili bir çok çalışma yapılmaktadır. Mikro-alglerin biyoyakıt olarak kullanımı ve CO₂ soğurma özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalar halen AR-GE safhasındadır (Berni, 2013).

Alglerin ekilmesi için iki temel yöntem bulunmaktadır. Algler açık havuz ya da kapalı sistemlerde yetiştirilebilir. Açık havuz sistemlerinde algler, diğer türlerin ya da bakterilerin saldırılarına karşı savunmasızdırlar. Bu yöntemde yağ üretimi için başarıyla harmanlanabilen miktar düşüktür. Açık sistemlerde su sıcaklığı ve aydınlatma şartları ile ilgili bir kontrol mekanizması yoktur. Büyüme mevsimi daha çok iklimsel koşullara bağlıdır ve sıcak aylar ile sınırlıdır. Bu sistemin avantajları düşük maliyetler ve yüksek üretim kapasitesidir.

İkinci olasılık, alglerin üstü bir sera tarafından korunan kapalı bir sistem içerisinde yetiştirilmesidir. Ekonomik sebeplerden dolayı bu sistemler daha küçük sistemlerdir, ancak sera algleri dışarıdan gelen diğer canlılara karşı korur ve büyüme mevsimlerini uzatır. Algler ayrıca ihtiyaç duydukları her şeyi içerisinde barındıran (CO₂, besin, su, ışık) foto-biyo-reaktörler içerisinde de yetiştirilebilirler. Foto-biyo-reaktörler farklı çeşitlerde olabilir (Rutz ve Janssen, 2007),

- Işık kaynağı kullanılan tanklar
- Poli etilen torbalar
- Cam ya da plastik tüpler

Alglerle ilgili teknolojilerin henüz endüstriyel ölçekte üretime izin vermemesi ve yağlı tohumlarla karşılaştırıldığında ortaya çıkan yüksek maliyetler alglerin yaygınlaşması konusunda henüz aşılamamış ciddi sıkıntılar olarak görülmektedir.

Buna karşılık Alglerin biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanılmasının bir çok avantajları da vardır (ARPEL, 2009):

- a. Yüksek yağ oranları (%50) ve yağlı tohumlardan çok daha fazla biyodizel hammaddesi olmaya uygun ürün verirler
- b. Uygun koşullar altında süratle büyüyebilirler
- c. Tarımsal bir alana ihtiyaç duymadıklarından, gıda üretimine rakip değildir.
- d. Yan ürünleri gıda ve ilaç endüstrisinde kullanılabilir.

- e. Fotosentez sırasında çok büyük miktarlarda CO₂ kullanırlar ve bu şekilde sera gazı emisyonlarının azaltılmasında faydalı olurlar

3.3.6. Atık Yağlar

Biyoyakıt üretimi için uygun özellikte çok çeşitli atık yağ tipleri vardır. Genellikle bu yağlar ucuzdur ve zaten imha edilecek olan bu maddelerin değerlendirilmesi olumlu yönde artı bir çevresel etki sağlar. Atık yağ kaynakları üç temel sınıfta toplanabilir (Rutz ve Janssen, 2007),

- Evlerden ve restoranlardan kazanılan atık yağlar
- Besin endüstrisinden kazanılan atık yağlar
- Diğer endüstriyel atık yağlar

Kullanılmış yağın özellikleri ağırlıklı olarak yağın kaynağı ve geçmişi ile ilgilidir. Kullanılmış yağın kökeni onun yağ asit bileşenlerini belirler. Yağın pişirme esnasında suya, ısıya, mikro-organizmalara ve oksijene maruz kaldığı süre onun viskozite, su ve serbest yağ asidi içeriği ile polimerleşmiş ve oksitlenmiş bileşiklerin varlığı gibi fiziksel ve kimyasal özelliğini belirler. Pişirme sırasında yağda üç temel tepkime gerçekleşir. Termoliz, oksidatif ve hidrolize sebep olucu reaksiyonlardır. Termolize sebep olan tepkimeler oksijenin yokluğunda meydana gelir ve doymuş yağ asitleri, parafin, yağ asitleri, keton, esterler ve diasil gliseridler oluşturarak yüksek sıcaklıkta çözünür (Meher ve diğerleri, 2006).

Besin endüstrisinin artık ürünlerinin birçoğu biyodizel üretiminde kullanılabilir. Örneğin pirinç kepeği yağı, pirincin kabuklarının ayıklanması aşamasında elde edilen yüksek asit oranına sahip artık bir maddedir. Hurmanın etli kısmı, tohumlar ayrıldıktan sonra herhangi bir işlem görmeden bırakılan artık kısmıdır. Bu artık ürün pirinç kepeği gibi biyodizel üretiminde kullanılabilir. Diğer endüstriyel atık yağlar da biyodizel hammaddesi olabilir. Örneğin reçineli ağaçlardan çıkarılan sülfatın, üretimi sırasında art ürün olarak elde edilen don yağı gibi (Rutz ve Janssen, 2007).

Biyodizel üretiminde atık yağ kullanmanın en belirgin avantajı maliyetinin daha ucuz olmasıdır. Kanola tohumu maliyetindeki 0.01 ABD Doları/kg artış biyodizel üretim fiyatını 0.003 ABD Doları/kg arttıracaktır. Biyodizel üretiminde taze bitkisel yağ kullanıldığında maliyetin %70-95'ini hammadde oluşturmaktadır.

Bu yüzden biyodizel üretimi için hammadde olarak atık yağ kullanımı birçok biyodizel üreticisinin dikkatini çekmektedir (Zhang ve diğerleri, 2003).

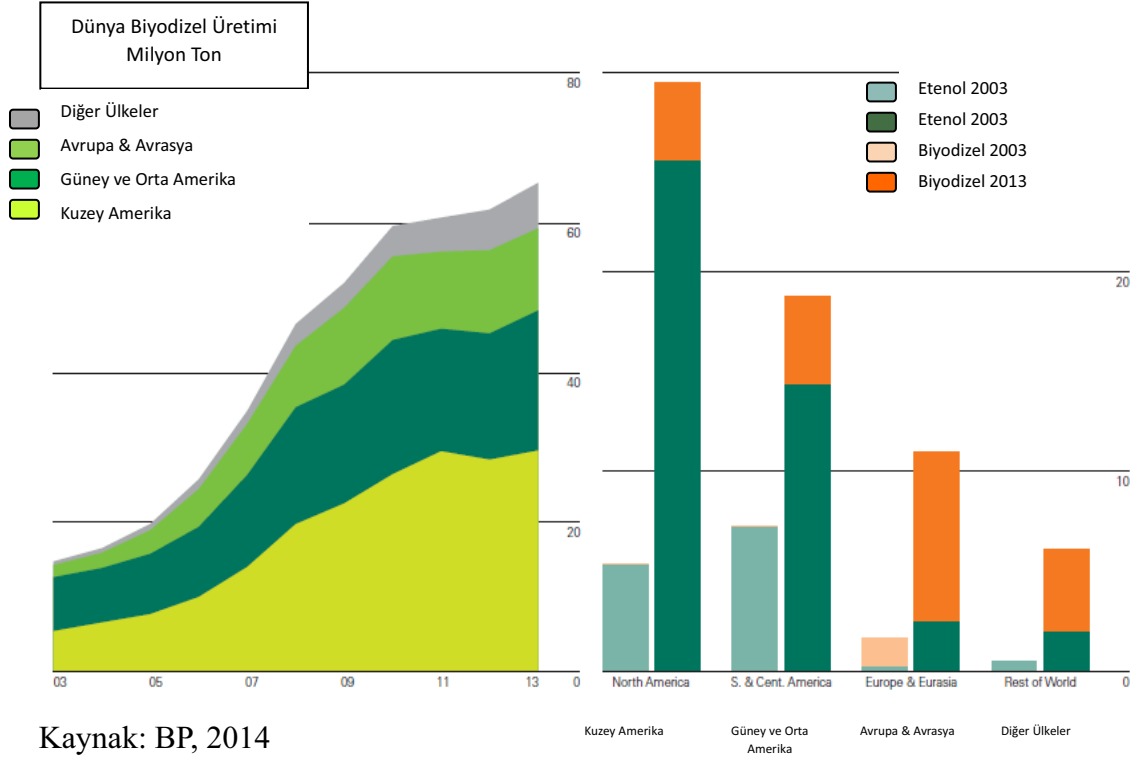
3.4. DÜNYADA BİYODİZEL ÜRETİMİ VE UYGULAMALARI

Dünya biyodizel pazarı son on yılda, üretim ve ticarete büyük bir gelişme gösterdi. Ancak pazar ve ticaretteki bu eğilimin devam ettirilebilmesi, ticaret ve destek politikalarıyla sıkı sıkıya ilişkilidir. Bunun ötesinde, biyodizel endüstrisi diğer sektörlerle de bağlıdır (özellikle tarım ve mineral yağ endüstrisi) ve geçmişte sektörün verimsiz çalışmasına sebep olan bir çok pazar sorunlarıyla halen karşı karşıyadır (Lamers, 2011).

Dünyada 2013 yılında biyoetanol üretiminde düşme yaşanmasına rağmen biyodizel üretiminde artış kaydedilmiştir. En büyük üretici ülkeler AB ülkeleri, Amerika, Arjantin ve Brezilya'dır. Biyodizel üretimi 2011 yılında 22,1 milyar lt olarak kaydedilmiştir. Dünyada biyodizel pazarının büyüklüğü 82,7 milyar dolardır. 38 ülkede biyodizel üretimine destek verilmektedir (DEKTMK, 2013). Şekil 21'de 2003-2013 yılları arasında dünya biyodizel üretimi gösterilmektedir.

Dünya biyoyakıt üretimi 2013 yılında % 6,1 oranında artış kaydetmiştir. Kuzey Amerika, Güney ve Orta Amerika'daki biyoyakıt üretim artışı, Avrupa ve Avrasya'da üretimde meydana gelen düşüşlerden fazla gerçekleşmiştir. Biyodizel üretimi Avrupa, Avrasya, Güney ve Orta Amerika'daki azalmaya rağmen dünyada %6,2 artış sağlamıştır. (BP, 2014)

Şekil 21: 2003-2013 Yılları Arasında Dünya Biyodizel Üretimi, Milyon Ton



Kaynak: BP, 2014

Tablo 42’de görüldüğü üzere dünya biyodizel üretimi 2013 yılında 26209 milyar litre olarak gerçekleşmiştir. Dünya üretiminin 2023 yılında % 53 artışla 40 milyar litreyi aşacağı tahmin edilmektedir. Biyodizel pazarında AB ülkeleri toplam 10077 milyar litre ile en büyük üretici konumundadır ve toplam üretimin % 38’ini sağlamaktadır. Almanya ve Fransa birlik içerisinde en büyük biyodizel üreticisi ülkelerdir. AB ülkelerini A.B.D. , Brezilya ve Arjantin takip etmektedir. Tek başına en büyük biyodizel üreticisi A.B.D. 4898 milyar litre ile toplam üretimin %18’ini gerçekleştirmektedir ve A.B.D. biyodizel pazarının 10 yıl içerisinde %33 büyüyerek 6548 milyar litreye ulaşacağı öngörülmektedir.

Tablo 42: Dünya Biyodizel Üretim Tahmini (Milyar Litre), 2013-2023

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Dünya	26209	28344	30084	31796	33697	35405	36843	38480	38916	39519	40260
OECD	16090	16940	18065	19070	20315	21389	22320	23520	23508	23596	23762
AB	10077	10327	11241	12146	13302	14269	14973	15984	15851	15825	15868
A.B.D.	4898	5337	5546	5634	5714	5814	6038	6219	6331	6436	6549
Brezilya	2841	3409	3250	3343	3413	3496	3580	3656	3736	3815	3894
Arjantin	2273	2554	2891	3056	3197	3328	3411	3408	3423	3506	3650
Endonezya	2034	2200	2329	2460	2586	2697	2803	2914	3026	3140	3255
Tayland	943	973	1002	1032	1061	1091	1107	1122	1136	1148	1161
Kolombiya	666	697	728	759	790	821	846	871	896	921	946
Avustralya	665	673	680	688	695	703	711	718	726	734	742
Kanada	449	604	597	602	604	602	598	599	599	601	603
Hindistan	300	310	342	370	410	449	483	543	606	669	730
Malezya	234	302	369	434	496	555	612	669	725	781	837
Filipinler	183	207	230	254	277	301	324	348	372	396	419
Pakistan	110	128	146	163	181	199	217	235	252	270	288
Peru	98	104	109	115	120	125	138	148	160	168	175
Gana	82	91	99	108	116	125	134	142	151	160	168
G.A.C.	77	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108
Mozambik	74	75	75	77	79	81	83	86	89	93	96
Tanzanya	63	63	83	98	111	124	127	129	130	130	130
Ukrayna	61	109	158	206	255	303	311	320	330	340	350
Uruguay	37	38	40	59	69	77	89	100	101	103	104
Viet-nam	28	38	48	58	68	78	84	89	91	95	98
Türkiye	13	13	15	17	19	20	22	23	25	26	27

Kaynak: OECD, 2013

Tablo 43'te görüldüğü gibi dünya biyodizel tüketimi 2013 yılında 25647 milyar litre olarak gerçekleşmiştir ve bu pazarın önümüzdeki 10 yılda % 64 oranında büyümesi beklenmektedir. Bu miktarın yaklaşık % 46'sı AB ülkeleri tarafından

tüketilmiştir. AB, dünyada en büyük biyodizel tüketicisi konumundadır ve önümüzdeki 10 yılda AB zorunlu karışım oranlarındaki artış yüzünden biyodizel pazarının yaklaşık %60 büyüyeceği öngörülmektedir. Diğer büyük biyodizel kullanıcıları A.B.D., Brezilya ve Arjantin'dir.

Tablo 43: Başlıca Biyodizel Kullanıcısı Ülkeler (Milyar Litre), 2013-2023

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Dünya	25647	28190	29930	31643	33544	35252	36689	38327	38763	39365	40106
AB	11977	12802	14098	15140	16248	17200	18233	19345	19265	19133	19069
A.B.D.	4377	5109	5236	5292	5506	5745	5707	5783	5753	6043	6339
Brezilya	2841	3409	3232	3320	3385	3463	3542	3613	3688	3762	3836
Arjantin	1173	1225	1315	1444	1550	1588	1623	1650	1751	1711	1743
Endonezya	900	993	1086	1180	1273	1366	1459	1552	1646	1739	1832
Kanada	633	644	646	649	651	653	656	658	689	765	834
Türkiye	13	13	15	17	19	20	22	23	25	26	28

Kaynak: OECD, 2013

Tablo 44'teki verilerden görülebileceği üzere önümüzdeki 10 yılda biyodizel fiyatları tüm dünyada sınırlı oranda yükselecek ancak Güney Amerika ülkelerinde bu oran çok daha yüksek olacaktır.

Tablo 44: Biyodizel Üretim Fiyatları ve 10 Yıllık Projeksiyon (ton/yerel kur), 2013-2023

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AB	84	84	84	91	95	95	94	97	98	98	100
A.B.D.	113	106	98	100	101	102	106	109	112	114	117
Arjantin	485	518	549	600	643	657	656	687	709	744	783
Brezilya	251	256	267	299	326	338	342	364	381	405	432
Kanada	116	117	118	128	136	137	135	139	141	146	151
Tayland	4073	5176	4719	4010	5609	4011	5334	4668	4090	4662	4231
Kolombiya	271396	267408	268587	281279	292126	294951	308243	315612	323186	328474	341643
Türkiye	192	201	205	225	238	240	243	251	259	269	280

Kaynak : OECD, 2013

3.4.1. Avrupa Birliği

Biyodizel üretiminde en büyük üretici AB üyesi ülkelerdir. 2010 yılında 9,1 milyar lt olan biyodizel üretimi 2011 yılında 9,5 milyar lt olarak gerçekleşmiştir. Ana hammadde kanoladır. Ancak, 2016'dan sonra AB'de biyodizel soya ve palm yağından üretilenektir. Kanoladan vazgeçilecektir (DEKTMK, 2013).

1990'lı yıllarda başlayan AB'de biyodizel üretimi büyük bir trend ile artarak yükselmeye devam etmektedir. En büyük üretici ülkeler Almanya ve Fransa'dır. AB, 1990'lı yıllardan bu yana çeşitli politikalarla biyoyakıt üretimini ve kullanımını teşvik etmektedir. 1997 yılında yayımlanan Beyaz Belge Bildirisi ve 2000 yılında yayımlanan Yeşil Belge Bildirisinde yer alan biyoyakıt kullanımına ilişkin ifadeler 2003 yılında yayımlanan biyoyakıt direktifi ile şekillenerek biyoyakıt kullanımına hız kazandırılmıştır. 8 Mayıs 2003'te yayımlanan 2003/30/EC sayılı Motorlu Araçlarda Biyoyakıt Kullanımı ile ilgili AB Direktifi'nde, üye ülkelerin ulaştırma sektöründe, 2005 yılından başlayarak enerji içeriği % 2 olarak belirlenmiş ve her yıl % 0,75 artarak 2010 yılından bu yana % 5,75 oranında biyoyakıt (biyodizel, biyoetanol vb.) kullanımı zorunlu hale getirilmiştir

A.B.D. Tarım Bakanlığının (USDA) verilerine göre AB biyodizel üretimi artarak devam edecek ve birliğin biyodizel ithalatı azalacaktır. AB, 2012 yılında Güney Amerika ülkelerinden biyodizel ithalatını durdurmuş ve bunda AB'nin artık yenilenebilir hammadde kaynaklarından biyodizel üretimini durdurma kararı önemli rol oynamıştır (USDA, 2014).

AB, 7 Aralık 2005 tarihinde Biyokütle Hareket Planını (COM (2005)628), 8 Şubat 2006'da Biyoyakıt Strateji Raporu yürürlüğe koymuştur. AB'nin 2020 yılı biyoyakıt kullanım hedefi %10'dur. AB, geliştirdiği çeşitli teşvik mekanizmalarının (vergi muafiyeti, vergi indirimi, kullanım zorunluluğu) yanı sıra orta ve uzun vadede koyduğu hedefler ve bu hedeflere ulaşmak için oluşturduğu yol haritaları ile sektördeki gelişimi sağlamaktadır (DEKTMK, 2013).

Tablo 45'te Avrupa Birliği biyodizel verileri açıklanmaktadır. 2013 yılında gerçekleşen 10890 milyon litre biyodizel üretiminin 2015 yılına kadar sadece 11000

milyon litre olacağı, toplam tüketimin de benzer şekilde 12220 milyon litreden 12280 milyon litreye çıkarak sınırlı bir artış göstereceği tahmin edilmektedir. Toplam rafineri sayısı 2008-2013 yılları arasında 232'den 266'ya yükselmiştir ve 2015 yılına kadar yeni rafineri tesisi inşası planlanmamıştır. En yüksek 2008 yılında %53,1 olarak gerçekleşen kapasite kullanımı, 2013 yılında %41,8 olarak gerçekleşmiş ve 2015 yılına kadar büyük bir kapasite artışı beklenmemektedir.

Tablo 45: Avrupa Birliği Biyodizel Verileri

BİYODİZEL ÜRETİMİ (milyon litre)								
Yıl	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Başlangıç Stokları	0	1100	805	530	560	820	490	600
Üretim	9550	9860	10710	11040	10475	10890	10890	11000
İthalat	2020	2190	2400	3160	3290	1415	1740	1400
İhracat	70	75	115	100	115	415	230	230
Tüketim	10400	12270	13270	14070	13390	12220	12280	12280
Son Stoklar	1100	805	530	560	820	490	600	490
ÜRETİM KAPASİTESİ								
Rafineri Sayısı	232	240	252	266	265	266	266	266
Toplam Kapasite	17790	22600	23190	25020	26310	26030	26030	26030
Kapasite Kullanımı	53,1%	43,6%	46,2%	44,1	39,8	41,8	41,8	42,3
HAMMADDE (1000 MT)								
Kanola	6040	6300	6880	6550	6100	5600	5500	5500
Palm	600	550	500	650	900	1410	1500	1540
Atık bitkisel yağ	320	330	500	700	780	960	1000	1020
Soya	960	1000	1100	1000	700	880	900	930
Hayvansal Yağ	350	350	300	420	370	370	375	370
Ayçiçek	130	170	150	240	270	280	260	270

Kaynak: USDA, 2014

3.4.2. Brezilya

Brezilya Enerji Ajansının (ANP) öngörülerine göre 2014 yılında Brezilya toplam biyodizel üretimi tahmini 2946 milyar litre ile, 2013 yılında gerçekleşen 2877 milyar litreye göre %2'lik bir artış gösterecek. Brezilya'da halen biyodizel üretim miktarları hükümet tarafından düzenlenmekte ve yakıt katkısı olarak karıştırılan biyodizel miktarı %5 oranındadır. 2013 yılı itibariyle Brezilya'da biyodizel üretmeye

yetkili toplam 69 tesis vardır. Bu tesislerin yıllık üretim kapasitesi tahmini yıllık 8 milyar litredir ve bu miktar ülkenin %5 zorunlu yakıt katkısından kaynaklanan ihtiyacın 2,8 katıdır (USDA, 2013).

Sonuç olarak 2013 yılında Brezilya'nın %60 biyodizel üretim kapasitesi kullanılmamıştır. Brezilya'da 2012 yılıyla karşılaştırıldığında yükselen etanol fiyatlarının tersine biyodizelin fiyatı % 12,7 azalmıştır. Bu düşüş ülkedeki yüksek soya rekoltesi ve bitkisel yağlardaki küresel arzın artmasından kaynaklanmıştır (USDA, 2013).

Brezilya'da biyodizel üretiminde hayvansal yağlar, soya ve az miktarda pamuk kullanılmaktadır. Brezilya'da ulaştırma sektöründe 2010 yılından beri % 5 biyodizel katkılı yakıt kullanılması zorunludur. Sektör %10 kullanım zorunluluğunun getirilmesi yönünde beklenti içerisinde olsa da 2014 yılında % 7 zorunluluk uygulamasının başlayacağı yönünde yaygın bir görüş bulunmaktadır (DEKTMK, 2014).

Tablo 46'da Brezilya 2009-2013 yılları arasında biyodizel verileri açıklanmış ve 2014-2015 yılları için öngöründe bulunulmuştur. Brezilya biyodizel üretimi 2009-2013 yılları arasında %81 artmıştır ve bu artışın 2014-2015'te de devam etmesi beklenmektedir. Verilerden görülebileceği gibi Brezilya bu üretimin neredeyse tamamını iç pazarda tüketmektedir. 2009-2014 yılları arasında tesis sayısında büyük bir artış olmamış, ancak mevcut tesislerle toplam kapasite 8200 milyon litreye, toplam kapasite kullanımı %37'den %42'ye yükseltilerek yükseltilmiştir. 2015 yılında toplam kapasitenin 8300 milyon litre ve kapasite kullanımının %52,7 olacağı öngörülmektedir. Brezilya'da biyodizel hammaddesi olarak soya kullanılmaktadır ve diğer hammaddelerin payı toplam içerisinde çok küçüktür.

Tablo 46: Brezilya Biyodizel Verileri

BİYODİZEL ÜRETİMİ (milyon litre)							
Yıl	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Başlangıç Stokları	90	135	60	132	54	32	82
Üretim	1608	2386	2673	2717	2917	3500	4392
İthalat	4	9	18	0	0	0	0
İhracat	3	8	6	0	39	40	50
Tüketim	1565	2462	2613	2795	2900	3410	4340
Son Stoklar	135	60	132	54	32	82	84
ÜRETİM KAPASİTESİ							
Rafineri Sayısı	63	66	65	65	64	64	65
Toplam Kapasite	4350	5837	6742	7400	7900	8200	8300
Kapasite Kullanımı	37,0	40,9	39,6	36,7	36,9	42,7	52,9
HAMMADDE (1000 MT)							
Soya	5970	8897	8655	9453	9736	11473	14398
Pamuk	341	506	848	720	463	370	464
Hayvansal Yağ	226,742	336,492	401,994	434,266	575,832	789,622	990,863

Kaynak: USDA, 2013

3.4.3. A.B.D.

Biyodizel için kullanılan ASTM-6751 standardı, ülkede en çok yetişen soya yağına uygun olarak belirlenmiştir. %5 biyodizel harmanlanmış benzin (B5) ülke genelinde kullanılmakla birlikte, çiftçilere vergiden muaf, saf biyodizel boyanarak verilmektedir. ABD’de soyanın yanı sıra son yıllarda kanola üretimi de hem yağlık hem de biyodizel üretimi alanında artış göstermiştir. 2013 yılında sadece Washington’da kanola üretimi %67 artarak 25.000 hektar alanda üretim yapılmıştır. Oregon eyaletinde kanola üretiminde %78 artış beklenmektedir. Idaho’da 45.000 ilave alanda kanola üretimi yapılmıştır. Diğer yandan ABD’nin kuzey doğusunda kanola üretiminin % 6 azalarak 1.65 milyon hektar civarında olması beklenmektedir (DEKMTK, 2013).

3.4.4. Arjantin

Arjantin’de biyodizelin ana hammaddesi soyadır. Arjantin’in son 5 yılda soya üretimi 4,5 milyon tonu ihraç edilmek üzere ortalama 7 milyon ton olarak

gerçekleşmiş ve yerli soya üretiminin büyük çoğunluğu biyodizel üretimi için kullanılmıştır (USDA, 2013).

Arjantin’de biyoyakıtların zorunlu kullanımını düzenleyen kanun 2010 yılının başlarında yürürlüğe girdi. Halen biyodizelin diğer yakıtlarla zorunlu karışım oranı %10’dur. Arjantin’de, özellikle AB ülkelerine ihracatın artmasıyla 2007 yılından sonra biyodizel üretimine büyük yatırımlar yapıldı. Ancak, 2013 yılında AB ülkelerinin Arjantin’den ithal edilen biyodizele %24,6 oranında ek vergi koymasıyla , Arjantin’in biyodizel ihracatı neredeyse sıfıra indi. Arjantin hükümeti çok düşük kapasiteyle çalışan biyodizel endüstrisini canlandırmak için bir dizi önlem aldı. Bu önlemler, biyodizel ihraç vergilerinde indirim, resmi zorunlu fiyatta artış ve biyodizelin enerji olarak kullanımında alınan vergilerde indirimleri kapsamaktaydı (USDA, 2013).

Tablo 47’te Arjantin’in 2008-2013 yılları arasında biyodizel verileri açıklanmış ve 2014-2015 yılları için öngöründe bulunulmuştur. 830 milyon litre olan 2008 üretimi 2013 yılında 2260 milyon litreye yükselmiş, üretilen biyodizelin büyük bir bölümü başta AB üye ülkeleri olmak üzere ihraç edilmiştir.

Tablo 47: Arjantin Biyodizel Verileri

BİYODİZEL ÜRETİMİ (milyon litre)								
Yıl	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Başlangıç Stokları	10	40	75	25	25	75	29	29
Üretim	830	1360	2070	2760	2800	2260	2800	3100
İthalat	0	0	0	0	0	0	0	0
İhracat	780	1305	1545	1910	1770	1296	1700	1700
Tüketim	20	20	575	850	980	1010	1100	1450
Son Stoklar	40	75	25	25	75	29	29	21
ÜRETİM KAPASİTESİ								
Rafineri Sayısı	18	22	24	27	33	38	41	44
Toplam Kapasite	1500	2300	2800	3800	4200	4550	5150	5300
Kapasite Kullanımı	55,3	59,1	73,9	72,6	66,7	49,7	54,4	58,5
HAMMADDE (1000 MT)								
Soya	730	1200	1820	2430	2460	200	2460	2730

Kaynak: USDA, 2013

Rafineri sayısı 2008 yılında 18 iken 2013 yılında 38 olmuştur ve 2015 yılına kadar üretime geçmesi planlanan 10 biyodizel üretim tesisinin inşası sürmektedir. Toplam kapasite son 5 yılda 1500 milyon litreden, 4550 milyon litreye yükselmiş ve bu artışın 2014-2015 yıllarında devam edeceği öngörülmektedir. Arjantin’de biyodizel üretiminde soya kullanılmaktadır.

3.4.5. Türkiye

Türkiye Cumhuriyeti önümüzdeki yıllarda elektrik üretiminde yenilenebilir enerjilerin payını en az %30'lara çıkarmayı hedeflemektedir. Bu sebeple 2000’li yılların başlarından beri biyoyakıtlar teşvik edilmektedir. 2010 yılına kadar küçük ölçekli yüzden fazla biyodizel üretim tesisi bulunmaktaydı ancak bunların büyük çoğunluğu atıl durumdaydı. Şu anda işletme lisanslı 23 ve dağıtım lisansına sahip 15 firma bulunmaktadır. Bunun ötesinde Alternatif Enerji ve Biyodizel Üreticiler Birliği atık yağdan biyodizel üretmeye devam etmektedir. Türkiye’nin Kurulu biyodizel kapasitesinin 1,5 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir ancak 2009 yılı rakamıyla üretim sadece 7000 ton civarında kalmıştır. Dizel yakıtların yerli tohumdan üretilen biyodizelle karıştırılması halinde, karıştırılan miktar ÖTV’den muaf tutulmaktadır. EPDK ayrıca dizel yakıt ve biyodizel mecburi karışım oranlarını belirlemiştir (Boluk ve Koç, 2013).

14 Eylül 2013 verilerine göre EPDK’da kayıtlı 23 firma biyodizel üretim lisansına sahiptir. Ancak yerli tarım ürünlerinden aktif biyodizel üretimi yapan sadece bir firma (DB Tarrımsal Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş.) bulunmaktadır. EPDK sektör raporlarına göre 2011 yılında DB Tarım tarafından 11.646 ton biyodizel üretimi yapılmış ve dağıtıcı lisansı sahiplerine 10.136 ton satılmıştır. 2012 yılında, ülkemizde yine sadece DB Tarım tarafından 17.729 ton biyodizel üretimi yapılmış ve dağıtıcı lisansı sahiplerine 18.366 ton satılmıştır (DEKTMK, 2013).

Diğer yandan, EPDK’nın 27.09.2011 tarihli ve 28067 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan iki tebliği ile biyoyakıtların benzin ve motorin ile zorunlu olarak harmanlanması uygulaması başlatılmıştır. Buna göre; piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerine 01.01.2013 tarihinden itibaren yüzde 2, 01.01.2014 tarihinden

itibaren de en az yüzde 3 oranında yerli tarım ürünlerinden üretilmiş biyoetanol ilave edilmesi zorunlu kılınmıştır. Benzer şekilde, piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş biyodizel içeriğinin 01.01.2014 tarihi itibarıyla en az yüzde 1, 01.01.2015 tarihi itibarıyla en az yüzde 2, 01.01.2016 tarihi itibarıyla en az yüzde 3 olması zorunluluğu getirilmiştir (TC Resmi Gazete, 27.09.2011). EPDK tarafından belirlenen mecburi biyoyakıt karıştırma oranları Tablo 48’de gösterilmektedir.

Tablo 48: EPDK Tarafından Belirlenen Mecburi Biyoyakıt Karıştırma Oranları (%)

Biyoyakıt	2013	2014	2015	2016
Biodiesel	-	2	2	3
Bioetanol	2	3	3	3

Kaynak: EPDK, 2013.

3.5. BİYODİZELİN EKONOMİK ETKİSİ

Dünyada alternatif enerji kaynaklarında yaşanan olumlu gelişmelerle birlikte, son dönemde bu bağlamda değerlendirilen ve önemi artan yenilebilir enerji kaynaklarından birisi de biyokütle enerjisidir. Biyokütle, gelecekte sürdürülebilir ve düşük maliyetli bir enerji kaynağı sağlaması bakımından potansiyel bir öneme sahip olacaktır (Sabancı ve diğ, 2010)

3.5.1. Biyodizelin Ülke Ekonomisi ve İstihdama Etkisi

Biyodizel gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanımında kaynağın fiziksel özellikleri arazinin coğrafi ve toprak yapısı, ülke içindeki yasalar ve kurumsal yapı, kırsal kesimde yerel istihdam, işgücü maliyetleri ve yapılan yatırımların getirisi belirleyici faktörler olacaktır. Her ne kadar enerji açısından göreceli olarak biyoyakıtların katkısı bugün için düşük ölçekte gözükse de özellikle tarım ve kırsal kalkınma açısından önemleri daha büyüktür (Özertan, 2007). Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arayışı büyük bir hız kazanmıştır. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları sınıfında yer alan biyodizel, üretim bakımından büyük yatırımlar

gerektirmemektedir. Türkiye toplam arazisinin sadece % 33,1'i işlemektedir. İşlenmeyen arazi içinde tarıma uygun % 32'lük bir alan mevcuttur. Bu alanın enerji tarımında kullanılması tarım kesimine yön verecek, istihdam yaratacak ve ulusal gelir artacaktır (Yavuz ve Filiz,2012)

Geleceğin en önemli sektörleri arasında sayılan biyodizelin, üretim öncesi ve sonrasında olmak üzere farklı birçok yan sektöre etkisinden de söz etmek gerekmektedir. Yağlı tohumların üretimi ve pazara sunulmasında tarım sektörü, üretim yapılabilmesi için gerekli makine ve teçhizatın temini, tohumların yağlarının çıkarılması işlemi, biyodizel üretim aşaması, dağıtımı, pazarlanması ve taşınması gibi pek çok farklı sektörün birbirine bağlı bir şekilde çalışmasıyla geniş bir kesime istihdam sağlanabilecektir (Çetin ve Kuş, 2009).

Biyodizel üretimi için, bol ve ucuz bulunur hammaddelere (ikincil hammaddeler) ilgi giderek artmakta hatta, özel uygulamalar için özel tanımlı biyodizel standartlarından da söz edilmektedir. Başarılı motor biyoyakıtı uygulaması için gerekli olan, eşdeğer başarıdaki enerji tarımıdır. biyodizel üreticilerinin de, yağlı tohum bitkileri tarımının arttırılması yönünden desteklenmesi önemli olacaktır. Biyodizel üretimi için, kanola, soya ve aspir başta olmak üzere yağlı tohum bitkileri enerji tarımı yapılması ve atık bitkisel yağların değerlendirilmesi gerekmektedir (Karaosmanoğlu,2007)

Çiftçilerin yeni teknoloji için üretilecek ürünleri benimsemesi ve kabul etmesi ile birlikte biyoenerji amaçlı tarımsal üretimi artacaktır. Bunun sonucunda da yeni arazılar tarıma açılacak, tarım ürünlerinin talebinde artış görülecek, yetiştiricilerin yanı sıra dağıtım-nakliye ve işleme kanallarında çalışanlar ile birlikte yaratılan iş imkanları ve istihdam artacak, kırsal kalkınmaya destek olunacak ve bunlar da kırsal kesimde yaşam kalitesini arttıracaktır. Bu şekilde kente göçün de azalması mümkün olabilecektir (Özertan, 2007).

3.5.2. Biyodizelin Toprak Kullanımı ve İstihdama Etkisi

Şeker kamışından ticari olarak etanol üretilmesinden yaklaşık 10 yıl sonra 1980'lerin ortasında, gıda mahsulleri ve biyo yakıt üretimi için kullanılan tarımsal alanların birbirinden ayrılması ile ilgili araştırmalar yapılmaya başlandı. Sonraki 10

yılda biyo yakıtlara ilgi azalsa da, 1990'ların sonunda ve 2000'lerin başında sera gazı emisyonları ve iklim değışikliğı ile ilgili kaygılar biyoyakıtlara ilginin tekrar artmasına sebep oldu. Biyo yakıt üretimi arttıkça, hem biyo yakıt için tarımsal alan kullanımı ve bunun tarımsal ürün fiyatları üzerine etkisi hem de biyoyakıt üretimindeki bu artışın ormansızlaşmaya sebep olması ile bazı çalışmalar yapıldı (German ve diğ.,2010) Biyokütleden elde edilen biyoyakıtlar enerji, çevre ve iklim sorunlarına çözüm getirme amacıyla alternatif bir enerji kaynağı olarak gündeme yerleşmişlerdir. Ancak biyoyakıt üretimi sadece enerji ve çevre politikalarını ile değil, toprağın üretim amaçlı işlenmesinden dolayı tarım ve kırsal kalkınma politikaları ile de yakından ilişkilidir (Özertan,2007).

Biyoyakıtlarla ilgili kaygılardan bazıları ;dolaylı toprak kullanımındaki değışikliğin hammadde yetiştirilirken biyokütlerde depolanan karbonun açığa çıkması, yiyecek hammaddesi için kullanılan alanları almaları nadasa bırakılmış toprakların verimliliğini kötü yönde etkileyecek olmasıydı (McKinnon, 2011).

Bununla birlikte, biyoyakıtların artmasının doğrudan ya da dolaylı olarak toprak kullanımındaki değışikliğe kesin katkısını değerlendirmek zordur. Yetersiz veri ormansızlaşma ve toprak kullanımı ile biyo yakıt üretiminin artışı arasında doğrudan bağlantı kurmayı zorlaştırmaktadır. Bunun ötesinde soya ve şeker pancarı gibi ürünlerin çok çeşitli kullanım alanları vardır. Bu ürünler biyo yakıt hammaddesi olarak kullanılabilirdiği gibi, gıda ya da hayvan yemi olarak da tüketilebilirler. Bu üretilen hammaddenin ne kadarının biyo yakıt üretiminde ne kadarının diğer amaçlarla kullanıldığını belirlemeyi zorlaştırmaktadır (Madhavan, 2010). Çalışmalar göstermektedir ki şeker pancarının biyo yakıtlarda kullanılma amacıyla üretilmesi, şeker fiyatlarında bir yükselmeye sebep olmamıştır. Bu tür olaylar aynı zamanda gıda fiyatları üzerinde etkisi olan çeşitli küresel faktörlere, kurdaki dalgalanmalara, yakıt fiyatlarına, kuraklığa ve daha bir çok etkene bağlıdır ve sadece biyoyakıtlara bağlanamaz (Gao, 2011).

3.6. LİTERATÜR TARAMASI

3.6.1. Biyodizel Özellikleri ve Üretimi Literatür Taraması

Biyodizelin özellikleri ve üretimi ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma yapılmıştır. Almeida ve diğerleri (2002), ham palmiye yağını 100 C değerine kadar ısıtarak, MWM 229 doğal emişli maksimum gücü 70 kw 4 zamanlı bir jeneratör üzerinde yakıt olarak test etmişlerdir. Düşük elektrik yüklerinde özgül yakıt harcamasının % 10'a varan oranda yüksek çıkmasına karşılık ideal yüklerde dizel yakıt ile palmiye yağı arasında sadece % 1 oranında farklılık gözlemlenmektedir. Ancak özellikle CO emisyonunda yüksek bir artış görülmektedir

Kalligeros ve diğerleri (2003), yaptıkları çalışmada; ayçiçeği yağı metil esteri, zeytin yağı metil esteri ve dizel yakıtını ele alarak, her bir bitkisel yağ metil esterinin MDO ile %10, %20 ve %50 karışımlarını, maksimum gücü 3.8 kW, sıkıştırma oranı 19/1, tek silindirli bir dizel motorda test ederek, yakıt tüketiminde %10'lara varan artışlar olduğunu belirtmişlerdir. Buna karşılık MDO kullanıldığında tüm biyodizel karışımları için NOx ve parçacık emisyonları dahil tüm sera gazlarında azalma tespit etmişler ve bunun MDO içerisindeki yüksek sülfür oranından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Karaosmanoğlu ve Çetinkaya (2005), çalışmalarında tek silindir 4 LD 640 maksimum güç 10,5 kw – 10 KvA 4 zamanlı bir motorda atık yağdan elde edilen biyodizel ve karışımları test ederek moment, güç ve özgül yakıt harcamaları bulmuştur. B20 ve B100 uygulamalarında üretilen elektriksel güç olarak % 1 farklılık oluşmuştur. Özgül yakıt harcamadaki artış dizel yakıtla kıyasla B20 için %4 ve B100 için % 10 olarak gerçekleşmiştir.

Lin ve diğerleri (2006) çalışmalarında palmiye yağından elde ettikleri saf biyodizeli, dizel yakıtla karıştırarak bir dizel jeneratörün yakıt harcamı, enerji verimliliği ile açığa çıkan aromatik hidro karbon ve parçacık emisyonlarını ölçmüşlerdir. Biyodizel ve dizel yakıt karıştırılarak P0 (Dizel yakıt), P10 (10% palmiye biyodizel+ 90% P0), P20, P30, P50, P75 ve P100 olarak 7 ayrı karışım hazırlanmıştır. Deneysel çalışma sonucunda P10, P20, P30, P50, P75 ve P100 biyodizel karışımları için sırasıyla 13.2%, 28.0%, 40.6%, 54.4%, 61.89% ve 98.8%

aromatik hidro karbon emisyonlarında azalma görülmüştür. Özgül yakıt harcamı ise en verimli değerine P10 ve P20 karışımları arasında ulaşmış, daha yüksek oranlı karışımlarda özgül yakıt harcamı da artmıştır.

Eliçin ve Erdoğan (2007) , tek silindirli, 5,5 kW gücünde, doğrudan püskürtmeli, hava soğutmalı Lombardini LDA 450 model Diesel bir motor kullandıkları araştırmada fındık yağı etil ve metil esterlerinden biyodizel elde edilmiş ve daha sonra ayrı ayrı her bir karışım için emisyon ve motor denemeleri yapmışlardır. Fındık yağı etil esterini ile fındık yağı metil esterini arasında herhangi bir değişim görülmezken (1750 d/d'de 20,601 Nm), bu ester yakıtların dizel yakıtından ise yaklaşık %5 daha az bir momente sahip olduğu saptanmıştır. Çalışma sonucunda fındık yağı etil esterinin, dizel yakıtından %11, fındık yağı metil esterinin ise dizel yakıtından %6 daha fazla saatlik yakıt tüketimine sahip olduğu belirlenmiştir. Fındık yağı alkil esterlerinin özgül yakıt tüketimleri çok fazla değişim göstermemekle birlikte, farklı devirlerde dizel yakıtına oranla fındık yağı metil esterini ortalama %12, fındık yağı etil esterini ise yaklaşık %14 daha yüksek özgül yakıt tüketimlerine sahip oldukları belirlenmiştir.

Alpgiray ve Gürhan (2007), çalışmalarında da transesterifikasyon ile kanola yağı metil esterinin tek silindirli direkt püskürtmeli, 5,5 kW anma gücünde 4 zamanlı bir dizel motorun performansına ve emisyon karakteristiklerine etkileri araştırmışlardır. Kanola yağı metil ester yakıtının CO₂, CO ve O₂ değerleri de belirlenmiştir. Yapılan motor denemeleri sonucunda, kanola yağı metil esterinin tam gaz konumunda güç, moment, saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketim değerleri devir sayısının fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Kanola yağı metil esterini, 2750 d/d'de 4,5197 kW güç geliştirirken, referans yakıt olan dizel yakıtı ise aynı devirde 4,8022 kW güç geliştirmektedir. Kanola yağı metil esterinin özgül yakıt tüketimi fazla bir değişim göstermemekte ancak dizel yakıtına oranla yaklaşık % 12 oranında daha yüksek bir değere ulaştığı gözlenmiştir. metil ester yakıtın azotoksit değerleri dizel yakıtından daha yüksek CO₂ ve CO değerleri daha düşük çıkmaktadır. Lin ve diğ., atık yemeklik yağlardan transesterifikasyonla üretilen biyodizel, biyodizel/dizel karışımları ve saf dizel kullanarak yanma karakteristiklerini incelemişlerdir. Sonuçlar incelendiğinde %20 biyodizel katkılı yakıt en düşük CO emisyonunu verirken, en yüksek CO₂ (karbondioksit) emisyonunu vermiştir. Yine

%50 biyodizel katkılı yakıt kullanıldığı durumda tüm motor hızlarında yüksek CO₂ emisyonu görülmüştür. Biyodizel ve biyodizel katkılı yakıtlarda beklenildiği gibi daha yüksek NO_x emisyonu görülmüştür. SO₂ (kükürtdioksit) emisyonları sadece motor hızının artmasıyla değil, yakıttaki dizel oranın artışıyla da artış göstermiştir. Biyodizel ve biyodizel katkılı yakıtlar kullanıldığında partikül emisyonları da dizel yakıtına göre yüksek çıkmıştır. Tüm sonuçlar göz önüne alındığında %20 ve %50 biyodizel katkıları optimum yakıt karışımları olarak belirlenmiştir.

Murillo ve diğerleri (2007), 3 silindir maksimum gücü 18 kw deniz tipi bir motor üzerinde, atık yemeklik yağlardan elde ettikleri biyodizeli yakıt olarak kullanarak özgül yakıt harcaması ve emisyon deneyleri gerçekleştirmişleridir. Deneyler 4 ayrı hızda (100, 91, 80 ve 63) ve bu devre karşılık gelen 4 yükte (% 25, % 50, % 75, %100) farklı biyodizel karışımları için denenmiştir. Deneylerde B0, B10, B30, B50 ve B100 biyodizel karışımları kullanılmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgular B30 karışımının CO ve NO_x oranlarının, dizel yakıtına en yakın karışım olduğu sonucunu göstermektedir. Özgül yakıt sarfiyatı karışımın biyodizel oranı arttıkça yükselmektedir. B100 yakıtının özgül yakıt harcaması, dizel yakıt harcamasından % 11,4 fazla olarak gerçekleşmiştir.

Öztürk ve Bilen (2009), kanola yağı metil esteri, motorin ve bu iki yakıt karışımının, bir dizel motorda yakıt olarak kullanılmasının motor performansına etkisini incelemiştir. Test için Steyr marka 4 silindir maksimum gücü 46 kW (2600 d/d'da) 4zamanlı bir motor kullanılmıştır. Deneylerde; %100 kanola yağı metil esteri, %50 kanola yağı metil esteri + %50 dizel yakıtı karışımı ve %100 dizel yakıtı kullanılmıştır. Bütün deneyler TSE 1231 Motorlu Taşıtlar-Muayene ve Deney Esasları'na göre yapılmıştır. Değişik yüklerde ve devir sayılarında yapılan deneylerde; moment, güç ve saatlik yakıt tüketimi değerleri ölçülmüştür. Dizel yakıtına göre, karışım yakıtının ürettiği güç ortalama %3, kanola yağı metil esterinin ürettiği güç ise ortalama %5 daha düşüktür. Kanola yağı metil esterinin saatlik yakıt tüketim değerlerinin, dizel yakıtı değerlerine göre ortalama %12, karışım yakıtı kullanıldığında ise saatlik yakıt tüketim değerlerinin, dizel yakıtı saatlik yakıt tüketim değerlerine göre ortalama %8 oranında yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Özcanlı (2009), hint yağı ve atık tavuk yağı biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanarak, motor performans ve egzoz emisyon çalışmaları gerçekleştirmiştir.

Karışımlarla yapılan deneylerde özgül yakıt harcamı içeriğindeki biyodizel miktarıyla bağıntılı olarak en çok % 10,68 oranında yükselmiştir. CO ve CO₂ B50 karışımla maksimum % 16,92 ve %17,2 oranında düşmüş, buna karşılık NO_x emisyonu %43,16 oranında yükselmiştir. Atık tavuk yağı ile yapılan çalışmada özgül yakıt harcamında dizel yakıtına göre B10 için %1,41, B25 için % 3,08, B50 % 4,93 artış görülmüştür. CO ve CO₂ oranlarındaki düşüş 56,42 ve 30,43, NO_x oranındaki artış % 33,76 olarak gerçekleşmiştir.

Ghobadian ve diğerleri (2009), atık bitkisel yağlardan üretilen biyodizelin, dizel motor performans ve emisyonuna etkisinin yapay sinir ağlarıyla analizleri üzerinde çalışmışlardır. Atık yağlardan üretilen biyodizelin dizel motordaki tork, güç, egzoz emisyonları değerlerinin tespiti bir yapay sinir ağıyla sağlanmıştır. Test motoru olarak 2 silindirli ve 4 zamanlı bir dizel motoru kullanılmıştır. Değişik motor hızlarında ve tam yük şartlarında, atık yağlardan elde edilen biyodizel ve dizel yakıtı ile karışımları test edilmiştir. Yapay sinir ağıyla elde edilen veriler gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Özgül yakıt harcamında B10, B20, B30, B40 ve B50 karışımlar için sırasıyla % 4.0, % 0.8, % 0.6, % -2.2 ve % 1.4 artış gözlemlenmiştir. HC ve CO emisyonlarında karışımdaki biyodizel miktarıyla doğru orantılı olarak azalma görülmüştür.

Gümüş ve Kaşifoğlu (2010), kayısı çekirdeğinin yağından elde ettikleri biyodizeli dizel yakıtı ile farklı oranlarda karıştırarak dizel motorunda test etmişleridir. Test motoru olarak tek silindirli Lombardini 6 LD 400 motorunu kullanmışlardır. B5, B20, B50, B100 ve dizel yakıtları motor performans ve emisyon testlerine tabi tutulmuştur. Yapılan deneyler sonucunda B5 ve B20 yakıtlarının dizel yakıtından daha iyi güç değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşın B50 ve B100 yakıtların kullanılmasıyla motor gücünde azalma eğilimi gözlenmiştir. Kullanılan biyodizel oranı arttıkça emisyon değerlerinde iyileşmeler saptanmıştır. Ancak NO_x değerlerinde sınırlı artışlar meydana gelmiştir. Motor performans ve emisyon testleri sonucunda kayısı çekirdeğinden üretilen biyodizelin, dizel motorda herhangi bir modifikasyonu gerek duyulmadan kullanılabileceği belirlenmiştir.

Demirci ve diğerleri (2011), biyodizel yakıtı, dizel yakıtıyla hacimsel olarak %5, %20, %50 ve %100 oranlarında karıştırmışlar ve tek silindirli Lombardini 6 LD 400 maksimum gücü 10 kW (4000 d/d) bir dizel motorda, NO_x, CO, CH ve is

emisyonlarını test etmişlerdir. Araştırmanın bulgularına göre NO_x emisyonu karışım içindeki biyodizel miktarı ile doğru orantılı olarak artarken, CO ve HC emisyonlarında azalma gözlemlenmiştir. Biyodizelin oksijen içeriğinin dizele göre %11 fazla olması yanma sonu sıcaklıklarını arttırarak NO_x emisyonun yükselmesine, aynı sebepten daha iyi tam yanma sağladığı için CO ve CH emisyonlarının azalmasına yol açmaktadır.

Aydın ve diğ. (2011), aspir yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretmişlerdir. Üretilen biyodizel, dizel yakıtı ile hacimsel olarak %5 (B5), %20 (B20) ve %50 (B50) karıştırılmıştır. Motor performansı ve egzoz emisyon testleri tüm yakıtlarda tek silindirli bir dizel motorda yapılmıştır. Ortalama performans değerlerine bakıldığında dizel yakıtının değerlerine göre B5, B20 ve B50 yakıtlarında sırasıyla %2,2 , %6,3 , %11,2 oranında azalmıştır. Özgül yakıt tüketimi değerleri ise dizel yakıtının değerlerine göre B5, B20 ve B50 yakıtlarında sırasıyla %2,8 , %3,9 ve %7,8 oranında artış olduğu tespit edilmiştir. Egzoz emisyonu değerlerine bakıldığında dizel yakıtına göre biyodizel karışimli yakıtlarda karbon monoksit (CO) ve partikül madde (PM) değerlerinde azalma, azot oksit (NO_x) ve hidrokarbon (HC) değerlerinde ise artma görmüşlerdir. Sonuç olarak aspir yağından elde edilen biyodizelin, motor performansı ve egzoz emisyonları bakımından petrol esaslı dizel yakıtına göre motorda hiçbir değişiklik yapmadan kullanılabileceğini görmüşlerdir.

Shirnesan ve diğ. atık yemeklik yağdan karşılıklı esterleşme metoduyla biyodizel elde ederek, 4 silindir 4 zamanlı maksimum çıkış gücü 46 kw bir motor üzerinde farklı oranlarda biyodizel karışımlarının özgül yakıt harcamalarını test etmişlerdir. Özgül yakıt harcamı, biyodizelin alt ısı değerinden dolayı artan karışım oranlarıyla doğru orantılı yükselmektedir. Sonuçlar farklı yüklerde saf biyodizelin No:2 dizele göre %18 ile %24 arasında değişen oranlarda yükseldiğini göstermiştir. Özgül yakıt harcamı, %25 yükte tam yüke göre tüm karışımlarda %15 daha fazla artmıştır.

Şahin (2013), keten tohumundan vidalı pres yardımıyla keten tohumu ham yağı elde etmiş ve bu yağdan elde edilen biyodizel (B100) ve B2, B5, B20, B50 oranlarında motorinle karıştırılmıştır. Minimum özgül yakıt tüketimi en düşük değer, motorin ile 1000 1/min'de yaklaşık 231.36 g/kWh iken, B100 yakıtı ile 1200

1/min'de yaklaşık 296.73 g/kWh olarak ölçülmüştür. Maksimum güç değerlerine bakıldığında, en yüksek değer motorin ile 2100 1/min'de yaklaşık 10.96 kW iken, B100 yakıtı ile 2000 1/min'de yaklaşık 10.23 kW'dır.

Acharya ve diğ., kabuk ve boru tip bir ısı değiştirici kullandıkları deneysel çalışmalarında kusum ve karanja yağlarının viskozitesini ön ısıtma prosesi ile azaltmaya çalışmışlardır. Bu deneylerde motor ısı verimi, özgül yakıt tüketimi, CO, CO₂, HC ve NO_x gibi egzoz emisyonları ölçülmüştür. Ön ısıtmaya tabi tutulmuş kusum ve karanja yağlarının performans değerleri mineral dizele oldukça yakın bulunmuştur. Çıkan değerlerin dizelden bir miktar aşağıda olması biyoyakıtların her ikisinin de ısı verimlerinin düşük olmasıyla açıklanmıştır. Bu biyoyakıtlar kendi aralarında değerlendirildiğinde ise karanja yağının kusum yağına göre tüm başlıklarda daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Tablo 49'da Biyodizel Özellikleri ve Üretim Literatür Taraması gösterilmektedir.

Tablo 49: Biyodizel Özellikleri ve Üretim Literatür Taraması

Yıl	Yazar	Dergi	Yayın Adı	Konu	Sonuç
2002	Almeida ve diğ.	Fuel 81 (2002) 2097–2102	Performance of a generator fuelled with palm oil	Ham palmye yağı ile çalıştırılan jeneratörde özgül yakıt harcamı ve emisyon deneyleri gerçekleştirildi.	Yüksek özgül yakıt harcamı ve CO emisyonunda belirgin yükseliş gözlemlendi.
2003	S. Kalligeros ve diğ.	Biomass and Bioenergy 24 (2003) 141 – 149	An investigation of using biodiesel/marine diesel blends on the performance of a stationary diesel engine	Ayçiçeği yağı metil esteri ve zeytin yağı metil esterinin, MDO karışımları ile güç ve emisyon testleri gerçekleştirildi.	Tüm emisyonlarda azalma görülürken, yakıt harcamında % 10'a varan artış kaydedildi.
2005	Karaosman oğlu F. , Çetinkaya M.	Energy & Fuels 2005, 19, 645-652	A new application area for used cooking oils originated biodiesel : generators	4 zamanlı bir motorda atık yağdan elde edilen biyodizel ve karışımları test edilerek moment, güç ve özgül yakıt harcamaları bulundu.	B20 ve B100 uygulamalarında üretilen elektriksel güç olarak % 1 farklılık oluşmuştur. Özgül yakıt harcamadaki artış dizel yakıtla kıyasla B20 için %4 ve B100 için % 10 olarak gerçekleşti.

Tablo 49. Devam

Yıl	Yazar	Dergi	Yayın Adı	Konu	Sonuç
2006	Lin ve diğ.	Atmospheric Environment 40 (2006) 3930–3940	PAH emissions and energy efficiency of palm-biodiesel blends fueled on diesel generator	Palmiye yağından elde edilen saf biyodizel, dizel yakıtla karıştırılarak bir dizel jeneratörün yakıt harcamı, enerji verimliliği ile açığa çıkan aromatik hidro karbon ve parçacık emisyonları ölçüldü.	HC emisyonlarında karışım içerisindeki biyodizel oranı arttıkça azalma görülmüş. Özgül yakıt harcamı en düşük B10 ve B20 karışımlar için gerçekleşti.
2007	Eliçin A. Erdoğan D.	Tarım Bilimleri dergisi, 13 (2) 137-146	Fındık Yağı Metil ve Etil Esteri ile Dizel Yakıtı Karışımlarının Küçük Güçlü Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi	fındık yağı etil ve metil esterleri tek silindirli bir motorda yakıt olarak kullanılarak emisyon ve motor denemeleri yapıldı.	Esterlerin özgül yakıt harcamında dizele oranla %12-14 artış kaydedildi.
2007	Alpgiray B. Gürhan R.	TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ , 13 (3) 231-239	Kanola Yağının Dizel Motorunun Performansına ve Emisyon Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi	Kanola yağı metil esterinin 4 zamanlı bir dizel motorun performansına ve emisyon karakteristiklerine etkileri araştırıldı.	Kanola yağı metil esterinin azotoksit değerleri dizel yakıtından daha yüksek CO2 ve CO değerleri daha düşük olarak gözlemlenmiş. özgül yakıt harcamı dizele oranla %12 artış kaydedildi.
2007	Lin ve diğ.	Fuel 86 (2007) 1772–1780	Combustion characteristics of waste-oil produced biodiesel/diesel fuel blends	Atık yemeklik yağlardan transesterifikasyonla üretilen biyodizel, biyodizel/dizel karışımları ve saf dizel kullanılarak yanma incelendi.	%20 ve %50 biyodizel katkıları optimum yakıt karışımları olarak belirlendi.
2007	Murillo ve diğ.	Fuel 86 (2007) 1765–1771	Performance and exhaust emissions in the use of biodiesel in outboard diesel engines	3 silindir deniz tipi bir motor üzerinde, atık yemeklik yağlardan elde edilen biyodizel yakıt olarak kullanılarak özgül yakıt harcamı ve emisyon deneyleri gerçekleştirildi.	B30 karışımın CO ve NOx oranlarının dizel yakıtına en yakın karışım olduğu. Özgül yakıt sarfiyatı biyodizel oranı arttıkça yükselmekte.

Tablo 49. Devam

Yıl	Yazar	Dergi	Yayın Adı	Konu	Sonuç
2009	Öztürk G. Bilen K.	Int.J.Eng.R esearch & Developm ent,Vol.1,N o.1,Jan.	Kanola Yağı Metil Esteri ve Karışımlarının Dizel Motoru Performansına Etkisinin Deneysel İncelenmesi	Kanola yağı metil ester, motorin ve bu iki yakıt karışımının, bir dizel motorda yakıt olarak kullanılması motor performansına etkisini incelendi.	Dizel yakıtına göre, karışım yakıtının ürettiği güç %3, kanola yağı metil esterinin ürettiği güç ise %5 daha düşük, saatlik yakıt harcamı % 8 ve % 12 daha fazladır.
2009	Özcanlı M.	Doktora Tezi	Development of biodiesel production processes and additives for improvement of diesel performance and emissions	Hint yağı ve atık tavuk yağı biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanarak , motor performans ve egzoz emisyon deneyleri yapıldı.	Tüm yakıt ve karışımlarda CO ve CO2 emisyonlarının azaldığı, NOx emisyonları arttığı gözlemlenmiş. Özgül yakıt harcamı biyodizel miktarıyla bağıntılı olarak en çok % 10,68 oranında yükseldi.
2009	B. Ghobadian	Renewable Energy 34 (2009) 976–982	Diesel engine performance and exhaust emission analysis using waste cooking biodiesel fuel with an artificial neural network	Atık bitkisel yağlardan üretilen biyodizelin, dizel motor performans ve emisyonuna etkisinin yapay sinir ağlarıyla analizi yapıldı.	Özgül yakıt harcamında artış, CO ve HC emisyonlarında azalma görüldü.
2009	Basha ve diğ.	Renewable and Sustainable Energy Reviews	A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance	Biyodizel üretim, performans ve emisyonlarla ilgili yapılan çalışmaların gözden geçirilmesi.	
2010	M. Gumus ,S. Kasifoglu	Biomass and bioenergy 34 (2010) 134–139	Performance and emission evaluation of a compression ignition engine using a biodiesel (apricot seed kernel oil methyl ester) and its blends with diesel fuel	kayısı çekirdeğinin yağından elde edilen biyodizel dizel yakıtı ile farklı oranlarda karıştırarak dizel motorunda performans ve emisyon testlerine tabi tutuldu	B50 ve B100 yakıtların kullanılmasıyla motor gücünde azalma eğilimi gözlenmiştir. Biyodizel oranı arttıkça emisyon değerlerinde iyileşmeler oldu. NOx değerlerinde sınırlı artış oldu.

Tablo 49. Devam

Yıl	Yazar	Dergi	Yayın Adı	Konu	Sonuç
2011	Aydın S. ve diğ.	Fuel Processing Technology, 92, 356–362	Biodiesel From Safflower Oil And Its Application In A Diesel Engine	Aspir yağından transesterifikasyon yöntemi ile üretilen biyodizel dizel yakıtı ile hacimsel olarak %5, %20 ve %50 karıştırılmış, motor performansı ve egzoz emisyon testleri uygulanmıştır	Emisyon değerlerinde maksimum %7,8 artış. CO ve parçacık emisyonlarında azalma ve NOx emisyonunda artma görülmüş
2011	Demirci A. ve diğ.	6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11),	Sıkıştırma ile Ateşlemeli Bir Motorda Biyodizel Dizel Karışımlarının Egzoz Emisyonlarına Etkisi	Biyodizel yakıtı, dizel yakıtıyla karıştırarak NOx, CO, CH ve is emisyonları test edilmiş	Biyodizelin oksijen içeriğinin dizele göre %11 fazla olması yanma sonucu sıcaklıklarını arttırarak NOx emisyonunun yükselmesine , aynı sebepten daha iyi tam yanma sağladığı için CO ve CH emisyonlarının azalmasına yol açtığı sonucuna ulaşılmış
2013	Shirneshan A. ve diğ.	World of sciences journal	Brake Specific Fuel Consumption of Diesel Engine by Using Biodiesel from Waste Cooking Oil	atık yemeklik yağdan karşılıklı esterleşme metoduyla elde edilen biyodizel	Özgül yakıt tüketimi No:2 dizele göre %18 - %24 artmış.
2013	ŞAHİN S.	Yüksek Lisans Tezi	Keten Yağı Biyodizelinin ve Motorinle Karışımlarının Motor Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması	Keten tohumundan vidalı pres yardımıyla keten tohumu ham yağı elde edilmiş ve bu yağdan elde edilen biyodizel (B100) ve B2, B5, B20, B50 oranlarında motorinle karıştırılmıştır.	Minimum özgül yakıt tüketimi en düşük değer, motorin ile 1000 1/min'de yaklaşık 231.36 g/kWh iken, B100 yakıtı ile 1200 1/min'de yaklaşık 296.73 g/kWh olarak ölçülmüştür.

Tablo 50’de biyodizel özellikleri ve maliyetleri literatür taraması gösterilmiştir. Buna göre 9 frekans sayısı ile en fazla tekrar edilen değişkenler; “Biyodizel egzoz emisyonları”, “Sox emisyonu”, “Nox emisyonu”, “Karbon emisyonu” ve “Yakıt performansı” olmuştur. 7 frekansa sahip değişkenler, “Özgül yakıt harcamasının etkileri”, “Çevresel faktörler”, “Güç ve tork” olmuştur. 6 frekansa sahip tek değişken “Tarımsal alanların biyodizel için ayrılması”dır. Bunun yanında literatür taraması sonucunda çıkan 1 frekansa sahip değişkenler olan; “Standart dışı biyodizel üretiminin önlenmesi”, “Yağlı tohum üreticilerine prim desteği verilmesi”, “A.B. ithal biyodizel için sertifikasyon harçları”, “Yerel vergi uygulamalarının biyodizel fiyatlarına etkisi”, “Biyodizelin Enerji ithalatçısı ülkelerin yükünü azaltması”, “Üretim teknolojilerinin fiyata etkisi”, “Kırsal bölgelerde kalkınmaya katkısı”, “Türkiye’de biyodizel politikasındaki belirsizlikler”, “Üretimde ölçek ekonomisi”, “Lojistik”, “Hammadde yetersizliği”, “Üretim altyapısı”, “Biyodizel üretiminde enerji kullanımı”, “Biyodizel üretiminin çevresel etkileri”, “Biyodizel üretiminde Su kaynaklarının kullanımı”, “Erezyon”, “Farkındalık”, “Tüketici alışkanlıkları”, “Azot arıtma sistemleri” araştırmalarda ifade edilmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

GEMİ MAKİNELERİ İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ: ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI İÇİN KARŞILAŞTIRMALI MALİYET ANALİZİ

Bu bölümde, gemi makinelerinde alternatif enerjilerin kullanılabilirliğini sorgulamak için karşılaştırmalı bir maliyet analizi gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Sonrasında ulaşılabilecek sonuçlardan faydalanarak yapılacak keşifsel araştırmalarla sürecin değişkenlerinin nitel olarak saptanması ve bu değişkenlerin uygulamadaki rolünün tanımlayıcı araştırmalarla nicel olarak karşılaştırmalı analizi gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda; araştırma konusu, amacı ve modeli, araştırmada kullanılan nitel ve nicel yöntemler, araştırmanın örnekleme, veri toplama aracı, verilerin toplanması, analizi ve bulgular sırasıyla incelenecektir.

4.1. ARAŞTIRMANIN KONUSU

Son yıllarda deniz ulaştırmasında fosil kaynaklı yakıtların kullanımına yönelik bir çok sınırlamalar getirilmiştir. Çevresel kaygılar sebebiyle kabul edilen ulusal ve uluslar arası düzenlemeler, daha temiz ve doğayı daha az kirleten yakıtların kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Yeni düzenlemelere uygun deniz yakıtları daha yüksek maliyetlere yol açmakta ve bazı teknik sorunları da beraberinde getirmektedir. Açıklanan koşullar gemi işletmecilerinin bugüne kadar gemi makinelerinde kullanılan petrol türevi yakıtlara alternatif yakıtlar aramalarına sebep olmuştur. Bu çalışmada biyodizelin deniz yakıtı olarak kullanılabilirliği araştırılarak, gemi işletmecileri için en önemli seçim kriteri olan maliyet anlamında, dizel yakıtlarla rekabet edip edemeyeceği analiz edilecektir. Bu amaçla 2002-2013 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak petrol türevi dizel yakıt ve biyodizel yakıt kullanıldığında oluşacak maliyetler karşılaştırılarak, açıklanan iki seçenek için 2014-2023 yılları arasındaki maliyetlerin öngörülmesi yapılacaktır. Analiz sonucu elde edilen bulgular ve uzman görüşleri alınarak oluşturulan değişkenler yardımıyla başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler hakkında algılarının belirlenmesi araştırmanın temel konusunu oluşturmaktadır.

4.2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE KAPSAMI

Bu çalışmada biyodizelin, gemi işletmecileri için en önemli seçim kriteri olan maliyet anlamında, dizel yakıtlarla karşılaştırmalı olarak analiz edilmesi ve deniz yakıtı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması hedeflenmiştir.

Elde edilen bulgular ve uzman görüşleri alınarak oluşturulan değişkenler yardımıyla başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen faktörler hakkında algılarının ölçülmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın temel amacı yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenlere ilişkin önem değerlerinin saptanmasıdır. Belirlenen alt amaçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Keşifsel Nitelikli Araştırmalar;

- Biyodizelin özelliklerine ilişkin değişkenlerin yazın taraması ile tespit edilmesi,
- Biyodizelin tercih edilmesinde operasyonel etkilere ilişkin değişkenlerin yazın taraması ile tespit edilmesi,
- Biyodizelin tercih edilmesinde mevzuatın etkilerine ilişkin değişkenlerin yazın taraması ile tespit edilmesi,
- Biyodizelin tercih edilmesinde ekonomik etkilere ilişkin değişkenlerin yazın taraması ile tespit edilmesi
- Biyodizele ilişkin karşılaştırmalı maliyet analizlerinin yapılması,
- Yazın taramasından elde edilen etkenlerin içerik analizlerinin yapılması,
- Keşifsel nitelikli araştırmalar sonucu elde edilen bulgular ve uzman görüşleri yardımıyla içerik analizlerinin yapılması.

Tanımlayıcı Nitelikli Araştırmalar;

- Keşifsel ve nitel araştırmalar sonucu belirlenen değişkenlerine ilişkin uygulayıcıların algılarının bir saha araştırması ile ölçülmesi ve bulguların karşılaştırmalı analizlerinin yapılması.

4.3. ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ

4.3.1. Araştırmanın Modeli ve Süreçleri

Keşifsel ve tanımlayıcı nitelikteki nitel ve nicel araştırmalar sonucu belirlenen değişkenler ile yapılmış olan analiz ve uygulamalar araştırmanın kavramsal modelinde sunulmuştur. Araştırmanın aşamaları ve süreçleri ise Tablo 51 ve Şekil 22’de ayrıntılı olarak ifade edilmiştir.

İlgili modelin oluşturulmasında keşifsel ve tanımlayıcı olmak üzere karma amaçlı araştırmalar ve nitel ve nicel araştırma yöntemleri kullanılmıştır. Söz konusu karma metot temel olarak yazın taraması, nitel araştırma ve nicel araştırmadan oluşmaktadır.

Çalışmanın başlangıcında araştırma problemini doğru tanımlayabilmek için keşifsel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın ön çalışma kısmı olan yazın taraması ile yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenlerin tespiti gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın devamında, 2002-2013 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak petrol türevi dizel yakıt ve biyodizel yakıt kullanıldığında oluşacak maliyetler karşılaştırılarak, açıklanan iki seçenek için 2014-2023 yılları arasındaki maliyetlerin öngörümlemesi yapılmıştır. Daha sonra nitel araştırma kapsamında katılımcılardan uzman görüşü alınarak, yazın taramasından elde edilen değişkenler test edilmiştir. Araştırma bu aşama itibarıyla keşifsel bir nitelik taşımaktadır.

4.3.2. Araştırmanın Hipotezleri

İçerik analizi ve uzman görüşlerinin alınması sonrası ulaşılabilecek olan değişkenlere ilişkin uygulamadaki algı farklılıklarının karşılaştırmalı olarak analizi için aşağıda belirtilen **4 ana hipotez** belirlenmiştir.

H₁: Başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algıları görevlerine göre farklılık göstermektedir.

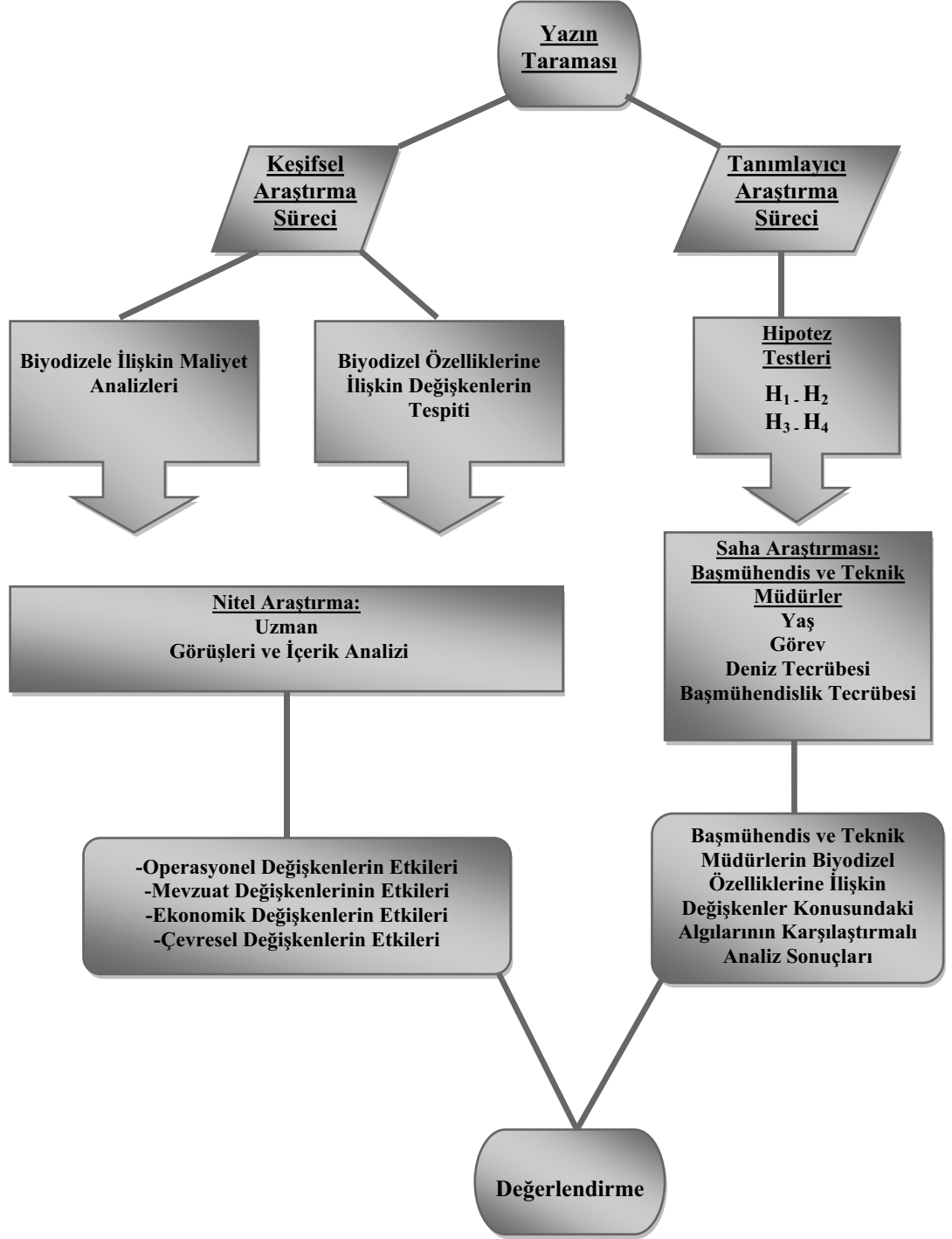
H₂: Başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algıları yaşlarına göre farklılık göstermektedir.

H₃: Başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algıları toplam deniz tecrübelerine göre farklılık göstermektedir.

H₄: Başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algıları toplam başmühendislik sürelerine göre farklılık göstermektedir.

Daha sonra keşifsel arama sürecinde elde edilen bulgular doğrultusunda düzenlenen veri formu kullanılarak araştırmaya katılan başmühendislerin 4 ana hipotez için yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algılarının karşılaştırmalı analizleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 22 : Araştırmanın Kavramsal Modeli



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur

Tablo 51 : Araştırma Aşamalarının Amaçları, Yöntemleri, Veri Analizleri ve Örneklemeleri

Araştırma Amaçları	Araştırma Yöntemleri	Veri Analizleri	Örneklem
Biyodizelin özelliklerini etkileyen etkenlerin tespiti	Yazın Taraması	Biyodizelin özellikleri ile ilgili ulusal ve uluslararası literatür incelenerek nitel ve nicel araştırmalarda kullanılacak değişkenlerin tespit edilmesi.	Biyodizelin özellikleri ile ilgili makale, kitap, kitap bölümü, bildiri, rapor vb. bilimsel yayınlar.
Bulguları keşifsel nitel araştırmada kullanılmak üzere biyodizel maliyet analizi yapılması ve yazın taramasından elde edilen değişkenlerin analizi	İçerik Analizi (Nitel Araştırma)	Biyodizel yakıt ve dizel yakıtın karşılaştırmalı maliyet analizi	2002-2013 yılları arasında Türk Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker tipi gemileri
Keşifsel saha araştırmasında kullanılmak üzere gemi yardımcı makinelerinde biyodizelin tercih edilmesini etkileyen değişkenlerin uzman görüşleri doğrultusunda test edilmesi	Uzman Görüş Formu (Nitel Araştırma)	Uzman görüşlerinin analizleri ve frekans dağılım hesaplamaları.	Literatürde biyodizel ile ilgili çalışmaları bulunan akademisyenler; akademik alandan, kamu ve özel sektörden deniz yakıtları ve çevresel etkileri konusunda uzman kişiler
Tanımlayıcı Saha Araştırması	Saha Araştırması (Nitel Araştırma)	Spss 18.0 kullanılarak, tanımlayıcı analizler (frekans dağılımları, ortalama ve standart sapma, t-testi).	Başmühendisler

4.3.3. Keşifsel Araştırma: Maliyet Analizleri

4.3.3.1. Maliyet Analizleri Araştırmasının Amacı

Araştırmanın amacı, 2002-2013 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinde yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak kullanılan petrol türevi dizel yakıtı toplam maliyetini ve açıklanan koşullar altında alternatif yakıt olarak biyodizelin kullanılması halinde oluşacak maliyetleri hesaplamak ve her iki maliyet için 2014-2023 yılları arasında oluşacak maliyetlerin öngörülmesinde bulunmaktır.

4.3.3.2. Literatür Taraması

Literatürde regresyon yöntemi kullanarak gelecekteki enerji ve yakıt talebini öngörümleyen bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda GSYİH, nüfus, ihracat ve ithalat bir çok kez bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları ve hangi değişkenlerin kullanıldığı Tablo 52’de gösterilmiştir.

Tablo 52: Regresyon Yöntemi Kullanarak Gelecekteki Enerji ve Yakıt Talebini Öngörülme Çalışmaların Literatür Taraması

YAZAR	GSYİH	NÜFUS	İHRACAT
Kankal ve diğ., 2011	x	x	x
Bianco ve diğ., 2009	x	x	
Mohamed ve Bodgeri, 2005	x	x	
Saravanan ve diğ., 2012	x	x	x
Kavaklıoğlu, 2011	x	x	x
Ghanbari ve diğ., 2009	x	x	
Nayan, 2013	x	x	
Bobinaite	x		
Golshan ve diğ., 2013	x	x	
Adamu, 2014	x	x	
Zhou, 2014	x	x	
Geem, 2011	x	x	
Lee ve diğ., 2005	x		x
Atalay, 2014		x	
Mazraati, 2011	x		

Kaynak : Yazar

Mazraati (2011) dünya deniz ticaret filosunun yakıt talebini öngörebilmek için GSYİH (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla), gemi tonajı, makine gücü ve sefer mesafesi değişkenlerini kullanmıştır. Atalay (2014) , çalışmasında Türkiye'deki geçmiş dönem mazot, benzin ve LPG tüketimlerinin Türkiye ulaştırma sektörüne etkilerini ve gelecekteki talebi etkileyecek değişkenleri tanımlayıp analiz etmiştir. Bu amaca ulaşmak için doğrusal regresyon kullanarak 6 farklı modelden yararlanılmış, nüfus , yakıt fiyatları, araç stok kullanım oranları, değişkenleri kullanılmıştır.

Kankal ve diğerleri (2011) çalışmalarında, Türkiye'deki enerji tüketiminin gelecek yansımalarını, sosyo-ekonomik ve demografik değişkenleri temel alan (gayrisafi yurtiçi hasıla, nüfus, ithalat-ihracat ve istihdam) regresyon analizi yöntemi kullanarak öngörmüşlerdir. 1980-2014 yılları arasında Türkiye'deki enerji tüketimi, gayrisafi yurtiçi hasıla, nüfus, ihracat değişkenleri referans alınarak, farklı senaryolar dahilinde incelenmiştir. Buna göre Türkiye'deki gelecek enerji tüketimi 2014 yılı için; 117,0 ile 175,4 MTOE arasında olacaktır.

Bianco ve diğerleri (2009) çalışmalarında ekonomik ve demografik değişkenlerin İtalya'daki elektrik tüketimi üzerine etkisini uzun vadede, tüketim tahmini modellemesini ortaya koymak ve genişletmek amacıyla araştırma yapmışlardır. Çalışmanın ilk bölümünde; 1970 ve 2007 yılları arasındaki hane içi ve hane dışı elektrik tüketimi tahmin çalışmasında kişi başına düşen milli gelir, fiyat, gayri safi milli hasıla gibi değişkenler kullanılmıştır.

Mohammed ve Bodger (2005) çalışmalarında Yeni Zelanda'da seçilmiş ekonomik ve demografik değişkenlerin yıllık elektrik tüketimi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada 1965-1999 yılları arasında Yeni Zelanda nüfusu ve ortalama elektrik fiyat değişkenleri kullanılmıştır. Modelleme olarak, çoklu doğrusal regresyon analizi kullanılmış olup, tüm değişkenlerin elektrik tüketimi üzerinde anlamlı nedensellik ilişkisi içinde olduğu sonucu çıkmıştır,

Saravatan ve diğerleri (2012) Hindistan'daki elektrik tüketiminin 2012'den 2030'a kadar gelecek 19 yıllık periyoda tahmini üzerine çalışılması amaçlanmıştır. 11 farklı değişken kullanılmış olup (karbondioksit emisyon miktarı, nüfus, kişi başı GSYH, kişi başı milli gelir, gayrisafi tasarruflar, sanayi, tüketici fiyat endeksi, toptan fiyat endeksi, ithalat, ihracat ve kişi başı enerji sarfiyatı) bu değişkenlerin sonuç olarak Hindistan'daki enerji tüketimi ile korelasyon içinde olduğu bulgulanmıştır.

Kavaklıoğlu (2011) çalışmasında; Türkiye’deki elektrik tüketimini tahmin etmek için destek vektör regresyon modeli, ile sosyo ekonomik değişkenler (nüfus, gayri safi milli hasıla, ithalat ihracat) kullanılmıştır. Modelde 1975 -2000 yılları arasındaki veriler ışığında 2026 yılına kadar elektrik tüketimi tahmin edilmiştir,

Ghanbari ve diğerleri (2009), İran’ın yıllık enerji tüketimini tahmin etmek amacıyla, doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon yaklaşımları için, reel GSYİH ve nüfus değişkenlerini kullanan bir model tercih etmişlerdir.

Nayan (20013), seçili 23 ülke ve 12 yıllık (2000-2011) periyotta “uni-directional” nedensellik ilişkisini kanıtlamak adına, enerji tüketimi ve GSYİH arasında çalışma yapmıştır, Buna göre GSYİH önemli ölçüde elektrik tüketimini etkileyen bir değişken olduğu bulgulanmıştır. Değişkenler olarak sırasıyla, enerji fiyatı ve yatırımları, enerji tüketim ve gelirleri kullanılmıştır,

Golshan ve diğ. (2013), çalışmalarında ulaştırma yakıt talebini tahmin etmek için, 1976-1999 yılları arasındaki geçmiş verilerden yararlanmış olup, GSMH, nüfus ve toplam araç sayısı gibi sosyo-ekonomik ve ulaştırma ile ilişkili değişkenler kullanılmıştır.

Adamu (2014), çalışmasında OECD üyesi ve OECD üyesi olmayan ülkelerdeki enerji tüketimini tahminlemiştir. OECD ülkelerindeki artan tüketim nedenleri arasındaki 3 büyük indikatör irdelenmiştir, bu ilişkiyi saptamak için , nüfus ve GSMH değişkenleri ile çalışılmış, regresyon modeli çerçevesinde değişkenlerin ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

Zhou (2014), çalışmasında, Çin enerji talebini tahmin etmek için çoklu modelleri (BPNN-TES, GM ve Doğrusal Regresyon) karşılaştırma yoluna gitmiştir. Bu karşılaştırmalarda kullandığı değişkenler, GSYİH, sabit yatırımlar, enerji yenileme kapasitesi ve nüfus büyüklüğüdür. Sonuç olarak; GM modeli, doğrusal regresyon ve BPNN tahmin modellerinin, diğer modellerden daha yüksek oranlı doğruluk payına sahip olduğu saptanmıştır,

Geem (2011), araştırmasında regresyon modeli kullanarak Güney Kore enerji talebinin Güney Kore ulaştırma enerji arzına etkilerini incelemiştir. Bu modelde, GSMH, nüfus, petrol fiyatları, kayıtlı araçlı ve yolcu sayısı değişkenleri kullanılmıştır. Sonuç olarak Güney Kore enerji talebinin GSYİH ile aynı oranda

artmasına rağmen 2025 yılında 37 MTOE olması artış oranının görece yüksek olmadığını göstermektedir.

4.3.3.3. Öngörümleme Yöntemleri

Öngörümleme sonuçları henüz gözlemlenmemiş olaylar hakkında ifadeler üretme süreci olarak tanımlanabilir. Ticari ya da işletimsel olayların gelecek durumlarını tahminleyen bir yöntem ya da tekniktir. Öngörüler hem kısa vadeli hem de uzun vadeli kararlarda önemlidir. İş dünyası, teknolojik, ekonomik, talep gibi birçok alanda öngörümleme yönteminden faydalanmaktadır (Gahirwal, 2013). Henry Fayol öngörümlemeyi, kısa ya da uzun vadeli olayların açıklandığı, belirsizliklerin azaldığı bir gelecek resmi olarak tanımlar. Öngörümleme bir değişkenin belirli bir tarih için tahminlenmesi olarak da tanımlanabilir (Moyer, 2012).

Öngörümleme bugünün iş dünyasının önemli unsurlarından birisidir. Ekonomistlerin finansal döngüleri tahmin ve kontrol etme isteği 1920'li yıllara kadar dayanır. Henüz bu yıllarda ekonomistler ekonometrik analizleri tanımlamaya, bazı modelleme ve girdi-çıkı analizleri geliştirmeye başlamışlardı. 1970 yılında Box ve Jenkins kendi isimleri ile anılan yeni bir zaman serisi modeli geliştirdiler (Agarwal, 1986).

Her ne kadar karar verme durumuna bağlı olarak, seçilen öngörü tekniği değişmekte ise de tüm öngörülerde ortak olan bazı unsurları belirlemek mümkündür. Bunlar şöyle sıralanabilir (Akmüt ve diğ., 1999) :

1. Bütün karar verme durumları gelecekle ilgilidir ve dolayısıyla işin içinde zaman faktörü bulunmaktadır. Her öngörü zaman boyutundaki belirli bir nokta için yapılmaktadır. Bu noktadaki değişiklik, genellikle yapılan öngörüye etkilemektedir.

2. Öngörü durumlarında daima ortaya çıkan bir unsur belirsizliktir. Eğer belli bir zamandaki şartlar işletme yönetimi tarafından biliniyorsa öngörü yapmak çok kolaydır. Aslında, yönetimin karşısına çıkan bütün durumlar belirsizlik içermekte ve bunlarla ilgili öngörüler yapabilmek için de bilgi toplanması gerekmektedir.

3. Öngörüler geçmişteki verilerden çıkarılacak bilgiye dayanır. Veriler gerçekleşmiş rakamlar veya değerlerdir. Bu verilerin içinde saklı bilgi miktarı bu verilerin karar vermeye ne kadar ilgili olduğunun bir göstergesidir

Finansal öngörü, başarılı bir şekilde uygulandığında finansal piyasalar için gelecekteki belirsizliği azaltmaya yönelik önemli bir araçtır. Uzun dönemli yatırım kararlarında geleceğe ilişkin isabetli öngörüler, uygun yatırım kararlarının alınabilmesi açısından gerekmektedir (Akar, 2007).

Öngörümleme yöntemleri iki ana sınıflandırmaya ayrılır (Akar, 2007) :

1. Niteliksel Öngörümleme Yöntemleri
2. Niceliksel Öngörümleme Yöntemleri

4.3.3.3.1. Niteliksel Öngörümleme Yöntemleri

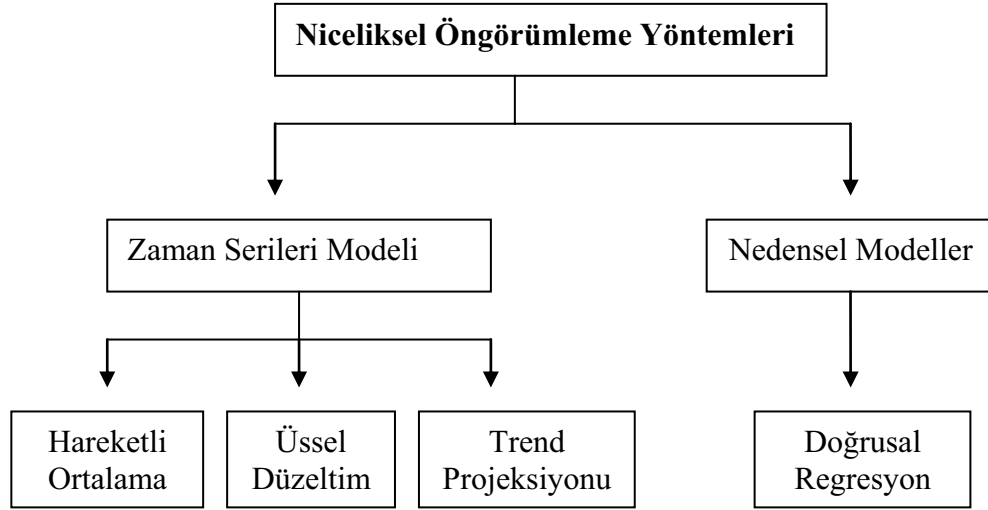
Bu yöntem tüketicilerin ve uzmanların yargı ve görüşlerine dayandırılan öznel bir yöntemdir. Geçmiş verilere ulaşılabilmesi durumunda kullanılmaya daha uygundur. Genellikle orta ve uzun vadeli karar verme süreçlerinde kullanılır. Niteliksel öngörümleme yöntemlerine örnek olarak delfi yöntemi, pazar araştırmaları ya da geçmiş yaşam eğrilerinin benzeşimi gösterilebilir (Ezeliora ve diğ., 2014).

Niteliksel öngörümleme yöntemleri subjektif yöntemlerdir ama öngörü sürecinde yönetici görüşlerinin kullanılabilmesi ve sonrasında matematiksel tekniklerin de olaya dahil edilebilmesi yöntemin avantajlarından. Bu yöntemin öngörü sürecinde aşırı belirsizlik durumlarında, ya da yöneticinin kendisini elindeki verileri değerlendirebilecek bilgi ve tecrübe düzeyinde hissettiği durumlarda kullanılması uygun olacaktır (Akmüt ve diğ., 1999).

4.3.3.3.2. Niceliksel Öngörümleme Yöntemleri

Niceliksel öngörümleme modelleri geçmiş verinin bir fonksiyonu olarak gelecek veriyi öngörüler ve geçmiş veri bulunabildiğinde kullanılmaya uygundur. Bu yöntemler genellikle kısa ya da orta vadeli kararlar için uygulanır. Niceliksel öngörümleme modellerine örnek olarak zaman serileri ve nedensel modeller gösterilebilir (Ezeliora ve diğ., 2014). Şekil 23’de niceliksel öngörümleme yöntemlerine ait sınıflandırılma gösterilmektedir

Şekil 23 : Niceliksel Öngörümleme Yöntemlerinin Sınıflandırılması



Kaynak : Akmut ve diğ., 1999

4.3.3.3. Zaman Serileri

Zaman serisi analizinde ilgilenilen asıl konu, zaman boyunca ölçülen değişkenin hangi veri üretme süreciyle oluşturulduğudur. Değişken zaman boyunca farklı yapılarda karşımıza çıkabilecek bir trend boyunca sürekli azalıp artabilir; değişken kendi veya başka değişkenlerin geçmiş değerleri ile bağlantılı bir şekilde oluşmuş olabilir ve hatta hiç bir değişkenden etkilenmeden belirli bir ortalama civarında rassal olarak salınabilir (Satman, 2010).

T zamanında bir zaman serisinden elde edilen uygun sayıda gözlem, onun belirli bir $t+1$ zamanındaki değerini öngörümlemekte kullanılabilir ve elde edilen veri (1) ekonomik ve ticari planlama (2) üretim planlaması (3) envanter ve üretim kontrolü (4) endüstriyel süreçlerin optimizasyonu ve kontrolü için kullanılabilir (Box ve Jenkins, 2013).

Bir zaman serisinin bileşenleri (Öztaş, 2012);

- Trend (T)
- Mevsimsel etki (S)
- Konjonktürel etki (C)
- Rassal hata (E)

olmak üzere 4 grupta incelenmektedir. Bu bileşenler,

- Trend (Genel Eğilim) bileşeni; Zaman serilerinde zaman zaman sapmalar olmasına rağmen, uzun süreli gözlemlerde ana eğilim sabit kalabilir. Bir zaman serisinin uzun dönemde gösterdiği eğilime “trend” veya “uzun dönem eğilimi” adı verilir. Trend doğrusal olabileceği gibi zaman zaman eğrisel de olabilir ancak artma veya azalma göstermeyip aşağı yukarı sabit kalan zaman serilerinin trendi yoktur (Serper, 2010).

Zaman serilerinin uzun sürede gösterdiği düşme ve yükselme süreçlerinden sonra oluşan kararlı durumdur. Zaman serileri uzun dönem açısından kararlı alçalma ya da yükselme şeklinde bir eğilime sahiptir (Newbold, 2000).

- Mevsim Bileşeni; Zaman serilerinde mevsimlere göre değişmeyi ifade eder. Zaman serileri açısından kullanılan verilerin kimi dönemleri diğer dönemlere göre farklılık gösterir (Newbold, 2000). Genellikle doğal ve sosyo-ekonomik sebeplerden meydana gelirler. Mevsimlik değişimler hem “döngüsel” hem de “periyodik”tir. Mevsimlik dalgalanmada birbirini izleyen iki nokta arasındaki fark “dalga şiddeti” olarak isimlendirilir ve dalga uzunluğu hep 12 aydır (Serper, 2010).

- Konjonktürel Bileşen; Bir trend doğrusu veya eğrisinin etrafında, bir yıldan uzun, fakat değişik sürelerle tekrarlanan dalgalanmalara “konjonktürel dalgalanma”adı verilir. Konjonktürel dalgalanmalarda mevsimsel dalgalanmalar gibi döngüseldir ancak periyodik değildir. Bu dalgalanmalar genellikle 5-15 yılda bir gerçekleşmektedir (Serper,2010). Ekonomide, mevsimsel değişmeler ile ilgili olmayan dönemsel değişmelerdir. Örneğin, ekonomide genel eğilimden bağımsız kısa süreli genişleme ya da daralma durumu çevrimsel süreci tarif eder (Newbold, 2000).

- Düzensiz Bileşen; Geçici olarak meydana gelen rassal nedenlere “düzensiz bileşenler” olarak isimlendirilir. Düzensiz bileşenler, afetler gibi doğal sebeplerden ya da savaş, grev gibi siyasal karışıklıklardan dolayı ortaya çıkabilir, ya da sebebi tümüyle sosyo-ekonomik olabilir. Diğer unsurlar gibi belirli olmayan, hata terimi ile ifade edilebilecek değişmelerdir (Newbold, 2000).

Bu bileşenler t sürecinde gözlenen bir değişkenin zaman serisi modelini tanımlamada kullanılır. Söz konusu tanımlamalar iki türdür (Aydın, 1997: Saraçoğlu, 1990:1);

$$Y_1 = T.C.S.E \quad \text{Çarpımsal Model}$$

$$Y_1 = T + C + S + E \quad \text{Toplamsal Model}$$

Zaman serileri bu faktörlerden birini ya da birkaçını içerebilir ve bir seride bu bileşenlerden birinin etkisi, bir diğerrinin içinde kendisini gösterebilir. Zaman serisi üzerinde gerçekçi bir analiz yapmak ve ileriye dönük doğru tahminlerde bulunmak için, serilerin bu etkilerden arındırılması gerekir (Aydın, 1997).

4.3.3.3.4. Regresyon Analizi

Regresyon analizi, en az iki değişken arasındaki etki ilişkisinin incelendiği istatistiksel analiz yöntemidir. İki değişken arasındaki ilişkinin var olduğu, biri üzerinde yapılan değişikliklerin (bağımsız değişken), diğeri (bağımlı değişken) üzerinde değişmelere sebep olduğu durumlarda kullanılan ve bu etkini tanımlanmasını amaçlayan analiz türüdür. Regresyon, bağımlı ve bağımsız değişken kavramlarının kullanıldığı bir analizdir. Çünkü bu analiz ile bir değişken bir diğerrinin fonksiyonu olarak açıklanabilir. Regresyon analizinin aşağıdaki gibi gösterimi mümkündür (Sezgin ve Çelik, 2013).

$$y = \alpha \beta_0 + \beta_1 x + u$$

Veriler arasındaki ilişkiyi tanımlayan en uygun modelin bulunmasını sağlayan istatistiksel tekniğe regresyon analizi adı verilir. Basit regresyon analizi bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi açıklar. Eğer bağımlı değişken ile birden fazla bağımsız değişken arasında doğrusal veya eğrisel bir ilişki varsa bu ilişki çoklu regresyon analizi ile incelenir (Işık, 2006).

Tek değişkenli regresyon bir bağımlı değişkenin tek bir bağımsız değişkendeki değişimlerle açıklandığı regresyon analizidir. Tek bir X ve tek bir Y değişkeni bulunur. Bağımsız değişkendeki değişimlerin ne ölçüde bağımlı değişkeni etkilediği belirtilmeye çalışılır (Kip ve İşyar, 1976). Basit doğrusal regresyon analizi, bağımlı değişken (Y) ile bir bağımsız değişken (X) arasındaki ilişkinin doğrusal fonksiyonla ifade edilmesidir (Okur, 2009).

$$y_i = \alpha + \beta x_i$$

eşitliği basit doğrusal regresyon eşitliği olarak izah edilir. α doğrusal fonksiyonun sabiti β ise, doğrusal fonksiyonun eğimidir. X ile Y değerlerinin dağılımını gösteren serpilme diyagramlarında doğrusal bir eğim gözüküyorsa, X'in Y'e göre fonksiyonun doğrusal olduğuna karar verilir.

Bu teknik kullanımında önemli nokta, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri açıklama oranının yüksek olması gerekmektedir. Birçok bağımsız değişkenden oluşan bir çoklu regresyon modeli tahmin ettiğimizi varsayalım bu değişkenlerden biri, kayıp gözlemler içeren X olsun. Böyle bir modelde tahmin edilen tüm X gözlemleri diğer bağımsız değişkenler kullanılarak tahmin edilmiştir. Bu yöntemde tahmin edilen regresyon modeli, kayıp gözlemleri tahmin etmede bir araç olarak kullanılmaktadır. Veriler tamamen rassal olarak kayıp varsayımını sağladığında ve atamalar kayıp gözlem içermeyen diğer bağımsız değişkenlere bağlı olduğunda en küçük kareler katsayıları tutarlıdır yani büyük örneklemelerde bu işlem neredeyse yansız sonuç verir (Sezgin ve Çelik, 2013).

Regresyon analizinin genel varsayımlarından birincisi normal dağılım varsayımdır. Bu varsayım, verilerin normal olarak dağıldığı ve örnek büyüklüğünün 30'dan büyük olması mevcudiyetini belirtir. Noksanlıkların birbirinden bağımsız olması bir diğer varsayımdır. Bağımsız değişkenlerin alt setlerine ait varyansların birbirine eşit olduğu varsayılır.

4.3.3.3.5. En küçük kareler (E.K.K.) yöntemi

En küçük kareler yöntemi, birbirine bağlı olarak değişen iki fiziksel büyüklük arasındaki matematiksel bağlantıyı, mümkün olduğunca gerçeğe uygun bir denklem olarak yazmak için kullanılan, standart bir regresyon yöntemidir. Bir başka deyişle bu yöntem, ölçüm sonucu elde edilmiş veri noktalarına "mümkün olduğu kadar yakın" geçecek bir fonksiyon eğrisi bulmaya yarar (Akçam ve Paşaoğlu, 2011).

Bu yöntem ilk olarak 1795'te Carl Friedrich Gauss tarafından geliştirilmiştir. Gauss 1801 yılında bu yöntemi kullanarak, keşfinden kısa süre sonra kaybedilen Ceres asteroidinin tekrar gözlemlenebileceği pozisyonu hesaplayabilmiş, bu başarısıyla büyük üne kavuşmuştur. Gauss bu yöntemi ilk olarak 1809'da yayımlamıştır. 1806'da Fransız matematikçi Adrien-Marie Legendre ve 1808'de

Amerikalı matematikçi Robert Adrain, Gauss'tan bağımsız olarak bu yöntemi geliştirip kullanmışlardır (Yıldırım,2011).

En küçük kareler (E.K.K.) yöntemi, parametrik basit doğrusal regresyon analiz modellerinde parametre tahminlerinde kullanılır. Regresyon analiz modeli, ilgilenilen problemle ilgili örnek olarak alınmış gözlem değerleri kullanılarak hesaplanılmaktadır. Kurduğumuz analiz modelindeki değerler yöntemlerden elde edilen tahmini değerlerdir. Tahmin edilmeye çalışılan sonuç değişkeni (Y) ve sebep değişkeni (X) ile izah edilir. (E.K.K.) yönteminde kullanılan regresyon modeli eşitlikteki gibidir (Okur, 2009)

$$y_i = \alpha + \beta x_i$$

α = X değerinin sıfır olduğu durumda Y' nin alacağı değer

β = X değeri 1 birim arttığı zaman Y değişkeninin kendi birimi

4.3.3.4. Maliyet Analizleri Araştırmasının Modeli

Çalışmada iki ayrı regresyon modeli oluşturulmuştur. Birinci modelde 2002-2013 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak petrol türevi dizel yakıt kullanıldığında oluşan maliyetler bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Belirlenen bağımlı değişken ile (Maliyet₁) regresyon yöntemi kullanılarak GSYİH (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla), nüfus, ihracat, ve zaman bağımsız değişkenleri ile aralarındaki ilişkinin anlamlılığı araştırılmıştır.

İkinci modelde 2002-2013 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak petrol türevi biyodizel yakıt kullanıldığında oluşan maliyetler bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Belirlenen bağımlı değişken ile (Maliyet₂) regresyon yöntemi kullanılarak GSYİH, nüfus, ihracat, ithalat ve zaman bağımsız değişkenleri ile arasındaki ilişkinin anlamlılığı test edilmiştir. Modellerin analizinde STATA 11 yazılım programı kullanılmıştır. Her iki model için de matematiksel denklem aşağıda açıklanmıştır.

$$1. \text{Maliyet}_1 = \alpha + \beta_1(\text{GSYİH}) + \beta_2(\text{Nüfus}) + \beta_3(\text{İhracat}) + \varepsilon$$

$$2. \text{Maliyet}_2 = \alpha + \beta_1(\text{GSYİH}) + \beta_2(\text{Nüfus}) + \beta_3(\text{İhracat}) + \varepsilon$$

4.3.3.4.1. Bağımlı Değişkenler

Araştırmanın bağımlı değişkenleri Tablo 53'te verilmektedir.

Tablo 53: Bağımlı Değişkenler Tablosu

BAĞIMLI DEĞİŞKENLER
Maliyet ₁ : 2002-2013 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak petrol türevi dizel yakıt kullanıldığında oluşan yakıt maliyetleri
Maliyet ₂ : 2002-2013 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak biyodizel yakıt kullanıldığında oluşan yakıt maliyetleri

Maliyet₁, 2002-2013 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak petrol türevi dizel yakıt kullanıldığında harcanan toplam yakıt miktarının, dizel yakıt fiyatı ile çarpılması sonucu bulunmuştur. Yakıt miktarının hesaplanması için IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü) Sera Gazları II (2009) çalışmasında kullanılan model seçilmiş ve modelin yalnızca yardımcı dizel makinelerin yakıt harcam hesabı ile ilgili kısmı kullanılmıştır. Hesaplamalarda özgül yakıt harcamı referans alınan çalışmanın kullandığı aralığa uygun olarak 220 g/kW.h kabul edilmiştir. Yıllık hesaplanan yakıt miktarları yıl içerisinde harcanan yakıtın dörde bölünmesiyle çeyrek yıllara eşit olarak dağıtılmıştır. Dizel yakıt fiyat verileri için, ilgili internet sitesinden (BW, 2014) sağlanan 2002-2013 yılları Rotterdam limanı günlük yakıt verilerinden faydalanılmıştır. Veriler, yıllar içerisindeki 1 Mart-1 Haziran-1 Eylül ve 1 Aralık tarihlerindeki fiyatları kullanılarak her yıl için dört çeyrek olarak düzenlenmiştir.

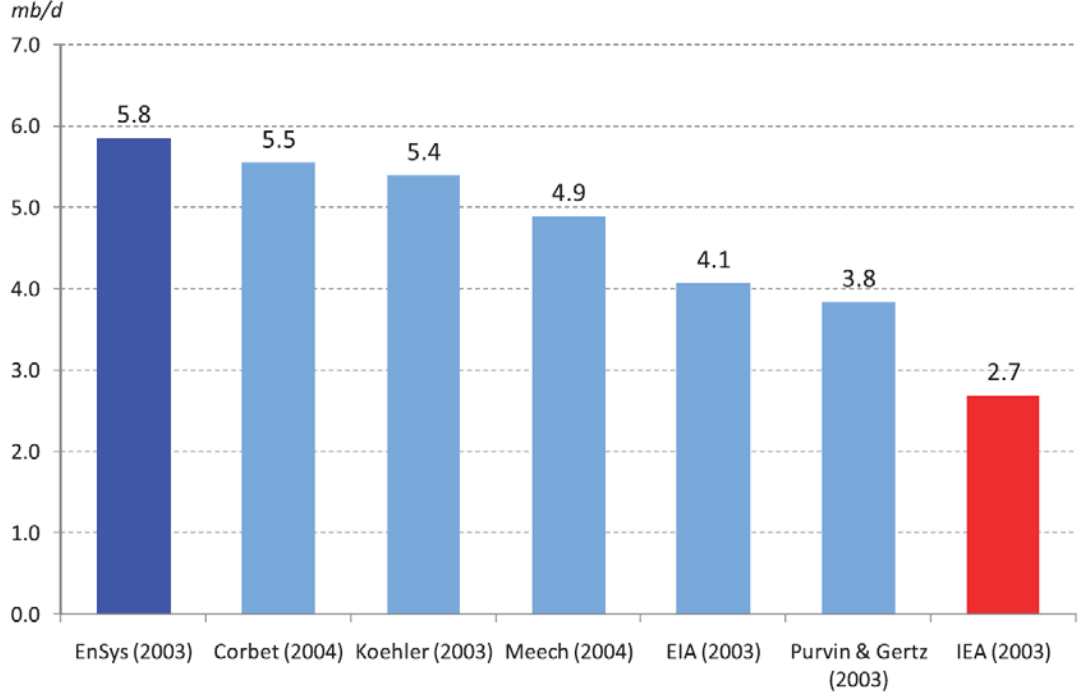
Veri setinin oluşturulmasını takiben analiz yöntemleri araştırıldığında literatürde farklı yaklaşımlar yer almaktadır. Ticaret küresel bir olgudur ve ticari gemiler dünya üzerinde yüzlerce limanda yakıt ikmali yapabilir. Gemi sayısı, makine yakıt harcamı, sefer mesafesi, vb. bilgiler bir araya toplanarak, yıllar içerisinde tüketilen deniz yakıtı miktarı öngörülebilir. Literatürde, bir çok kez deniz yakıt

miktarları alternatif faaliyete dayalı tahmin yöntemi ile gösterilmiştir. Araştırmacılar bu yöntemi küresel ve bölgesel deniz yakıtları talebinde sıklıkla kullanmışlardır (EnSys, 2009; Purvin ve Gertz, 2009). Bu yöntem sınıflarına göre gemiler, makine çalışma saatleri ile ilgili teknik ayrıntılar, taşınan yük, bekleme saatleri gibi bir çok bilgiyi barındıran bir veri bankasına ihtiyaç duyar. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) sahip olduğu küresel deniz yakıtı tüketim verileri ile zaman serileri yöntemi kullanarak deniz yakıt talep tahmini gerçekleştirmiştir (Mazraati, 2009)

Corbett (2003), topladığı verilerle hem deniz yakıtı hem de emisyon tahminlemesi gerçekleştirmiştir. Araştırmanın verileri, Lloyd Deniz Bilgi Sistemine kayıtlı 100 GT üzeri uzak yol gemilerin bilgileri ile MAN B&W firması tarafından sağlanan teknik makine verilerinden oluşmaktaydı ve toplam 116280 ana makine ile donatılmış 86660 gemiyi kapsamaktaydı. Mazraati (2011) OPEC tarafından sağlanan verileri kendi ekonometrik modelinde kullanarak küresel deniz yakıt talep miktarını tahminlemiştir.

EnSys Danışmanlık Firması (2009), EPA (A.B.D. Çevre Koruma Ajansı) için hazırladığı raporda ekonometrik modelleme kullanarak Corbett ile benzer şekilde faaliyete dayalı yakıt tahmininde bulunmuştur. Model, deniz yakıtlarına olan ihtiyacın, dünyanın bir bölgesinde üretilen ve başka bir bölgesinde tüketilen ticari mallara talepten türediğini varsaymaktadır. Ticari mal akışı bu ticarete uygun gemilerle eşleştirilmiş (boyut, makine beygir gücü, yaş, özgül yakıt harcamı, makine yükü) ve ortalama hız, sefer mesafesi, taşınan yük, liman süreleri gibi sefer değişkenleri dikkate alınmıştır (EPA,2009). Şekil 24’de görüldüğü gibi 2003 yılında IEA (Uluslararası Enerji Ajansı), EnSys Danışmanlık Firması, Koehler, Purvin ve Gertz Danışmanlık Firması, 2004 yılında Corbet ve Meech dünya deniz ticaret filosunun yakıt harcamını tahminlemiş ve hepsi birbirinden çok farklı sonuçlara ulaşmıştır.

Şekil 24 : Dünya Deniz Ticaret Filosu Yıllık Bazda Yakıt Harcam Tahminleri



Kaynak : Mazraati, 2009

IMO ise, Sera Gazları II (2009) çalışmasında (Bakınız Ek.1) egzoz gaz emisyonlarının miktarını tahminleyebilmek için, bir yakıt harcam envanteri ve her ilgili emisyon türü için yakıt esaslı emisyon faktörleri oluşturmuş ve yakıt esaslı emisyon faktörlerini yanma sürecinde kullanılan yakıt miktarının, emisyon değerlerine çevrilmesinde kullanmıştır. Çalışmada, 2007 yılı için tüm dünya ticaret filosunun yakıt harcamı tahminlenirken iki modelden faydalanılmıştır.

- Faaliyet verileri
- Yakıt istatistikleri

Faaliyet temelli yaklaşımda, yakıt harcamı tüm gemi tipleri için tahminlenmiştir. Her bir gemi sınıfının yakıt harcamını tahmin etmek için, önce o sınıftaki gemi sayısı ile ortalama ana makine gücü çarpılarak toplam kurulu güç (kW) bulunur. Daha sonra yıllık çıkış gücü (kW.h) elde etmek için, o sınıf gemiler için bulunan değer tahmini ana makine çalışma saatleri ve ortalama makine yük faktörü ile çarpılır. Son olarak yıllık çıkış gücü o makine tipi için verilen özgül yakıt harcamı (g/kW.h) ile çarpılır. Aynı yöntem yardımcı dizel makinelerin yakıt harcamının hesaplanması için de kullanılır. Model oluşturulurken kayıtlı gemi sayısı, otomatik tanımlama sisteminden (AIS) alınan ortalama ana makine çalışma günleri, Lloyd veri

tabanı ve AIS verileri kullanılarak oluşturulan ortalama makine gücü, AIS verilerine dayalı sefer mesafeleri ve makine tipi için üretici firmaların sağladığı özgül yakıt harcamı dikkate alınmıştır. Yardımcı dizel makineler için ortalama çalışma günü seyir ve liman günleri kullanılarak hesaplanmış, ortalama yük uzman görüşlerine başvurarak oluşturulmuştur. Özgül yakıt harcamı için üretici firmaların sağladığı veriler kullanılmıştır. Kazan yakıt harcamı, seyirdeki gemilerde liman kazanı kullanılmadığından ve liman süreleri çok kısa süreleri kapsadığından (ısıtmalı yük taşıyan tankerler hariç) çalışmada ihmal edilmiştir ve bu çalışmada da dikkate alınmamıştır. IMO, Sera Gazları II (2009) çalışmasına ait referans Tablo Ek-1'de sunulmuştur.

Maliyet₂, 2002-2013 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak biyodizel yakıt kullanıldığında harcanan toplam yakıt miktarının biyodizel yakıt fiyatı ile çarpılması sonucu bulunmuştur. Biyodizel yakıt miktarları, dizel yakıtı miktarının biyodizel için çevrim faktörü olan 1,1 katsayısı ile çarpılması ile elde edilmiştir. Çevrim faktörü için Ulaştırma Enerjisi Veri Kitabından (TEDB, 2013) yararlanılmıştır. Biyodizel yakıt fiyatları A.B.D. Enerji Dairesinin yılda dört kez düzenli olarak yayınladığı Alternatif Yakıt Fiyatları Raporundan (AFDC, 2014) yazar tarafından derlenmiştir. 2005 yılından önceki raporlar yılda iki kez yayınlandığından, bu dönem için fiyatların aritmetik ortalaması alınarak çeyrek dönemlik veriler oluşturulmuştur. Galon olarak açıklanan veriler litre fiyatını hesaplanması amacıyla önce 4,4 değerine bölünmüş ve ASTM tarafından soya biyodizel için kabul edilen 0,87 g/cm³ yoğunluk değerine bölünerek 1 kg. biyodizel fiyatı bulunmuştur.

Ek.2 Tablo 1'de 2002-2013 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin sayısı gösterilmektedir. Ek.2 Tablo 2'den Tablo 13'e kadar 2002-2013 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak petrol türevi dizel ve biyodizel kullanıldığında harcanan miktarları göstermektedir. Tablo yukarıda açıklanan dizel yakıt miktarlarının, yine yukarıda açıklanan dizel yakıt fiyatları ile çarpılması sonucu ulaşılan Maliyet₁ ve yukarıda açıklanan biyodizel yakıt miktarlarının, yine yukarıda açıklanan biyodizel yakıt

fiyatları ile çarpılması sonucu ulaşılan Maliyet₂ değerlerini göstermektedir. Maliyet tabloları Ek.2 Tablo 14 ve 15’te gösterilmektedir.

4.3.3.4.2. Bağımsız Değişkenler

Araştırmanın bağımsız değişkenleri Tablo 54’te verilmektedir.

Tablo 54 : Bağımsız Değişkenler

BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER
GSYİH : Türkiye Gayri Safi Yurt İçi Hasıla Yıllık Değişim Oranı
Nüfus : Türkiye Nüfusu Çeyrek Yıllar Bazında
$\log_{\text{ihracat}}$: Türkiye İhracatı Yıllık Doğal Logaritması (A.B.D. Doları Bazında)

Araştırmada kullanılan 2002-2013 nüfus verileri için TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından açıklanan veriler kullanılmış, 2013-2023 yılları için TÜİK tarafından açıklanan nüfus projeksiyonundan faydalanılmıştır. Yıllık olarak açıklanan veriler yıl içinde eşit nüfus artışı olacağı varsayılarak dörde bölünüp, araştırmada çeyrek yıllar olarak kullanılmıştır.

2002-2013 yılları ihracat verileri TÜİK (TÜİK, 2014) dış ticaret verileri kullanarak oluşturulmuştur. Verilerde 1 Mart- 1 Haziran-1 Eylül ve 1 Aralık tarihleri kullanılmıştır. İhracat verileri doğal logaritmaları alınarak kullanılmıştır. 2014-2023 yılları ihracat projeksiyonu T.C. Hükümeti tarafından açıklanan 2023 yılı 500 milyar dolar hedefi kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur. Birleşik yıllık büyüme oranı kullanılarak 2013 son çeyrek ihracat değeri ile 2023 yılında 500 milyar dolar hedefi öngörülerek aradaki yıllara ait ihracat rakamları bulunmuştur.

GSYİH (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla) çeyrek yıllık dönemlerde artış oranları 2002- 2013 verileri TÜİK (TÜİK, 2014) verilerinden temin edilmiştir.

4.3.3.5. En Küçük Kareler Yöntemi (E.K.K.) İle Regresyon Analizi Sonuçları

Tablo 54’te görülebileceği gibi, nüfus bağımsız değişkeni ile biyodizel maliyetleri ve dizel yakıt maliyetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü ilişki bulunmaktadır. İhracat verisi her iki modelde de anlamlıdır. GSYİH

(Gayri Safi Yurt İçi Hasıla) değişkeni ile bağımlı değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Tablo 55 : Regresyon Analizi Sonuçları (GSYİH-Nüfus-İhracat)

Değişkenler	Bağımlı Değişken Dizel Yakıt Maliyeti “t “ Değeri	Bağımlı Değişken Biyodizel Yakıt Maliyeti “t “ Değeri
GSYİH	-0.53	-1.11
NÜFUS	10.97****	9.71****
İHRACAT	3.06***	1.77*
Sabit	-1.74	-1.83
Gözlem Sayısı	48	48

* İstatiksel anlamlılık 10% derecesinde ($p < 0.1$) ** İstatiksel anlamlılık at 5% derecesinde ($p < 0.05$) *** İstatiksel anlamlılık 1% derecesinde ($p < 0.01$)

**** İstatiksel anlamlılık 0,1% derecesinde ($p < 0.001$)

Tablo 55-56-57 ise araştırma modelindeki bağımsız değişkenlerin sayılarının azalması durumunda, anlamlılıkta bir değişim olup olmadığının tespiti için uygulanan, diğer modellerin çıktılarını göstermektedir.

Tablo 55’te görülebileceği gibi, bağımlı değişkenler ile nüfus bağımsız değişkeni arasında yapılan regresyon analizi sonucuna göre hem biyodizel maliyetleri hem dizel yakıt maliyetleri arasında kuvvetli istatistiksel anlamlılık bulunmaktadır.

Tablo 56: Regresyon Analizi Sonuçları (Nüfus)

Değişkenler	Bağımlı Değişken Dizel Yakıt Maliyeti “t “ Değeri	Bağımlı Değişken Biyodizel Yakıt Maliyeti “t “ Değeri
NÜFUS	9.42****	9.99****
Sabit	-1.42	-1.64
Gözlem Sayısı	48	48

* İstatiksel anlamlılık 10% derecesinde ($p < 0.1$) ** İstatiksel anlamlılık at 5% derecesinde ($p < 0.05$) *** İstatiksel anlamlılık 1% derecesinde ($p < 0.01$)

**** İstatiksel anlamlılık 0,1% derecesinde ($p < 0.001$)

Tablo 56’da görülebileceği gibi, bağımlı değişkenleri ile nüfus ve ihracat bağımsız değişkenleri bir arada kullanılarak yapılan regresyon analizinde, nüfus ile hem biyodizel maliyetleri hem dizel yakıt maliyetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü ilişki bulunmaktadır. İhracat değişkeni ile hem biyodizel maliyetleri hem dizel yakıt maliyetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü ilişki olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 57 : Regresyon Analizi Sonuçları (Nüfus-İhracat)

Değişkenler	Bağımlı Değişken Dizel Yakıt Maliyeti “t “ Değeri	Bağımlı Değişken Biyodizel Yakıt Maliyeti “t “ Değeri
NÜFUS	11.10****	-0.63
İHRACAT	3.64***	5.32****
Sabit	-1.72	3.80
Gözlem Sayısı	48	48

* İstatiksel anlamlılık 10% derecesinde ($p<0.1$) ** İstatiksel anlamlılık at 5% derecesinde ($p<0.05$) *** İstatiksel anlamlılık 1% derecesinde ($p<0.01$)
**** İstatiksel anlamlılık 0,1% derecesinde ($p<0.001$)

Tablo 57’de görülebileceği gibi, zaman bağımsız değişkeni ile hem biyodizel maliyetleri hem dizel yakıt maliyetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü ilişki bulunmaktadır.

Tablo 58 : Regresyon Analizi Sonuçları (Zaman)

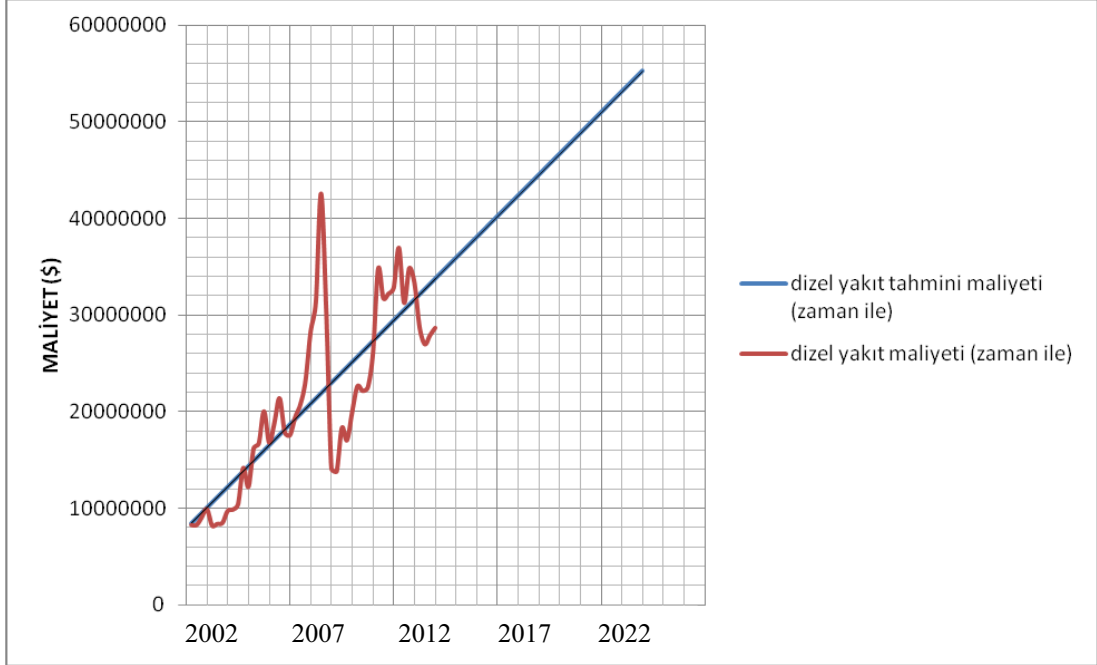
Değişkenler	Bağımlı Değişken Dizel Yakıt Maliyeti “t “ Değeri	Bağımlı Değişken Biyodizel Yakıt Maliyeti “t “ Değeri
ZAMAN	9.60****	10.43****
Sabit	-8.17	-9.05
Gözlem Sayısı	48	48

* İstatiksel anlamlılık 10% derecesinde ($p<0.1$) ** İstatiksel anlamlılık at 5% derecesinde ($p<0.05$) *** İstatiksel anlamlılık 1% derecesinde ($p<0.01$)
**** İstatiksel anlamlılık 0,1% derecesinde ($p<0.001$)

4.3.3.6.Regresyon Analizi Öngörümleme Sonuçları

Şekil 25’te görüldüğü gibi, dizel yakıt maliyetinin zamana bağlı değişimi ile oluşturulan modelin öngörüsüne göre 2014-2023 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak petrol türevi dizel yakıt kullanıldığında oluşan toplam maliyet artarak devam edecek ve 2015 yılı sonunda 38 048 060 ABD Doları, 2020 yılı sonunda 47 179 320 ABD Doları ve 2023 yılı sonunda ise 55 236 312 ABD Doları olacaktır.

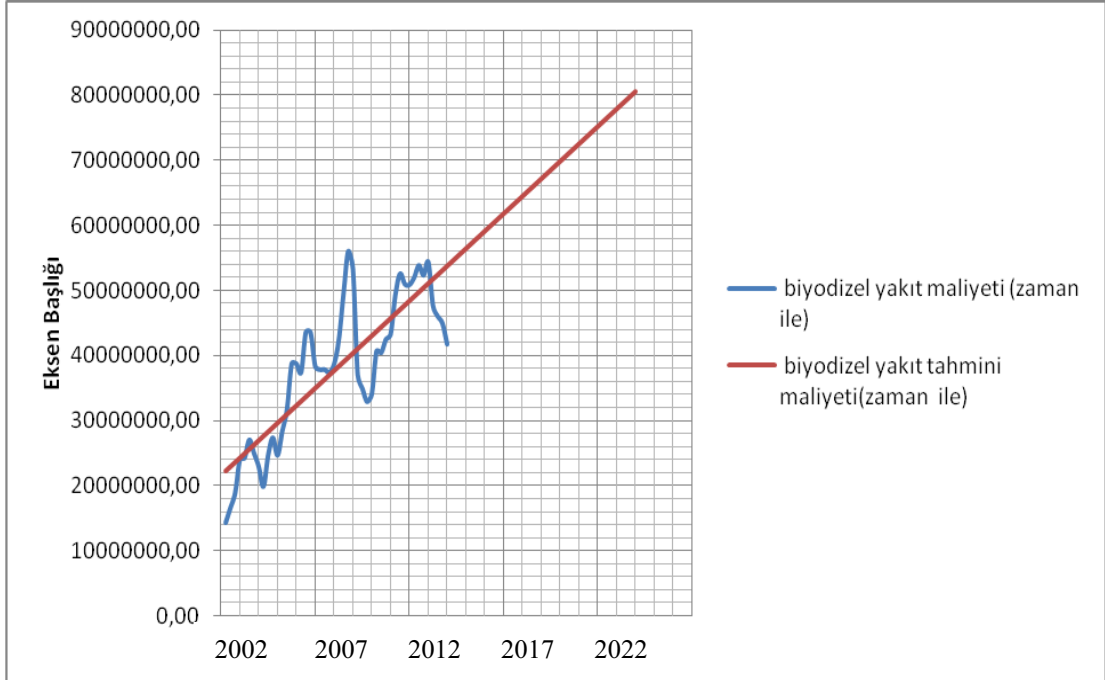
Şekil 25 : Dizel Yakıt Maliyeti İçin Zaman Değişkenine Bağlı Olarak Yapılan Öngörümleme



Kaynak : Yazar tarafından oluşturuldu

Şekil 26'da görüldüğü gibi, biyodizel yakıt maliyetinin zamana bağlı değişimi ile oluşturulan modelin öngörüsüne göre 2014-2023 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak biyodizel yakıt kullanıldığında oluşan toplam maliyet artarak devam edecek ve 2015 yılı sonunda 59 093 432 ABD Doları, 2020 yılı sonunda 72 512 064 ABD Doları ve 2023 yılı sonunda ise 80 563 240 ABD Doları olacaktır.

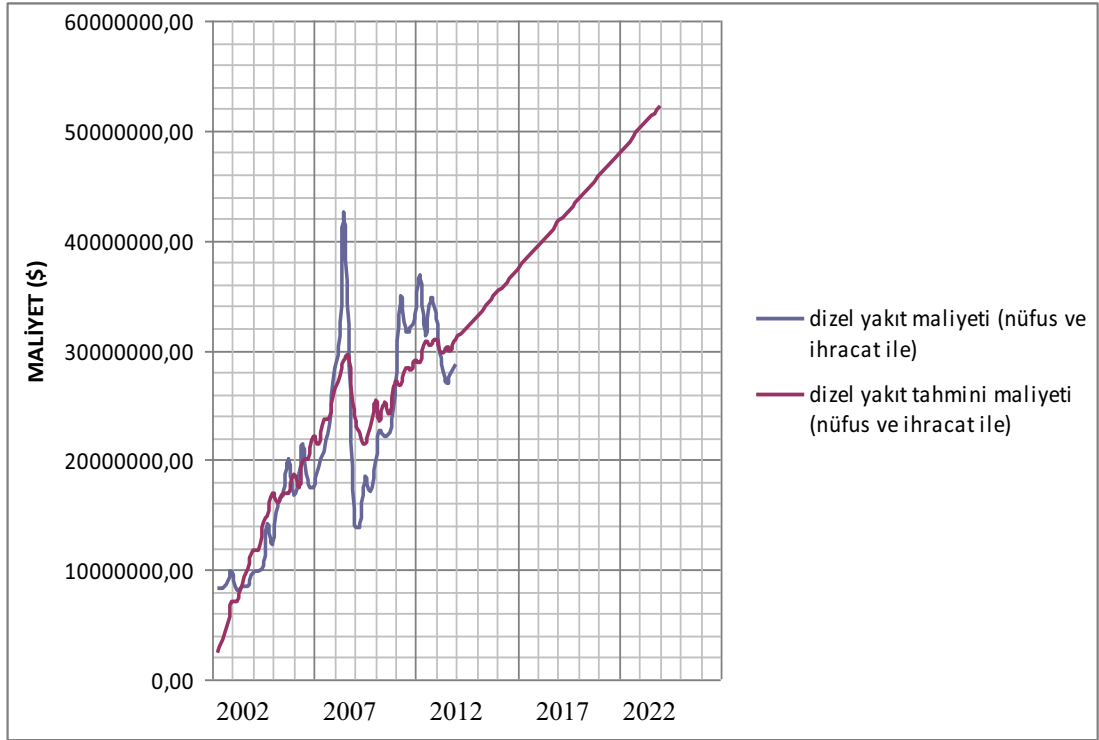
Şekil 26 : Biyodizel Yakıt Maliyeti İçin Zaman Değişkenine Bağlı Olarak Yapılan Öngörümleme



Kaynak : Yazar tarafından oluşturuldu

Şekil 27’de görüldüğü gibi, dizel yakıt maliyetinin nüfus ve ihracata bağlı değişimi ile oluşturulan modelin öngörüsüne göre 2014-2023 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak dizel yakıt kullanıldığında oluşan toplam maliyet artarak devam edecek ve 2015 yılı sonunda 38 496 668 ABD Doları, 2020 yılı sonunda 47 349 612 ABD Doları ve 2023 yılı sonunda ise 52 260 036 ABD Doları olacaktır.

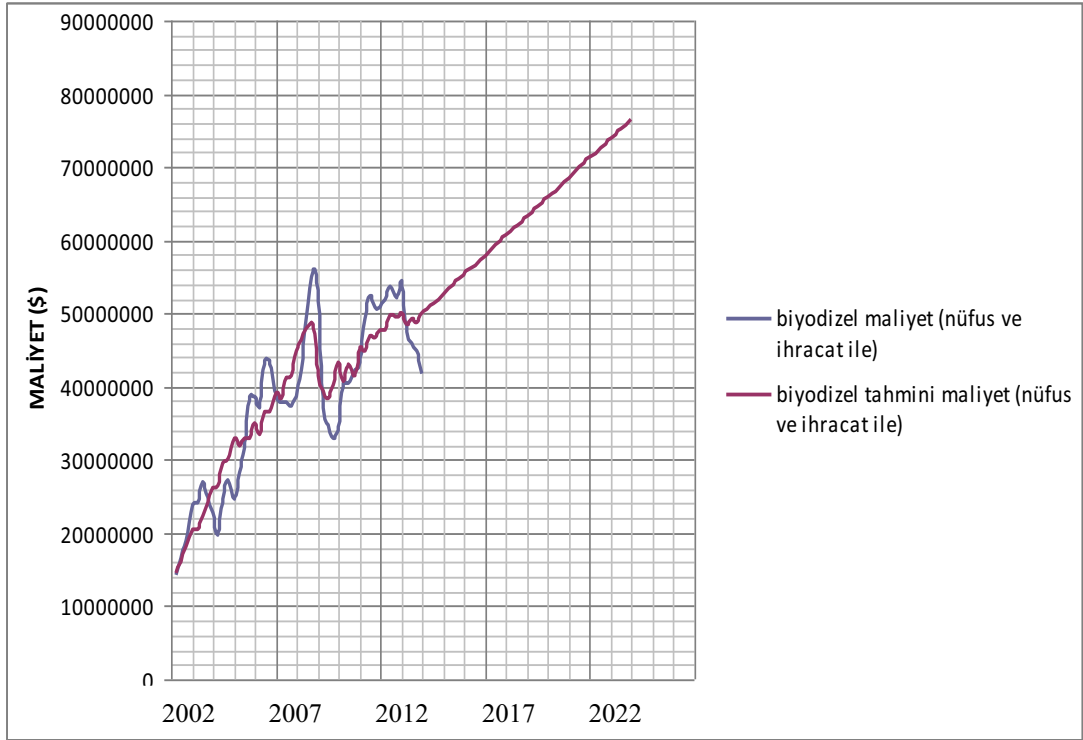
Şekil 27 : Dizel Yakıt Maliyeti İçin Nüfus-İhracat Değişkenlerine Bağlı Olarak Yapılan Öngörümle



Kaynak : Yazar tarafından oluşturuldu

Şekil 28’de görüldüğü gibi, biyodizel yakıt maliyetinin nüfus ve ihracata bağlı değişimi ile oluşturulan modelin öngörüsüne göre 2014-2023 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak biyodizel yakıt kullanıldığında oluşan toplam maliyet artarak devam edecek ve 2015 yılı sonunda 59 510 652 ABD Doları, 2020 yılı sonunda 70 495 888 ABD Doları ve 2023 yılı sonunda ise 76 589 016 ABD Doları olacaktır.

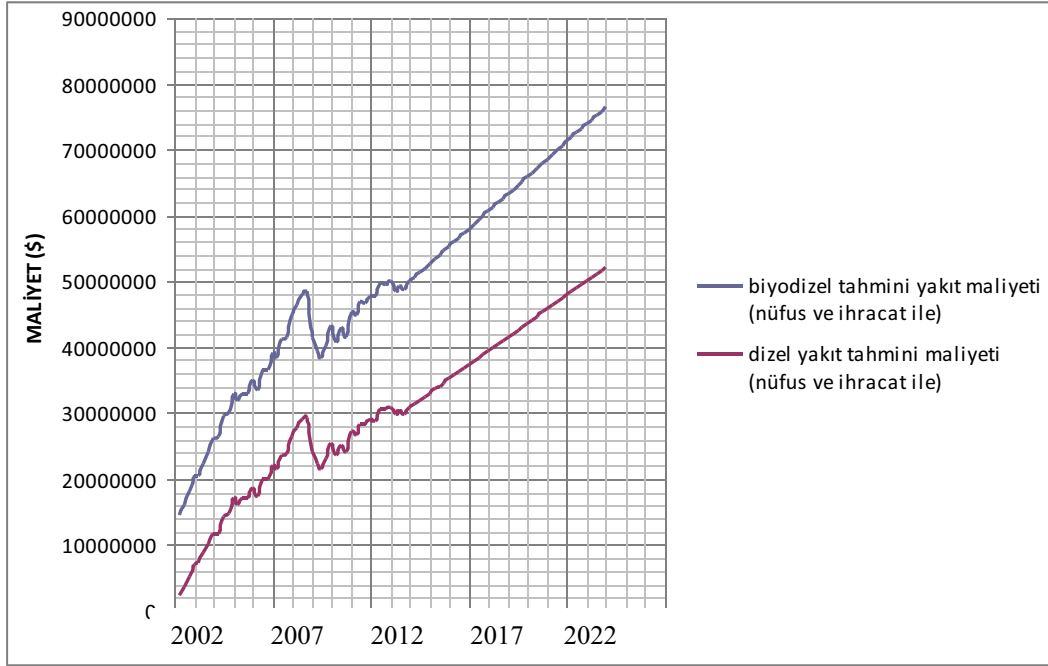
Şekil 28 : Biyodizel Yakıt Maliyeti İçin Nüfus-İhracat Değişkenine Bağlı Olarak Yapılan Öngörümleme



Kaynak : Yazar tarafından oluşturuldu

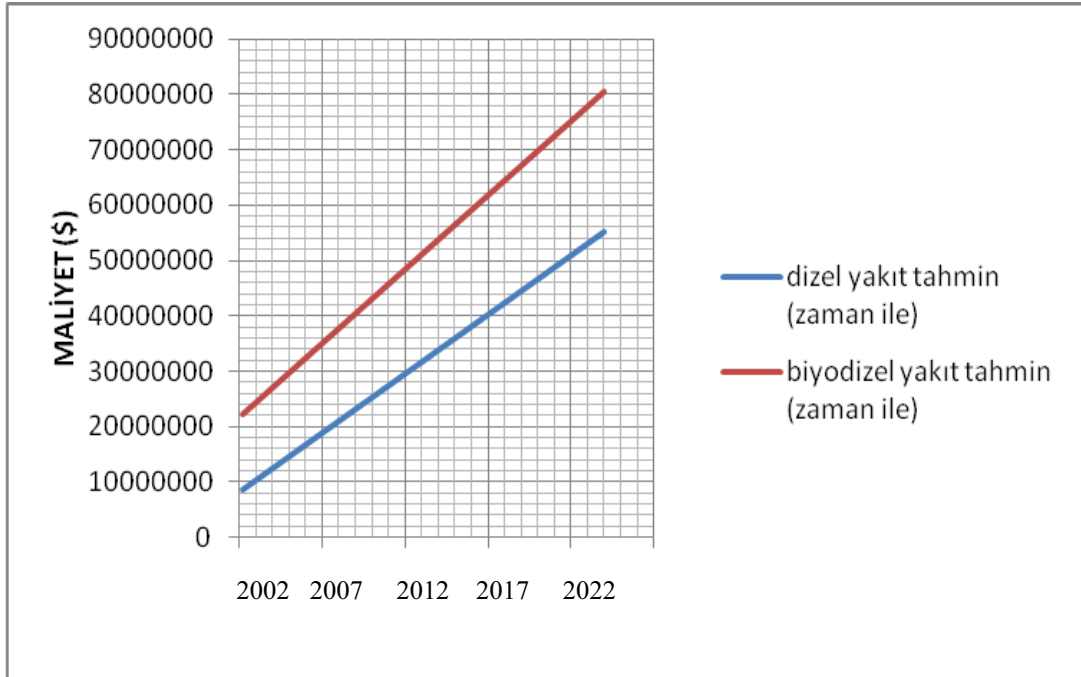
Şekil 29 ve 30’da görüldüğü gibi 2014-2023 yılları arasında Türk Deniz Ticaret Filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makineleri ve kazanlarında yakıt olarak biyodizel yakıt kullanıldığında oluşacak toplam maliyetler dizel yakıtla oranla daha yüksek olmaktadır. Şekil 30’a göre biyodizel maliyetleri yıllık ortalama 2 653 229 A.B.D. Doları artarken, dizel yakıtı ortalama artış maliyeti yıllık 2 124 116 A.B.D. Doları olmaktadır. Eldeki bulgulara göre biyodizel yakıt kullanılması durumunda toplam maliyet % 145 oranında artacaktır.

Şekil 29 : Biyodizel-Dizel Yakıt Maliyetleri İçin Nüfus-İhracat Değişkenine Bağlı Olarak Yapılan Öngörümleme Karşılaştırması



Kaynak : Yazar tarafından oluşturuldu

Şekil 30 : Biyodizel-Dizel Yakıt Maliyetleri İçin Nüfus Değişkenine Bağlı Olarak Yapılan Öngörümleme Karşılaştırması



Kaynak : Yazar tarafından oluşturuldu

4.3.3.7. Maliyet Analizleri Araştırmasının Bulguları

Araştırmanın bulguları göstermektedir ki mevcut biyodizel fiyatlarının dizel yakıt fiyatları ile rekabet etme şansı bugün için yoktur. Biyodizelin deniz yakıtı olarak cazip hale gelebilmesi için desteklenerek, maliyetinin düşürülmesi gerekmektedir. Ancak yürürlüğe girecek olan IMO'nun (Uluslararası Denizcilik Örgütü) yeni sülfür sınırlamaları 2015 yılında Emisyon Kontrol Bölgelerinde sülfür oranının % 0,1 ve 2020 yılında Emisyon Kontrol Bölgeleri dışında % 0,5 oranına düşürecektir (IMO, 2005) . Yeni sınırlamalar beraberinde daha rafine ve daha maliyetli dizel yakıtların kullanımını zorunlu hale getirecektir. Deniz yakıtlarındaki bu gelişmeler önümüzdeki yıllarda biyodizeli gemi işletmecisi şirketler için alternatif bir gemi yakıtı olarak cazip hale getirebilecektir. Ancak bu öngörümlemelerin uygulamacıları tarafından ne şekilde algılandığının saha araştırmaları ile araştırılması zorunluluğu saptanmaktadır.

4.3.4. Keşifsel Araştırma: Uzman Görüşleri

Yazın taraması ve maliyet analizleri sonucunda elde edilen değişkenlerin saha araştırmasına uygunluğunun değerlendirilmesi için nitel bir araştırma yapma ihtiyacı doğmuştur. Bulunan değişkenlerin uzman görüşlerine başvurarak değerlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Bu doğrultuda uzman görüş formu hazırlanarak konu hakkında uzman kişilerin görüşleri alınmıştır.

Ölçme aracının ölçmek istediği yapıyı ölçüp ölçmediği, ölçeği geliştirenlere değil, uzman görüşlerine bırakılmaktadır. Bunun nedeni, uzmanların, meslekten olmayan kişilere göre araştırılan yapıya ya da kavrama ait nüansları ve ayrıntıları daha iyi bilecekleridir. Buna göre uzman görüşü alma ve anketin son şeklinin oluşturulması şu basamaklar sonucunda olmaktadır (Ateş, 2010),

- a) Alan uzmanları grubunun oluşturulması
- b) Aday ölçek formlarının hazırlanması
- c) Uzman görüşlerinin elde edilmesi
- d) Maddelere ilişkin kapsam geçerlik oranlarının elde edilmesi
- e) Ölçeğe ilişkin kapsam geçerlik indekslerinin elde edilmesi
- f) Kapsam geçerlik oranları/indeksi ölçütlerine göre nihai formun

oluşturulması

4.3.4.1. Veri Toplama Aracının Oluşturulması

Yazın taraması ve maliyet analizleri sonucu belirlenen yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen etkenler ile oluşturulan uzman görüş formu 4 ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar; Operasyonel Değişkenlerin Etkileri, Mevzuat Değişkenlerinin Etkileri, Ekonomik Değişkenlerin Etkileri, evresel Değişkenlerin Etkileridir. Ayrıca saptanan uzmanlarımızın son bölümde belirtmek ve eklemek istedikleri görüş ve öneriler için açık uçlu bir sorunun sorulduğu bölüm yer almaktadır.

Yazın taraması ve maliyet analizleri sonucu belirlenen değişkenlerin uzman görüşlerine sunulması amacıyla uzman görüş formu veri toplama aracı olarak oluşturulmuştur (Bknz Ek 3).

4.3.4.2. Uzmanların Seçimi ve rneklem

Araştırmada uzman görüşleri çalışması kapsamında toplam 19 uzmanın görüşüne başvurulması planlanmış, bu uzmanlara uzman görüş formu e-posta yoluyla iletilmiştir. Uzmanlar biyodizel alanında çalışmaları olan akademisyenlerden ve deniz yakıtları konusunda uzman kişilerden seçilmiştir. 19 uzmandan 10 geri dönüş sağlanmıştır. Katılım oranı % 53 olmuştur. Çalışma için görüşüne baş vurulan uzmanların bilgileri ve geri dönüş sağlayan uzmanlar Tablo 58’de gösterilmektedir

Tablo 59 : Uzman Profil ve İletişim Bilgileri

Uzman İsmi	Kurum	Uzmanın Görevi	İletişim Yöntemi	Uygulama biçimi
Uzmanlar				
Prof.Dr. Hüseyin Ögüt	Konya Seuk Üni. Ziraat Fak.	Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Öğretim Üyesi	Telefon	E-posta
Doç.Dr. Hidayet Oğuz ***	Konya Necmettin Erbakan Üni. Müh. ve Mimarlık Fak	Enerji Sistemleri A.B.D. Öğretim Üyesi	Telefon	E-posta
Prof.Dr. Filiz Karaosmanoğlu***	İ.T.Ü. Mühendislik Fakültesi	Kimya Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi	Telefon	E-posta
Prof.Dr. Ayhan Demirbaş	Şirnak Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi	Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi	Telefon	E-posta
Prof.Dr. Mustafa Çanakçı	Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi	Otomotiv Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi	Telefon	E-posta
Yrd.Doç.Dr Ertan Alptekin***	Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi	Otomotiv Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi	Telefon	E-posta
İlker Meşe ***	Uniservice Deniz Kimyasalları A.Ş.	Genel Müdür	Telefon	E-posta
Prof.Dr. Adnan Parlak***	Yıldız teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi	Gemi İnşaatı ve Gemi Mühendisliği Bölümü	Telefon	E-posta
Doç.Dr. Cengiz Deniz	İ.T.Ü Denizcilik Fakültesi	G.M.İ.M. Bölümü Öğretim Üyesi	Telefon	E-posta
Prof.Dr. İlgi Kapdan ***	D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi	Çevre Bilimleri Anabilim Dalı Öğretim Üyesi	Telefon	E-posta
Prof.Dr.Günnur Koar	Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü	Güneş Enerjisi Enstitüsü Müdürü	Telefon	E-posta
Doç.Dr. Vezir Ayhan ***	Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi	Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi	Telefon	E-posta
Yrd.Doç.Dr. İdris Cesur ***	Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi	Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi	Telefon	E-posta
Prof.Dr.Osman Kamil Sağ	Piri Reis Üniversitesi Mühendislik Fakültesi	Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi	Telefon	E-posta
Prof.Dr.Süleyman Özkaynak	Piri Reis Üniversitesi Denizcilik Fakültesi	Denizcilik Fakültesi Dekanı	Telefon	E-posta
Prof.Dr.Oğuz Salim Söğüt	İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi	Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Müh. Bölümü Öğretim Üyesi	Telefon	E-posta
Engin Yazıcıoğlu**	Lloyd Register	Türkiye Direktörü	Telefon	E-posta
Ömür Karataş ***	Ortech Gemi İşletmeciliği	Genel Müdür	Telefon	E-posta
M.Şükran Arcan	Sera Gazlarının İzlenmesi ve Emisyon Ticareti Şube Müdürlüğü	Şube Müdürü	Telefon	E-posta

*** Geri dönüş sağlayan uzmanlar

Kaynak : Yazar tarafından oluşturulmuştur.

4.3.4.3. Uzman Görüşleri Analizleri

Tablo 59’da görüldüğü gibi görüşüne başvuru alan uzmanlar operasyonel değişkenlerin etkilerine en çok “etkilidir” ve “kesinlikle etkilidir” cevabını vermişlerdir. Yakıt performansı, yakıt fiyatları, makine bakım aralığı, bakım tutum maliyetleri, biyodizelin fosil yakıtlarla karıştırılabilmesi en etkili değişkenler olarak göze çarpmaktadır. “Kesinlikle etkilidir”in ortalaması %36 ve “etkilidir”in ortalaması 42% olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 60 : Uzman Görüşleri Operasyonel Etkiler Sonuçları Özet Tablosu

Operasyonel Etkiler	Kesinlikle Etkisizdir	Etkisizdir	Ne Etkili Ne Etkisizdir	Etkilidir	Kesinlikle Etkilidir
	n	n	n	n	n
Yakıt performansı			1	6	3
Yakıt fiyatları			1	5	4
Özgül yakıt harcamasının yüksekliği			2	3	5
Makine bakım aralığı			2	5	3
Bakım-tutum maliyetleri			2	5	3
Yağlama performansı		1	2	3	4
Makinede modifikasyon ihtiyacı			2	4	2
Emisyon sınırlamalarına uyum			2	5	5
Viskozitenin yüksekliği				2	4
Fosil yakıtlarla karıştırılabilmesi			2	5	3
Yakıt sızıntılarında daha az çevresel tehdit oluşturmaları		1	1	5	3
Emniyetli depolama koşulları			1	4	5
Makine üreticilerinin garanti koşullarının yakıt olarak biyodizeli kapsamı		2	2	4	2
Tekne makine sigorta koşullarına uygun olması	1		3	4	2
Biyodizelin bulunabilirliği			3	2	5
Deniz biyodizel standartlarının oluşturulması			2	4	4

Kaynak : Yazar tarafından oluşturulmuştur

Tablo 60'dan anlaşıldığı üzere mevzuat değişkenlerin etkilerinin içerisinde en etkili NO_x ve SO_x emisyonlarının etkileri ile ilgili olanlardır. “Kesinlikle etkilidir” ortalaması %38 ve “etkilidir”in ortalaması %46 olmuştur. Uzmanlar Türkiye’de biyodizel yakıtların tamamının değil sadece harmanlanan biyodizel kısmının Ö.T.V.’den muaf tutulduğunun altını çizmişlerdir.

Tablo 61 : Uzman Görüşleri Mevzuat Etkileri Sonuçları Özet Tablosu

Mevzuatın Etkileri	Kesinlikle Etkisizdir	Etkisizdir	Ne Etkili Ne Etkisizdir	Etkilidir	Kesinlikle Etkilidir
	n	n	n	n	n
IMO MARPOL NOx emisyonu sınırlamaları				6	4
IMO MARPOL SOx emisyonu sınırlamaları				6	4
IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) kuralları			1	5	4
AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) enerji verimliliği kuralları			2	5	3
AB RED yenilenebilir kaynak kullanımı önerileri			2	5	3
Vergi uygulamalarının biyodizel fiyatlarına etkisi			2	3	5
Teşviklerin biyodizel fiyatlarına etkisi			1	4	5
Uluslararası biyodizel yakıt standartları			2	5	3
Türkiye’de biyodizelin Ö.T.V.’den muaf tutulması	1		1	4	4
Türkiye’de biyodizel mevzuatında belirsizlikler	1	1	2	3	3

Kaynak : Yazar tarafından oluşturulmuştur

Tablo 61’de görüldüğü gibi bu bölümde bakım tutum ve enerji maliyetleri en çok dikkat çeken değişkenler olarak görülmektedir. “Etkilidir”in ortalaması %50 ve “kesinlikle etkilidir”in ortalaması %34 olmuştur.

Tablo 62 : Uzman Görüşleri Ekonomik Etkiler Sonuçları Özet Tablosu

Ekonomik Değişkenler	Kesinlikle Etkisizdir	Etkisizdir	Ne Etkili Ne Etkisizdir	Etkilidir	Kesinlikle Etkilidir
	n	n	n	n	n
Makine bakım tutum maliyetleri			1	7	2
Enerji maliyetleri			1	6	3
Biyodizel hammadde fiyatları			3	4	3
Fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına etkisi			3	4	3
Tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler			2	5	3
Tarım ürünlerinin fiyatlarındaki değişimler			1	5	4
Kırsal bölgelerde yaratılacak istihdama olanakları			2	4	4
Biyodizel yan ürünlerinin ekonomik katkısı			2	5	3
Biyodizel hammadde üretimindeki artış			1	5	4
Biyodizelin enerjide dış kaynak bağımlılığını azaltması			2	4	4
Türkiye’de atıl biyodizel tesislerinin değerlendirilmesi	1		1	5	4

Tablo 62’de görüldüğü gibi dağılımda en büyük farklılık çevresel değişkenlerin etkilerinde oluşmuştur. Sera gazı emisyonları için uzmanlar ağırlıklı olarak “etkilidir” ve “kesinlikle etkilidir” görüşünde birleşirken, bir uzman biyodizel hammadde üretiminin erozyona sebep olmadığını, tersine erozyonu engellediğini ifade etmiştir.

Tablo 63 : Uzman Görüşleri Çevresel Etkiler Sonuçları Özet Tablosu

Çevresel Etkiler	Kesinlikle Etkisizdir	Etkisizdir	Ne Etkili Ne Etkisizdir	Etkilidir	Kesinlikle Etkilidir
n	n	n	n	n	n
Yenilenebilir enerji kaynağı olması			1	5	4
Daha az karbon gazı emisyonuna sebep olması		1		5	4
Daha az SO _x gazı emisyonuna sebep olması	1			5	4
NO _x sera gazı emisyonunun fosil yakıtlardan yüksek olması		1		5	4
Tarımsal üretim alanlarının sınırlı olması	1	1	3	4	1
Tarımsal üretimde çeşitliliğin azalması tehlikesi	1	2	3	3	1
Biyodizel üretiminin su kaynaklarında kirlenmeye neden olması	1	2	3	3	1
Tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi	1	2	4	2	1

Kaynak : Yazar tarafından oluşturuldu

4.3.4.4. Uzman Görüşü Yorumları

- Kükürt içeriğinin sıfıra yakın olması atmosfere salınan CO,SO_x,PM ve HC gibi zararlı bileşenlerin azalmasına katkı sağlarlar.Ancak oksijen içeriğinden dolayı NO_x emisyonları dizel yakıtlara göre daha yüksektir. Bu nedenle MARPOL EK VI’ya uyum sağlayabilmesi için ilave tedbirler alınarak kullanılması gerekir(EGR, buhar yada su püskürtmek yada SCR- Seçici katalitik indirgeme ünitesinin kullanılması gibi).

- NO_x haricinde AB 2009/28/EC direktifi 2020 yılına kadar AB içerisindeki araçlarda kullanılan dizel yakıtlarındaki biyodizel oranının %10 mertebesine çıkarılmasını hedeflemektedir.

- Biyodizelin ve biyodizel motorin karışımlarının kaynaktan son kullanıma çevresel etkisi (yaşam döngüsü değerlendirmesi) motorinden daha az olmaktadır.

- Biyodizel üretimi ve kullanımı tarım, enerji ve çevre ile ilgili sektörleri doğrudan etkilemektedir. Hammadde temin edilirken sürdürülebilir olmalıdır. Gıda teminini riske sokmamalıdır. Bu yüzden gıda dışı hammaddelerden üretilmelidir. Biyodizel konusunda yapılan çalışmalar yağ bitkileri çalışmalarını da artırmıştır. Yeni yağ bitkileri veya verimi yüksek yeni çeşitlerin tarıma kazandırılmasına sebep olmuştur. Biyodizelin gemi yardımcı makinelerinde yakıt olarak kullanılması biyodizelin kullanım alanlarını genişletecektir.

- Maliyet analizi yapılırken mutlaka denizcilik yakıtları ile kıyaslama yapılmalıdır. Maliyet analizin yanında, yakıt özelliklerinin farklı biyodizeller için karşılaştırılması ile denizcilik için biyodizel standardı oluşturulabilir. Denizcilik yakıtlarında kükürt seviyesinin motorine kıyasla çok daha fazla olması yüksek kükürde sahip biyodizelin de denizcilik yakıtı olarak rahatlıkla kullanılabileceğini göstermektedir.

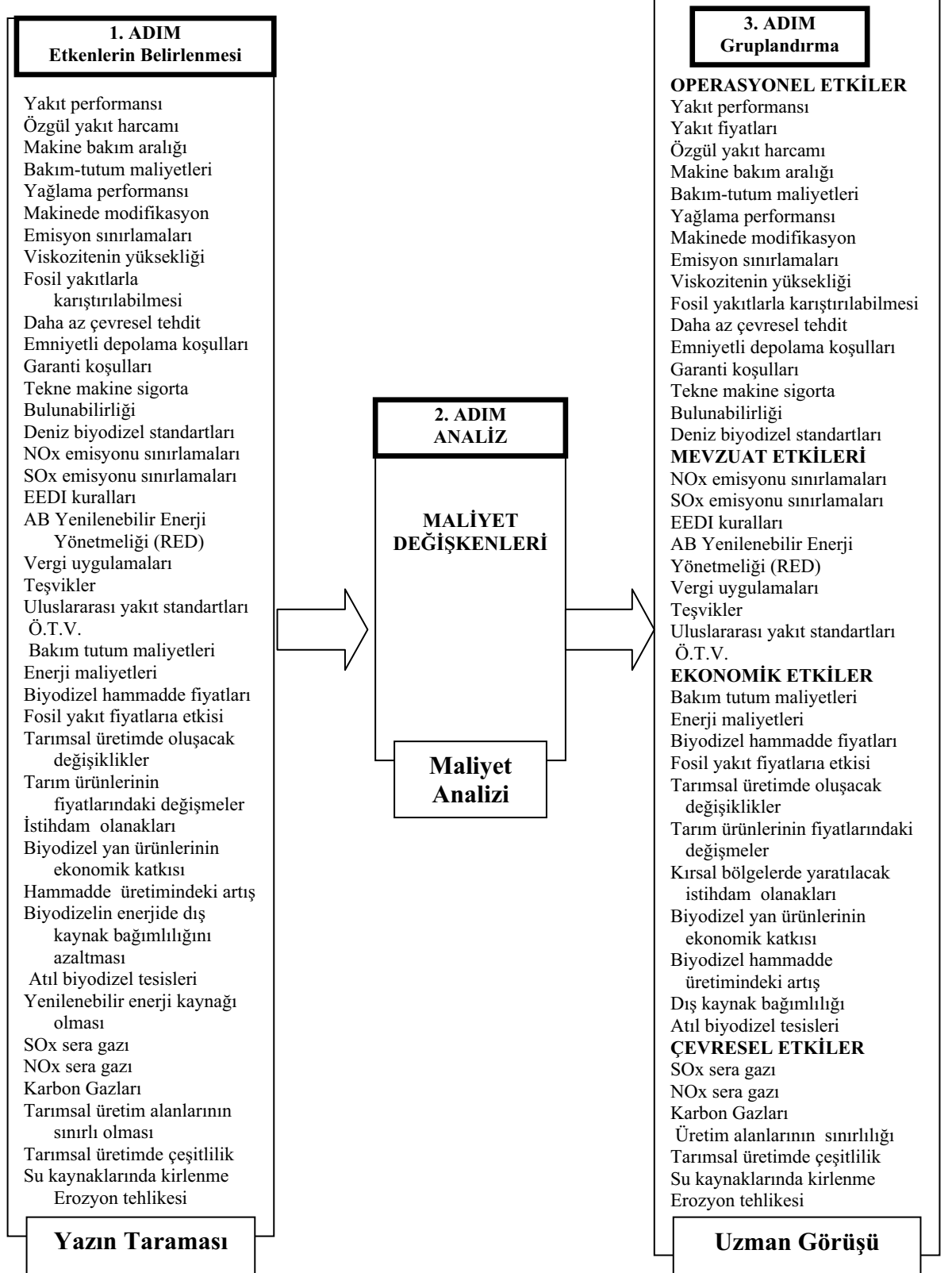
- Biodiesel üretiminde stokların yeterli olmaması fiyatlarda istikrarsızlığa yol açacaktır. Stok hazırlama maliyeti fosil yakıtlara oranla daha fazla maliyet içermektedir.

- Tarım arazilerinin biyodizel üretiminde kullanılan bitki türleri için kullanılması biyoenerji üretiminde genel bir tehdit olarak algılanmaktadır. Bunun için biyodizel üretebilen alg veya bakteri kültürlerinin kullanılması ve buna yönelik proseslerin geliştirilmesi uygun olacaktır.

4.3.5. Yazın Taraması ve Keşifsel Araştırmalar Genel Bulguları

Şekil 22'de yazın taraması, maliyet analizleri ve uzman görüşlerinin alınması sonucu tespit edilen değişkenler ve bu sürecin aşamaları görülmektedir.

Şekil 31 : Değişkenlerin Tespit Edilme Süreçleri



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur

Şekil 31'de görüldüğü üzere yazın taraması içerik analizi sonucu yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercih edilmesini etkileyen değişkenler tespit edilmiştir. 2. adım maliyet analizi ile elde edilen maliyet değişkenleri de eklenerek değişkenler oluşturulmuştur. Belirlenen bu değişkenler uzman görüşlerinin alınması yoluna gidilerek Saha Araştırmasının temeli oluşturulmuştur.

4.3.6. Tanımlayıcı Araştırma: Saha Araştırması

Saha araştırmasının konusunu, biyodizelin potansiyel kullanıcıları olan başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenlere ilişkin algılarının belirlenmesi ile bu algılarının karşılaştırmalı analizi oluşturmaktadır. Bu araştırma için saha araştırması yöntemi ve veri toplama aracı olarak da anket formu seçilmiştir.

4.3.6.1. Saha Araştırması için Veri Toplama Aracının Oluşturulması

Yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenlerin keşifsel amaçlı araştırmalar ile belirlenmesi sürecinin sonucunda veri toplama aracı olan anket formunun geliştirilme süreci başlamıştır. Bu süreç sırasıyla aşağıdaki aşamalardan oluşmuştur.

1. Aşama: Yazın taraması, maliyet analizi yönteminin uygulanması ve nitel araştırma (Uzman Görüşü) sonucunda elde edilen değişkenler doğrultusunda ölçek kapsamında yargı ifadeleri oluşturulmuştur. Bu süreçte elde edilen toplam 44 adet yargı çıkarılmış olup ayrıca profil bilgileri için de sorular belirlenmiştir. Örnekleme ilişkin profil soruları; yaş, görev, tecrübe, eğitim durumu ve çalışılan gemi tiplerini tespit etmeye yönelik hazırlanmıştır.

2. Aşama: Yukarıdaki süreçler sonucunda oluşturulan anket formu **EK 4'te** sunulmuştur. Anket kapağında araştırmanın amacı ve önemi, katılımcıların araştırmadaki yeri, araştırmadaki katkısı ve önemi, araştırma sonuçlarının ne şekilde kullanılacağı, doldurulan anket formlarının kime, hangi adrese ve hangi iletişim araçlarıyla gönderilmesi gerektiği ve araştırma katılımcıların kimlik bilgilerinin gizli tutulacağı ifadesi yer almaktadır.

Anket formu “Biyodizelin Tercihini Etkileyen Operasyonel Değişkenler”, “Biyodizelin Tercihini Etkileyen Mevzuat Değişkenleri”, “Biyodizelin Tercihini Etkileyen Ekonomik Değişkenler”, “Biyodizelin Tercihini Etkileyen Çevresel Değişkenler”, “Genel Düşünceler” ve “Profil Bilgileri” ne ilişkin yargıları kapsayan

6 bölümden oluşmaktadır. Anket formu açık uçlu ve kapalı uçlu sorulardan oluşmaktadır. Verilerin analizinde kolaylık sağlaması ve yanıtlayıcılar için cevaplamanın daha az zaman alması açısından anket formunda yaygın olarak kapalı uçlu sorular sorulmuştur. Açık uçlu sorular anket formunda daha çok yanıtlayıcılar ile ilgili genel bilgiler almaya yönelik sorularda ve katılımcıların profil bilgilerine ilişkin sorularda kullanılmıştır. Anket formunda yer alan bölümler aşağıda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

1. Bölüm (Biyodizelin Tercihini Etkileyen Operasyonel Değişkenler İle İlgili Sorular): Anket formunun biyodizelin tercihini etkileyen operasyonel değişkenler bölümünde, biyodizelin yakıt özelliklerine ait 16 değişkenden oluşan sorular yer almaktadır. Bu bölümün amacı, biyodizelin yakıt özelliklerinin deniz yakıtı olarak kullanılmaya uygunluğunun belirlenmesidir.

2. Bölüm (Biyodizelin Tercihini Etkileyen Mevzuat Değişkenleri İle İlgili Sorular): Bu bölümde biyodizelin uluslararası düzenlemelere uyumluluğu ve düzenlemelerin fiyata etkisi ile ilgili sorulardan oluşan toplam 9 değişken bulunmaktadır. Bu bölümün amacı, mevzuat değişkenlerine ait önem derecelerinin çalışmaya katılan başmühendisler tarafından belirlenmesidir.

3. Bölüm (Biyodizelin Tercihini Etkileyen Ekonomik Değişkenler İle İlgili Sorular): 11 adet değişkenden oluşan ve biyodizelin farklı ekonomik açılardan incelendiği bu bölümde, katılımcıların biyodizelin ekonomik katkısını değerlendirmesi amaçlanmıştır.

4. Bölüm (Biyodizelin Tercihini Etkileyen Çevresel Değişkenler İle İlgili Sorular): 8 sorudan oluşan bu bölümde biyodizelin çevresel etkilerinin önem derecelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

5. Bölüm (Genel Düşünceler): Anket formunun bu bölümünde başmühendislerin genel düşüncelerinin ve eklemek istedikleri görüşlerinin alınması amacı ile 1 adet açık uçlu ifade yer almaktadır.

6. Bölüm (Profil Bilgileri): Yanıtlayıcıların profil bilgilerinin belirlenmesi için hazırlanan sorular aşağıda görüldüğü gibidir;

1. Yaşı,
2. Öğrenim durumu,

3. Toplam deniz tecrübesi,
4. Toplam başmühendislik süresi
5. Şu an çalışmakta olduğu kurum ve görevi,
6. Genelde çalıştığı gemi tipi,
7. Şu anda çalıştığı gemi tipi,
8. Çalıştığı gemi büyüklüğü,
9. Biyodizelle ilgili herhangi bir eğitim alıp almadığı
10. Katılımcının kurumunda biyodizelle ilgili bir çalışma yapıp yapılmadığı

Profil bilgilerine ilişkin genel bilgiler almaya yönelik olarak hazırlanan sorular açık uçlu olarak hazırlanmıştır. Anket formunun 1, 2, 3, ve 4. bölümlerinde yer alan her bir değişkenin önem durumuna katılım seviyesi **1: Kesinlikle Katılıyorum 5: Kesinlikle Katılmıyorum** şeklinde ifade edilen iki uçlu 5 dereceli eşit aralıklı Likert tipi ölçek kullanılmıştır.

4.3.6.2. Saha Araştırması Örneklemi ve Veri Toplama Süreci

Araştırmanın evrenini gemi makinelerinin işletilmesinden ve gemi makine dairesinin idaresinden sorumlu olan başmühendisler oluşturmaktadır. Araştırmanın ana kütlesini ise Türk başmühendisler oluşturmaktadır. Biyodizelin deniz yakıtı olarak kullanılması durumunda işletilmesinin ve satın alınmasının başmühendisler tarafından gerçekleştirilecek olması sebebiyle, örneklem bu kütlenin içerisinde seçilmiştir.

Araştırmanın örneklemi, Türkiye'deki gemi işletme şirketlerinin sahip olduğu gemilerde ve bu şirketlerin ofislerinde makine enspektörü ya da teknik müdür olarak çalışan başmühendisler arasından seçilmiştir. **35 gemide çalışan başmühendis ve 31 makine enspektörü ya da teknik müdür** olmak üzere toplam **66 başmühendis** araştırmanın örneklemi oluşturmaktadır.

Anket formuyla ilgili başmühendislerin katılımını sağlamak üzere 5.11.2014 ve 21.11.2014 tarihleri arasında 66 başmühendise anket soruları e-posta yolu ile ulaştırılmış ve e-posta yolu ile cevaplandırılmıştır. Verilerin toplanması yeter sayıya ulaşılması sebebiyle 21.11.2014 tarihinde sona ermiştir.

4.3.6.3. Saha Araştırmasından Elde Edilen Veri ve Bilgilerin Analize Hazırlanması ve Analiz Yöntemleri

Örnekleme oluşturan başmühendisler tarafından yanıtlanan anket formları incelenmiş olup eksik ya da hatalı doldurulmuş bir anket formunun mevcut olmaması sebebiyle anketlerin tamamı değerlendirilmeye alınmıştır. Bu sebeple 66 adet anket formu geçerli olarak kabul edilmiştir. Geçerli anket formları incelendikten sonra veri ve bilgiler kodlanmış ve analize hazır hale getirilmiştir.

Saha araştırması sonucu elde edilen veriler SPSS 18.0 (Sosyal Bilimler İçin İstatistik Paket Programı) paket programında elektronik ortama alınmış ve analiz edilmiştir. Saha araştırması analizlerinde öncelikli olarak güvenilirlik analizleri kapsamında veri toplama aracı için iç tutarlılık analizi gerçekleştirilmiş ve cronbach alfa değerleri incelenmiştir. Daha sonra karşılaştırmalı analizler için t testi analizi, profil soruları kısmı için ise frekans dağılımı, ortalama ve standart sapma testleri gerçekleştirilmiştir.

4.3.6.3.1. Güvenilirlik Analizi

Çalışmada Cronbach Alpha (α) güvenilirlik ölçütü kullanılmıştır. Cronbach Alfa katsayısı, ölçekte yer alan k maddenin varyansları toplamının genel varyansa ortalaması ile bulunan ve 0 ile 1 arasında değerler alan bir ağırlıklı standart değişim ortalamasıdır. Alfa katsayısının bulunabileceği aralıklar ve buna bağlı olarak da ölçeğin güvenilirlik durumu aşağıda verilmiştir (Özdamar, 2004). Tablo 62’de Cronbach Alpha (α) değeri için güvenilirlik aralıkları verilmiştir.

Tablo 64 : Cronbach Alpha (α) değeri Güvenilirlik Aralığı

Katsayı	Güvenilirlik
$0,00 \leq \alpha < 0,40$	Ölçek güvenilir değildir.
$0,40 \leq \alpha < 0,60$	Ölçek düşük güvenilirliktedir.
$0,60 \leq \alpha < 0,80$	Ölçek oldukça güvenilirdir.
$0,80 \leq \alpha < 1,00$	Ölçek yüksek derecede güvenilirdir.

Kaynak: Özdamar,2004

Anket sonuçlarına katılımcıların verdiği cevaplar Cronbach Alfa güvenilirlik analizi kullanılarak test edilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 63’de gösterilmektedir.

Tablo 65 : Ölçeklerin Güvenilirlik Analizleri (Cronbach Alfa)

Bölüm	Değişkenler	Değişken Sayısı	n (geçerli)	Cronbach Alfa (α)
ANKET		44	64	,939
1	Operasyonel Değişkenlerin Etkileri	16	64	,916
2	Mevzuat Değişkenlerinin Etkileri	9	66	,836
3	Ekonomik Değişkenlerin Etkileri	11	66	,899
4	Çevre Değişkenlerinin Etkileri	8	66	,725

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Güvenilirlik analizleri sonucunda anketin bütününe yönelik güvenilirliğe ilişkin cronbach alfa değeri **0,939** olarak hesaplanmıştır. Veri toplama formuna ait alt bölümlerin güvenilirlik analizlerinde ise, birinci bölüm olan “Operasyonel Değişkenlerin Etkileri” güvenilirlik değeri **0,916**, ikinci bölüm olan “Mevzuat Değişkenlerinin Etkileri” **0,836**, üçüncü bölüm “Ekonomik Değişkenlerin Etkileri” **0,899**, dördüncü bölüm “Çevresel Değişkenlerin Etkileri” **0,725** olarak hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlara göre kullanılan ölçeğin güvenilir olduğu görülmektedir.

4.3.4.3.2. Profil Özelliklerine İlişkin Analiz ve Bulgular

Saha araştırmasına katılan **66** başmühendise ait genel bilgiler yaş, eğitim durumu, toplam başmühendislik ve deniz tecrübesi, çalışmakta oldukları kurum ve

görevleri, genelde ve şu anda çalıştıkları gemi tipleri frekans dağılımları incelenmiş ve Tablo 64’de sunulmuştur.

Katılımcıların yaş ortalaması incelendiğinde, ortalamanın 40,9 yaş olduğu görülmektedir. En genç katılımcı 31 ve en yaşlı katılımcı 68 yaşındadır. 8 katılımcı (% 12,5) 33 yaşındadır, 6 Katılımcı (% 9,4) 38 ve 6 katılımcı (% 9,4) 41 yaşındadır.

Tablo 66 : Araştırmaya Katılan Başmühendislerin Yaş Profili

No	Yaş	n	%	No	Yıl	n	%
1	31	1	1,6	13	43	6	9,4
2	32	2	3,1	14	44	2	3,1
3	33	8	12,5	15	45	1	1,6
4	34	3	4,7	16	46	1	1,6
5	35	3	4,7	17	48	2	3,1
6	36	3	4,7	18	49	1	1,6
7	37	1	1,6	19	51	1	1,6
8	38	6	9,4	20	52	2	3,1
9	39	4	6,3	21	55	2	3,1
10	40	4	6,3	22	57	1	1,6
11	41	6	9,4	23	60	1	1,6
12	42	2	3,1	24	68	1	1,6
Toplam						64	100

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 65’de görüldüğü gibi araştırmaya katılan başmühendislerin eğitim durumu incelendiğinde, katılımcıların büyük çoğunluğunun fakülte ya da dört yıllık meslek yüksek okulu mezunu oldukları görülmektedir. 55 katılımcı (%87,3) fakülte/yüksek okul mezunu, 3 katılımcı (%4,8) meslek yüksek okulu, 3 katılımcı (%4,8) lise ve 2 katılımcı (%3,2) Deniz Harp Okulu mezunudur. Araştırmaya katılan 3 kişi Lise, 3 kişi M.Y.O. mezunu olup gemide başmühendis değil baş makinist yeterliliği ile görev yapmaktadırlar.

Tablo 67 : Araştırmaya Katılan Başmühendislerin Eğitim Durumu

No	Gemi tipi	n	(%)
1	Lise	3	4,8
2	Meslek Yüksek Okulu	3	4,8
3	Deniz Harp Okulu	2	3,2
4	Fakülte/Y.O.	55	87,3
5	Yüksek Lisans	0	0
	Toplam	63	100

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 66'ya göre araştırmaya katılan başmühendislerin ortalama deniz tecrübeleri 15,85 yıl olarak tespit edilmiştir. En çok 13 katılımcının (%19,7) 10 yıl ve 5 katılımcının (%7,6) 9 yıl deniz tecrübesine sahip oldukları görülmektedir. 66 katılımcı da 58 tanesinin (87,8) deniz tecrübesi 10 yıl ve üstündedir.

Tablo 68 : Araştırmaya Katılan Başmühendislerin Toplam Deniz Tecrübesi

No	Yıl	n	%	No	Yıl	n	%
1	6	1	1,5	13	18	4	6,1
2	7	1	1,5	14	19	2	3,0
3	8	1	1,5	15	20	4	6,1
4	9	5	7,6	16	21	3	4,5
5	10	13	19,7	17	22	1	1,5
6	11	4	6,1	18	23	2	3,0
7	12	1	1,5	19	24	1	1,5
8	13	3	4,5	20	26	2	3,0
9	14	4	6,1	21	30	1	1,5
10	15	4	6,1	22	33	1	1,5
11	16	2	3,0	23	35	1	1,5
12	17	4	6,1	24	44	1	1,5
Toplam						66	100

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Katılımcıların toplam başmühendislik süreleri Tablo 67'de görülmektedir. Katılımcıların ortalama başmühendislik süreleri 6,7 yıl olarak bulunmuştur. Katılımcılar 1-40 yıl arasında başmühendislik tecrübesine sahiptir. Araştırmaya

katılan 13 katılımcı (%19,7) 2 yıl, 6 katılımcı (%9,1) 3 yıl, 6 katılımcı (%9,1) 4 yıl ve 6 katılımcı (%9,1) da 7 yıllık başmühendislik tecrübesine sahiptir.

Tablo 69 : Araştırmaya Katılan Başmühendislerin Toplam Başmühendislik Süresi

No	Yıl	n	%	No	Yıl	n	%
1	1	5	7,6	10	10	3	4,5
2	2	13	19,7	11	12	2	3,0
3	3	6	9,1	12	12	1	1,5
4	4	6	9,1	13	14	4	6,1
5	5	8	12,1	14	18	1	1,5
6	6	2	3,0	15	22	1	1,5
7	7	6	9,1	16	25	1	1,5
8	8	5	7,6	17	40	1	1,5
9	9	1	1,5	Toplam		66	100

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Genelde çalışılmış olan gemi tipleri Tablo 68’de gösterilmiştir. Katılımcıların en çok çalıştığı gemi tipleri arasında en büyük paya dökme yük, daha sonra tanker tipi gemiler sahiptir. Genelde çalışılan gemi tipleri sırasıyla 31 adet (% 36,4) dökme yük, 24 adet tanker (% 28,2), 15 adet konteyner (% 17,6), 9 adet (% 10,5) diğer ve 6 adet (% 7) kuru yük bulunmaktadır.

Tablo 70 : Genelde Çalışılmış Olan Gemi Tipleri

No	Gemi tipi	n	(%)
1	Kuru Yük	6	7
2	Tanker	24	28,2
3	Konteyner	15	17,6
4	DökmeYük	31	36,4
5	Diğer	9	10,5
	Toplam	85	100

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Katılımcıların şu an çalıştığı gemi tipleri arasında en büyük paya konteyner, daha sonra dökme yük gemiler sahiptir. Şu an çalışılan gemi tipleri sırasıyla 15 adet konteyner (% 41,6), 12 adet (% 33,3) dökme yük, 5 adet (% 13,8) diğer, 3 adet

tanker (% 8,3), ve 1 adet (% 2,7) kuru yük bulunmaktadır. Şu an çalışılan gemi tipleri Tablo 69’da gösterilmiştir.

Tablo 71 : Şu An Çalışılan Gemi Tipi

No	Gemi tipi	n	(%)
1	Kuru Yük	1	2,7
2	Tanker	3	8,3
3	Konteyner	15	41,6
4	DökmeYük	12	33,3
5	Diğer	5	13,8
	Toplam	36	100

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

4.3.4.3.3. Yardımcı Gemi Makinelerinde Yakıt Olarak Biyodizelin Tercihini Etkileyen Değişkenlere İlişkin Bulgular

Bu bölümde 66 başmühendisin katılımı ile yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen 44 değişkenin önem düzeyini belirlemek için yapılan çalışmanın, ortalamaları ve standart sapmalarını içeren tanımlayıcı istatistikleri yer almaktadır.

4.3.4.3.3.1. Operasyonel Değişkenlerin Etkilerine İlişkin Bulgular

Veri formunun 16 sorudan oluşan ilk bölümünde, yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen operasyonel değişkenlerin önem dereceleri sorulmuştur. Sonuçlara ait ortalama ve standart sapmalar Tablo 70’de gösterilmiştir. Bu bölümün genel ortalaması 5’li ölçekte 3,678 olmuştur. Tablo 70’de görüldüğü gibi operasyonel değişkenlerin içerisinde biyodizelin tercihinde en etkili görülen değişkenler 4,12 ortalama ile “ yakıt sızıntılarında daha az tehdit oluşturması”, 4,07 ortalama ile 3,98 ortalama ile “yakıt fiyatı” ve “emisyon sınırlamalarına uyum” olmuştur.

Tablo 72 : Operasyonel Değişkenlerin Etkilerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

No	Operasyonel Değişkenlerin Etkileri	Sayı (n)	Ortalama	Standart Sapma
1	Yakıt performansı	66	3,7273	1,2594
2	Yakıt fiyatları	66	4,0758	1,0998
3	Özgül yakıt harcamasının yüksekliği	66	3,6667	1,1140
4	Makine bakım aralığı	66	3,6818	1,1788
5	Bakım-tutum maliyetleri	66	3,8182	1,1623
6	Yağlama performansı	65	3,6923	,9830
7	Makinede modifikasyon ihtiyacı	66	3,5455	1,1660
8	Emisyon sınırlamalarına uyum	66	3,9848	,9844
9	Viskozitenin yüksekliği	66	3,4394	,8966
10	Fosil yakıtlarla karıştırılabilirliği	66	3,7273	,9206
11	Yakıt sızıntılarında daha az çevresel tehdit oluşturması	66	4,1212	,7749
12	Emniyetli depolama koşulları	66	3,7424	1,0423
13	Makine üreticilerinin garanti koşullarının yakıt olarak biyodizeli kapsamı	66	3,3182	,9633
14	Tekne makine sigorta koşullarına uygun olması	66	3,4615	,8116
15	Biyodizelin bulunabilirliği	66	3,3182	1,1254
16	Deniz biyodizel standartlarının oluşturulması	66	3,5303	,7279

5’li aralıklı ölçek: 1:Kesinlikle Katılmıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

4.3.4.3.3.2. Mevzuat Değişkenlerinin Etkilerine İlişkin Bulgular

Veri formunun 9 sorudan oluşan ikinci bölümünde, yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen mevzuat değişkenlerinin önem dereceleri sorulmuştur. Sonuçlara ait ortalama ve standart sapmalar Tablo 71’de gösterilmiştir. Bu bölümün genel ortalaması 5’li ölçekte 3,652 olmuştur. Tablo 71’de görüldüğü gibi mevzuat değişkenlerinin içerisinde biyodizelin tercihinde etkili görülen değişkenler 4,03 ortalama ile “IMO MARPOL SOx emisyonu sınırlamaları” ve 3,90 ortalama ile “IMO MARPOL NOx emisyonu sınırlamaları” olmuştur.

Tablo 73 : Mevzuat Değişkenlerinin Etkilerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

No	Mevzuat Değişkenlerinin Etkileri	Sayı (n)	Ortalama	Standart Sapma
1	IMO MARPOL NOx emisyonu sınırlamaları	66	3,9091	,8176
2	IMO MARPOL SOx emisyonu sınırlamaları	66	4,0303	,7226
3	IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) kuralları	66	3,6970	,8407
4	AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) enerji verimliliği kuralları	66	3,5152	,6138
5	AB RED yenilenebilir kaynak kullanımı önerileri	66	3,4394	,5852
6	Vergi uygulamalarının biyodizel fiyatlarına etkisi	66	3,5455	,7271
7	Teşviklerin biyodizel fiyatlarına etkisi	66	3,5606	,6593
8	Uluslararası biyodizel yakıt standartları	66	3,5303	,5876
9	Türkiye’de yakıt içindeki biyodizelin Ö.T.V.’den muaf tutulması	66	3,6515	,9029

5’li aralıklı ölçek: 1:Kesinlikle Katılmıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

4.3.4.3.3. Ekonomik Değişkenlerinin Etkilerine İlişkin Bulgular

Veri formunun 11 sorudan oluşan üçüncü bölümünde, yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen ekonomik değişkenlerinin önem dereceleri sorulmuştur. Sonuçlara ait ortalama ve standart sapmalar Tablo 72’de gösterilmiştir. Bu bölümün genel ortalaması 5’li ölçekte 3,743 olmuştur. tabloda görüldüğü gibi ekonomik değişkenlerin içerisinde biyodizelin tercihinde etkili görülen değişkenler 4,166 ortalama ile “enerji maliyetleri” ve 4,015 ortalama ile “makine bakım tutum maliyetleri” olmuştur.

Tablo 74 : Ekonomik Değişkenlerin Etkilerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

No	Ekonomik Değişkenlerin Etkileri	Sayı (n)	Ortalama	Standart Sapma
1	Makine bakım tutum maliyetleri	66	4,0152	1,0302
2	Enerji maliyetleri	66	4,1667	,8872
3	Biyodizel hammadde fiyatları	66	3,7879	,9201
4	Fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına etkisi	66	3,5758	,8424
5	Tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler	66	3,5303	,6843
6	Tarım ürünlerinin fiyatlarındaki değişimler	66	3,5303	,6615
7	Kırsal bölgelerde yaratılacak istihdama olanakları	66	3,8939	,6593
8	Biyodizel yan ürünlerinin ekonomik katkısı	66	3,6667	,6405
9	Biyodizel hammadde üretimindeki artış	66	3,6667	,7089
10	Biyodizelin enerjide dış kaynak bağımlılığını azaltması	66	3,8030	1,0110
11	Türkiye’de atıl biyodizel tesislerinin değerlendirilmesi	66	3,5455	,8975

5’li aralıklı ölçek: 1:Kesinlikle Katılmıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

4.3.4.3.3.4. Çevre Değişkenlerinin Etkilerine İlişkin Bulgular

Veri formunun 8 sorudan oluşan dördüncü bölümünde, yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen ekonomik değişkenlerinin önem dereceleri sorulmuştur. Sonuçlara ait ortalama ve standart sapmalar Tablo 73’de gösterilmiştir. Bu bölümün genel ortalaması 5’li ölçekte 3,603 olmuştur. tabloda görüldüğü gibi ekonomik değişkenlerin içerisinde biyodizelin tercihinde etkili görülen değişkenler 4,257 ortalama ile “daha az karbon gazı emisyonuna sebep olması” ve 4,227 ortalama ile “daha az SO_x gazı emisyonuna sebep olması” ve 4,151 ortalama ile “yenilenebilir enerji kaynağı olması “ olmuştur.

Tablo 75 : Çevre Değişkenlerinin Etkilerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

No	Çevre Değişkenlerinin Etkileri	Sayı (n)	Ortalama	Standart Sapma
1	Yenilenebilir enerji kaynağı olması	66	4,1515	,5882
2	Daha az karbon gazı emisyonuna sebep olması	66	4,2576	,6155
3	Daha az SOx gazı emisyonuna sebep olması	66	4,2273	,6275
4	NOx sera gazı emisyonunun fosil yakıtlardan yüksek olması	66	3,6212	1,0343
5	Tarımsal üretim alanlarının sınırlı olması	66	3,3485	,9526
6	Tarımsal üretimde çeşitliliğin azalması tehlikesi	66	3,1667	,8518
7	Biyodizel üretiminin su kaynaklarında kirlenmeye neden olması	66	3,0000	,7845
8	Tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi	66	3,0606	,8390

'5'li aralıklı ölçek: 1:Kesinlikle Katılmıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

4.3.4.3.4. Yardımcı Gemi Makinelerinde Yakıt Olarak Biyodizelin Tercihini Etkileyen Etkenlere İlişkin Karşılaştırmalı Analizler: Hipotez Testleri

Saha araştırmasında test edilmek üzere belirlenen 4 adet ana hipotez oluşturulmuştur. Araştırmada 4 ana hipotez kapsamında alt hipotezler oluşturulmuştur. Saha araştırmasında amaçlara ulaşmak için geliştirilen hipotezler **Tablo 74'de** listelenmiştir.

Tablo 76 : Saha Araştırmasının Ana ve Alt Hipotezleri

Hipotezler	
H₁	Başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algıları görevlerine göre farklılık göstermektedir.
H _{1.1.1} - H _{1.1.16}	Başmühendislerin biyodizelin operasyonel değişkenler konusundaki algıları görevlerine göre farklılık göstermektedir.
H _{1.2.1} - H _{1.2.9}	Başmühendislerin biyodizelin mevzuat değişkenleri konusundaki algıları görevlerine göre farklılık göstermektedir
H _{1.3.1} - H _{1.3.11}	Başmühendislerin biyodizelin ekonomik değişkenler konusundaki algıları görevlerine göre farklılık göstermektedir.
H _{1.4.1} - H _{1.4.8}	Başmühendislerin biyodizelin çevresel değişkenler konusundaki algıları görevlerine göre farklılık göstermektedir
H₂	Başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algıları yaşlarına göre farklılık göstermektedir.
H _{2.2.1} - H _{2.2.16}	Başmühendislerin biyodizelin operasyonel değişkenler konusundaki algıları yaşlarına göre farklılık göstermektedir.
H _{2.2.1} - H _{2.2.9}	Başmühendislerin biyodizelin mevzuat değişkenleri konusundaki algıları yaşlarına göre farklılık göstermektedir
H _{2.3.1} - H _{2.3.11}	Başmühendislerin biyodizelin ekonomik değişkenler konusundaki algıları yaşlarına göre farklılık göstermektedir.
H _{2.4.1} - H _{2.4.8}	Başmühendislerin biyodizelin çevresel değişkenler konusundaki algıları yaşlarına göre farklılık göstermektedir
H₃	Başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algıları toplam deniz tecrübelerine göre farklılık göstermektedir.
H _{3.1.1} - H _{3.1.16}	Başmühendislerin biyodizelin operasyonel değişkenler konusundaki algıları toplam deniz tecrübelerine göre farklılık göstermektedir.
H _{3.2.1} - H _{3.2.9}	Başmühendislerin biyodizelin mevzuat değişkenleri konusundaki algıları toplam deniz tecrübelerine göre farklılık göstermektedir
H _{3.3.1} - H _{3.3.11}	Başmühendislerin biyodizelin ekonomik değişkenler konusundaki algıları toplam deniz tecrübelerine göre farklılık göstermektedir.
H _{3.4.1} - H _{3.4.8}	Başmühendislerin biyodizelin çevresel değişkenler konusundaki algıları toplam deniz tecrübelerine göre farklılık göstermektedir
H₄	Başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algıları başmühendislik hizmet sürelerine göre farklılık göstermektedir.
H _{4.1.1} -H _{4.1.16}	Başmühendislerin biyodizelin operasyonel değişkenler konusundaki algıları başmühendislik hizmet sürelerine göre farklılık göstermektedir.
H _{4.2.1} - H _{4.2.9}	Başmühendislerin biyodizelin mevzuat değişkenleri konusundaki algıları başmühendislik hizmet sürelerine göre farklılık göstermektedir
H _{4.3.1} - H _{4.3.11}	Başmühendislerin biyodizelin ekonomik değişkenler konusundaki algıları başmühendislik hizmet sürelerine göre farklılık göstermektedir.
H _{4.4.1} - H _{4.4.8}	Başmühendislerin biyodizelin çevresel değişkenler konusundaki algıları başmühendislik hizmet sürelerine göre farklılık göstermektedir

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur

Araştırmada katılımcı başmühendislere ait yaş, görev, başmühendislik tecrübeleri, deniz tecrübeleri gibi bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenlere (operasyonel değişkenler, mevzuat değişkenleri, ekonomik değişkenler, çevre

değişkenleri) göre ortalamalarının karşılaştırılması hedeflendiğinden bağımsız örneklem t-testi yöntemi uygulanmıştır.

4.3.4.3.4.1. Başmühendislerin Yardımcı Gemi Makinelerinde Yakıt Olarak Biyodizelin Tercihini Etkileyen Değişkenler Konusundaki Algılarının Görevlerine Göre Karşılaştırılması

Araştırmanın örneklemini olarak belirlenmiş **66 Başmühendisin (35 gemi adamı, 31 enspektör ve teknik müdür)** belirlenen etkenlere yönelik algılarındaki farklılıkların tespiti amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik belirlenmiş ana hipotez ve alt hipotezlerin testi gerçekleştirilmiştir. Ana hipotez olarak bu bölüme yönelik algılardaki farklılıkları tespit etmek amacıyla aşağıda belirtilen **Hipotez 1** geliştirilmiştir. Hipotez 1 ışığında toplam 4 ana alt hipotez ve 44 adet alt hipotez oluşturulmuştur. İlk hipotezde gemide çalışan başmühendisler ile denizcilik şirketlerinin ofislerinde çalışan başmühendislerin algılarındaki farklılıkların ölçülmesi amaçlanmıştır.

H₁: Başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algıları görevlerine göre farklılık göstermektedir.

Ana hipotez ışığında oluşturulan alt hipotezlere ait analiz sonuçları Tablo 75’de verilmektedir. Tablo incelendiğinde “operasyonel değişkenlerin etkileri” bölümündeki değişkenlerin önem seviyelerine yönelik başmühendislerin algılarında anlamlı farklılıklar olduğu göze çarpmaktadır. “Operasyonel değişkenlerin etkileri” değişkenleri için oluşturulan toplam 16 alt hipotezin **3’ünün desteklendiği** görülmektedir. Tablo 75’de gösterildiği üzere araştırmada operasyonel değişkenler için; **H_{1.1.3}** “özellik yakıt harcamasının yüksekliği”, **H_{1.1.9}** “viskozitenin yüksekliği”, **H_{1.1.10}** “fosil yakıtlarla karıştırılabilirliği” değişkenlerinin ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadelerin önem seviyeleri konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri

dikkate alındığında sırasıyla birinci ve ikinci ifadeleri teknik müdür/enspektörlerin, üçüncü ifadeyi başmühendislerin daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Mevzuat değişkenleri için oluşturulan toplam 9 alt hipotezin **5'inin desteklendiği** görülmektedir. Tablo 75'de gösterildiği üzere araştırmada mevzuat değişkenleri için; **H_{1.2.4}** “AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) enerji verimliliği kuralları”, **H_{1.2.6}** “vergi uygulamalarının fiyata etkisi”, **H_{1.2.7}** “teşviklerin fiyata etkisi”, **H_{1.2.8}** “uluslar arası yakıt standartları”, **H_{1.2.9}** “Ö.T.V.’den muaf tutulması” değişkenlerinin ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadelerin önem seviyeleri konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri dikkate alındığında başmühendislerin bu değişkenleri daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Ekonomik değişkenler için oluşturulan toplam 11 alt hipotezin **4'ünün desteklendiği** görülmektedir. Tablo 75'de gösterildiği üzere araştırmada ekonomik değişkenler için; **H_{1.3.7}** “ kırsal bölgelerde yaratılacak istihdama olanakları ”, **H_{1.3.8}** “ yan ürünlerin ekonomik katkısı ”, **H_{1.3.9}** “ hammadde üretimindeki artış”, **H_{1.3.11}** “ Türkiye’de atıl biyodizel tesislerinin değerlendirilmesi” değişkenlerinin ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadelerin önem seviyeleri konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri dikkate alındığında başmühendislerin bu değişkenleri daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Çevresel değişkenler için oluşturulan toplam 8 alt hipotezin **birinin desteklendiği** görülmektedir. Tablo 75'de gösterildiği üzere araştırmada çevresel değişkenler için; **H_{1.4.4}** “NO_x emisyonunun yüksekliği” değişkeninin ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadenin önem seviyesi konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri dikkate alındığında teknik müdür/enspektörlerin bu değişkeni daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Tablo 77 : Saha Araştırmasının Ana ve Alt Hipotezleri, H₁

H_{1.1} Başmühendislerin biyodizelin operasyonel değişkenleri konusundaki algıları görevlerine göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort.¹	T²	P³	Çift Kuyruk	Sonuç
H_{1.1.1}: Başmühendisler “yakıt performansı” değişkenini farklı değerlendirir.	3.46	-1.888	.308	.064	Reddedildi
	4.03	-1.899		.062	
H_{1.1.2}: Başmühendisler “yakıt fiyatları” değişkenini farklı değerlendirir	3.97	-.817	.940	.417	Reddedildi
	4.19	-.819		.416	
H_{1.1.3}: Başmühendisler “özellik yakıt harcamasının yüksekliği” değişkenini farklı değerlendirir	3.34	-2.620	.482	.011	Desteklendi
	4.03	-2.634		.011	
H_{1.1.4}: Başmühendisler “makine bakım aralığı” değişkenini farklı değerlendirir .	3.46	-1.668	.705	.100	Reddedildi
	3.94	-1.669		.100	
H_{1.1.5}: Başmühendisler “bakım tutum maliyetleri” değişkenini farklı değerlendirir	3.63	-1.419	.691	.161	Reddedildi
	4.03	-1.421		.160	
H_{1.1.6}: Başmühendisler “yağlama performansı” değişkenini farklı değerlendirir	3.56	-1.149	.494	.255	Reddedildi
	3.84	-1.143		.257	
H_{1.1.7}: Başmühendisler “ modifikasyon ihtiyacı” değişkenini farklı değerlendirir	3.29	-1.965	.062	.054	Reddedildi
	3.84	-1.997		.050	
H_{1.1.8} : Başmühendisler “emisyon sınırlamalarına uyum ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.97	-.117	.623	.907	Reddedildi
	4.00	-.119		.906	
H_{1.1.9} : Başmühendisler “ viskozite” değişkenini farklı değerlendirir	3.20	-2.387	.220	.020	Desteklendi
	3.71	-2.425		.018	
H_{1.1.10} : Başmühendisler “fosil yakıtlarla karıştırılabilirliği” değişkenini farklı değerlendirir	3.97	2.369	.898	.021	Desteklendi
	3.45	2.393		.020	
H_{1.1.11} : Başmühendisler “yakıt sızıntılarında çevresel tehdit ” değişkenini farklı değerlendirir	4.20	.876	.129	.384	Reddedildi
	4.03	.885		.379	
H_{1.1.12}: Başmühendisler “emniyetli depolama ” değişkenini farklı değerlendirir	3.77	.238	.758	.812	Reddedildi
	3.71	.240		.811	
H_{1.1.13} : Başmühendisler “üretici firma garanti koşulları ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.23	-.801	.555	.426	Reddedildi
	3.42	-.808		.422	
H_{1.1.14} : Başmühendisler “tekne makine sigorta koşulları ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.50	.398	.684	.692	Reddedildi
	3.42	.396		.693	
H_{1.1.15} : Başmühendisler “bulunabilirlik” değişkenini farklı değerlendirir	3.14	-1.353	.057	.181	Reddedildi
	3.52	-1.374		.174	
H_{1.1.16} : Başmühendisler “deniz standartları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.63	1.169	.820	.247	Reddedildi
	3.42	1.170		.246	

H _{1,2} Başmühendislerin biyodizelin mevzuat değişkenleri konusundaki algıları görevlerine göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort. ¹	T ²	P ³	Çift Kuyruk	Sonuç
H _{1,2,1} : Başmühendisler “NO _x emisyonu sınırlamaları” değişkenini farklı değerlendirir.	3.83	-.848	.003	.399	Reddedildi
	4.00	-.869		.388	
H _{1,2,2} : Başmühendisler “SO _x emisyonu sınırlamaları” değişkenini farklı değerlendirir	4.00	-.360	.013	.720	Reddedildi
	4.06	-.371		.712	
H _{1,2,3} : Başmühendisler “IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi(EEDI) kuralları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.57	-1.296	.028	.200	Reddedildi
	3.84	-1.321		.191	
H _{1,2,4} : Başmühendisler “AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) enerji verimliliği kuralları” değişkenini farklı değerlendirir .	3.66	2.045	.021	.045	Desteklendi
	3.35	2.087		.041	
H _{1,2,5} : Başmühendisler “ AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) kaynak kullanımı önerileri” değişkenini farklı değerlendirir	3.54	1.542	.009	.128	Reddedildi
	3.32	1.572		.121	
H _{1,2,6} : Başmühendisler “vergi uygulamalarının fiyata etkisi” değişkenini farklı değerlendirir	3.77	2.823	.026	.006	Desteklendi
	3.29	2.918		.005	
H _{1,2,7} : Başmühendisler “ teşviklerin fiyata etkisi” değişkenini farklı değerlendirir	3.83	3.866	.295	.000	Desteklendi
	3.26	3.926		.000	
H _{1,2,8} : : Başmühendisler “uluslar arası yakıt standartları” değişkenini farklı değerlendirir .	3.77	3.913	.157	.000	Desteklendi
	3.26	3.983		.000	
H _{1,2,9} : : Başmühendisler “Ö.T.V.’den muaf tutulması” değişkenini farklı değerlendirir	4.09	4.805	.431	.000	Desteklendi
	3.16	4.837		.000	
H _{1,3} Başmühendislerin biyodizelin ekonomik değişkenleri konusundaki algıları görevlerine göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort. ¹	T ²	P ³	Çift Kuyruk	Sonuç
H _{1,3,1} : Başmühendisler “makine bakım tutum maliyetleri ” değişkenini farklı değerlendirir.	3.86	-1.332	.912	.188	Reddedildi
	4.19	-1.333		.187	
H _{1,3,2} : Başmühendisler “enerji maliyetleri” değişkenini farklı değerlendirir	4.06	-1.067	.524	.290	Reddedildi
	4.29	-1.070		.289	
H _{1,3,3} : Başmühendisler “hammadde fiyatları” değişkenini farklı değerlendirir	3.69	-.958	.200	.342	Reddedildi
	3.90	-.968		.337	
H _{1,3,4} : Başmühendisler “ fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.57	-.044	.431	.965	Reddedildi
	3.58	-.045		.965	
H _{1,3,5} : Başmühendisler “ tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler ” değişkenini farklı değerlendirir	3.63	1.245	.008	.218	Reddedildi
	3.42	1.279		.206	
H _{1,3,6} : Başmühendisler “ tarım ürünlerinin fiyatlarındaki değişmeler ” değişkenini farklı değerlendirir	3.66	1.678	.031	.098	Reddedildi
	3.39	1.721		.090	

H_{1.3.7}: Başmühendisler “ kırsal bölgelerde yaratılacak istihdama olanakları ” değişkenini farklı değerlendirir	4.11	3.066	.339	.003	Desteklendi
	3.65	3.073		.003	
H_{1.3.8}: Başmühendisler “ yan ürünlerin ekonomik katkısı ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.83	2.249	.706	.028	Desteklendi
	3.48	2.294		.025	
H_{1.3.9}: Başmühendisler “ hammadde üretimindeki artış” değişkenini farklı değerlendirir	3.83	2.017	.799	.048	Desteklendi
	3.48	2.039		.046	
H_{1.3.10}: Başmühendisler “ dış kaynak bağımlılığını azaltması ” değişkenini farklı değerlendirir	4.00	1.706	.660	.093	Reddedildi
	3.58	1.714		.091	
H_{1.3.11}: Başmühendisler “ Türkiye’de atıl biyodizel tesislerinin değerlendirilmesi ” değişkenini farklı değerlendirir	3.77	2.239	.256	.029	Desteklendi
	3.29	2.265		.027	
H_{1.4} Başmühendislerin biyodizelin çevresel değişkenleri konusundaki algıları görevlerine göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort.¹	T²	P³	Çift Kuyruk	Sonuç
H_{1.4.1}: Başmühendisler “yenilenebilir enerji kaynağı” değişkenini farklı değerlendirir.	4.14	-.126	.250	.900	Reddedildi
	4.16	-.128		.899	
H_{1.4.2}: Başmühendisler “karbon gazı emisyonu ” değişkenini farklı değerlendirir	4.29	.392	.369	.696	Reddedildi
	4.23	.396		.693	
H_{1.4.3}: Başmühendisler “SO _x emisyonu” değişkenini farklı değerlendirir	4.20	-.373	.214	.711	Reddedildi
	4.26	-.380		.705	
H_{1.4.4}: Başmühendisler “ NO _x emisyonu” değişkenini farklı değerlendirir .	3.31	-2.681	.006	.009	Desteklendi
	3.97	-2.737		.008	
H_{1.4.5}: Başmühendisler “tarımsal üretim alanlarının sınırlı olması” değişkenini farklı değerlendirir	3.29	-.566	.557	.573	Reddedildi
	3.42	-.568		.572	
H_{1.4.6}: Başmühendisler “tarımsal üretimde çeşitliliğin azalması” değişkenini farklı değerlendirir	3.09	-.818	.052	.416	Reddedildi
	3.26	-.845		.402	
H_{1.4.7}: Başmühendisler su kaynaklarında kirlenmeye neden olması” değişkenini farklı değerlendirir	3.06	.626	.223	.534	Reddedildi
	2.94	.644		.522	
H_{1.4.8}: Başmühendisler “tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi” değişkenini farklı değerlendirir .	3.11	.549	.009	.585	Reddedildi
	3.00	.564		.575	

4.3.4.3.4.2. Başmühendislerin Yardımcı Gemi Makinelerinde Yakıt Olarak Biyodizelin Tercihini Etkileyen Değişkenler Konusundaki Algılarının Yaşlarına Göre Karşılaştırılması

Ana hipotez olarak bu bölüme yönelik algılardaki farklılıkları tespit etmek amacıyla aşağıda belirtilen **Hipotez 2** geliştirilmiştir. Hipotez 2 ışığında toplam 4 ana alt hipotez ve 44 adet alt hipotez oluşturulmuştur. İkinci hipotezde 40 yaşından genç başmühendisler ile 40 yaş üstü başmühendislerin algılarındaki farklılıkların ölçülmesi amaçlanmıştır.

H₂ : Başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algıları yaşlarına göre farklılık göstermektedir.

Ana hipotez ışığında oluşturulan alt hipotezlere ait analiz sonuçları Tablo 76’da verilmektedir. Tablo incelendiğinde “operasyonel değişkenlerin etkileri” bölümündeki değişkenlerin önem seviyelerine yönelik başmühendislerin algılarında anlamlı farklılıklar olduğu göze çarpmaktadır. “Operasyonel değişkenlerin etkileri” değişkenleri için oluşturulan toplam 16 alt hipotezin **2’sinin desteklendiği** görülmektedir. Tablo 76’da gösterildiği üzere araştırmada operasyonel değişkenler için; **H_{2.1.16}** “deniz standartları” ve **H_{2.1.14}** “tekne makine sigorta koşulları” değişkenlerinin ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadelerin önem seviyeleri konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri dikkate alındığında her iki değişkeni de 40 yaş üstü başmühendislerin daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Mevzuat değişkenleri için oluşturulan toplam 9 alt hipotezin **tamamının reddedildiği** görülmektedir.

Ekonomik değişkenler için oluşturulan toplam 11 alt hipotezin **3’ünün desteklendiği** görülmektedir. Tablo 76’da gösterildiği üzere araştırmada ekonomik değişkenler için; **H_{2.3.4}** “fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına”, **H_{2.3.5}** “ tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler ” ve **H_{2.3.6}** “tarım ürünlerinin fiyatlarındaki

değişmeler” değişkenlerinin ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadelerin önem seviyeleri konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri dikkate alındığında her üç değişkeni de 40 yaş üstü başmühendislerin daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Çevresel değişkenler için oluşturulan toplam 8 alt hipotezin **3’ünün desteklendiği** görülmektedir. Tablo 76’da gösterildiği üzere araştırmada çevresel değişkenler için; **H_{2.4.6}** “tarımsal üretimde çeşitliliğin azalması”, **H_{2.4.7}** “su kaynaklarında kirlenmeye neden olması” ve **H_{2.4.8}** “tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi” değişkenlerinin ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadenin önem seviyesi konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri dikkate alındığında 40 yaş üstü başmühendislerin bu değişkenleri daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Tablo 79 : Saha Araştırmasının Ana ve Alt Hipotezleri, H₂

H_{2.1}. Başmühendislerin biyodizelin operasyonel değişkenleri konusundaki algıları yaşlarına göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort.¹	T²	P³	Çift Kuyruk	Sonuç
H_{2.1.1}: Başmühendisler “yakıt performansı” değişkenini farklı değerlendirir.	3.58	-1.043	.189	.301	Reddedildi
	3.91	-1.050		.298	
H_{2.1.2}: Başmühendisler “yakıt fiyatları” değişkenini farklı değerlendirir	3.97	-1.012	.429	.316	Reddedildi
	4.24	-1.007		.318	
H_{2.1.3}: Başmühendisler “özellik yakıt harcamasının yüksekliği” değişkenini farklı değerlendirir	3.52	-1.316	.395	.193	Reddedildi
	3.88	-1.321		.191	
H_{2.1.4}: Başmühendisler “makine bakım aralığı” değişkenini farklı değerlendirir .	3.52	-1.010	.263	.316	Reddedildi
	3.82	-1.015		.314	
H_{2.1.5}: Başmühendisler “bakım tutum maliyetleri” değişkenini farklı değerlendirir	3.61	-1.319	.292	.192	Reddedildi
	4.00	-1.315		.193	
H_{2.1.6}: Başmühendisler “yağlama performansı” değişkenini farklı değerlendirir	3.68	-.164	.323	.871	Reddedildi
	3.72	-.164		.870	
H_{2.1.7}: Başmühendisler “ modifikasyon ihtiyacı” değişkenini farklı değerlendirir	3.48	-.624	.668	.535	Reddedildi
	3.67	-.624		.535	
H_{2.1.8}: : Başmühendisler “emisyon sınırlamalarına uyum ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.90	-.509	.999	.612	Reddedildi
	4.03	-.512		.610	

H_{2.1.9} : Başmühendisler “viskozite” değişkenini farklı değerlendirir	3.35	-992	.320	.325	Reddedildi
	3.58	-998		.322	
H_{2.1.10} : Başmühendisler “fosil yakıtlarla karıştırılabilmesi” değişkenini farklı değerlendirir	3.61	-758	.307	.452	Reddedildi
	3.79	-763		.448	
H_{2.1.11} : Başmühendisler “yakıt sızıntılarında çevresel tehdit ” değişkenini farklı değerlendirir	4.10	-621	.693	.537	Reddedildi
	4.21	-621		.537	
H_{2.1.12} : Başmühendisler “emniyetli depolama ” değişkenini farklı değerlendirir	3.55	-1.269	.225	.209	Reddedildi
	3.88	-1.265		.211	
H_{2.1.13} : Başmühendisler “üretici firma garanti koşulları ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.13	-1.757	.032	.084	Reddedildi
	3.55	-1.772		.081	
H_{2.1.14} : Başmühendisler “tekne makine sigorta koşulları ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.26	-2.366	.522	.021	Desteklendi
	3.72	-2.370		.021	
H_{2.1.15} : Başmühendisler “bulunabilirlik” değişkenini farklı değerlendirir	3.19	-1.031	.830	.306	Reddedildi
	3.48	-1.031		.307	
H_{2.1.16} : Başmühendisler “deniz standartları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.32	-2.550	.730	.013	Desteklendi
	3.76	-2.557		.013	
H_{2.2}. Başmühendislerin biyodizelin mevzuat değişkenleri konusundaki algıları yaşlarına göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort.¹	T²	P³	Çift Kuyruk	Sonuç
H_{2.2.1} : Başmühendisler “NO _x emisyonu sınırlamaları” değişkenini farklı değerlendirir.	3.81	-795	.597	.430	Reddedildi
	3.97	-794		.430	
H_{2.2.2} : Başmühendisler “SO _x emisyonu sınırlamaları” değişkenini farklı değerlendirir	4.06	.521	.416	.604	Reddedildi
	3.97	.525		.602	
H_{2.2.3} : Başmühendisler “IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi(EEDI) kuralları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.77	.518	.196	.607	Reddedildi
	3.67	.522		.604	
H_{2.2.4} : Başmühendisler “AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) enerji verimliliği kuralları” değişkenini farklı değerlendirir .	3.45	-605	.894	.548	Reddedildi
	3.55	-605		.548	
H_{2.2.5} : Başmühendisler “ AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) kaynak kullanımı önerileri” değişkenini farklı değerlendirir	3.39	-458	.408	.649	Reddedildi
	3.45	-459		.648	
H_{2.2.6} : Başmühendisler “vergi uygulamalarının fiyata etkisi” değişkenini farklı değerlendirir	3.55	.180	.864	.858	Reddedildi
	3.52	.180		.858	
H_{2.2.7} : Başmühendisler “ teşviklerin fiyata etkisi” değişkenini farklı değerlendirir	3.48	-732	.312	.467	Reddedildi
	3.61	-728		.470	
H_{2.2.8} : Başmühendisler “uluslar arası yakıt standartları” değişkenini farklı değerlendirir .	3.48	-620	.604	.538	Reddedildi
	3.58	-621		.537	

H _{2.2.9} : : Başmühendisler “Ö.T.V.’den muaf tutulması” değişkenini farklı değerlendirir	3.45	-1.622	.916	.110	Reddedildi
	3.82	-1.624		.109	
H _{2.3} . Başmühendislerin biyodizelin ekonomik değişkenleri konusundaki algıları yaşlarına göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort. ¹	T ²	P ³	Çift Kuyruk	Sonuç
H _{2.3.1} : Başmühendisler “makine bakım tutum maliyetleri ” değişkenini farklı değerlendirir.	3.81	-1.568	.558	.122	Reddedildi
	4.21	-1.561		.124	
H _{2.3.2} : Başmühendisler “enerji maliyetleri” değişkenini farklı değerlendirir	4.00	-1.659	.228	.102	Reddedildi
	4.36	-1.639		.107	
H _{2.3.3} : Başmühendisler “hammadde fiyatları” değişkenini farklı değerlendirir	3.58	-1.839	.892	.071	Reddedildi
	4.00	-1.837		.071	
H _{2.3.4} : Başmühendisler “ fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.35	-2.088	.923	.041	Desteklendi
	3.79	-2.087		.041	
H _{2.3.5} : Başmühendisler “ tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler ” değişkenini farklı değerlendirir	3.29	-2.542	.067	.014	Desteklendi
	3.70	-2.567		.013	
H _{2.3.6} : Başmühendisler “ tarım ürünlerinin fiyatlarındaki değişmeler ” değişkenini farklı değerlendirir	3.29	-2.755	.121	.008	Desteklendi
	3.73	-2.781		.007	
H _{2.3.7} : Başmühendisler “ kırsal bölgelerde yaratılacak istihdama olanakları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.77	-1.198	.204	.235	Reddedildi
	3.97	-1.196		.236	
H _{2.3.8} : Başmühendisler “ yan ürünlerin ekonomik katkısı ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.58	-.904	.839	.370	Reddedildi
	3.73	-.906		.368	
H _{2.3.9} : Başmühendisler “ hammadde üretimindeki artış” değişkenini farklı değerlendirir	3.61	-.306	.655	.761	Reddedildi
	3.67	-.306		.760	
H _{2.3.10} : Başmühendisler “ dış kaynak bağımlılığını azaltması ” değişkenini farklı değerlendirir	3.87	.682	.946	.498	Reddedildi
	3.70	.682		.498	
H _{2.3.11} : Başmühendisler “ Türkiye’de atıl biyodizel tesislerinin değerlendirilmesi ” değişkenini farklı değerlendirir	3.55	.145	.471	.885	Reddedildi
	3.52	.145		.885	
H _{2.4} . Başmühendislerin biyodizelin çevresel değişkenleri konusundaki algıları yaşlarına göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort. ¹	T ²	P ³	Çift Kuyruk	Sonuç
H _{2.4.1} : Başmühendisler “yenilenebilir enerji kaynağı” değişkenini farklı değerlendirir.	4.06	-1.005	.026	.319	Reddedildi
	4.21	-1.012		.315	
H _{2.4.2} : Başmühendisler “karbon gazı emisyonu ” değişkenini farklı değerlendirir	4.26	-.093	.581	.926	Reddedildi
	4.27	-.094		.926	
H _{2.4.3} : Başmühendisler “SO _x emisyonu” değişkenini farklı değerlendirir	4.29	.679	.361	.500	Reddedildi
	4.18	.686		.496	

H_{2.4.4}: Başmühendisler “NO _x emisyonu” değişkenini farklı değerlendirir .	3.65	.263	.332	.794	Reddedildi
	3.58	.264			
H_{2.4.5}: Başmühendisler “tarımsal üretim alanlarının sınırlı olması” değişkenini farklı değerlendirir	3.16	-1.979	.020	.052	Reddedildi
	3.61	-1.999			
H_{2.4.6}: Başmühendisler “tarımsal üretimde çeşitliliğin azalması” değişkenini farklı değerlendirir	2.94	-2.649	.011	.010	Desteklendi
	3.45	-2.678			
H_{2.4.7}: Başmühendisler su kaynaklarında kirlenmeye neden olması” değişkenini farklı değerlendirir	2.81	-1.005	.026	.020	Desteklendi
	3.24	-1.012			
H_{2.4.8}: Başmühendisler “tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi” değişkenini farklı değerlendirir .	2.81	-.093	.581	.011	Desteklendi
	3.33	-.094			

4.3.4.3.4.3. Başmühendislerin Yardımcı Gemi Makinelerinde Yakıt Olarak Biyodizelin Tercihini Etkileyen Değişkenler Konusundaki Algılarının Toplam Deniz Tecrübelerine Göre Karşılaştırılması

Ana hipotez olarak bu bölüme yönelik algılardaki farklılıkları tespit etmek amacıyla aşağıda belirtilen **Hipotez 3** geliştirilmiştir. Hipotez 3 ışığında toplam 4 ana alt hipotez ve 44 adet alt hipotez oluşturulmuştur. Üçüncü hipotezde 15 yıldan az deniz tecrübesine sahip başmühendisler ile 15 yıldan fazla deniz tecrübesine sahip başmühendisler algılarındaki farklılıkların ölçülmesi amaçlanmıştır.

H₃: Başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algıları toplam deniz tecrübelerine göre farklılık göstermektedir.

Ana hipotez ışığında oluşturulan alt hipotezlere ait analiz sonuçları Tablo 77’de verilmektedir. Tablo incelendiğinde “operasyonel değişkenlerin etkileri” bölümündeki değişkenlerin önem seviyelerine yönelik başmühendislerin algılarında anlamlı farklılıklar olduğu göze çarpmaktadır. “operasyonel değişkenlerin etkileri” değişkenleri için oluşturulan toplam 16 alt hipotezin **tamamının reddedildiği** görülmüştür.

Mevzuat değişkenleri için oluşturulan toplam 9 alt hipotezin **3’ünün desteklendiği** görülmektedir. Tablo 77’de gösterildiği üzere araştırmada mevzuat değişkenleri için; **H_{3.2.1}** “NO_x emisyonu sınırlamaları”, **H_{3.2.2}** “SO_x emisyonu sınırlamaları” ve **H_{3.2.9}** “biyodizelin .T.V.’den muaf tutulması” değişkenlerinin ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadelerin önem seviyeleri konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri dikkate alındığında sırasıyla ilk iki değişkeni 15 yıldan az deniz tecrübesine sahip başmühendislerin, üçüncü değişkeni ise 15 yıldan fazla deniz tecrübesine sahip başmühendislerin daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Ekonomik değişkenler için oluşturulan toplam 11 alt hipotezin **3’ünün desteklendiği** görülmektedir. Tablo 77’de gösterildiği üzere araştırmada ekonomik değişkenler için; **H_{3.3.4}** “fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına etkisi ”, **H_{3.3.5}** “tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler ” ve **H_{3.3.6}** “tarım ürünlerinin fiyatlarındaki değişmeler” değişkenlerinin ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadelerin önem seviyeleri konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri dikkate alındığında 15 yıldan fazla deniz tecrübesine sahip başmühendislerin bu değişkenleri daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Çevresel değişkenler için oluşturulan toplam 8 alt hipotezin **1’inin desteklendiği** görülmektedir. Tablo 77’de gösterildiği üzere araştırmada çevresel değişkenler için; **H_{3.4.8}** “tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi” değişkeninin ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadenin önem seviyesi konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri dikkate alındığında 15 yıldan fazla deniz tecrübesine sahip başmühendislerin bu değişkeni daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Tablo 80 : Saha Araştırmasının Ana ve Alt Hipotezleri, H₃

H_{3.1}. Başmühendislerin biyodizelin operasyonel değişkenleri konusundaki algıları toplam deniz tecrübelerine göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort.¹	T²	P³	Çift Kuyruk	Sonuç
H_{3.1.1}: Başmühendisler “yakıt performansı” değişkenini farklı değerlendirir.	3.79	.388	.129	.699	Reddedildi
	3.67	.388		.699	
H_{3.1.2}: Başmühendisler “yakıt fiyatları” değişkenini farklı değerlendirir	4.03	-.333	.571	.740	Reddedildi
	4.12	-.333		.740	
H_{3.1.3}: Başmühendisler “özlük yakıt harcamasının yüksekliği” değişkenini farklı değerlendirir	3.48	-1.334	.887	.187	Reddedildi
	3.85	-1.334		.187	
H_{3.1.4}: Başmühendisler “makine bakım aralığı” değişkenini farklı değerlendirir .	3.61	-.519	.196	.605	Reddedildi
	3.76	-.519		.605	
H_{3.1.5}: Başmühendisler “bakım tutum maliyetleri” değişkenini farklı değerlendirir	3.73	-.632	.854	.529	Reddedildi
	3.91	-.632		.529	
H_{3.1.6}: Başmühendisler “yağlama performansı” değişkenini farklı değerlendirir	3.75	.463	.325	.645	Reddedildi
	3.64	.464		.644	
H_{3.1.7}: Başmühendisler “ modifikasyon ihtiyacı” değişkenini farklı değerlendirir	3.52	-.210	.931	.835	Reddedildi
	3.58	-.210		.835	
H_{3.1.8}: : Başmühendisler “emisyon sınırlamalarına uyum ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.88	-.874	.941	.386	Reddedildi
	4.09	-.874		.386	
H_{3.1.9}: : Başmühendisler “ viskozite” değişkenini farklı değerlendirir	3.39	-.409	.363	.684	Reddedildi
	3.48	-.409		.684	
H_{3.1.10}: : Başmühendisler “fosil yakıtlarla karıştırılabilirliği” değişkenini farklı değerlendirir	3.70	-.265	.711	.791	Reddedildi
	3.76	-.265		.791	
H_{3.1.11}: : Başmühendisler “yakıt sızıntılarında çevresel tehdit ” değişkenini farklı değerlendirir	4.09	-.315	.360	.753	Reddedildi
	4.15	-.315		.753	
H_{3.1.12}: Başmühendisler “emniyetli depolama ” değişkenini farklı değerlendirir	3.67	-.587	.834	.559	Reddedildi
	3.82	-.587		.559	
H_{3.1.13}: : Başmühendisler “üretici firma garanti koşulları ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.42	.893	.025	.375	Reddedildi
	3.21	.893		.376	
H_{3.1.14}: : Başmühendisler “tekne makine sigorta koşulları ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.45	-.070	.620	.944	Reddedildi
	3.47	-.070		.944	
H_{3.1.15}: : Başmühendisler “bulunabilirlik” değişkenini farklı değerlendirir	3.45	.984	.169	.329	Reddedildi
	3.18	.984		.329	

H _{3.1.16} : Başmühendisler “deniz standartları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.39	-1.538	.315	.129	Reddedildi
	3.67	-1.538		.129	
H _{3.2} . Başmühendislerin biyodizelin mevzuat değişkenleri konusundaki algıları toplam deniz tecrübelerine göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort. ¹	T ²	P ³	Çift Kuyruk	Sonuç
H _{3.2.1} : Başmühendisler “NO _x emisyonu sınırlamaları” değişkenini farklı değerlendirir.	4.12	2.167	.011	.034	Desteklendi
	3.70	2.167		.034	
H _{3.2.2} : Başmühendisler “SO _x emisyonu sınırlamaları” değişkenini farklı değerlendirir	4.21	2.097	.062	.040	Desteklendi
	3.85	2.097		.041	
H _{3.2.3} : Başmühendisler “IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi(EEDI) kuralları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.88	1.786	.025	.079	Reddedildi
	3.52	1.786		.079	
H _{3.2.4} : Başmühendisler “AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) enerji verimliliği kuralları” değişkenini farklı değerlendirir .	3.48	-.399	.951	.692	Reddedildi
	3.55	-.399		.692	
H _{3.2.5} : Başmühendisler “ AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) kaynak kullanımı önerileri” değişkenini farklı değerlendirir	3.36	-1.053	.197	.296	Reddedildi
	3.52	-1.053		.297	
H _{3.2.6} : Başmühendisler “vergi uygulamalarının fiyata etkisi” değişkenini farklı değerlendirir	3.58	.336	.935	.738	Reddedildi
	3.52	.336		.738	
H _{3.2.7} : Başmühendisler “ teşviklerin fiyata etkisi” değişkenini farklı değerlendirir	3.48	-.933	.283	.355	Reddedildi
	3.64	-.933		.355	
H _{3.2.8} : Başmühendisler “uluslar arası yakıt standartları” değişkenini farklı değerlendirir .	3.45	-1.048	.607	.298	Reddedildi
	3.61	-1.048		.298	
H _{3.2.9} : Başmühendisler “Ö.T.V.’den muaf tutulması” değişkenini farklı değerlendirir	3.42	-2.098	.073	.040	Desteklendi
	3.88	-2.098		.040	
H _{3.3} . Başmühendislerin biyodizelin ekonomik değişkenleri konusundaki algıları toplam deniz tecrübelerine göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort. ¹	T ²	P ³	Çift Kuyruk	Sonuç
H _{3.3.1} : Başmühendisler “makine bakım tutum maliyetleri ” değişkenini farklı değerlendirir.	4.03	.119	.592	.906	Reddedildi
	4.00	.119		.906	
H _{3.3.2} : Başmühendisler “enerji maliyetleri” değişkenini farklı değerlendirir	4.15	-.138	.333	.891	Reddedildi
	4.18	-.138		.891	
H _{3.3.3} : Başmühendisler “hammadde fiyatları” değişkenini farklı değerlendirir	3.61	-1.625	.714	.109	Reddedildi
	3.97	-1.625		.109	
H _{3.3.4} : Başmühendisler “ fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.33	-2.424	.618	.018	Desteklendi
	3.82	-2.424		.018	
H _{3.3.5} : Başmühendisler “ tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler ” değişkenini farklı değerlendirir	3.24	-3.744	.128	.000	Desteklendi
	3.82	-3.744		.000	

H_{3.3.6}: Başmühendisler “ tarım ürünlerinin fiyatlarındaki değişmeler ” değişkenini farklı değerlendirir	3.30	-2.952	.230	.004	Desteklendi
	3.76	-2.952		.005	
H_{3.3.7}: Başmühendisler “ kırsal bölgelerde yaratılacak istihdama olanakları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.76	-1.705	.184	.093	Reddedildi
	4.03	-1.705		.093	
H_{3.3.8}: Başmühendisler “ yan ürünlerin ekonomik katkısı ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.58	-1.156	.635	.252	Reddedildi
	3.76	-1.156		.252	
H_{3.3.9}: Başmühendisler “ hammadde üretimindeki artış” değişkenini farklı değerlendirir	3.61	-.692	.209	.492	Reddedildi
	3.73	-.692		.492	
H_{3.3.10}: Başmühendisler “ dış kaynak bağımlılığını azaltması ” değişkenini farklı değerlendirir	3.82	.121	.666	.904	Reddedildi
	3.79	.121		.904	
H_{3.3.11}: Başmühendisler “ Türkiye’de atıl biyodizel tesislerinin değerlendirilmesi ” değişkenini farklı değerlendirir	3.45	-.821	.781	.415	Reddedildi
	3.64	-.821		.415	
H_{3.4}. Başmühendislerin biyodizelin çevresel değişkenleri konusundaki algıları toplam deniz tecrübelerine göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort.¹	T²	P³	Çift Kuyruk	Sonuç
H_{3.4.1}: Başmühendisler “yenilenebilir enerji kaynağı” değişkenini farklı değerlendirir.	4.09	-.835	.045	.407	Reddedildi
	4.21	-.835		.407	
H_{3.4.2}: Başmühendisler “karbon gazı emisyonu ” değişkenini farklı değerlendirir	4.27	.199	.822	.843	Reddedildi
	4.24	.199		.843	
H_{3.4.3}: Başmühendisler “SO _x emisyonu” değişkenini farklı değerlendirir	4.30	.981	.600	.330	Reddedildi
	4.15	.981		.331	
H_{3.4.4}: Başmühendisler “ NO _x emisyonu” değişkenini farklı değerlendirir .	3.76	1.072	.103	.288	Reddedildi
	3.48	1.072		.288	
H_{3.4.5}: Başmühendisler “tarımsal üretim alanlarının sınırlı olması” değişkenini farklı değerlendirir	3.27	-.643	.029	.522	Reddedildi
	3.42	-.643		.523	
H_{3.4.6}: Başmühendisler “tarımsal üretimde çeşitliliğin azalması” değişkenini farklı değerlendirir	2.97	-1.917	.001	.060	Reddedildi
	3.36	-1.917		.061	
H_{3.4.7}: Başmühendisler su kaynaklarında kirlenmeye neden olması” değişkenini farklı değerlendirir	2.82	-1.922	.001	.059	Reddedildi
	3.18	-1.922		.062	
H_{3.4.8}: Başmühendisler “tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi” değişkenini farklı değerlendirir .	2.79	-2.773	.055	.007	Desteklendi
	3.33	-2.773		.007	

4.3.4.3.4.4. Başmühendislerin Yardımcı Gemi Makinelerinde Yakıt Olarak Biyodizelin Tercihini Etkileyen Değişkenler Konusundaki Algılarının Başmühendislik Hizmet Sürelerine Göre Karşılaştırılması

Ana hipotez olarak bu bölüme yönelik algılardaki farklılıkları tespit etmek amacıyla aşağıda belirtilen **Hipotez 4** geliştirilmiştir. Hipotez 4 ışığında toplam 4 ana alt hipotez ve 44 adet alt hipotez oluşturulmuştur. Dördüncü hipotezde 4 yıldan az hizmet süresine sahip olan başmühendisler ile 4 yıldan fazla hizmet süresine sahip olan başmühendislerin algılarındaki farklılıkların ölçülmesi amaçlanmıştır.

H₄: Başmühendislerin yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenler konusundaki algıları başmühendislik hizmet sürelerine göre farklılık göstermektedir.

Ana hipotez ışığında oluşturulan alt hipotezlere ait analiz sonuçları Tablo 78’de verilmektedir. Tablo incelendiğinde “operasyonel değişkenlerin etkileri” bölümündeki değişkenlerin önem seviyelerine yönelik başmühendislerin algılarında anlamlı farklılıklar olduğu göze çarpmaktadır. “operasyonel değişkenlerin etkileri” değişkenleri için oluşturulan toplam 16 alt hipotezin **tamamının reddedildiği** görülmüştür.

Mevzuat değişkenleri için oluşturulan toplam 9 alt hipotezin **2’sinin desteklendiği** görülmektedir. Tablo 78’de gösterildiği üzere araştırmada mevzuat değişkenleri için; **H_{4.2.2}** “SO_x emisyonu sınırlamaları” ve **H_{4.2.3}** “IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) kuralları ” değişkenlerinin ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadelerin önem seviyeleri konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri dikkate alındığında 4 yıldan az hizmet süresine sahip olan başmühendislerin her iki değişkeni de daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Ekonomik değişkenler için oluşturulan toplam 11 alt hipotezin **1’inin desteklendiği** görülmektedir. Tablo 78’de gösterildiği üzere araştırmada ekonomik değişkenler için; **H_{4.3.5}** “tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler” değişkeninin

ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadenin önem seviyeleri konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri dikkate alındığında 4 yıldan fazla hizmet süresine sahip olan başmühendislerin bu değişkeni daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Çevresel değişkenler için oluşturulan toplam 8 alt hipotezin **birinin desteklendiği** görülmektedir. Tablo 78’de gösterildiği üzere araştırmada çevresel değişkenler için; **H_{4.4.8}** “tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi” değişkeninin ortalama değerleri incelendiğinde örneklem gruplarında bu ifadenin önem seviyesi konusunda farklılıklar olduğu görülmektedir. İfadelere verilen yanıtların ortalama değerleri dikkate alındığında 4 yıldan fazla hizmet süresine sahip olan başmühendislerin bu değişkeni daha yüksek olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Tablo 81 : Saha Araştırmasının Ana ve Alt Hipotezleri, H₄

H_{4.1}. Başmühendislerin biyodizelin operasyonel değişkenleri konusundaki algıları başmühendislik hizmet sürelerine göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort.¹	T²	P³	Çift Kuyruk	Sonuç
H_{4.1.1}: Başmühendisler “yakıt performansı” değişkenini farklı değerlendirir.	3.73	.035	.970	.972	Reddedildi
	3.72	.035		.972	
H_{4.1.2}: Başmühendisler “yakıt fiyatları” değişkenini farklı değerlendirir	3.97	-.733	.338	.466	Reddedildi
	4.17	-.720		.475	
H_{4.1.3}: Başmühendisler “özellik yakıt harcamasının yüksekliği” değişkenini farklı değerlendirir	3.47	-1.340	.363	.185	Reddedildi
	3.83	-1.327		.190	
H_{4.1.4}: Başmühendisler “makine bakım aralığı” değişkenini farklı değerlendirir .	3.60	-.512	.858	.611	Reddedildi
	3.75	-.511		.611	
H_{4.1.5}: Başmühendisler “bakım tutum maliyetleri” değişkenini farklı değerlendirir	3.70	-.752	.170	.455	Reddedildi
	3.92	-.741		.462	
H_{4.1.6}: Başmühendisler “yağlama performansı” değişkenini farklı değerlendirir	3.66	-.271	.491	.787	Reddedildi
	3.72	-.274		.785	
H_{4.1.7}: Başmühendisler “ modifikasyon ihtiyacı” değişkenini farklı değerlendirir	3.53	-.077	.967	.939	Reddedildi
	3.56	-.077		.939	
H_{4.1.8} : Başmühendisler “emisyon sınırlamalarına uyum ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.93	-.386	.997	.701	Reddedildi
	4.03	-.389		.699	
H_{4.1.9} : Başmühendisler “ viskozite” değişkenini farklı değerlendirir	3.40	-.324	.933	.747	Reddedildi
	3.47	-.324		.747	

H_{4.1.10} : Başmühendisler “fosil yakıtlarla karıştırılabilmesi” değişkenini farklı değerlendirir	3.63	-.754	.216	.453	Reddedildi
	3.81	-.739		.463	
H_{4.1.11} : Başmühendisler “yakıt sızıntılarında çevresel tehdit ” değişkenini farklı değerlendirir	4.17	.432	.400	.667	Reddedildi
	4.08	.440		.662	
H_{4.1.12} : Başmühendisler “emniyetli depolama ” değişkenini farklı değerlendirir	3.63	-.774	.833	.442	Reddedildi
	3.83	-.771		.444	
H_{4.1.13} : Başmühendisler “üretici firma garanti koşulları ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.30	-.139	.830	.890	Reddedildi
	3.33	-.139		.890	
H_{4.1.14} : Başmühendisler “tekne makine sigorta koşulları ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.40	-.563	.633	.575	Reddedildi
	3.51	-.559		.578	
H_{4.1.15} : Başmühendisler “bulunabilirlik” değişkenini farklı değerlendirir	3.33	.099	.591	.921	Reddedildi
	3.31	.099		.922	
H_{4.1.16} : Başmühendisler “deniz standartları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.37	-1.691	.830	.096	Reddedildi
	3.67	-1.710		.092	
H_{4.2}. Başmühendislerin biyodizelin mevzuat değişkenleri konusundaki algıları başmühendislik hizmet sürelerine göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort.¹	T²	P³	Çift Kuyruk	Sonuç
H_{4.2.1} : Başmühendisler “NO _x emisyonu sınırlamaları” değişkenini farklı değerlendirir.	4.07	1.441	.298	.154	Reddedildi
	3.78	1.449		.152	
H_{4.2.2} : Başmühendisler “SO _x emisyonu sınırlamaları” değişkenini farklı değerlendirir	4.27	2.524	.426	.014	Desteklendi
	3.83	2.589		.012	
H_{4.2.3} : Başmühendisler “IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi(EEDI) kuralları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.93	2.142	.017	.036	Desteklendi
	3.50	2.196		.032	
H_{4.2.4} : Başmühendisler “AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) enerji verimliliği kuralları” değişkenini farklı değerlendirir .	3.53	.218	.822	.828	Reddedildi
	3.50	.217		.829	
H_{4.2.5} : Başmühendisler “ AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) kaynak kullanımı önerileri” değişkenini farklı değerlendirir	3.40	-.496	.450	.621	Reddedildi
	3.47	-.500		.619	
H_{4.2.6} : Başmühendisler “vergi uygulamalarının fiyata etkisi” değişkenini farklı değerlendirir	3.63	.895	.793	.374	Reddedildi
	3.47	.897		.373	
H_{4.2.7} : Başmühendisler “ teşviklerin fiyata etkisi” değişkenini farklı değerlendirir	3.53	-.305	.233	.762	Reddedildi
	3.58	-.299		.766	
H_{4.2.8} : Başmühendisler “uluslar arası yakıt standartları” değişkenini farklı değerlendirir .	3.50	-.380	.666	.705	Reddedildi
	3.56	-.382		.704	

H _{4.2.9} : : Başmühendisler “Ö.T.V.’den muaf tutulması” değişkenini farklı değerlendirir	3.57	-.694	.086	.490	Reddedildi
	3.72	-.681		.499	
H _{4.3} . Başmühendislerin biyodizelin ekonomik değişkenleri konusundaki algıları başmühendislik hizmet sürelerine göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort. ¹	T ²	P ³	Çift Kuyruk	Sonuç
H _{4.3.1} : Başmühendisler “makine bakım tutum maliyetleri ” değişkenini farklı değerlendirir.	4.00	-.108	.949	.914	Reddedildi
	4.03	-.107		.915	
H _{4.3.2} : Başmühendisler “enerji maliyetleri” değişkenini farklı değerlendirir	4.07	-.834	.021	.407	Reddedildi
	4.25	-.802		.426	
H _{4.3.3} : Başmühendisler “hammadde fiyatları” değişkenini farklı değerlendirir	3.57	-1.814	.675	.074	Reddedildi
	3.97	-1.804		.076	
H _{4.3.4} : Başmühendisler “ fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.37	-1.876	.560	.065	Reddedildi
	3.75	-1.851		.069	
H _{4.3.5} : Başmühendisler “ tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler ” değişkenini farklı değerlendirir	3.33	-2.197	.328	.032	Desteklendi
	3.69	-2.228		.029	
H _{4.3.6} : Başmühendisler “ tarım ürünlerinin fiyatlarındaki değişmeler ” değişkenini farklı değerlendirir	3.40	-1.474	.590	.145	Reddedildi
	3.64	-1.487		.142	
H _{4.3.7} : Başmühendisler “ kırsal bölgelerde yaratılacak istihdama olanakları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.80	-1.058	.955	.294	Reddedildi
	3.97	-1.070		.288	
H _{4.3.8} : Başmühendisler “ yan ürünlerin ekonomik katkısı ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.63	-.383	.249	.703	Reddedildi
	3.69	-.392		.696	
H _{4.3.9} : Başmühendisler “ hammadde üretimindeki artış” değişkenini farklı değerlendirir	3.63	-.346	.314	.730	Reddedildi
	3.69	-.354		.724	
H _{4.3.10} : Başmühendisler “ dış kaynak bağımlılığını azaltması ” değişkenini farklı değerlendirir	3.80	-.022	.359	.982	Reddedildi
	3.81	-.022		.982	
H _{4.3.11} : Başmühendisler “ Türkiye’de atıl biyodizel tesislerinin değerlendirilmesi ” değişkenini farklı değerlendirir	3.53	-.099	.981	.921	Reddedildi
	3.56	-.099		.921	
H _{4.4} . Başmühendislerin biyodizelin çevresel değişkenleri konusundaki algıları başmühendislik hizmet sürelerine göre farklılık göstermektedir.					
Alt Hipotezler	Ort. ¹	T ²	P ³	Çift Kuyruk	Sonuç
H _{4.4.1} : Başmühendisler “yenilenebilir enerji kaynağı” değişkenini farklı değerlendirir.	4.20	.608	.208	.545	Reddedildi
	4.11	.626		.534	
H _{4.4.2} : Başmühendisler “karbon gazı emisyonu ” değişkenini farklı değerlendirir	4.37	1.322	.630	.191	Reddedildi
	4.17	1.342		.184	
H _{4.4.3} : Başmühendisler “SO _x emisyonu” değişkenini farklı değerlendirir	4.37	1.670	.756	.100	Reddedildi
	4.11	1.725		.089	

H _{4.4.4} : Başmühendisler “NO _x emisyonu” değişkenini farklı değerlendirir .	3.77	1.044	.446	.301	Reddedildi
	3.50	1.054		.296	
H _{4.4.5} : Başmühendisler “tarımsal üretim alanlarının sınırlı olması” değişkenini farklı değerlendirir	3.23	-.895	.288	.374	Reddedildi
	3.44	-.904		.369	
H _{4.4.6} : Başmühendisler “tarımsal üretimde çeşitliliğin azalması” değişkenini farklı değerlendirir	3.03	-1.164	.005	.249	Reddedildi
	3.28	-1.214		.230	
H _{4.4.7} : Başmühendisler su kaynaklarında kirlenmeye neden olması” değişkenini farklı değerlendirir	2.83	.608	.130	.116	Reddedildi
	3.14	.626		.100	
H _{4.4.8} : Başmühendisler “tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi” değişkenini farklı değerlendirir .	2.80	1.322	.338	.020	Desteklendi
	3.28	1.342		.018	

4.3.7. Saha Araştırması Bulgularının Değerlendirilmesi

Tablo 79'da görüldüğü üzere saha araştırmamız da kullanmış olduğumuz veri formunun analizi sonucunda elde edilen bulgulara göre, başmühendislerin görevlerine göre “özellik yakıt harcamasının yüksekliği”, “viskozitenin yüksekliği”, “fosil yakıtlarla karıştırılabilirliği”, “AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) enerji verimliliği kuralları”, “vergi uygulamalarının fiyata etkisi”, “teşviklerin fiyata etkisi”, “uluslararası biyodizel yakıt standartları”, “Ö.T.V.’den muaf tutulması”, “kırsal bölgelerde yaratılacak istihdama olanakları”, “yan ürünlerin ekonomik katkısı”, “hammadde üretimindeki artış”, “Türkiye’de atıl biyodizel tesislerinin değerlendirilmesi”, “NO_x emisyonu” değişkenleri için algılarında farklılık olduğu görülmüştür.

Başmühendislerin yaşlarına göre ise “tekne makine sigorta koşulları”, “deniz standartları”, “fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına”, “tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler”, “tarım ürünlerinin fiyatlarındaki değişimler”, “tarımsal üretimde çeşitliliğin azalması”, “su kaynaklarında kirlenmeye neden olması”, “tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi” değişkenleri için algılarında farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Başmühendislerin toplam deniz tecrübelerine göre ise “NO_x emisyonu sınırlamaları”, “SO_x emisyonu sınırlamaları”, “Ö.T.V.’den muaf tutulması”, “fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına etkisi”, “tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler”, “tarım ürünlerinin fiyatlarındaki değişimler”, “tarımsal üretim

alanlarında erozyon tehlikesi” değişkenleri için algılarında farklılık olduğu görülmüştür.

Başmühendislerin toplam başmühendislik sürelerine göre “IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) kuralları”, “tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler”, “tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi” değişkenleri için algılarında farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 82: Ana Hipotezlerde Desteklenen Tüm Alt Hipotezler

H ₁ Desteklenen Alt Hipotezler					
H _{1.1.3} : Başmühendisler “özellik yakıt harcamasının yüksekliği” değişkenini farklı değerlendirir	3.34	-2.620	.482	.011	Desteklendi
	4.03	-2.634		.011	
H _{1.1.9} : Başmühendisler “viskozite” değişkenini farklı değerlendirir	3.20	-2.387	.220	.020	Desteklendi
	3.71	-2.425		.018	
H _{1.1.10} : Başmühendisler “fosil yakıtlarla karıştırılabilirliği” değişkenini farklı değerlendirir	3.97	2.369	.898	.021	Desteklendi
	3.45	2.393		.020	
H _{1.2.4} : Başmühendisler “AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) enerji verimliliği kuralları” değişkenini farklı değerlendirir .	3.66	2.045	.021	.045	Desteklendi
	3.35	2.087		.041	
H _{1.2.6} : Başmühendisler “vergi uygulamalarının fiyata etkisi” değişkenini farklı değerlendirir	3.77	2.823	.026	.006	Desteklendi
	3.29	2.918		.005	
H _{1.2.7} : Başmühendisler “teşviklerin fiyata etkisi” değişkenini farklı değerlendirir	3.83	3.866	.295	.000	Desteklendi
	3.26	3.926		.000	
H _{1.2.8} : Başmühendisler “uluslar arası yakıt standartları” değişkenini farklı değerlendirir .	3.77	3.913	.157	.000	Desteklendi
	3.26	3.983		.000	
H _{1.2.9} : Başmühendisler “Ö.T.V.’den muaf tutulması” değişkenini farklı değerlendirir	4.09	4.805	.431	.000	Desteklendi
	3.16	4.837		.000	
H _{1.3.7} : Başmühendisler “kırsal bölgelerde yaratılacak istihdama olanakları ” değişkenini farklı değerlendirir	4.11	3.066	.339	.003	Desteklendi
	3.65	3.073		.003	
H _{1.3.8} : Başmühendisler “yan ürünlerin ekonomik katkısı ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.83	2.249	.706	.028	Desteklendi
	3.48	2.294		.025	
H _{1.3.9} : Başmühendisler “hammadde üretimindeki artış” değişkenini farklı değerlendirir	3.83	2.017	.799	.048	Desteklendi
	3.48	2.039		.046	
H _{1.3.11} : Başmühendisler “Türkiye’de atıl biyodizel tesislerinin değerlendirilmesi ” değişkenini farklı değerlendirir	3.77	2.239	.256	.029	Desteklendi
	3.29	2.265		.027	
H _{1.4.4} : Başmühendisler “NO _x emisyonu” değişkenini farklı değerlendirir .	3.31	-2.681	.006	.009	Desteklendi
	3.97	-2.737		.008	

H ₂ Desteklenen Alt Hipotezler					
H _{2.1.14} : : Başmühendisler “tekne makine sigorta koşulları ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.26	-2.366	.522	.021	Desteklendi
	3.72	-2.370		.021	
H _{2.1.16} : : Başmühendisler “deniz standartları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.32	-2.550	.730	.013	Desteklendi
	3.76	-2.557		.013	
H _{2.3.4} : Başmühendisler “ fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.35	-2.088	.923	.041	Desteklendi
	3.79	-2.087		.041	
H _{2.3.5} : Başmühendisler “ tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler ” değişkenini farklı değerlendirir	3.29	-2.542	.067	.014	Desteklendi
	3.70	-2.567		.013	
H _{2.3.6} : Başmühendisler “ tarım ürünlerinin fiyatlarındaki değişimler ” değişkenini farklı değerlendirir	3.29	-2.755	.121	.008	Desteklendi
	3.73	-2.781		.007	
H _{2.4.6} : Başmühendisler “tarımsal üretimde çeşitliliğin azalması” değişkenini farklı değerlendirir	2.94	-2.649	.011	.010	Desteklendi
	3.45	-2.678		.010	
H _{2.4.7} : Başmühendisler su kaynaklarında kirlenmeye neden olması” değişkenini farklı değerlendirir	2.81	-1.005	.026	.020	Desteklendi
	3.24	-1.012		.019	
H _{2.4.8} : Başmühendisler “tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi” değişkenini farklı değerlendirir .	2.81	-.093	.581	.011	Desteklendi
	3.33	-.094		.010	
H ₃ Desteklenen Alt Hipotezler					
H _{3.2.1} : Başmühendisler “NO _x emisyonu sınırlamaları” değişkenini farklı değerlendirir.	4.12	2.167	.011	.034	Desteklendi
	3.70	2.167		.034	
H _{3.2.2} : Başmühendisler “SO _x emisyonu sınırlamaları” değişkenini farklı değerlendirir	4.21	2.097	.062	.040	Desteklendi
	3.85	2.097		.041	
H _{3.2.9} : Başmühendisler “Ö.T.V.’den muaf tutulması” değişkenini farklı değerlendirir	3.42	-2.098	.073	.040	Desteklendi
	3.88	-2.098		.040	
H _{3.3.4} : Başmühendisler “ fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına ” değişkenini farklı değerlendirir .	3.33	-2.424	.618	.018	Desteklendi
	3.82	-2.424		.018	
H _{3.3.5} : Başmühendisler “ tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler ” değişkenini farklı değerlendirir	3.24	-3.744	.128	.000	Desteklendi
	3.82	-3.744		.000	
H _{3.4.8} : Başmühendisler “tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi” değişkenini farklı değerlendirir .	2.79	-2.773	.055	.007	Desteklendi
	3.33	-2.773		.007	
H ₄ Desteklenen Alt Hipotezler					
H _{4.2.3} : Başmühendisler “IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi(EEDI) kuralları ” değişkenini farklı değerlendirir	3.93	2.142	.017	.036	Desteklendi
	3.50	2.196		.032	
H _{4.3.5} : Başmühendisler “ tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler ” değişkenini farklı değerlendirir	3.33	-2.197	.328	.032	Desteklendi
	3.69	-2.228		.029	
H _{4.4.8} : Başmühendisler “tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi” değişkenini farklı değerlendirir .	2.80	1.322	.338	.020	Desteklendi
	3.28	1.342		.018	

Kaynak : Yazar tarafından oluşturulmuştur.

4.4. Araştırma Bulgularının Değerlendirilmesi

Araştırmada literatür taraması sonucu elde edilen biyodizel özelliklerinin içerik analizi ve uzmanların görüşleri ile elde edilen bulgular ışığında sürecin değişkenleri saptanmış ve bu değişkenlerin uygulamadaki rolü tanımlayıcı araştırmalarla nicel olarak analiz edilmiştir. Literatür taraması sonucu elde edilen bulgular biyodizelin yakıt özellikleri olarak deniz yakıtı olarak kullanılabileceğini ve mevcut fosil deniz yakıtlarına göre NO_x emisyonları hariç diğer emisyon miktarlarının daha düşük olduğunu göstermektedir.

Gemi makinelerinde alternatif enerjilerin kullanılabilirliğini sorgulamak için karşılaştırmalı bir maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda maliyetin % 45 oranında arttığı mevcut biyodizel fiyatlarının dizel yakıt fiyatları ile rekabet etme şansının olmadığı; biyodizelin deniz yakıtı olarak cazip hale gelebilmesi için desteklenerek, maliyetinin düşürülmesi gerekliliği sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bulgulara yola çıkılarak yapılan keşifsel araştırmalarla sürecin değişkenlerinin nitel olarak saptanması ve bu değişkenlerin uygulamadaki rolünün tanımlayıcı araştırmalarla nicel olarak karşılaştırmalı analizi gerçekleştirilmiştir.

Literatür taramasından ve maliyet analizinden edilen değişkenler kullanılarak uzman görüş formu hazırlanmış ve uzmanların değişkenler hakkındaki görüşleri alınarak veri toplama aracı oluşturulmuştur. Biyodizelin deniz yakıtı olarak kullanılması durumunda işletilmesinin ve satın alınmasının başmühendisler tarafından gerçekleştiriliyor olması sebebiyle, örneklem bu ana kütlenin içerisinde seçilmiştir.

Veri toplama aracı ile toplam 66 başmühendis üzerinde karşılaştırmalı analizler yapılabilmesi için dört adet hipotez oluşturulmuş ve görev, yaş, deniz tecrübesi ve başmühendislik sürelerine göre algılarındaki farklılıkların ölçülebilmesi için t-testi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın birinci hipotezi olan görevlerine göre genelde başmühendislerin algıları incelendiğinde ofiste çalışan başmühendislerin gemide çalışan baş mühendislerle göre "operasyonel" ve "çevresel" değişkenlere daha çok önem verdikleri görülmüştür. gemide çalışan baş mühendisler ise

"mevzuat" ve "ekonomik" bölümleri ile ilgili değişkenleri ofiste çalışan başmühendisler göre daha önemli buldukları tespit edilmiştir. İkinci hipotez olarak belirlenen yaşlarına göre başmühendislerin algıları incelendiğinde 40 yaşından büyük başmühendislerin tüm değişkenleri daha önemli olarak algıladıkları sonucuna ulaşılmıştır. Başmühendislerin toplam deniz sürelerine göre algıları incelendiğinde "operasyonel" değişkenler için algılarında farklılık olmadığı, "mevzuat" değişkenlerinin 15 yıldan az tecrübeye sahip olan başmühendisler tarafından daha önemli bulunduğu, "çevre" ve "ekonomik" değişkenlerin ise 15 yıldan fazla tecrübeye sahip başmühendisler tarafından daha önemli bulunduğu görülmüştür. Başmühendislerin toplam başmühendislik sürelerine göre algıları incelendiğinde "operasyonel" değişkenler için algılarında farklılık olmadığı, 4 yıldan az ve 4 yıldan fazla tecrübeye sahip olan başmühendisler arasında, "mevzuat" değişkenlerinden "IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) kuralları" değişkeni, "ekonomik" değişkenlerden "tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler" değişkeni , "çevre" değişkenlerinden "tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi" dışında kalan değişkenler için algı farklılıkları tespit edilememiştir.

SONUÇ

Deniz yakıtları her zaman gemi işletmeciliğinin en önemli konularından birisi olmuştur. Gemilerin yakıt maliyetleri toplam maliyetler içerisinde en büyük paya sahip olmakta ve yakıtın nerede, ne zaman, hangi fiyattan alınacağı büyük önem taşımaktadır. Dünya deniz ticaret filosunun çok büyük bir kısmı petrol türevi yakıtlar ile çalışan dizel makineler kullanmaktadır. Ancak son yıllarda küresel ısınma ve sera gazı emisyonlarının olumsuz sonuçlarının doğurduğu çevresel kaygılar 2000'li yıllarda uluslararası düzenlemelerin değişmesine, gemi işletmecilerini havayı ve çevreyi daha az kirleten fosil yakıtlar kullanmaya zorlamıştır. Bunun sonucunda gemi işletme maliyetleri yükselmiş ve yükselen maliyetler gemi işletmelerini petrol türevi yakıtlara alternatifler aramaya itmiştir.

Biyodizelin deniz yakıtları olarak kullanılmaya uygun ve fosil olmayan enerji kaynakları içerisinde ön plana çıktığı görülmektedir. Çalışmanın yazım taraması ve uzman görüşü yorumları bölümünden elde edilen bulgular, yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak biyodizelin, mevcut gemi makinelerinde herhangi bir modifikasyon ihtiyacı duyulmaksızın kullanılabileceğini göstermektedir. Biyodizelin petrol türevi yakıtlarla istenilen her oranda karıştırılabilir olması, sıvı olarak depolandığından mevcut deniz yakıtları ile aynı lojistik altyapıyı kullanabilmesi, ek maliyetlere sebep olmadan ve gemi üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. NO_x emisyonu hariç diğer sera gazı emisyonlarının deniz ulaştırmasında kullanılan yakıtlardan daha düşük olması ve Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün koyduğu sülfür sınırlamalarına uyumlu olması sebebiyle, özellikle sınırlamaların geçerli olduğu bölgelerde ve liman süreleri boyunca gemi yardımcı dizel makinelerinde kullanılmaya uygundur. Biyodizelin gemi yardımcı makinelerinde yakıt olarak kullanılması biyodizelin kullanım alanlarını genişletecektir.

Bulunabilirliği ve yüksek maliyetler, gemilerde mevcut kullanılan dizel yakıtlara oranla zayıf yönleridir. Çalışmada gerçekleştirilen karşılıklı maliyet analizi sonuçları da bu bulguları destekleyici yöndedir. Biyodizelin deniz yakıtı olarak cazip hale gelebilmesi için desteklenerek, maliyetinin düşürülmesi gerekmektedir. EPDK verilerine göre Türkiye'de kayıtlı 23 firma biyodizel üretim lisansına sahiptir. Ancak yerli tarım ürünlerinden aktif biyodizel üretimi yapan sadece tek bir firma olduğu

görülmüştür. Firma sayısının artması biyodizel maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlayacaktır.

Literatür incelendiğinde deniz yakıtlarının miktarları ve talep tahminlerini öngörümlemek için yapılan çok sayıda araştırma olduğu görülmektedir. Çalışmada, Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün ortaya koyduğu yakıt talep tahmin modeli kullanılarak 2002-2013 yılları arasında Türk deniz ticaret filosunun dökme yük, kuru yük ve tanker gemilerinin yardımcı dizel makinelerinde kullanılan yakıt miktarı ile maliyeti dizel ve biyodizel yakıtlar için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ulaşılan bulgular kullanılarak regresyon analizi yapılmış 2013-2023 yılları arasında dizel ve biyodizel yakıtlar için maliyet öngörümlemesi yapılmıştır. Öngörümleme sonuçları, yukarıda açıklanan gemilerde dizel yakıt yerine biyodizel kullanılması halinde 2023 yılı sonu yakıt maliyetlerininin % 45 oranında artacağını göstermektedir. 2014-2023 yılları arasında biyodizel maliyeti yıllık % 4,8 artarken, dizel yakıt maliyeti % 6,1 artacaktır.

Çalışmanın tanımlayıcı araştırma sürecinde veri toplama aracıyla elde edilen bulgulara göre, katılımcı başmühendislerin görev, yaş, deniz tecrübesi ve başmühendislik sürelerine göre algılarında farklılıklar gözlenmiştir. Denizcilik şirketlerinin, gemilerinde çalışan başmühendislerin ofiste teknik müdür ve makine enspektörü olarak görev yapan başmühendislerle oranla desteklenen "mevzuat" ve "ekonomik" değişkenlerini daha önemli algıladıkları, teknik müdür ve makine enspektörlerinin ise "operasyonel" ve "çevresel" değişkenleri daha önemli bulduğu sonucuna ulaşılmıştır.

40 yaşından büyük başmühendislerin desteklenen tüm alt hipotezleri 40 yaşından genç başmühendislerden daha yüksek ortalama ile algıladığı ve "operasyonel" değişkenlere ilişkin algılarında bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Başmühendislerin toplam deniz sürelerine göre algıları incelendiğinde "operasyonel" değişkenler için algılarında farklılık olmadığı, "mevzuat" değişkenlerinin 15 yıldan az tecrübeye sahip olanlar başmühendisler tarafından daha önemli bulunduğu, "çevre" ve "ekonomik" değişkenlerin ise 15 yıldan fazla tecrübeye sahip başmühendisler tarafından daha önemli bulunduğu görülmüştür.

Başmühendislerin toplam başmühendislik sürelerine göre algıları incelendiğinde "operasyonel" değişkenler için algılarında farklılık olmadığı, 4 yıldan

az ve 4 yıldan fazla tecrübeye sahip olan başmühendisler arasında, "mevzuat" değişkenlerinden "IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi(EEDI) kuralları" değişkeni, "ekonomik" değişkenlerden "tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler" değişkeni, "çevre" değişkenlerinden "tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi" dışında kalan değişkenler için algı farklılıkları tespit edilememiştir.

Saha araştırması sonucunda en yüksek ortalama değere sahip olan değişkenler incelendiğinde "yakıt fiyatları" "SO_x emisyonu sınırlamaları", "NO_x emisyonu sınırlamaları", "makine bakım tutum maliyetleri" "enerji maliyetleri", "yenilenebilir enerji kaynağı olması" "daha az karbon emisyonu" ve "daha az SO_x emisyonu" değişkenlerinin başmühendisler tarafından diğer değişkenlerden daha önemli görüldükleri tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular göstermektedir ki maliyet, Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün yasal düzenlemelerle getirmiş olduğu emisyon sınırlamaları ve çevre kirliliğini azaltmak için gemi kaynaklı emisyonların azaltılması başmühendisler tarafından önem düzeyi en yüksek değişkenler olarak algılanmıştır. Katılımcı başmühendislerin gemi ile ilgili değişkenleri daha yüksek değerlendirdikleri bulgusuna ulaşılmıştır.

Türkiye enerji kaynakları yeterli olmadığı için, net enerji ithalatçısı bir ülke konumundadır. Yerli kaynaklardan üretilecek enerji, ülke ekonomisi için katma değer ve istihdama katkı sağlayacaktır. Ulaştırma sektöründe zorunlu kılınan dizel yakıtın içerisine biyodizel karıştırma zorunluluğu, Türkiye'de biyodizelin gelişmesi ve tanınması için olumlu bir adımdır. Ancak uzman görüşlerinde de sıklıkla belirtildiği gibi tarım arazilerinin biyodizel üretiminde kullanılmaması bunun yerine yenilmeyen yağlı tohum bitkileri, atık yağlar ve biyodizel üretiminde kullanılabilen alg veya bakteri kültürlerinin kullanılması ve buna yönelik proseslerin geliştirilmesi uygun olacaktır. Biyodizel üretiminin geliştirilmesi için özel araştırma/geliştirme ve sanayi desteğine ihtiyaç vardır.

Dünya biyodizel pazarı son on yılda, üretim ve ticarette büyük bir gelişme göstermiştir. Ancak pazar ve ticaretteki bu eğilimin devam ettirilebilmesi, ticaret ve destek politikalarıyla sıkı sıkıya ilişkilidir. Bunun ötesinde, biyodizel endüstrisi diğer sektörlere de bağlıdır. Biyodizel üretim ve kullanımında başarılı olan ülkeler Arjantin, Brezilya ve AB, biyodizel zorunlu tüketimi konusunda politikalar

geliştirerek biyodizelin gelişimini desteklemektedirler. Zorunlu biyodizel yakıt katkısı oranlarının bu ülkeler düzeyine yükseltilmesi Türkiye'deki biyodizel üretim ve tüketiminin artmasını sağlayacaktır.

Araştırmanın Kısıtları

Çalışmanın veri toplama ve uygulama aşamasında karşılaştığı bazı kısıtlar mevcuttur. Karşılaştırmalı maliyet analizi için kullanılan veriler 2002-2013 yıllarını kapsamaktadır. Özellikle zaman serili regresyon yönteminde, serinin verilerinin yıllar içinde olabildiğince uzun bir aralığı kapsaması, analiz sonuçlarının daha sağlıklı bir şekilde elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Türk ticaret filosunun gemi tonajına ve gemi sayısına göre verileri daha uzun süreli veri serisi kullanılmasına izin vermemiştir. Çalışma sırasında A.B.D. biyodizel fiyatlarının kullanılması başka bir ülkede saf biyodizel satışı olmamasından kaynaklanmaktadır ve bu kısıt verilerin başka ülke verileri ile karşılaştırılabilmesini engellemiştir. Araştırma sırasında sadece bir ülke için ve ülkeye ait ihracat verileri, GSYİH, nüfus ve zaman belirli değişkenleri ile çalışılmıştır.

Tanımlayıcı araştırma süreci sırasında ana kütle olarak başmühendisler seçilmiş, örneklem olarak seçilen grubun ise tümü aynı milliyetten ve meslek grubundan oluşturulmuştur. Örneklem grubu 35 gemi çalışanı başmühendis ve 31 teknik müdür ve enspektörden oluşmaktadır. Örneklemen bu şekilde oluşturulması, çalışma sırasında kullanılan 2002-2013 yılları arasında Türk deniz ticaret filosuna ait kuru yük, tanker ve dökme yük tipi gemilerin işletilmesinin bu örneklem grubu tarafından gerçekleştirilmesidir ve örneklem grubu ayrıca biyodizelin deniz yakıtı olarak kullanılması durumunda potansiyel müşteri konumundadır.

Biyodizel ülkemizde henüz yeterince tanınmayan ve kullanılmayan bir enerji türüdür. Kullanım alanı sınırlı bir yakıt tipi olduğundan henüz yeterli veri tabanı oluşturulmamış olup bu kısıtlar saha araştırmasının gerçekleştirilmesi sırasında ihtiyaç duyulan bazı verilere ulaşmayı zorlaştırmıştır.

Henüz biyodizele ait lojistik bir dağıtım ağı mevcut olmadığı için araştırmanın lojistik altyapısı bölümü incelenememiş ve bu bölüm araştırmada eksik kalmıştır.

Biyodizelin deniz yakıtı olarak kullanılması konusunda Türkiye’de uzman olan kişilerin çoğunluğu üretim sürecinde yer alan veya biyodizelin çevresel etkilerini inceleyen uzmanlardır. Biyodizel şu an için deniz yakıtı olarak kullanılmadığından bu kişilerle potansiyel müşteri olan başmühendisler arasında herhangi bir bilgi alışverişi bulunmamaktadır. Bu da başmühendislerin biyodizeli bir deniz yakıtı olarak değerlendirmelerini zorlaştırmaktadır.

Gelecek İçin Öneriler

Benzer çalışmaların Türkiye’de biyodizel üretimi ve tüketimi arttıkça yapılması, daha geniş bir veri tabanına erişilebileceğinden bundan sonraki çalışmalar için tavsiye edilmektedir.

Ülkemizde biyodizel henüz yeterince tanınmamaktadır. Yapılacak olan çalışmalar biyodizelin tanınması konusunda yararlı olacaktır.

Deniz yakıtı olarak biyodizelin tanınmış bir standardı yoktur. Biyodizelin deniz yakıtı olarak kullanılabilmesi için bu standartların oluşturulması gerekmektedir.

Bu çalışma ile benzer bir araştırmanın Türkiye limanları uğraklı tüm gemiler için yapılması faydalı olacaktır. Ayrıca biyodizel altyapısının oluşturulması sonrasında lojistik altyapı ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilebilir.

Türkiye’de yapılmış biyodizel için faal bir gemi üzerinde yapılmış bir çalışma literatürde bulunmamaktadır. Bu da biyodizelin bulunabilirliğinin sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır. Ülkemizde üretilen biyodizel miktarı arttıkça bu çalışmanın yapılması faydalı olacaktır.

Alglerden biyodizel üretimi son yıllarda üzerinde çok fazla çalışma yapılan konulardan birisidir ancak yazın taraması sırasında Türkiye’de çok fazla konuyla ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Yakın zamanda önemli bir enerji kaynağı olacağı düşünülen alglerle ilgili çalışmalar yapılması tavsiye edilmektedir.

KAYNAKÇA

Acaroğlu, M. (2003). *Biyomotorin Yakıtı Alternatif Enerji Kaynakları*, İstanbul: Atlas Yayın Dağıtım.

Adamchak,F., Amokeye, A. (2013). LNG as Marine Fuel. *17. International Conference and Exhibition on LNG Proceedings* (ss.145-157), Houston.

Adamu A. (2014). Analysis of Energy Consumption Indicators for Non-OECD Countries. *International Journal of Environmental Science and Development*.5(2): 155-160.

AFDC (Alternative Fuel Data Center). (2014). *Clean Cities Alternative Fuel Price Report*. U.S. Department of Energy's. A.B.D.

Agarwal, Manoj K. (1980), "Forecasting, Methods and Applications." *Journal of Marketing Research* ,17.2

Akar, C. (2007). Volatilite Modellerinin Öngörü Performansları: ARCH, GARCH VE SWARCH Karşılaştırılması. *İşletme Fakültesi Dergisi*. 8 (2)

Akçam, N., Paşaoğlu C. (2011). Uçak Transponder Sinyalleriyle Uçak Pozisyonunun Hiperbolik Konumlandırılması. *International Journal of Informatics Technologies*. 4(2):115-124.

Akgün, G., Bayındır,H., Aydın, H., Düz, Z. (2009). Hayvansal Yağlardan Biyodizel Üretimi Ve Teknik Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu* (ss. 131-136), Diyarbakır. 2009.

Aksoy, L. (2010). Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Biyodizel ve Üretim Prosesleri. *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 5(2): 45-52.

Alamderoğlu, N. (2007). *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Önündeki Fırsatlar*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.

Alptekin, E., Çanakçı M. (2006) "Biyodizel ve Türkiye'deki Durumu. *Mühendis ve Makine*. 47(561): 57-64.

Altınsoy, A. S. (2007). *Biyodizel Üretimi, Motorlarda Kullanımı ve Türkiye'deki Kaynakların İncelenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Altun, Ş. (2010). Dizel Motor Performansı ve Egzoz Emisyonları Üzerinde Biyodizel Yakıtların Etkisi. *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi (TATED)*. 2(1): 9-19.

ARPEL (Regional Association of Oil and Natural Gas Companies of Latin America and the Caribbean). (2009). *Handbook on Biofuels*. New York: Spangel Publishing.

ASTM. (American Society for Testing Materials). (2008). Standard Specification For Diesel Fuel Oil, Biodiesel Blend. *Annual Book of ASTM Standards*. New Jersey.

Atalay Ö., Gürkan Kumbaroğlu G. (2014). *A Regional Demand Forecasting Study for Transportation Fuels in Turkey*. İstanbul.

Atalay, M. (2003). *Türkiye'de Petrol Aramacılığı*. İstanbul: Yılmaz Yayınevi.

Ateş, A. (2010). Eğitsel Yazılım Değerlendirme Ölçeği: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması. *Eğitim Teknolojileri Araştırmaları Dergisi* 2.(1).

Atılğan, İ. (2000). Türkiye'nin Enerji Potansiyeline Bakış. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 15(1): 31-47

Barbour R.H., Rickeard D.J., Elliot N.G. (2000). Understanding Diesel Lubricity. *SAE Technical Paper Series*. 4(01):18-19

Başer,S.(2011).Liman Zamanı, *I.Ulusal Liman Kongresi Bildiriler Kitabı, Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi*, İzmir

Bayraç, H. N. (2005). Uluslararası Petrol Piyasasının Ekonomik Analizi. . (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

Bayraç,N. H. (2009). Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye: Petrol ve Doğal Gaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma. *Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*.10(1): 115

Berni, M. D. (2013). Advances in biofuel Production. *Biofuels Production* (ss. 11-58), Beverly: Scrivener Publishing.

Bianco V., Manca O., Nardini S. (2009). Electricity Consumption Forecasting In Italy Using Linear Regression Models. *Energy*. 34: 1413-1421

Bobinaite V., Juozapaviciene A., Konstantinaviciute I. (2011). Regression Analysis Of Gross Domestic Product And Its Factors In Lithuania. *Economics and Management*. 16: 116-126

Boluk, G., Koç A.A. (2013). The Implications of Biofuel Policy in Turkey. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 3(1): 14-22.

Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A. (1995). *İçten Yanmalı Motorlar*. Ankara: Teknik Eğitim Vakfı Yayınları.

Boulter G.S. (1983). *The History and Marketing Of Rapeseed Oil in Canada*. Canada: Academic Press Canada.

Box, G., Jenkins,G. (1976) “Time Series Analysis: Forecasting and Control” John Wiley & Sons.

BP (British Petroleum). (2013). BP Statical Review.

Canolacouncil. (2013). <http://www.canolacouncil.org/uploads/Oilprocessing.pdf>, (31.12.2013)

CFR (Code of Federal Regulations). (01.04.2011).21(3). <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=184.1555>. (17.05.2014)

Chien-Chiang Lee C. C., a,_, Chun-Ping Chang C. P. (2005). The Impact of Energy Consumption on Economic Growth: Evidence From Linear and Nonlinear Models In Taiwan. *Energy*. 32: 2282-2294

Chuang, W. C.,Galen L. S. (2004). Impact of Cold Flow İmprovers on Soybean Biodiesel Blend. *Biomass and Bioenergy*.27(5): 485-491.

Corley R.H.V., Tinker P.B. (2003). *The Oil Palm. 4th Edition*. Malden: Blackwell Science.

Çebi,S., Çelik M.(2008). Gemi Sistemleri İçin Entegre Bakım-Onarım Yönetiminin Gereksinim Analizi, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, Cilt 3, Sayı 4

Çetin M. ve Kuş H. (2009). Erzincan'ın Biyodizel Yakıt Amaçlı Tarımsal Üretim Potansiyeli. *V.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*.(ss.62-71) TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası. Diyarbakır. 2009.

Corbett,J.J.,Koehler,H.W.(2003). Updated Emissions from Ocean Shipping *J. Geophys. Res*, 108

D'Ippolito S.A., Yori J.C., Iturria M.E., Pieck C.L., Vera C.R. (2007). Analysis of a Two-Step, Noncatalytic, Supercritical Biodiesel Production Process With Heat Recovery. *Energy & Fuels*. 21: 339-346.

Daun J.K. (1986). Erucic Acid Levels in Western Canadian Canola and Rapeseed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 63: 321-324.

DEKTMK (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi). (2010) *Enerji Raporu*. İstanbul.

Demirbaş, A. (2009). *Biofuels Securing The Planets Future Energy Needs*. New Jersey: Springer.

Demirbaş, A.(2008). *Biodiesel a Realistic Future Alternative for Diesel Engines*. New Jersey: Springer.

Demirbaş, L. (2002). *Türkiye’de Enerji Sektörü, Sektörün Problemleri, Avrupa Birliği ve Türkiye’de Enerji Politikaları*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Demirel, K., Er, D. (2007). *Pompa Uygulamaları*. İstanbul: Birsan Yayınevi.

Deniz, Ç. (2013). *Biyodizel Dizel Karışımlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Biyodizel Oranı İle Değişimi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi.

Dhillon,B.S.(2002). *Engineering Maintenance: A Modern Approach*, CRC Press, Boca Raton, FL

Dickie,J.W., (2014). *21.st Century Ship Management*, Thomas Reed Publications, London

Dizge N., Canlı O., Karpuzcu M. (2005). Biyodizel Kullanımının Çevre İçin Önemi. *YEKSEM 2005 III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*. Mersin. Ekim 2005.

DNV G.L. (Det Norske Veritas and Germanischer Lloyd). (2014). *Strategic Research & Innovation Position Paper, Alternative Fuels For Shipping*,

Doğan, M. (2001). Sanayileşme ve Çevre Sorunları. *Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*. TMMOB. Kayseri. 2001.

Downey R.K. (1983). *The Origin And Description of The Brassica Oilseed Crops*. Canada: Academic Press Canada.

EİE (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü). (2014). *Biyodizel Çalışmaları*. http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/biyoenenerji/02-biyodizel/bd_cevre.html (10.11.2014)

Elbehri A., Segerstedt A., Liu P. (2013). Biofuels And The Sustainability Challenge: A Global Assessment Of Sustainability Issues, Trends and Policies For Biofuels and Related Feedstocks. FAO.

Eliçin, A. K., Doğan E.(2007). Fındık Yağı Metil ve Etil Esteri ile Diesel Yakıtı Karışımlarının Küçük Güçlü Bir Diesel Motorda Yakıt Olarak Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 13(2): 137-146.

Ellis N., Guan F., Chen T., Poon C. (2008). Monitoring Biodiesel Production (Transesterification) Using In Situ Viscometer. *Chemical Engineering Journal*. 138 (1-3): 200-206

EMO (Elektrik Mühendisleri Odası). (2013) Elektrik Mühendisleri Odası Nükleer Enerji Raporu

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu). (2012). *Elektrik Piyasası Sektör Raporu*. Ankara.

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu). (2013). *Doğal Gaz Sektör Raporu*. Ankara.

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu). (2013). *Petrol Piyasası Sektör Raporu*. Ankara.

Erdoğan E., (2006). Zaman Serilerinde ARIMA Modelleri, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Eski, H., Özgür Armameri,(2006),*Mühendislik Ekonomisi*, Gazi Yayınevi, Ankara

EWEA (European Wind Energy Association). (2005). Report: Large Scale Integration Of Wind Energy In The European Power Supply: Analysis, Issues And Recommendations. Brussels: EWEA Publications.

Ezeliora C.D., (2014), “Application of Forecasting Methods for the Estimation of Production Demand”, International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 3, Issue 2

Freedman B., Pryde E.H., Mounts T.L. (1984). Variables Affecting The Yields Of Fatty Esters From Transesterified Vegetable Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 61 (10): 1638-1643.

Gahirwal, Manisha. (2013). "Inter Time Series Sales Forecasting." Cornell University Library: <http://arxiv.org/abs/1303.0117>

Gao, Y., Margaret S., Omar M., Pacheco P. (2011). *A Global Analysis Of Deforestation Due To Biofuel Development*. A.B.D.:Center for International Forestry Research.

Geem Z. (2011). Transport Energy Demand Modeling of South Korea Using Artificial Neural Network. *Energy Policy*. 39. 4644-4650.

German, L., Schoneveld G., Skutsch M., Andriani R., Obidzinski K., Pacheco P., Komarudin H., Andrianto A., Lima M. (2010). *The Local Social And Environmental Impacts Of Biofuel Feedstock Expansion: A Synthesis Of Case Studies From Asia, Africa And Latin America*. A.B.D.: Center for International Forestry Research.

Gerpen, J. V. (2005). Biodiesel Processing And Production. *Fuel Processing Technology*. 86(10): 1097-1107.

Gersil,A.(2007).Üretim Sistemleri ve Teknolojilerindeki Gelişmelerin ve Küreselleşmenin Geleneksel Maliyet Muhasebesine Etkileri, *Ankara SBF Dergisi*, Cilt 62, Sayı 4

Ghanbari A., Naghavi A., Ghaderi, S.F., Sabaghian M. (2009). Artificial Neural Networks and Regression Approaches Comparison for Forecasting Iran's Annual Electricity Load. *Powereng*. 676-679.

Golshan A., Baharudin B. T. H.T., Adam N. M., Ariffin M. K. A. A. (2013). Prediction of Transport Energy Demand Using Statistical Modelling. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*. 3(5): 8-12

Goto, S., Oguma, M., Chollacoop, N., ERIA. (2010). *Biodiesel Fuel Trade Handbook*. Jakarta: Economic Research Institute for ASEAN and East Asia.

Graboski M.S., McCormick R.L. (1998). Combustion Of Fat And Vegetable Oil Derived Fuels In Diesel Engines. *Progress in Energy and Combustion Science* 24 (2): 125-164.

Gültekin, A. H., Yüksel Ö. (1993). *Doğal Gaz ve Çevre*. Çevre Dergisi. 9(3).

Gürel, E. (2013). *Biyoyakıt ve Makro Ekonomik Değişkenler Arasındaki Etkileşim : Önemli Üretici Ülkeler ve Türkiye Örneği*. (yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Tokat: Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Hanedar,A.Ö.(2005).<http://www.deu.edu.tr/userweb/onder.hanedar/dosyalar/Metin.pdf> (erişim tarihi :9 Kasım 2014)

Houck J.P., Ryan M.E., Subotnik A. (1972). *Soybeans And Their Products: Markets, Models, And Policy*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

http://www.econ.boun.edu.tr/public_html/RePEc/pdf/200723.pdf (23.11.2014)

Hughes,C.(1996).*Ship Performance—Technical, Safety, Environmental and Commercial Aspects*, London

Hunt, E. C. and Butman, B. S., (1995) *Marine Engineering Economics and Cost Analysis*, Cornell Maritime Press, Centreville, MD

IEA (International Energy Agency). (2012). *World Energy Outlook*. ABD.

IEA (International Energy Agency). (2013). *Alternative Applications For Marine Applications*. ABD.

IEA (International Energy Agency). (2013). *Key World Energy Statistics*. ABD.

IEA (International Energy Agency). (2013). *Medium-Term Renewables Market Report*. ABD.

IEA (International Energy Agency). (2013). *Renewables Information*. ABD.

IEA (International Energy Agency). (2013). *World Energy Outlook Fact Sheet*. ABD.

IEA (International Energy Agency). (2013). *World Energy Outlook*. ABD.

IMEAK DTO (İstanbul ve Marmara, Ege, Akdeniz ve Karadeniz Bölgeleri Deniz Ticaret Odası). (2002 – 2013). *Deniz Sektör Raporları*. İstanbul.

IMO (International Maritime Organization). (2009). *Green House Gases Study II*. Londra.

Işığışık, E.(1999). "Türkiye’de Enflasyon’un Varyansının ARCH ve GARCH Modelleri İle Tahmini." *Uludağ Üniversitesi, İİ BF Dergisi* 17.3

Işık, A. (2006). *İstatistik II*. Ankara: Yazın Matbaacılık.

Itoh T., Tamura T., Matsumoto T. (1973). Sterol Composition of 19 Vegetable Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 50(2): 122-125.

İnoğlu, U. (1978). Türkiye’nin Enerji Sorunu ve Nükleer Enerji Jeoloji Mühendisliği. İzmir

Kalkınma Bakanlığı. (2001). *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara.

Kankal M., Akpınar A., Komurcu M. I., Özşahin T.S. (2011). Modeling and Forecasting of Turkey’s Energy Consumption Using Socio-Economic And Demographic Variables. *Applied Energy*. 88: 1927-1939.

Karahan,Ş. (2006). *Biyodizel Kalitesi ve Biyodizel Kalitesinin Dizel Motorlara Etkisi*. Ulusal Biyodizel Sunuşayı. Ankara. 2006

Karaosmanoğlu, F. (2001). Biyomotorin ve Türkiye. *Enerji Dergisi*. 1: 35-38.

Karaosmanoğlu, F. (2007). *Türkiye Biyoyakıt Potansiyeli ve Son Gelişmeler*. İstanbul.

Karluk, S. R. (1996). *Türkiye Ekonomisi, Tarihsel Gelişim Yapısal ve Sosyal Değişim. Genişletilmiş 4. Baskı*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

Karmee S.K, Chadha A. (2005). Preparation of Biodiesel From Crude Oil of Pongamia Pinnata. *Bioresource Technology* 96: 1425-1429.

Kavaklioglu K. (2011). Modeling and prediction of Turkey's electricity consumption using Support Vector Regression. *Applied Energy*. 88: 368-375.

Kaypak, Ş. (2011). Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Bir Kalkınma İçin Sürdürülebilir Bir Çevre. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi* 13 (20): 19-33.

Kılıç, A., Aksel, Ö. (1980). *Güneş Enerjisi*. İstanbul: Kipaş Dağıtıcılık.

Kip, E., Isyar, Y. (1976). *Basit ve Çoklu Regresyon Analizlerinin Zirai Ekonomi Problemlerine Uygulanması*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları

Knothe G. (2001). Analytical Methods Used in The Production and Fuel Quality Assessment of Biodiesel. *Transactions of the ASAE*. 44 (2): 193-200.

Knothe G., Dunn R.O. (2005). Biodiesel: An Alternative Diesel Fuel From Vegetable Oils or Animal Fats. *Industrial Uses of Vegetable Oils* (ss. 52-65). Champaign, Illinois: AOCS Press.

Knothe G., Steidley K.R. (2005). Lubricity Of Components of Biodiesel And Petrodiesel: The Origin of Biodiesel Lubricity. *Energy & Fuels* 19: 1192-1200

Koç, E., Şenel, M. (2013). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makine*. 54(639): 32-44.

Kolwzan, K., Marek N. (2012). Study on Alternative Fuels For Marine Applications. *Clean Shipping Currents*.1(3): 3-7.

Krisnangkura K. (1986). Simple Method for Estimation of Cetane Index of Vegetable Oil Methyl Esters. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 63(4): 552-553.

Kulkarni M.G., Issariyakul T., Dalai A.K., Bakhshi N.N. (2007). Production of Biodiesel From Waste Fryer Grease Using Mixed Methanol/Ethanol System. *Fuel Processing Technology*. 88: 429-436.

Kum, H. (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 33: 207-223.

Kumar A., Sharma S. (2011). Potential Non-Edible Oil Resources As Biodiesel Feedstock: An Indian Perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15(4): 1791-1800.

Kurtuluş, M. (2010). *Lignoselülozik Materyallerden Termokatalitik İşleme Suda Çözündürülen Polisakkaritlerin Moleküler Yapılarının İncelenmesi*. (Yayınlanmamış Doktora tezi). Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Küçükalay, M. (1997). *Endüstri Devrimi ve Ekonomik Sonuçlarının Analizi*, İstanbul: Meta Yayınevi

Lamers, P. (2011). *International Biodiesel Markets: Developments in Production and Trade*. UFOP and Ecofys. New Jersey: Springer.

Lang X, Dalai A.K., Reaney M.J., Hertz P.B. (2001). Biodiesel Esters As Lubricity Additives: Effects of Process Variables and Evaluation of Low-Temperature Properties. *Fuels International*. 1(3): 207-227.

Leung D.Y.C., Wu X., Leung M.K.H. (2010). A Review on Biodiesel Production Using Catalyzed Transesterification. *Applied Energy*. 87: 1083-1095

Lin S.W. (2002). Palm oil In Gunstone FD. *Vegetable Oils in Food Technology Composition, Properties and Uses*. (ss. 35-48) Boca Raton, FL, USA: Blackwell Publishing.

Ma F., Hanna M.A. (1999). Biodiesel Production: A Review. *Bioresource Technology* 70: 1-15.

MacKinnon, I. (22 Mart 2011). Jatropha Biofuel 'Produces Six Times Greenhouse Gas Emissions Of Fossil Fuels. *The Telegraph*. (22 Mart 2011).

Madhavan, M. (2010). *Analysis of the Economic Feasibility of Production of Jatropha for Biodiesel in India*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi).Anna University.

MARAD (U.S. Maritime Administration) (2012). *Alternative Fuel For Marine Application*. A.B.D.

Martins P.F., Ito V.M., Batistella C.B., Maciel M.R.W. (2006). Free Fatty Acid Separation From Vegetable Oil Deodorizer Distillate Using Molecular Distillation Process. *Separation and Purification Technology*. 48 (1): 78-84.

Mazraati,M.(2011).Challenges and Prospects of International Marine Bunker Fuels Demand,*OPEC Energy Review*, 35(1)

Meher L.C., Sagar D.V., Naik S.N. (2006). Technical Aspects of Biodiesel Production By Transesterification, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 10: 248-268.

Mirchell K. (2001). Diesel Fuel Lubricity - Base Fuel Effects. *SAE Technical Paper Series*. 2001(01): 1928.

Misra R.D., Murthy M.S. (2011). Jatropa: The Future Fuel of India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15(2): 1350-1359.

MMO (Makine Mühendisleri Odası). (2006). *Makine Mühendisleri Odası Bülteni 98. Sayı*. İstanbul.

MMO (Makine Mühendisleri Odası). (2012). *Türkiye'nin Enerji Görünümü*. İstanbul.

Mohamed Z., Bodger P. (2003). Forecasting Electricity Consumption in New Zealand Using Economic and Demographic Variables. *Energy*. 30: 1833-1843.

Molland, Anthony F., (2011) *The Maritime Engineering Reference Book: A Guide To Ship Design, Construction and Operation*, Elsevier

Moyer, R.C.(2012).*Contemporary financial management*, West Publishing Company, USA

Aktaş,M.(2012). *Türkiye’de Kömür Madenciliği ve Enerjideki Rolü*.

Narin, M., Akdemir S. (2006). *Enerji Verimliliği ve Türkiye*. Türkiye Ekonomik Kurumu.

Nayan S., Kadir N., Ahmad M., Abdullah M. S. (2013). Revisiting Energy Consumption and GDP: Evidence from Dynamic Panel Data Analysis. *Munich Technology University Journal*. 12(2): 107-113.

Nayyar, P. (2010). *The Use of Biodiesel Fuels in the U.S. Marine Industry*. Prepared For Maritime Administration.

Neff W.E., Mounts T.L., Rinsch W.M. (1997). Oxidative Stability As Affected By Triacylglycerol Composition And Structure Of Purified Canola Oil Triacylglycerols From Genetically Modified Normal and High Stearic and Lauric Acid Canola Varieties. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*. 30: 793-799.

Newbold, P.(2001). İşletme ve İktisat için İstatistik. Çev. Ümit Şenesen. 2.Baskı,Literatür Yayınları, İstanbul

Oğuz, M. E. (2013). *Forecasting Turkey's Sectoral Energy Demand*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ortadoğu Teknik Üniversitesi Kuzey Kıbrıs Kampüsü Sürdürülebilir Enerji ve Çevre Sistemleri Yüksek Lisans Programı. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti.

Okka, O. (2000). *Mühendislik Ekonomisi*, Nobel Yayınları, Ankara.

Okur, S. (2009). *Parametrik ve Parametrik Olmayan Basit doğrusal Regresyon Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Adana:Çukurova Üniversitesi.

Opdal, A.O., Johannes F.H. (2007). *Biofuels in Ships*. ZERO Report.

Öğüt, H., Oğuz, H. (2005). *Üçüncü Milenyum Yakıtı Biyodizel*. İstanbul: Nobel Yayınevi.

Ölçüm, T. (2006). *Biyodizel Teknolojisi*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özdamar, K. (2004). *Paket Programlar ile İstatiksel Veri Analizi*. Eskişehir: Kaan Kitabevi.

Özdemir,A.,Aktaş,R. (1999) *Öngörü Teknikleri ve Finans Uygulamaları*, Siyasal Kitabevi, Ankara

Özdemir,N., Çobanoğlu O. (2008). Türkiye’de nükleer santrallerin kurulması ve nükleer enerji kullanımı konusundaki öğretmen adaylarının tutumları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* (34)(1).

Özertan G. (07.11.2007). *Biyoyakıtlar Türkiye için ne ifade ediyor?* Boğaziçi Üniversitesi, Araştırma Raporu.

Öziş, Ü., Harmancıoğlu, N. ve Türkman, F., (2004). *Mühendislik Sistemlerinin Ekonomik Analizi*, 4.Baskı, DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 194, İzmir.

Öztaş,S.(2012). “ Erzurum İlindeki Doğalgaz Tüketiminin Zaman Serileri Analizi İle İncelenmesi ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi,Ankara

Öztürk, M.G. ve Bilen K. (2009). Kanola Yağı Metil Esteri ve Karışımlarının Dizel Motoru Performansına Etkisinin Deneysel incelenmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*. 1(1).

Pamir, A. N. (2003). Dünyada ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları. *Metalurji Dergisi*. 134 (12): (111-125).

Pamir, A.N. (2005). Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler. *Stratejik Analiz Dergisi* 7(2).

Petform. (2014). <http://www.petform.org.tr>. (12.11.2014).

Pope, J.E.(1996).*Rules of Thumb For Mechanical Engineers*, Gulf Professional Publishing, Houston

RAE (Royal Academy of Engineering). (2013). *Future Ship Powering Options Report*. A.B.D.

Ramos M.J., Fernández C.M., Casas A., Rodríguez L., Pérez Á. (2009). Influence Of Fatty Acid Composition of Raw Materials on Biodiesel Properties. *Bioresource Technology* 100: 261-268.

Rogner. (2002). *Sustainable Energy Development*. A.B.D.

Rutz D., Janssen R. (2010). *Biofuel Technology Handbook*. New Jersey.

Saban,M.Gülerçin,G.(2009). Deniz Taşımacılığı İşletmelerinde Maliyetleri Etkileyen Faktörler ve Sefer Maliyetleri, *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi* 1.1

Sabancı, A., Ören, M.N., Yaşar, B., Öztürk H.H., Atal. M. (2010). Türkiye’de Biyodizel ve Biyoetanol Üretiminin Tarım Sektörü Açısından Değerlendirilmesi. Ankara.

Safgönül,B.,Ergeneman, M.,Aslan,H.E., Sorusbay,C.(1995). *İçten Yanmalı Motorlar*. İstanbul: Birsen Yayınevi.

Saravanan S., Kannan S., Thangaraj C. (2012). India’s Electricity Demand Forecast Using Regression Analysis and Artificial Neural Networks Based on Principal Components. *Ictact Journal on Soft Computing*. 02(04):365-370

Satman, A. (2006). *Türkiye’nin Enerji Vizyonu*. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Semineri. Adana: Çukurova Üniversitesi.

Satman, M.H.(2010).*İstatistik Ve Ekonometri Uygulamaları İle R*, İstanbul: Türkmen Kitabevi

Sauer F.D., Kramer J.K.G. (1983). *The Problems Associated with The Feeding of High Erucic Acid Rapeseed Oils and Some Fish Oils to Experimental Animals*. Ontario: Academic Press Canada.

Sevilgen, G., Muhsin K. (2013). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Sürdürülebilir Endeksi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi.

Sevim, C. (2009). Geçmişten Günümüze Enerji Güvenliği ve Paradigma Değişimleri. *Strateji Araştırmalar Dergisi*. 13: 93-105.

Sezgin,E., Çelik,Y. (2013). *Veri Madenciliğinde Kayıp Veriler İçin Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması*. Akademik Bilişim 2013 Konferansı. Antalya: Akdeniz Üniversitesi.

Sharma Y.C., Singh B. (2009). Development of Biodiesel: Current Scenario. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13(6): 1646-1651.

Srivastava, A., Ram P. (2000). Triglycerides-Based Diesel Fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 4(2): 111-133.

Stephens,M.(2013), www. OpCost Seminar 2013 Handout Final.pdf

Stopford,M. (1997). *Maritime Economics*, 2.baskı, Routledge, London

Strong, C., Charlie E., Deepak S. (2004). *Evaluation of Biodiesel Fuel: Literature Review*. Montana Department of Transportation Research Section.

T.C. Resmi Gazete. 18 Ekim 2011. Sayı: 28088. *2012 Yılı Programı ve 2012 Yılı Programının Uygulanması, Koordinasyonu ve İzlenmesine Dair Bakanlar Kurulu Kararı Eki*

TEDB. (The Transportation Energy Data Book). (2014). *The Transportation Energy Data Book 33.Baskı*. Oak Ridge National Laboratory.

Tetik,S.(2011). Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile Enerji Harcamaları Arasındaki İlişki, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Ankara

Titipong I. (2011). *Development of Biodiesel Production Processes from Various Vegetable Oils*. Toronto: University of Toronto.

TKİK (Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu). (2009). *Sektör Raporu*. Ankara.

Tolga E.,Kahraman C.,(1994). *Mühendislik Ekonomisi*,İ.T.Ü. Matbaası ,Sayı:1542, İstanbul.

Torun, M. (2005). Türkiye’de Kömür. *TMMOB Türkiye V. Enerji Sempozyumu Bildirileri*.

Torun, M., Tamzok N. (2005). *Türkiye Enerji Politikaları İçerisinde Kömürün Önemi*. İstanbul.

TPAO (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı). (2012). Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu. Ankara.

TPAO (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı). (2013). Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu. Ankara.

TTGV (Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı). (2011). *Sektörel İnceleme Çalışmaları*. İstanbul: Özge Matbaa.

TTK (Türkiye Taşkömürü Kurumu). (2014). *Taşkömürü Sektör Raporu*. Ankara.

Turan,O., A. Ölçer, I. Lazakis, P. Rigo, J. Caprace.(2009).Maintenance/Repair And Production Oriented Life-Cycle Cost/Earning Model For Ship Structural Optimisation During Conceptual Design Stage, *Ships and Offshore Structures*, 10

Türkeş, M., Sümer, U. M., Çetiner, G. (2000). Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları, *Tesisat Dergisi*. 52: 84-100.

Tyson, K. S., Robert, L. (2006). *Biodiesel handling and use guidelines*.Mc Cormick.

U.S. DOE (Department of Energy). (2009). *Biodiesel Handling and Use Guidelines* 4. Baskı. A.B.D.

Ucal S., M., (2006) “Ekonometrik Model Seçim Kriterleri Üzerine Kısa Bir İnceleme”, *Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Dergisi*, Cilt. 7, Num: 2

UCL (University College London) Energy Institute-Lloyd Register Marine. (2014). *Global Marine Fuel Trends 2030*. İngiltere.

USDA Foreign Agricultural Services. (2013). *Biofuels Annual Gain Report Brazil*. Report No:BR13005. A.B.D.

USDA Foreign Agricultural Services. (2013). *Biofuels Annual Gain Report Argentina*. Report No:ARG7002. A.B.D.

USDA Foreign Agricultural Services. (2014). *Biofuels Annual Gain Report EU-28*. Report No:NL4025. A.B.D.

Utku, S. (2009). *Biyodizel ve Motorin Karışımlarının Yakıt Kalitesi Özelliklerinin İyileştirilmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Zonguldak: Bülent Ecevit Üniversitesi.

Ünsal, A. (1997). Zaman Serilerinde Regresyon Ve Varyans Analizi Yöntemleri İle Mevsimsel Dalgalanmaların Araştırılması Ve Bir Uygulama.Ekonomik Yaklaşım, 8(26)

Verniere, M. (2007). *Everything You Need To Know About Marine Fuels*. Chevron Global Marine Products.

W.E.C. (World Energy Comitee). (2010). *Biofuels: Policies, Standarts and Technologies*. A.B.D.

W.E.C. (World Energy Comitee). (2010). *Türkiye Enerji Raporu*. A.B.D.

W.E.C. (World Energy Comitee). (2013). *World Energy Issues Monitor Report*. A.B.D.

Wahlen, B.D., Willis, R.M., Seefeldt, L.C. (2011). Biodiesel Production By Simultaneous Extraction And Conversion of Total Lipids From Microalgae, Cyanobacteria, and Wild Mixed Cultures. *Bioresource Technology*.102(3): 2724-2730.

Washio,T.,Chawla,S.(2009).”New Frontiers in Data Mining”,PAKKD 2008 International Workshops,Osaka,Japan

Weiss, E.A. (1983). *Oilseed Crops*. London and New York: Longman.

Woodyard, D. (2009). *Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines*. Butterworth: Heinemann.

Yalçın, C. (2000). Nükleer Enerjinin Bugünü ve Geleceği, *Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. Çanakkale (ss:19).

Yaşar B. (2008). Türkiyede Biyodizel Üretim Maliyeti ve Yaşanan Sorunlar, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*. UTES.

Yavuz, A. A., Zeynep F. (2012). Biyobenzin Üretim Potansiyeli Bakımından İllerin Sınıflandırılması. *Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi University*. 25 (2).

Yavuzcan, G. (1994). *Enerji Teknolojisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 134.

Yell, D., Riddell, J., (1995). *Ice Design and Practice Guides: Dredging*, Thomas Telford, London

Zhang, Y., Dubé, M.A., McLean, D.D., Kates, M. (2003). Biodiesel Production From Waste Cooking Oil: 2. Economic Assessment and Sensitivity Analysis. *Bioresource Technology*. 90(3): 229-240.

Zhou J., Peng Y. (2014). Variable Weight Combined Forecast of China's Energy Demand Based On Grey Model And BP Neural Network. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 6(4):303-308.

Zhou, W. (2006). *Kinetics and Phase Behaviour of Transesterification of Triglycerides*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Toronto: University of Toronto.

EKLER

Ek 1: Yakıt Harcam Envanteri

MEPC 59/INF.10

ANNEX

Page 194

Table A1.8 – Summary table – input data that have been used in the inventory

Category	Size / type	No. of ships (2007)	Ave. GT	Ave. ME kW	Ave. per engine Aux kW	AIS unique counts (4)	AIS coverage (%)	Days at sea (1) Modelled	Avg. ME load Modelled	Avg. AUX running days (2)	Avg. AUX load Modelled	Fuel type (3)
Crude oil tanker	200,000+ dwt	494	155 685	24 610	1 034	514	99%	274	73%	450	50%	HFO
Crude oil tanker	120,000–199,999 dwt	353	80 711	17 075	1 232	368	100%	271	80%	450	50%	HFO
Crude oil tanker	80,000–119,999 dwt	651	56 921	12 726	769	685	101%	254	80%	450	50%	HFO
Crude oil tanker	60,000–79,999 dwt	180	39 498	10 529	731	190	101%	238	70%	400	50%	HFO
Crude oil tanker	10,000–59,999 dwt	245	24 290	7 889	729	229	91%	238	70%	400	50%	HFO
Crude oil tanker	0–9,999 dwt	114	2 085	1 865	222	49	41%	180	65%	400	50%	MDO/HFO
Products tanker	60,000+ dwt	198	46 775	12 644	780	215	99%	171	80%	450	50%	HFO
Products tanker	20,000–59,999 dwt	456	24 262	8 482	736	455	96%	171	66%	450	50%	HFO
Products tanker	10,000–19,999 dwt	193	9 723	4 640	535	147	75%	183	70%	400	50%	HFO
Products tanker	5000–9,999 dwt	466	4 264	2 691	291	306	63%	177	75%	400	50%	MDO/HFO
Products tanker	0–4999 dwt	3 959	1 056	1 032	123	909	23%	175	65%	400	50%	MDO/HFO
Chemical tanker	20,000+ dwt	1 010	24 917	9 027	837	1059	100%	251	80%	450	50%	HFO
Chemical tanker	10,000–19,999 dwt	584	9 357	5 161	623	621	95%	246	80%	400	50%	HFO
Chemical tanker	5000–9999 dwt	642	4 651	3 252	416	615	92%	246	76%	400	50%	MDO/HFO
Chemical tanker	0–4999 dwt	1 659	1 331	1 257	216	668	40%	180	65%	400	50%	MDO/HFO
LPG tanker	50,000+ cbm	138	43 784	13 494	1 004	147	103%	273	70%	450	50%	HFO
LPG tanker	0–49,999 cbm	943	4 834	3 225	436	697	72%	180	65%	400	50%	MDO/HFO
LNG tanker	200,000+ cbm	4	135 846	37 322	3 210	8	100%	260	70%	450	50%	HFO
LNG tanker	0–199,999 cbm	239	90 933	24 592	2 610	251	98%	274	70%	400	50%	HFO
Other tanker	Other	402	2 030	1 522	210	163	41%	180	65%	400	50%	MDO/HFO
Bulk	200,000+ dwt	119	114 519	17 224	794	101	97%	281	71%	450	60%	HFO

I:\MEPC\59\INF-10.doc

Category	Size / type	No. of ships (2007)	Ave. GT	Ave. ME kW	Ave. per engine Aux kW	AIS unique counts (4)	AIS coverage (5)	Days at sea (1) Modelled	Avg. ME load Modelled	Avg. AUX running days (2)	Avg. AUX load Modelled	Fuel type (3)
Bulk	100,000–199,999 dwt	686	83 619	15 108	697	695	99%	279	70%	450	60%	HFO
Bulk	60,000–99,999 dwt	1 513	39 568	9 912	549	1509	98%	271	70%	450	60%	HFO
Bulk	35,000–59,999 dwt	1 864	27 596	8 209	533	1859	96%	262	70%	425	60%	HFO
Bulk	10,000–34,999 dwt	2 090	15 351	6 436	458	1915	90%	258	70%	400	70%	HFO
Bulk	0–9999 dwt	1 120	1 942	1 532	237	382	34%	180	65%	400	60%	MDO/HFO
General cargo	10,000+ dwt	674	11 382	5 914	414	491	71%	260	80%	410	60%	HFO
General cargo	5000–9999 dwt	1 528	4 704	2 939	235	1171	76%	272	80%	410	60%	MDO/HFO
General cargo	0–4999 dwt	11 006	1 061	868	90	3553	32%	180	65%	380	50%	MDO/HFO
General cargo	10,000+ dwt, 100+ TEU	1225	15 641	7 882	628	1160	94%	240	65%	410	50%	HFO
General cargo	5000–9999 dwt, 100+ TEU	1 089	5 294	3 720	401	969	88%	180	65%	380	50%	MDO/HFO
General cargo	0–4999 dwt, 100+ TEU	1 486	2 724	1 860	249	1321	88%	180	65%	380	70%	MDO/HFO
Other dry	Reefer	1 239	4 998	4 941	551	930	75%	256	69%	360	60%	MDO/HFO
Other dry	Special	228	12 201	5 787	511	174	78%	235	65%	360	60%	MDO/HFO
Container	8000+ TEU	118	100 082	68 477	3 081	145	94%	241	67%	600	60%	HFO
Container	5000–7999 TEU	417	70 290	55 681	2 433	438	97%	247	65%	600	60%	HFO
Container	3000–4999 TEU	711	45 317	34 934	1 782	732	99%	250	65%	500	60%	HFO
Container	2000–2999 TEU	667	29 363	21 462	1 359	695	99%	251	65%	500	60%	HFO
Container	1000–1999 TEU	1 115	16 438	12 364	985	1157	98%	259	65%	450	60%	HFO
Container	0–999 TEU	1 110	6 967	5 703	600	1025	90%	180	65%	400	60%	MDO/HFO
Vehicle	4000+ ceu	398	51 549	13 137	1 034	419	97%	284	76%	300	70%	HFO
Vehicle	0–3999 ceu	337	20 561	7 971	671	289	86%	271	73%	300	60%	HFO

I:\MEPC\59\INF-10.doc

Category	Size / type	No. of ships (2007)	Ave. GT	Ave. ME kW	Ave. per engine Aux kW	AIS unique counts (4)	AIS coverage (5)	Days at sea (1) Modelled	Avg. ME load Modelled	Avg. AUX running days (2)	Avg. AUX load Modelled	Fuel type (3)
Roro	2000+ lm	194	25 725	15 736	1 293	186	96%	219	65%	360	50%	HFO
Roro	0-1999 lm	1 517	3 557	2 934	381	602	40%	180	65%	360	50%	MDO/HFO
Ferry	Pax Only, 25 kn +	984	302	3 113	60	244	25%	262	65%	360	60%	MDO/HFO
Ferry	Pax Only, <25 kn	2 108	392	1 213	79	215	10%	258	80%	360	60%	MDO/HFO
Ferry	RoPax, 25 kn +	177	12 119	27 395	785	125	71%	232	65%	360	70%	MDO/HFO
Ferry	RoPax, <25 kn	3 144	4 723	4 891	469	1054	34%	254	74%	360	70%	MDO/HFO
Cruise	100,000+ gt	24	119 041	66 523	1 500	16	67%	262	65%	360	70%	HFO
Cruise	60,000-99,999 gt	69	79 541	49 779	3 269	46	67%	227	65%	360	70%	HFO
Cruise	10,000-59,999 gt	130	29 559	19 048	1 780	87	67%	227	65%	360	70%	HFO
Cruise	2000-9999 gt	74	4 851	4 026	702	47	64%	227	65%	360	70%	HFO
Cruise	0-1999 gt	202	664	945	143	129	64%	180	65%	360	70%	MDO
Yacht	Yacht	1 051	560	2 285	141	467	44%	100	50%	360	70%	MDO/HFO
Offshore	Crew/supply vessel	607	246	2 546	69	187	30%	232	25%	360	60%	MDO/HFO
Offshore	Platform supply	1 733	1 127	2 527	316	956	54%	191	30%	360	60%	MDO/HFO
Offshore	Tug/supply ship	550	905	3 218	253	285	52%	205	16%	360	60%	MDO/HFO
Offshore	Anchor handling T/S	1 190	1 545	5 266	574	810	66%	210	31%	360	50%	MDO/HFO
Offshore	Support/safety	487	1 486	2 504	291	265	54%	194	34%	360	70%	MDO/HFO
Offshore	Pipe (various)	246	6 657	6 195	667	115	47%	233	16%	360	70%	MDO/HFO
Service	Research	895	1 641	2 386	367	372	41%	187	49%	360	60%	MDO/HFO

Category	Size / type	No. of ships (2007)	Ave. GT	Ave. ME kW	Ave. per engine Aux kW	AIS unique counts (4)	AIS coverage (5)	Days at sea (1) Modelled	Avg. ME load Modelled	Avg. AUX running days (2)	Avg. AUX load Modelled	Fuel type (3)
Service	Tug	12 330	281	1 903	96	2186	18%	215	40%	360	50%	MDO/HFO
Service	Dredging	1 206	2 191	2 614	516	374	31%	175	43%	360	50%	MDO/HFO
Service	SAR & Patrol	992	523	2 597	145	171	17%	180	28%	360	70%	MDO/HFO
Service	Workboats	1 067	1 559	2 077	174	266	25%	161	25%	360	60%	MDO/HFO
Service	Other	813	1 360	2 613	194	201	25%	156	51%	360	60%	MDO/HFO
Misc	Fishing	12 849	313	687	164	484	4%	285	26%	360	70%	MDO/HFO
Misc	Trawlers	9 709	601	956	319	776	8%	261	58%	360	70%	MDO/HFO
Misc	Other fishing	1 291	1 296	1 388	236	322	25%	249	77%	360	70%	MDO/HFO
Misc	Other	667	11 497	9 000	647	168	25%	153	65%	360	70%	MDO/HFO

Note 1: “Days at sea” expresses the total accumulated time at sea. The number of days when the ship has been at sea part of the time will be higher. This distinction is primarily of interest for small vessels on short routes, ferries, etc.

Note 2: “Average AUX running days” is the sum of several engines, resulting in a more than 356 running days per year.

Note 3: “Fuel type” denotes typical fuel type for main and auxiliary engines. Multiple fuel types indicate either frequent difference between main and auxiliary engines or that a fraction of the ships in this category is expected to use either fuel type.

Note 4: “AIS unique counts” indicates the number of different vessels detected.

Note 5: “AIS coverage” denotes the ratio of ships detected at least once during the year to the number of ships in the database used.

Ek 2: Karşılaştırmalı Maliyet Analizinde Kullanılan Veriler

Ek 2 Tablo 1 : 2002-2013 Yılları Arasında Türk Deniz Ticaret Filosu Kuru Yük, Tanker Ve Dökme Yük Gemileri (Adet)

Gemi tipi	Tonaj Dwt	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002
Ham Petrol	200,000+ dwt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	120,000–199,999 dwt	7	7	6	5	5	5	5	6	6	3	3	3
	80,000–119,999 dwt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	60,000–79,999 dwt	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	10,000–59,999 dwt	5	8	9	13	10	11	11	13	9	10	12	18
	0–9999 dwt	14	13	16	17	17	23	23	22	20	20	23	21
Dökme Yük	100,000–199,999 dwt	8	8	8	3	1	1	1	1	1	1	1	1
	60,000–99,999 dwt	31	35	29	18	16	9	10	10	13	10	11	10
	35,000–59,999 dwt	15	22	28	33	33	38	37	38	42	45	49	61
	10,000–34,999 dwt	36	45	43	40	39	45	45	47	54	56	61	65
	0–9999 dwt	4	3	4	5	4	4	5	5	3	2	2	0
Kuru Yük	10,000+ dwt	15	19	16	14	13	15	17	16	10	10	14	15
	5000–9999 dwt	50	49	19	52	50	53	50	48	42	39	38	41
	0–4999 dwt	178	185	222	194	199	233	229	207	175	192	172	177

Kaynak : İMEAK, DTO verilerinden yazar tarafından derlenmiştir

Ek 2 Tablo 2 : 2013 Yılı Toplam Dizel ve Biyodizel Yakıtı Harcam Tablosu

Gemi tipi	Tonaj Dwt	Gemi Adedi	Ortalama Yardımcı Makine Gücü	Ortalama Yardımcı Dizel Makine Çalışma Günü	Ortalama Yardımcı Makine Yüğü	Gemi Başına Günlük Yakıt Harcamı(kg)	Toplam Yıllık DizelYakıt Harcamı(MT)	Toplam Yıllık Biyodizel Yakıt Harcamı(MT)
Ham Petrol	120,000–199,999 dwt	7	1232	450	50%	3252,48	10245,312	11269,8432
	10,000–59,999 dwt	5	729	400	50%	1924,56	3849,12	4234,032
	0–9999 dwt	14	222	400	50%	586,08	3282,048	3610,2528
Dökme Yük	100,000–199,999 dwt	8	697	450	60%	2208,096	7949,1456	8744,06016
	60,000–99,999 dwt	31	549	450	60%	1739,232	24262,2864	26688,51504
	35,000–59,999 dwt	15	533	425	60%	1688,544	10764,468	11840,9148
	10,000–34,999 dwt	36	458	400	70%	1692,768	24375,8592	26813,44512
	0–9999 dwt	4	237	400	60%	750,816	1201,3056	1321,43616
Kuru Yük	10,000+ dwt	15	414	410	60%	1311,552	8066,0448	8872,64928
	5000–9999 dwt	50	235	410	60%	744,48	15261,84	16788,024
	0–4999 dwt	178	90	380	50%	237,6	16071,264	17678,3904
Toplam						16136,2	125328,7	137861,6

Kaynak : Yazar Tarafından oluşturuldu

Ek 2 Tablo 3 : 2012 Yılı Toplam Dizel ve Biyodizel Yakıtı Harcam Tablosu

Gemi tipi	Tonaj Dwt	Gemi Adedi	Ortalama Yardımcı Makine Gücü	Ortalama Yardımcı Dizel Makine Çalışma Günü	Ortalama Yardımcı Makine Yüğü	Gemi Başına Günlük Yakıt Harcamı(kg)	Toplam Yıllık DizelYakıt Harcamı(MT)	Toplam Yıllık Biyodizel Yakıt Harcamı(MT)
Ham Petrol	120,000–199,999 dwt	7	1232	450	50%	3252,48	10245,312	11474,74944
	60,000–79,999 dwt	1	731	400	50%	1929,84	771,936	864,56832
	10,000–59,999 dwt	8	729	400	50%	1924,56	6158,592	6897,62304
	0–9999 dwt	13	222	400	50%	586,08	3047,616	3413,32992
Dökme Yük	100,000–199,999 dwt	8	697	450	60%	2208,096	7949,1456	8903,043072
	60,000–99,999 dwt	35	549	450	60%	1739,232	27392,904	30680,05248
	35,000–59,999 dwt	22	533	425	60%	1688,544	15787,8864	17682,432768
	10,000–34,999 dwt	45	458	400	70%	1692,768	30469,824	34126,20288
	0–9999 dwt	3	237	400	60%	750,816	900,9792	1009,096704
Kuru Yük	10,000+ dwt	19	414	410	60%	1311,552	10216,99008	11443,0288896
	5000–9999 dwt	49	235	410	60%	744,48	14956,6032	16751,395584
	0–4999 dwt	185	90	380	50%	237,6	16703,28	18707,6736
Toplam						18066,0	144601,0	161953,1

Ek 2 Tablo 4 : 2011 Yılı Toplam Dizel ve Biyodizel Yakıtı Harcam Tablosu

Gemi tipi	Tonaj Dwt	Gemi Adedi	Ortalama Yardımcı Makine Gücü	Ortalama Yardımcı Dizel Makine Çalışma Günü	Ortalama Yardımcı Makine Yüklü	Gemi Başına Günlük Yakıt Harcamı(kg)	Toplam Dizel Yakıt Harcamı(MT)	Toplam Biyodizel Yakıt harcamı(MT)
Ham Petrol	120,000–199,999 dwt	6	1232	450	50%	3252,48	8781,696	9659,8656
	60,000–79,999 dwt	1	731	400	50%	1929,84	771,936	849,1296
	10,000–59,999 dwt	9	729	400	50%	1924,56	6928,416	7621,2576
	0–9999 dwt	16	222	400	50%	586,08	3750,912	4126,0032
Dökme Yükl	100,000–199,999 dwt	8	697	450	60%	2208,096	7949,1456	8744,06016
	60,000–99,999 dwt	29	549	450	60%	1739,232	22696,9776	24966,67536
	35,000–59,999 dwt	28	533	425	60%	1688,544	20093,6736	22103,04096
	10,000–34,999 dwt	43	458	400	70%	1692,768	29115,6096	32027,17056
	0–9999 dwt	4	237	400	60%	750,816	1201,3056	1321,43616
Kuru Yükl	10,000+ dwt	16	414	410	60%	1311,552	8603,78112	9464,159232
	5000–9999 dwt	19	235	410	60%	744,48	5799,4992	6379,44912
	0–4999 dwt	222	90	380	50%	237,6	20043,936	22048,3296
Toplam						18066,0	135736,9	149310,6

Ek 2 Tablo 5 : 2010 Yılı Toplam Dizel ve Biyodizel Yakıtı Harcam Tablosu

Gemi tipi	Tonaj Dwt	Gemi Adedi	Ortalama Yardımcı Makine Gücü	Ortalama Yardımcı Dizel Makine Çalışma Güntü	Ortalama Yardımcı Makine Yüğü	Gemi Başına Günlük Yakıt Harcamı(kg)	Toplam Yıllık DizelYakıt Harcamı(MT)	Toplam Yıllık Biyodizel Yakıt Harcamı(MT)
Ham Petrol	120,000–199,999 dwt	5	1232	450	50%	3252,48	7318,08	8049,888
	60,000–79,999 dwt	1	731	400	50%	1929,84	771,936	849,1296
	10,000–59,999 dwt	13	729	400	50%	1924,56	10007,712	11008,4832
	0–9999 dwt	17	222	400	50%	586,08	3985,344	4383,8784
Dökme Yük	100,000–199,999 dwt	3	697	450	60%	2208,096	2980,9296	3279,02256
	60,000–99,999 dwt	18	549	450	60%	1739,232	14087,7792	15496,55712
	35,000–59,999 dwt	33	533	425	60%	1688,544	23681,8296	26050,01256
	10,000–34,999 dwt	40	458	400	70%	1692,768	27084,288	29792,7168
	0–9999 dwt	5	237	400	60%	750,816	1501,632	1651,7952
Kuru Yük	10,000+ dwt	14	414	410	60%	1311,552	7528,30848	8281,139328
	5000–9999 dwt	52	235	410	60%	744,48	15872,3136	17459,54496
	0–4999 dwt	194	90	380	50%	237,6	17515,872	19267,4592
Toplam						18066,0	132336,0	145569,6

Ek 2 Tablo 6 : 2009 Yılı Toplam Dizel ve Biyodizel Yakıtı Harcam Tablosu

Gemi tipi	Tonaj Dwt	Gemi Adedi	Ortalama Yardımcı Makine Gücü	Ortalama Yardımcı Dizel Makine Çalışma Günü	Ortalama Yardımcı Makine Yüğü	Gemi Başına Günlük Yakıt Harcamı(kg)	Toplam Yıllık DizelYakıt Harcamı(MT)	Toplam Yıllık Biyodizel Yakıt Harcamı(MT)
Ham Petrol	120,000–199,999 dwt	5	1232	450	50%	3252,48	7318,08	8049,888
	60,000–79,999 dwt	1	731	400	50%	1929,84	771,936	849,1296
	10,000–59,999 dwt	10	729	400	50%	1924,56	7698,24	8468,064
	0–9999 dwt	17	222	400	50%	586,08	3985,344	4383,8784
Dökme Yük	100,000–199,999 dwt	1	697	450	60%	2208,096	993,6432	1093,00752
	60,000–99,999 dwt	16	549	450	60%	1739,232	12522,4704	13774,71744
	35,000–59,999 dwt	33	533	425	60%	1688,544	23681,8296	26050,01256
	10,000–34,999 dwt	39	458	400	70%	1692,768	26407,1808	29047,89888
	0–9999 dwt	4	237	400	60%	750,816	1201,3056	1321,43616
Kuru Yük	10,000+ dwt	13	414	410	60%	1311,552	6990,57216	7689,629376
	5000–9999 dwt	50	235	410	60%	744,48	15261,84	16788,024
	0–4999 dwt	199	90	380	50%	237,6	17967,312	19764,0432
						18066,0	124799,8	137279,7

Ek 2 Tablo 7 : 2008 Yılı Toplam Dizel ve Biyodizel Yakıtı Harcam Tablosu

Gemi tipi	Tonaj Dwt	Gemi Adedi	Ortalama Yardımcı Makine Gücü	Ortalama Yardımcı Dizel Makine Çalışma Günü	Ortalama Yardımcı Makine Yüğü	Gemi Başına Günlük Yakıt Harcamı(kg)	Toplam Yıllık DizelYakıt Harcamı(MT)	Toplam Yıllık Biyodizel Yakıt Harcamı(MT)
Ham Petrol	120,000–199,999 dwt	5	1232	450	50%	3252,48	7318,08	8049,888
	60,000–79,999 dwt	1	731	400	50%	1929,84	771,936	849,1296
	10,000–59,999 dwt	11	729	400	50%	1924,56	8468,064	9314,8704
	0–9999 dwt	23	222	400	50%	586,08	5391,936	5931,1296
Dökme Yük	100,000–199,999 dwt	1	697	450	60%	2208,096	993,6432	1093,00752
	60,000–99,999 dwt	9	549	450	60%	1739,232	7043,8896	7748,27856
	35,000–59,999 dwt	38	533	425	60%	1688,544	27269,9856	29996,98416
	10,000–34,999 dwt	45	458	400	70%	1692,768	30469,824	33516,8064
	0–9999 dwt	4	237	400	60%	750,816	1201,3056	1321,43616
Kuru Yük	10,000+ dwt	15	414	410	60%	1311,552	8066,0448	8872,64928
	5000–9999 dwt	53	235	410	60%	744,48	16177,5504	17795,30544
	0–4999 dwt	233	90	380	50%	237,6	21037,104	23140,8144
Toplam						18066,048	134209,3632	147630,3

Ek 2 Tablo 8 : 2007 Yılı Toplam Dizel ve Biyodizel Yakıtı Harcam Tablosu

Gemi tipi	Tonaj Dwt	Gemi Adedi	Ortalama Yardımcı Makine Gücü	Ortalama Yardımcı Dizel Makine Çalışma Günü	Ortalama Yardımcı Makine Yüğü	Gemi Başına Günlük Yakıt Harcamı(kg)	Toplam Yıllık DizelYakıt Harcamı(MT)	Toplam Yıllık Biyodizel Yakıt Harcamı(MT)
Ham Petrol	120,000–199,999 dwt	5	1232		450	3252,48	7318,08	8049,888
	10,000–59,999 dwt	11	729		400	1924,56	8468,064	9314,8704
	0–9999 dwt	23	222		400	586,08	5391,936	5931,1296
Dökme Yüük	100,000–199,999 dwt	1	697		450	2208,096	993,6432	1093,00752
	60,000–99,999 dwt	10	549		450	1739,232	7826,544	8609,1984
	35,000–59,999 dwt	37	533		425	1688,544	26552,3544	29207,58984
	10,000–34,999 dwt	45	458		400	1692,768	30469,824	33516,8064
	0–9999 dwt	5	237		400	750,816	1501,632	1651,7952
Kuru Yüük	10,000+ dwt	17	414		410	1311,552	9141,51744	10055,669184
	5000–9999 dwt	50	235		410	744,48	15261,84	16788,024
	0–4999 dwt	229	90		380	237,6	20675,952	22743,5472
Toplam						16136,2	133601,4	146961,5

Ek 2 Tablo 9 : 2006 Yılı Toplam Dizel ve Biyodizel Yakıtı Harcam Tablosu

Gemi tipi	Tonaj Dwt	Gemi Adedi	Ortalama Yardımcı Makine Gücü	Ortalama Yardımcı Dizel Makine Çalışma Günü	Ortalama Yardımcı Makine Yüğü	Gemi Başına Günlük Yakıt Harcamı(kg)	Toplam Yıllık DizelYakıt Harcamı(MT)	Toplam Yıllık Biyodizel Yakıt Harcamı(MT)
Ham Petrol	120,000–199,999 dwt	6,0	1232,0		450,0	0,5	8781,7	9659,8656
	10,000–59,999 dwt	13,0	729,0		400,0	0,5	10007,7	11008,4832
	0–9999 dwt	22,0	222,0		400,0	0,5	5157,5	5673,2544
Dökme Yük	100,000–199,999 dwt	1,0	697,0		450,0	0,6	993,6	1093,00752
	60,000–99,999 dwt	10,0	549,0		450,0	0,6	7826,5	8609,1984
	35,000–59,999 dwt	38,0	533,0		425,0	0,6	27270,0	29996,98416
	10,000–34,999 dwt	47,0	458,0		400,0	0,7	31824,0	35006,44224
	0–9999 dwt	5,0	237,0		400,0	0,6	1501,6	1651,7952
Kuru Yük	10,000+ dwt	16,0	414,0		410,0	0,6	8603,8	9464,159232
	5000–9999 dwt	48,0	235,0		410,0	0,6	14651,4	16116,50304
	0–4999 dwt	207,0	90,0		380,0	0,5	18689,6	20558,5776
Toplam							135307,5	148838,3

Ek 2 Tablo 10 : 2005 Yılı Toplam Dizel ve Biyodizel Yakıtı Harcam Tablosu

Gemi tipi	Tonaj Dwt	Gemi Adedi	Ortalama Yardımcı Makine Gücü	Ortalama Yardımcı Dizel Makine Çalışma Günü	Ortalama Yardımcı Makine Yüğü	Gemi Başına Günlük Yakıt Harcamı(kg)	Toplam Yıllık DizelYakıt Harcamı(MT)	Toplam Yıllık Biyodizel Yakıt Harcamı(MT)
Ham Petrol	120,000–199,999 dwt	6	1232	450	50%	3252,48	8781,696	9659,8656
	10,000–59,999 dwt	9	729	400	50%	1924,56	6928,416	7621,2576
	0–9999 dwt	20	222	400	50%	586,08	4688,64	5157,504
Dökme Yüük	100,000–199,999 dwt	1	697	450	60%	2208,096	993,6432	1093,00752
	60,000–99,999 dwt	13	549	450	60%	1739,232	10174,5072	11191,95792
	35,000–59,999 dwt	42	533	425	60%	1688,544	30140,5104	33154,56144
	10,000–34,999 dwt	54	458	400	70%	1692,768	36563,7888	40220,16768
	0–9999 dwt	3	237	400	60%	750,816	900,9792	991,07712
Kuru Yüük	10,000+ dwt	10	414	410	60%	1311,552	5377,3632	5915,09952
	5000–9999 dwt	42	235	410	60%	744,48	12819,9456	14101,94016
	0–4999 dwt	175	90	380	50%	237,6	15800,4	17380,44
Toplam						16136,2	133169,9	146486,9

Ek 2 Tablo 11 : 2004 Yılı Toplam Dizel ve Biyodizel Yakıtı Harcam Tablosu

Gemi tipi	Tonaj Dwt	Gemi Adedi	Ortalama Yardımcı Makine Gücü	Ortalama Yardımcı Dizel Makine Çalışma Günü	Ortalama Yardımcı Makine Yüğü	Gemi Başına Günlük Yakıt Harcamı(kg)	Toplam Yıllık DizelYakıt Harcamı(MT)	Toplam Yıllık Biyodizel Yakıt Harcamı(MT)
Ham Petrol	120,000–199,999 dwt	3	1232		450	3252,48	4390,848	4829,9328
	10,000–59,999 dwt	10	729		400	1924,56	7698,24	8468,064
	0–9999 dwt	20	222		400	586,08	4688,64	5157,504
Dökme Yüük	100,000–199,999 dwt	1	697		450	2208,096	993,6432	1093,00752
	60,000–99,999 dwt	10	549		450	1739,232	7826,544	8609,1984
	35,000–59,999 dwt	45	533		425	1688,544	32293,404	35522,7444
	10,000–34,999 dwt	56	458		400	1692,768	37918,0032	41709,80352
	0–9999 dwt	2	237		400	750,816	600,6528	660,71808
Kuru Yüük	10,000+ dwt	10	414		410	1311,552	5377,3632	5915,09952
	5000–9999 dwt	39	235		410	744,48	11904,2352	13094,65872
	0–4999 dwt	192	90		380	237,6	17335,296	19068,8256
Toplam						16136,2	131026,8	144129,6

Ek 2 Tablo 12 : 2003 Yılı Toplam Dizel ve Biyodizel Yakıtı Harcam Tablosu

Gemi tipi	Tonaj Dwt	Gemi Adedi	Ortalama Yardımcı Makine Gücü	Ortalama Yardımcı Dizel Makine Çalışma Günü	Ortalama Yardımcı Makine Yüğü	Gemi Başına Günlük Yakıt Harcamı(kg)	Toplam Yıllık DizelYakıt Harcamı(MT)	Toplam Yıllık Biyodizel Yakıt Harcamı(MT)
Ham Petrol	120,000–199,999 dwt	3	1232	450	50%	3252,48	4390,848	4829,9328
	10,000–59,999 dwt	12	729	400	50%	1924,56	9237,888	10161,6768
	0–9999 dwt	23	222	400	50%	586,08	5391,936	5931,1296
Dökme Yüğü	100,000–199,999 dwt	1	697	450	60%	2208,096	993,6432	1093,00752
	60,000–99,999 dwt	11	549	450	60%	1739,232	8609,1984	9470,11824
	35,000–59,999 dwt	49	533	425	60%	1688,544	35163,9288	38680,32168
	10,000–34,999 dwt	61	458	400	70%	1692,768	41303,5392	45433,89312
	0–9999 dwt	2	237	400	60%	750,816	600,6528	660,71808
Kuru Yüğü	10,000+ dwt	14	414	410	60%	1311,552	7528,30848	8281,139328
	5000–9999 dwt	38	235	410	60%	744,48	11598,9984	12758,89824
	0–4999 dwt	172	90	380	50%	237,6	15529,536	17082,4896
Toplam						16136,208	140348,47728	154383,3

Ek 2 Tablo 13 : 2002 Yılı Toplam Dizel ve Biyodizel Yakıtı Harcam Tablosu

Gemi tipi	Tonaj Dwt	Gemi Adedi	Ortalama Yardımcı Makine Gücü	Ortalama Yardımcı Dizel Makine Çalışma Günü	Ortalama Yardımcı Makine Yüğü	Gemi Başına Günlük Yakıt Harcamı(kg)	Toplam Yıllık DizelYakıt Harcamı(MT)	Toplam Yıllık Biyodizel Yakıt Harcamı(MT)
Ham Petrol	200,000+ dwt	1	1034		450	2729,76	1228,392	1351,2312
	120,000–199,999 dwt	3	1232		450	3252,48	4390,848	4829,9328
	80,000–119,999 dwt	1	769		450	2030,16	913,572	1004,9292
	10,000–59,999 dwt	18	729		400	1924,56	13856,832	15242,5152
	0–9999 dwt	21	222		400	586,08	4923,072	5415,3792
Dökme Yük	100,000–199,999 dwt	1	697		450	2208,096	993,6432	1093,00752
	60,000–99,999 dwt	10	549		450	1739,232	7826,544	8609,1984
	35,000–59,999 dwt	61	533		425	1688,544	43775,5032	48153,05352
	10,000–34,999 dwt	65	458		400	1692,768	44011,968	48413,1648
Kuru Yük	10,000+ dwt	15	414		410	1311,552	8066,0448	8872,64928
	5000–9999 dwt	41	235		410	744,48	12514,7088	13766,17968
	0–4999 dwt	177	90		380	237,6	15980,976	17579,0736
Toplam						20145,312	158482,104	174330,3144

Ek 2 Tablo 14: 2002-2013 Yılları Dizel Yakıt maliyeti (milyon dolar)

2002	39396,25	210	8273212,5
II. Çeyrek	39396,25	210	8273212,5
III.Çeyrek	39396,25	230	9061137,5
IV.Çeyrek	39396,25	252	9927855
2003	35089,75	234	8211001,5
II. Çeyrek	35089,75	239	8386450,25
III.Çeyrek	35089,75	242	8491719,5
IV.Çeyrek	35089,75	277	9719860,75
2004	32758,25	301	9860233,25
II. Çeyrek	32758,25	317	10384365,25
III.Çeyrek	32758,25	432	14151564
IV.Çeyrek	32758,25	373	12218827,25
2005	33292,25	485	16146741,25
II. Çeyrek	33292,25	502	16712709,5
III.Çeyrek	33292,25	601	20008642,25
IV.Çeyrek	33292,25	504	16779294
2006	33851,75	555	18787721,25
II. Çeyrek	33851,75	631	21360454,25
III.Çeyrek	33851,75	527	17839872,25
IV.Çeyrek	33851,75	518	17535206,5
2007	33400,25	581	19405545,25
II. Çeyrek	33400,25	620	20708155
III.Çeyrek	33400,25	694	23179773,5
IV.Çeyrek	33400,25	847	28290011,75

Ek 2 Tablo 15: 2002-2013 Yılları Biyodizel Yakıt maliyeti (milyon dolar)

2002	43335,875	329	14257502,88
II. Çeyrek	43335,875	382	16554304,25
III.Çeyrek	43335,875	435	18851105,63
IV.Çeyrek	43335,875	553	23964738,88
2003	38598,725	627	24201400,58
II. Çeyrek	38598,725	699	26980508,78
III.Çeyrek	38598,725	646	24934776,35
IV.Çeyrek	38598,725	593	22889043,93
2004	36034,075	550	19818741,25
II. Çeyrek	36034,075	683	24611273,23
III.Çeyrek	36034,075	758	27313828,85
IV.Çeyrek	36034,075	683	24611273,23
2005	36621,475	773	28308400,18
II. Çeyrek	36621,475	864	31640954,4
III.Çeyrek	36621,475	1056	38672277,6
IV.Çeyrek	36621,475	1056	38672277,6
2006	37236,925	1003	37348635,78
II. Çeyrek	37236,925	1168	43492728,4
III.Çeyrek	37236,925	1168	43492728,4
IV.Çeyrek	37236,925	1028	38279558,9
2007	36740,275	1028	37769002,7
II. Çeyrek	36740,275	1028	37769002,7
III.Çeyrek	36740,275	1016	37328119,4
IV.Çeyrek	36740,275	1050	38577288,75

Yıllar	Yakıt Harcam(MT)	Yakıt Fiyatı \$/Ton	Maliyet (\$)
2008	33552,25	934	31337801,5
II. Çeyrek	33552,25	1267	42510700,75
III.Çeyrek	33552,25	908	30465443
IV.Çeyrek	33552,25	421	14125497,25
2009	31199,75	442	13790289,5
II. Çeyrek	31199,75	586	18283053,5
III.Çeyrek	31199,75	546	17035063,5
IV.Çeyrek	31199,75	640	19967840
2010	33084	683	22596372
II. Çeyrek	33084	669	22133196
III.Çeyrek	33084	679	22464036
IV.Çeyrek	33084	786	26004024
2011	35546,25	977	34728686,25
II. Çeyrek	35546,25	892	31707255
III.Çeyrek	35546,25	905	32169356,25
IV.Çeyrek	35546,25	922	32773642,5
2012	36150,25	1021	36909405,25
II. Çeyrek	36150,25	864	31233816
III.Çeyrek	36150,25	963	34812690,75
IV.Çeyrek	36150,25	921	33294380,25
2013	31332	914	28637448
II. Çeyrek	31332	860	26945520
III.Çeyrek	31332	890	27885480
IV.Çeyrek	31332	914	28637448

Yıllar	Yakıt Harcam(MT)	Yakıt Fiyatı \$/Ton	Maliyet (\$)
2008	36907,475	1146	42295966,35
II. Çeyrek	36907,475	1339	49419109,03
III.Çeyrek	36907,475	1516	55951732,1
IV.Çeyrek	36907,475	1442	53220578,95
2009	34319,725	1078	36996663,55
II. Çeyrek	34319,725	1016	34868840,6
III.Çeyrek	34319,725	957	32843976,83
IV.Çeyrek	34319,725	991	34010847,48
2010	36392,4	1115	40577526
II. Çeyrek	36392,4	1109	40359171,6
III.Çeyrek	36392,4	1165	42397146
IV.Çeyrek	36392,4	1187	43197778,8
2011	39100,875	1258	49188900,75
II. Çeyrek	39100,875	1342	52473374,25
III.Çeyrek	39100,875	1302	50909339,25
IV.Çeyrek	39100,875	1299	50792036,63
2012	39765,275	1305	51893683,88
II. Çeyrek	39765,275	1352	53762651,8
III.Çeyrek	39765,275	1314	52251571,35
IV.Çeyrek	39765,275	1364	54239835,1
2013	34465,2	1380	47561976
II. Çeyrek	34465,2	1333	45942111,6
III.Çeyrek	34465,2	1302	44873690,4
IV.Çeyrek	34465,2	1209	41668426,8



16 Ekim 2014

Sayın İlgili,

Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Doktora Programı kapsamında **Prof. Dr. A. Güldem CERİT** danışmanlığında “**Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Ekonomisi : Alternatif Enerji Kaynakları İçin Karşılaştırmalı Maliyet Analizi**” başlıklı doktora tezi için bir uzman görüşü çalışması planlanmıştır.

Siz değerli uzmanımızın görüşlerine ihtiyaç duyduğumuz bu çalışma ile yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Sorulara vereceğiniz cevaplar hiçbir şekilde bu çalışma dışında kullanılmayacaktır. Yanıtlarınızı 27 Ekim 2014 tarihine kadar aşağıda yer alan iletişim adresine iletmenizi arz eder, denizcilik bilimine yararlı olmasını amaçladığımız bu araştırmaya sağlayacağınız katkılar ve tüm destekleriniz için şimdiden teşekkür ederiz.

Mustafa NURAN
Öğr. Gör., Uzakyol Başmühendis

Faks : 0 232 301 88 48

GSM: 0 530 692 57 51

E-Posta: mustafanuran@hotmail.com
mustafa.nuran @deu.edu.tr.

**I., II., III., ve IV. bölümler için her bir ifadeye katılım derecenizi
aşağıdaki ölçeği kullanarak lütfen belirtiniz.**

(1) (2) (3) (4) (5)
(Kesinlikle katılmıyorum) (Katılmıyorum) (Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum) (Katılıyorum) (Kesinlikle Katılıyorum)

I. Operasyonel Değişkenlerin Etkileri						
No	 biyodizelin gemi yardımcı makinelerinde yakıt olarak tercih edilmesinde etkilidir.	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1	Yakıt performansı	()	()	()	()	()
2	Yakıt fiyatları	()	()	()	()	()
3	Özgül yakıt harcamı	()	()	()	()	()
4	Makine bakım aralığı	()	()	()	()	()
5	Bakım-tutum maliyetleri	()	()	()	()	()
6	Yağlama performansı	()	()	()	()	()
7	Makinede modifikasyon ihtiyacı	()	()	()	()	()
8	Soğuk akış özellikleri	()	()	()	()	()
9	Emisyon sınırlamalarına uyum	()	()	()	()	()
10	Fosil yakıtlarla karıştırılabilirliği	()	()	()	()	()
11	Yakıt sızıntılarında çevresel tehdit koşulları	()	()	()	()	()
12	Emniyetli depolama koşulları	()	()	()	()	()
13	Makine üreticisinin garanti koşulları	()	()	()	()	()
14	Makine sigortasının koşulları	()	()	()	()	()
15	Biyodizelin bulunabilirliği	()	()	()	()	()
16	Deniz biyodizel standartlarının oluşturulması	()	()	()	()	()
Operasyonel Etkilere İlişkin Belirtmek İstedığınız Diğer Değişkenler / Görüşleriniz						

II. Mevzuat Değişkenlerinin Etkileri						
No	 biyodizelin gemi yardımcı makinelerinde yakıt olarak tercih edilmesinde etkilidir.	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1	IMO MARPOL NOx emisyonu sınırlamaları	()	()	()	()	()
2	IMO MARPOL SOx emisyonu sınırlamaları	()	()	()	()	()
3	IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi	()	()	()	()	()
4	AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) enerji verimliliği kuralları	()	()	()	()	()
5	AB RED yenilenebilir kaynak kullanımı önerileri	()	()	()	()	()
6	Vergi uygulamalarının biyodizel fiyatlarına etkisi	()	()	()	()	()
7	Teşviklerin biyodizel fiyatlarına etkisi	()	()	()	()	()
8	Uluslararası biyodizel yakıt standartları	()	()	()	()	()
10	Türkiye’de biyodizelin Ö.T.V.’den muaf tutulması	()	()	()	()	()
11	Türkiye’de biyodizel mevzuatında belirsizlikler	()	()	()	()	()

Mevzuatın Etkilerine İlişkin Belirtmek İstedığınız Diğer Değişkenler / Görüşleriniz**III. Ekonomik Değişkenlerin Etkileri**

No	 biyodizelin yakıt olarak tercih edilmesinde etkilidir.	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1	Makine bakım tutum maliyetleri	()	()	()	()	()
2	Enerji maliyetleri	()	()	()	()	()
3	Biyodizel hammadde fiyatları	()	()	()	()	()
4	Fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına etkisi	()	()	()	()	()
5	Tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler	()	()	()	()	()
6	Tarım ürünlerinin fiyatlarındaki değişimler	()	()	()	()	()
7	Kırsal bölgelerde yaratılacak istihdam olanakları	()	()	()	()	()
8	Biyodizel yan ürünlerinin ekonomik katkısı	()	()	()	()	()
9	Biyodizel hammadde üretimindeki artış	()	()	()	()	()
10	Biyodizelin enerjide dış kaynak bağımlılığını azaltması	()	()	()	()	()
11	Türkiye’de atıl biyodizel tesislerinin değerlendirilmesi	()	()	()	()	()

Ekonomik Etkilere İlişkin Belirtmek İsteddiğiniz Diğer Değişkenler / Görüşleriniz**IV. Çevresel Değişkenlerin Etkileri**

No	 biyodizelin yakıt olarak tercih edilmesinde etkilidir.	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1	Yenilenebilir enerji kaynağı olması	()	()	()	()	()
2	Daha az karbon gazı emisyonuna sebep olması	()	()	()	()	()
3	Daha az SO _x gazı emisyonuna sebep olması	()	()	()	()	()
4	NO _x sera gazı emisyonunun fosil yakıtlardan yüksek olması	()	()	()	()	()
5	Tarımsal üretim alanlarının sınırlı olması	()	()	()	()	()
6	Tarımsal üretimde çeşitliliğin azalması tehlikesi	()	()	()	()	()
7	Biyodizel üretiminin su kaynaklarında kirlenmeye neden olması	()	()	()	()	()
8	Tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi	()	()	()	()	()

Çevresel Etkilere İlişkin Belirtmek İsteddiğiniz Diğer Değişkenler / Görüşleriniz**V. Genel Düşünceleriniz**

TEŞEKKÜR EDERİM

Ek 4: Başmühendisler İçin Anket Formu



3 Kasım 2014

Sayın İlgili,

Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Doktora Programı kapsamında **Prof. Dr. A. Güldem CERİT** danışmanlığında “**Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Ekonomisi : Alternatif Enerji Kaynakları İçin Karşılaştırmalı Maliyet Analizi**” başlıklı doktora tezi için araştırmaya yönelik bir anket çalışması planlanmıştır.

Siz değerli Baş Mühendisimizin görüşlerine ihtiyaç duyduğumuz bu çalışma ile yardımcı gemi makinelerinde yakıt olarak biyodizelin tercihini etkileyen değişkenlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Sorulara vereceğiniz cevaplar hiçbir şekilde bu çalışma dışında kullanılmayacaktır. Denizcilik bilimine yararlı olmasını amaçladığımız bu araştırmaya sağlayacağınız katkılar ve tüm destekleriniz için şimdiden teşekkür ederiz.

Allah Selamet Versin.....

Mustafa NURAN
Öğr. Gör., Uzakyol Başmühendis
Dokuz Eylül Üniversitesi
Denizcilik Fakültesi
Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümü

Faks : 0 232 301 88 48

GSM: 0 530 692 57 51

E-Posta: mustafanuran@hotmail.com

mustafa.nuran @deu.edu.tr.

I., II., III., ve IV. bölümler için her bir ifadeye katılım derecenizi aşağıdaki ölçeği kullanarak lütfen belirtiniz.

(1) (2) (3) (4) (5)
(Kesinlikle katılmıyorum) (Katılmıyorum) (Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum) (Katılıyorum) (Kesinlikle Katılıyorum)

I. Operasyonel Değişkenlerin Etkileri

No	Biyodizelin gemi yardımcı makinelerinde yakıt olarak tercih edilmesindeetkilidir.	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1	Yakıt performansı	()	()	()	()	()
2	Yakıt fiyatları	()	()	()	()	()
3	Özgül yakıt harcamasının yüksekliği	()	()	()	()	()
4	Makine bakım aralığı	()	()	()	()	()
5	Bakım-tutum maliyetleri	()	()	()	()	()
6	Yağlama performansı	()	()	()	()	()
7	Makinede modifikasyon ihtiyacı	()	()	()	()	()
8	Emisyon sınırlamalarına uyum	()	()	()	()	()
9	Viskozitenin yüksekliği	()	()	()	()	()
10	Fosil yakıtlarla karıştırılabilirliği	()	()	()	()	()
11	Yakıt sızıntılarında daha az çevresel tehdit oluşturması	()	()	()	()	()
12	Emniyetli depolama koşulları	()	()	()	()	()
13	Makine üreticilerinin garanti koşullarının yakıt olarak biyodizeli kapsamı	()	()	()	()	()
14	Tekne makine sigorta koşullarına uygun olması	()	()	()	()	()
15	Biyodizelin bulunabilirliği	()	()	()	()	()
16	Deniz biyodizel standartlarının oluşturulması	()	()	()	()	()

Operasyonel Etkilere İlişkin Belirtmek İstedığınız Diğer Değişkenler / Görüşleriniz

II. Mevzuat Değişkenlerinin Etkileri

No	Biyodizelin gemi yardımcı makinelerinde yakıt olarak tercih edilmesinde..... etkilidir.	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1	IMO MARPOL NOx emisyonu sınırlamaları	()	()	()	()	()
2	IMO MARPOL SOx emisyonu sınırlamaları	()	()	()	()	()
3	IMO MARPOL Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) kuralları	()	()	()	()	()
4	AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (RED) enerji verimliliği kuralları	()	()	()	()	()
5	AB RED yenilenebilir kaynak kullanımı önerileri	()	()	()	()	()
6	Vergi uygulamalarının biyodizel fiyatlarına etkisi	()	()	()	()	()
7	Teşviklerin biyodizel fiyatlarına etkisi	()	()	()	()	()
8	Uluslararası biyodizel yakıt standartları	()	()	()	()	()
9	Türkiye’de yakıt içindeki biyodizelin Ö.T.V.’den muaf tutulması	()	()	()	()	()

Mevzuatın Etkilerine İlişkin Belirtmek İsteddiğiniz Diğer Değişkenler / Görüşleriniz

III. Ekonomik Değişkenlerin Etkileri						
No	Biyodizelin yakıt olarak tercih edilmesinde etkilidir.	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1	Makine bakım tutum maliyetleri	()	()	()	()	()
2	Enerji maliyetleri	()	()	()	()	()
3	Biyodizel hammadde fiyatları	()	()	()	()	()
4	Fosil yakıt fiyatlarının biyodizel fiyatlarına etkisi	()	()	()	()	()
5	Tarımsal üretimde oluşacak değişiklikler	()	()	()	()	()
6	Tarım ürünlerinin fiyatlarındaki değişimler	()	()	()	()	()
7	Kırsal bölgelerde yaratılacak istihdama olanakları	()	()	()	()	()
8	Biyodizel yan ürünlerinin ekonomik katkısı	()	()	()	()	()
9	Biyodizel hammadde üretimindeki artış	()	()	()	()	()
10	Biyodizelin enerjide dış kaynak bağımlılığını azaltması	()	()	()	()	()
11	Türkiye’de atıl biyodizel tesislerinin değerlendirilmesi	()	()	()	()	()
Ekonomik Etkilere İlişkin Belirtmek İstedığınız Diğer Değişkenler / Görüşleriniz						

IV. Çevresel Değişkenlerin Etkileri						
No	Biyodizelin yakıt olarak tercih edilmesindeetkilidir.	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1	Yenilenebilir enerji kaynağı olması	()	()	()	()	()
2	Daha az karbon gazı emisyonuna sebep olması	()	()	()	()	()
3	Daha az SOx gazı emisyonuna sebep olması	()	()	()	()	()
4	NOx sera gazı emisyonunun fosil yakıtlardan yüksek olması	()	()	()	()	()
5	Tarımsal üretim alanlarının sınırlı olması	()	()	()	()	()
6	Tarımsal üretimde çeşitliliğin azalması tehlikesi	()	()	()	()	()
7	Biyodizel üretiminin su kaynaklarında kirlenmeye neden olması	()	()	()	()	()
8	Tarımsal üretim alanlarında erozyon tehlikesi	()	()	()	()	()
Çevresel Etkilere İlişkin Belirtmek İstedığınız Diğer Değişkenler / Görüşleriniz						

V. Genel Düşünceleriniz

VII. Profil bilgileri

Yaşınız :	Toplam Deniz Tecrübeniz: yıl
Öğrenim Durumunuz: () Lise () Meslek Y.O. () Harp Okulu () Fakülte/ Y.O () Lisansüstü	Toplam Başmühendislik Süreniz:yıl
Şu An Çalışmakta Olduğunuz Kurum ve Göreviniz:	Genelde Çalıştığınız Gemi Tipi: ()Kuru Yük ()Tanker () Konteynır () Genel Yük Diğer.....
Şu Anda Çalıştığınız Gemi Büyüklüğü (Dwt): () 3000-10000 () 10001-25000 () 25001-55000 () 55001-100000 () 100001+	Şu Anda Çalıştığınız Gemi Tipi: ()Kuru Yük ()Tanker () Konteynır () Genel Yük Diğer.....
Biyodizel yakıtlar konusunda aşağıdaki seçeneklerden size uygun olanı işaretleyiniz: () Şirket içi eğitim aldım () Şirket bilgilendirmede bulundu () Tecrübem olmadı () Şirket dışında eğitim aldım () Diğer (lütfen belirtiniz).....	Şu an çalışmakta olduğunuz işletmede biyodizel yakıtlar konusunda çalışmalar yapılıyor mu? () EVET () HAYIR TEŞEKKÜR EDERİM

