
Araştırma Makalesi / Research Article

Dizel, Dizel/Biyodizel ile Çalışan Bir Motora Kütlece Asetilen Gazı İlavesinin Etkileri

Salih ÖZER¹, Erdiñç VURAL^{2*}, Serkan ÖZEL³

¹Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Muş

²Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Germencik Yamantürk Meslek Yüksekokulu, Aydın

³Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bitlis
(ORCID: 0000-0002-6968-8734) (ORCID: 0000-0002-3398-5593) (ORCID: 0000-0003-0700-1295)

Özet

Bu çalışma da tek silindirli, sıkıştırma ile ateşlemeli, direk enjektörlü motora sahip bir dizel jeneratörde dizel yakıtına %50 biyodizeli ve dizel yakıt karışımına kütlece %10 ve %20 oranında asetilen gazı ilavesinin egzoz gazı sıcaklığına, yakıt tüketim değerine ve egzoz emisyonlarına (NO_x, CO, is ve HC) etkisi incelenmiştir. Asetilen gazı bir kütleli akış metre ile motorun emme manifoldundan gaz halinde dizel yakıt ile eş zamanlı olarak verilmiştir. Bu işlemler jeneratörün 1000W, 2000W, 3000W ve 4000 W güç üreteceği koşullarda tekrarlanmıştır. Tüm sabit şartlar altında deneyler üçer kez tekrar edilerek sonuçların ortalamaları alınmıştır. Asetilen gazı ilavesi ile yakıt tüketim değeri, egzoz gazı sıcaklığı, NO_x emisyonları artarken, HC, CO ve is emisyonları azalmıştır.

Anahtar kelimeler: Alternatif enerji, asetilen gazı, motor performansı, egzoz emisyonu.

The Effects of Mass Addition of Acetylene Gas to a Diesel, Diesel/Biodiesel Powered Engine

Abstract

In this study, single-cylinder, compression ignition, direct diesel generator engine diesel fuel with a marinade of 50% biodiesel and diesel fuel mixture, by Mass, 10% and 20% acetylene gas addition, exhaust gas temperature, fuel consumption and exhaust emissions (NO_x, CO, and HC business) effect was investigated. Acetylene gas is supplied simultaneously with gaseous diesel fuel from the intake manifold of the engine with a mass flow meter. These operations were repeated in conditions where the generator would produce 1000W, 2000W, 3000W and 4000 W of power. Under all fixed conditions, the experiments were repeated three times and the results were averaged. With the addition of acetylene gas, fuel consumption value, exhaust gas temperature, NO_x emissions increased, while HC, CO and is emissions decreased.

Keywords: Alternative energy, acetylene gas, engine performance, exhaust emission.

1. Giriş

Enerji, toplum, insan yaşamı, ülkelerin ekonomik, ticari ve sosyal alanlardaki refahın artırılmasında vazgeçilmez bir etken olmaya devam etmektedir. Bu nedenle enerji ihtiyacına sürekli olarak cevap verecek kaynaklar ve bu kaynakların devamlılığı önemlidir. İnsanoğlu teknolojinin gelişmesi ile birlikte enerji üretiminde tek bir kaynağa bağımlı kalmak yerine alternatif enerji kaynağı arayışları içerisine girmiştir. Örneğin günümüzde elektrik enerjisinin üretiminde kömür, doğalgaz, su kaynakları, jeotermal, nükleer kaynaklar, güneş, rüzgâr vb. gibi geniş bir kaynak çeşitliliği mevcuttur. Çünkü ülkeler enerji üretiminde tek bir enerji kaynağına bağlı kalmak istememektedirler [1]. Elektrik enerjisi, elektrik santrallerinde, değişik yakıtların gücünün kullanılması ile üretilmektedir gibi evlerde ya da iş yerlerinde küçük ebatlı üreteçlerin kullanılması ile de üretilmektedir. Temel amaç bir elektrik üretici olan alternatörün bir güç vasıtasıyla döndürülmesidir. Bu üreteçler bazen bir içten yanmalı motor, bazen

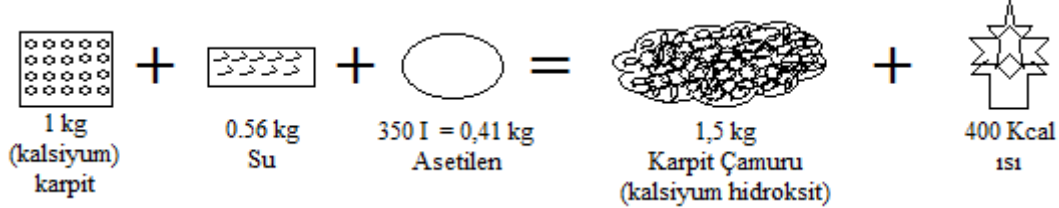
*Sorumlu yazar: erdinc009@hotmail.com

Geliş Tarihi: 26.12.2019, Kabul Tarihi: 20.04.2020

rüzgâr enerjisi ya da suyun gücü ile döndürülmektedir [2]. Jeneratörler, bir elektrik üretici ve içten yanmalı motorun kullanılması ile elektrik üretimini sağlayan araçlardır. Günümüzde evlerde ve iş yerlerinde kullanılan jeneratörlerden büyük şehirlerin elektrik ihtiyacını karşılayan jeneratörlere kadar birçok yerde kullanıma açılan bu araçlarda alternatörün döndürülme işlemi içten yanmalı motorlar sayesinde yapılmaktadır [3]. İçten yanmalı motorlar ise silindir içerisine alınan hava+yakıt karışımının yakılması ile hareket enerjisi üreten makinelerdir. Bu hareket motorlu araçlarda arabanın gitmesini, küçük el aletlerinde iş yapma hareketini, jeneratörlerde ise elektrik üreticinin döndürülmesini sağlayan güç kaynağıdır. Bu güç kaynaklarında kullanılan yakıtların çevreci, ekonomik ve yerli kaynaklarla üretilir olması ülkelerin enerji darboğazındaki çıkmazını değiştirebilecek önemli bir adımdır. Bu nedenle içten yanmalı motorlarda alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ile ilgili yapılan birçok çalışma mevcuttur. Özellikle üretimi ucuz, çevreci ve milli kaynaklarla üretimi gerçekleştirilebilecek olan yakıtların kullanımı üzerinde durulmakta ve bu alanda yapılan çalışmalara hız verilmektedir [4,5]. Asetilen gazı, günümüzde kaynak ve metal kesme işlemlerinde kullanılan ısı değeri yüksek bir gaz türüdür. Asetilen karpit taşının su ile reaksiyona girmesi sonucu oluşmaktadır. Asetilen gazı zehirsiz ve kokusuz bir gaz olmasının yanında çabuk yanabilen ve tutuşabilen bir gaz türüdür. Asetilenin yüksek oranda ısı enerjisiye sahip olması son yıllarda asetilen ile ilgili yapılan çalışmaların sayısının artmasına neden olmuştur [6-8]. Literatürde asetilen ile yapılan çalışmaların bazıları özetlenmeye çalışılmıştır. İlhak ve ark. [9]. Benzine 500 g/h ve 1000 g/h asetilen gazı ilavesinin dört silindri dört zamanlı bir motorda, motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. 1500 d/dak motor hızında %25 ve %50 motor yüklerinde kütesel bir debimetre yardımı ile emme manifolduna istenilen miktardaki asetilen gazını göndermişlerdir. Benzine asetilen gazı ilavesi ile birlikte termal verimin azaldığını, egzoz gazı sıcaklığının arttığını, karbon monoksit (CO) emisyonunun azaldığını, is emisyonunu azaldığını ve azot oksit (NOx) emisyonunun arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca hava/yakıt (H/Y) oranının etkisinin de yanma üzerindeki etkilerini araştırmak için değişik H/Y oranlarında deneylerini tekrarlamışlardır. H/Y oranının artması ile birlikte silindir içi basınç değerlerinin de arttığını bildirmişlerdir.

Asetilen gazının yanma sonucu sıcaklığının yüksek olması nedeniyle metal sanayinde kesme ve kaynak işleri kullanımında tercih edilmektedir [6]. Asetilen gazı hazır tüplerden satın alınarak kullanılabileceği gibi karpit kazanları ile de elde edilebilmektedir. Asetilen gazı karpit kazanlarında hızlıca üretilbildiği ve hemen kullanıma hazır hale geldiği için birçok sanayi kuruluşunca bu gaz temin süreci tercih edilmektedir.

Asetilenin alev gücü 43 kw/cm² ve alev sıcaklığı 3200 °C'dir. Diğer gazlar arasında alev sıcaklığı bakımında en yüksek sıcaklığa sahip gaz türüdür [14]. Ayrıca asetilen renksiz, boğucu, sarımsak kokusuna benzer kokuda, oldukça parlayıcı, zehirsiz, çözünmüş bir gazdır. Asetilen gerek tüpte olsun gerekse karpit kazanlarında karpitin suyla temasından elde edilir. Karpitin tane büyüklüğüne bağlı olarak 1 kg'dan elde edilecek asetilen miktarı değişmektedir. Tanelerin büyüklüğüne göre 0,5 kg ile 0,3 kg arasındaki değerler aralığında karpit üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 1'de piyasada satılan karpit büyüklüklerinde su ile karıştırılması sonucunda ortaya çıkan ürünleri göstermektedir [15].



Şekil 1. Karpitin suyla karıştırılması sonucu ortaya çıkan ürünler [11]

İlhak ve ark. [10] dört silindri, dört zamanlı benzinli bir motorda 500 g/h ve 1000 g/h asetilen gazı ilavesinin motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Benzine 500 g/h asetilen ilavesi ile birlikte %50 motor yükünde silindir içi basıncın arttığını, 1000 g/asetilen gazı ilavesi ile yanmanın uzayarak maksimum silindir içi basıncının azalttığını belirtmişlerdir. Tam yük durumunda ise asetilen gazı ilavesinin silindir içi basıncında azalmalara neden olduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanında asetilen gazı ilavesi ile birlikte egzoz gazı sıcaklığının arttığını, düşük motor güçlerinde termal verimin düşük ve yakıt tüketiminin fazla yüksek güçlerde ise termal verimin yüksek ve yakıt tüketiminin az olduğunu belirtmişlerdir. Emisyonlar açısından bakıldığında ise hidrokarbon (HC) emisyonlarının azaldığını NOx emisyonlarının arttığını belirtmektedirler.

Vural ve Özer [11] yaptıkları deneysel çalışmalarında, buji ateşlemeli, 4 zamanlı tek silindirli bir motorda 1600-3200 d/dak motor hızları arasında tam gaz konumunda benzine kütlece %20 ve %30 oranında asetilen gazı ilavesinin egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada egzoz gazı sıcaklığı ile CO, CO₂, NO_x emisyonlarında benzine göre azalma meydana getirdiğini gözlemlemişlerdir. Benzine %20 ve %30 oranlarında ilave edilen asetilenin yanmayı kötüleştirdiğini bu nedenle gazın emme manifoldundan değil de ikinci bir enjeksiyon ile verilmesinin daha güvenli ve verimli olacağını bildirmişlerdir.

Lakshmanan ve Nagarajan [12] tek silindirli, 4 zamanlı direk püskürtmeli dizel bir motorda asetilen gazı ilavesinin motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Dizel yakıtının pilot yakıt olarak gönderildiği çalışmada asetilen kullanımı ile termal verimin düştüğünü, is, HC ve CO emisyonlarında azalma meydana geldiğini NO_x emisyonlarının ise arttığını bildirmişlerdir.

Lakshmanan ve Nagarajan [13] dizel yakıtına 110 g/h, 180 g/h ve 240 g/h asetilen gazı ilave ederek değişik oranlarda EGR uygulamasının egzoz emisyonlarına ve motor performansına etkilerini incelemişlerdir. Dizel yakıtına ilave edilen asetilen gazının NO_x, CO ve HC emisyonlarının azalmasına, is emisyonlarının ise makul bir derecede artmasına neden olduğunu EGR uygulamasının ise emisyonları bir miktar iyileştirdiğini tespit etmişlerdir.

Yapılan çalışmalar asetilen gazının içten yanmalı motorlarda kullanılabilirliğini göstermektedir. Asetilen gazının yerli kaynaklarla üretiliyor olması ve yüksek ısı değere sahip olması içten yanmalı motorlarda alternatif bir yakıt olarak kullanılabilirliğini göstermektedir. Bu çalışmada da tek silindirli, dört zamanlı dizel bir motora sahip ev tipi jeneratörde dizel yakıtına biyodizel ilavesi ve üzerine asetilen gazı ilave edilmesinin yakıt tüketim değerine ve emisyonlara etkileri incelenmiştir. Bu amaçla dizel bir jeneratöre bağlanan projektörler vasıtasıyla 1000 W, 2000 W, 3000 W ve 4000 W güç çekecek şekilde projektör lambaları ile yüklenerek çalıştırılmıştır. Çalışma sırasında tüketilen dizel+biyodizel yakıtların tüketim miktarları ile egzoz emisyonları kayıt altına alınmış ve daha sonra irdelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Alternatif yakıt çalışmalarında yakıtların belli başlı bazı özellikleri üzerine kıyaslamalar yapılarak yorumlamak mümkündür. Tablo 1’de motorlarda kullanılan asetilen, dizel, biyodizel ve dizel+biyodizel yakıtların özellikleri verilmektedir. Görüldüğü gibi asetilen gazının ısı değeri ve yanma sonu sıcaklığı dizel ve dizel+biyodizel yakıtlara göre oldukça yüksektir. Bu durum içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilirliğinin bir göstergesi olarak görülebilir. Ayrıca H/Y oranı da benzin ve dizel yakıtlarına yakındır. Denede kullanılan asetilen gazı Habaş firmasından dizel yakıt ise OPET firmasından temin edilmiştir. Biyodizel ise atık yağlardan imal edilmiştir. Elde edilen biyodizel ve dizel+biyodizel yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri Gazi Üniversitesi laboratuvarlarında ölçülmüştür.

Tablo 1. Yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellikler	Asetilen ^[13,17,18]	Dizel Yakıtı ^[16]	Biyodizel	Biyodizel+Dizel*
Formül	C ₂ H ₂	C ₈ -C ₂₀	C ₁₂ -C ₂₂	-
Yoğunluk ^a	1,092	840	882	849
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı	578	527	-	-
Stikiyometrik oran (kg/kg)	13,2	14,5	-	-
Yanma Limitleri (Hacimsel Olarak %)	2,5-81	0,6-5,5	4,2	3,4
Yanma Sonu Sıcaklığı (K)	2500	2200	-	-
Isıl Değeri (MJ/kg)	48,225	42,500	37,388	39,6
Alt Isıl Değeri (MJ/kg)	33,96	36,6	33,88	34,3

a: (1,01325 bar ve 293 K (kg/m³))

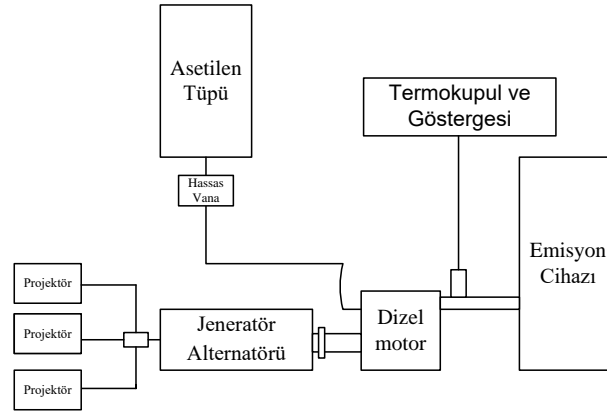
2.2. Deneysel Düzenek ve Yöntem

Motor deneyleri içten yanmalı, tek silindirli, dört zamanlı bir dizel Genpower marka jeneratörün GDG 7000 modelinde gerçekleştirilmiştir. Dizel motor direk enjeksiyon sistemine sahiptir. Yakıt olarak ise %50 biyodizel/%50 dizel yakıt ve asetilen gazı kullanılmıştır. Deneysel düzenekinin şematik resmi Şekil 1’de verilmektedir. Deneylerde kullanılan yakıtların teknik özellikleri Tablo 1’de jeneratörün teknik özellikleri ise Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Deney düzeneğinin teknik özellikleri

Motor	
Model	186 FAG
Tip	Hava Soğutmalı- 4 Zamanlı
Silindir Hacmi	418 cm ³
Maksimum Çıkış gücü	5.7 kW
Sıkıştırma Oranı	19:1
Çalıştırma Şekli	Marşlı
Jeneratör	
Maksimum Çıkış Gücü	7 kVA
Sürekli Çalışma Gücü	6 kVA
Frekans	50 Hz

Deney sırasında asetilen gazı temininde RAL 1018 tipi, TSE 11169 normlarına uygun bir asetilen tüpü kullanılmıştır. Asetilen (gaz yakıt) yüksek basınçlı (15 bar) bir tüpten basınç regülatörü yardımı ile 1,5 bara düşürülerek ve sırası ile emniyet valfi, gaz debimetresi, sulu güvenlik, ikinci bir emniyet valfi ile vanadan geçirilerek motorun emme manifolduna verilmiştir. Egzoz gaz sıcaklık ölçümleri K tipi termokupla gerçekleştirilmiştir. Egzoz emisyonlarının ölçülmesinde Tablo 3’de ölçüm aralıkları ve hassasiyetleri verilen Mobydic 5000 marka gaz analiz cihazı kullanılmıştır. Her bir deney verisi elde etmek için deneyler üçer kez tekrarlanmıştır. Deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 2’de verilmektedir.

**Şekil 2.** Deney düzeneğinin şematik görünümü**Tablo 3.** Emisyon cihazının özellikleri ve ölçüm aralıkları

MOBYDIC 5000 gaz analiz cihazı	
CO % Vol	0-10
HCppmVol	0-2000
O ₂ % Vol	0-21
NOxppm	0-5000
n %	0-100
k ¹ /m	0-20

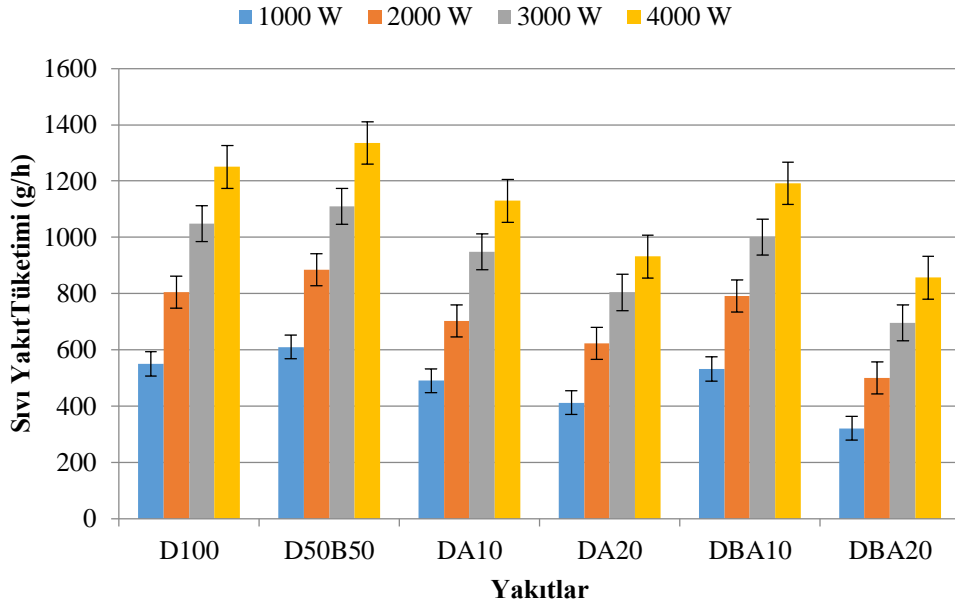
Dizel yakıtının içerisine hacimce %50 oranında biyodizel ilave edilerek yakıt karışımı oluşturulmuştur. Bu karışımlardan sadece dizel yakıtına D100, biyodizel ile oluşturulan karışıma da D50B50 kısaltması kullanılmıştır. Ayrıca kütlece %10 asetilen ilavesi ile oluşturulan yakıt karışımlarına DA10, DB10 ve %20 asetilen gazı ile oluşturulan D20, DB20 isimleri verilmiştir. Motor deneyleri sabit motor hızında (3000 d/dak) gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla jeneratör öncelikle D100, D50B50 yakıtı ile 1000 W, 2000 W, 3000 W, 4000 W, güç üretecek şekilde yüklenmiştir. Bu aşamada emisyon değerleri ve yakıt tüketim değerleri kayıt altına alınmıştır. Yapılan bu ön çalışmaların sonrasında ise motorun saatlik yakıt tüketim değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler baz alınarak emme manifoldundan kütlece %10 ve %20 oranında asetilen gazı ilave edilmiştir. İlave edilen asetilen gazı kütlece bir akış metre üzerinden kg/h değeri ile baz alınarak ilave edilmiştir. Tüm bu aşamalarda motorun kararlı hale geçmesi beklenmiş ve dizel+biyodizel+asetilen yakıt ile çalışan motorun emisyon değerleri ile yakıt tüketim değerleri tekrar ölçülmüştür. Çünkü jeneratörün sisteminde var olan elektronik regülatör devresi

yakıt tüketimini ayarlayarak motor devrini sabit bir devir altında tutarak çalışmaktadır. Bu nedenle her asetilen gazı ilavesinde motor dizel yakıt miktarını motor devrini sabit tutacak şekilde otomatik olarak kısmakta yâda artırmaktadır. Bu durum yapılan ölçümlerle tespit edilmiş ve sonuçlar bölümünde başlı başına irdelenmektedir. Her deney aşamasında motorun kararlı duruma geçtiği çalışma sıcaklığından sonra yakıt tüketim verileri, egzoz gazı sıcaklığı (EGS), CO, HC, is ve NO_x emisyon verileri kayıt altına alınarak değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Yakıt Tüketimi

Şekil 3’de motor yükünün yakıt tüketim değerine etkisi verilmektedir. Motor yükünün artmasına bağlı olarak yakıt tüketim değerinin artması beklenen bir durumdur. Bunu daha fazla güç üretmek için silindir içerisine gönderilen yakıt miktarının artırılmasının önceliği olarak görmek gerekir. Bu nedenle en yüksek yakıt tüketim değerleri 4000 W motor yükü değerlerinde görülmektedir. Tüm yakıt karışımlarında DB yakıt karışımı en yüksek yakıt tüketimine sahiptir. Manifolttan asetilen gazı ilavesi ile birlikte dizel+biyodizel yakıt tüketim değerinde düşüş görülmektedir. Bu durum silindir içerisine alınan toplam enerji miktarının ve yanmanın verimi ile doğrudan ilişkilidir. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, ilave edilen asetilen gazı kadar dizel+biyodizel yakıtlardan tasarruf sağlanamamıştır. Fakat tüm motor yüklerinde DB yakıt karışımına asetilen gazı ilavesi ile birlikte daha fazla bir dizel+biyodizel yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Bu durum DB yakıt karışımının oksijence zengin olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Oksijence zengin yakıtlar silindir içerisnde kısmen daha iyi bir yanma performansı sağlamakta ve yanmayı iyileştirmektedir [19].



Şekil 2. Yakıt tüketim değeri (3000 d/dak)

Şekil 2’de dizel+biyodizel yakıt tüketimi verilmektedir. Bunun yanında dizel+biyodizel yakıt ile birlikte Tablo 4’de belirtilen oranlarda akış metre üzerinden hassas bir şekilde ayarlanarak asetilen gazı ilave edilmiştir. Tablo 5’de ise ilave edilen asetilen gazı sonrasında motordaki dizel+biyodizel yakıtların azalmasıdaki miktar ifade edilmektedir.

Tablo 4. İlave edilen asetilen gazı miktarı

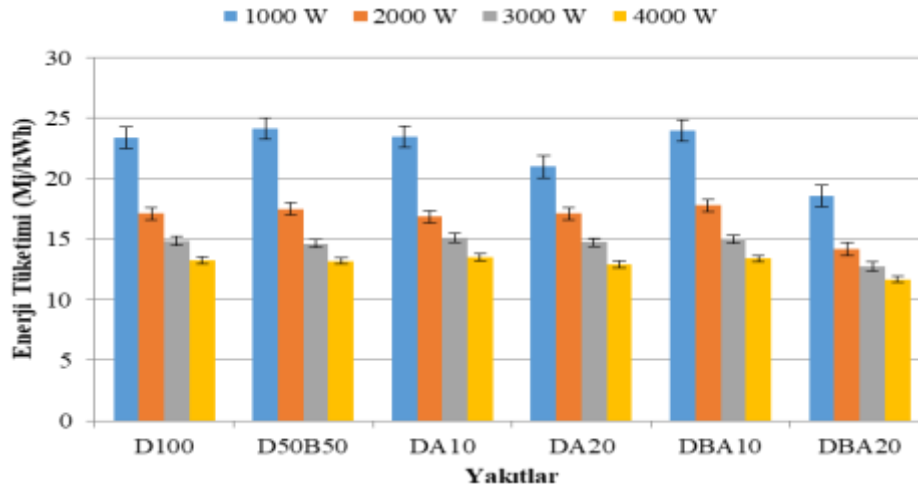
	Kütlece %10 Asetilen (g/h)		Kütlece %20 Asetilen (g/h)	
	D	DB	D	DB
1000 W	55	61	110	122
2000 W	81	89	161	177
3000 W	105	111	210	222
4000 W	125	134	250	267

Tablo 5. Asetilen gazı ilavesi sonrasında azalan dizel+biyodizel yakıt miktarı

	Kütlece %10 Asetilen (g/h)		Kütlece %20 Asetilen (g/h)	
	D100	D50B50	D100	D50B50
1000 W	60	78	138	169
2000 W	103	94	182	201
3000 W	99	109	244	253
4000 W	120	143	318	273

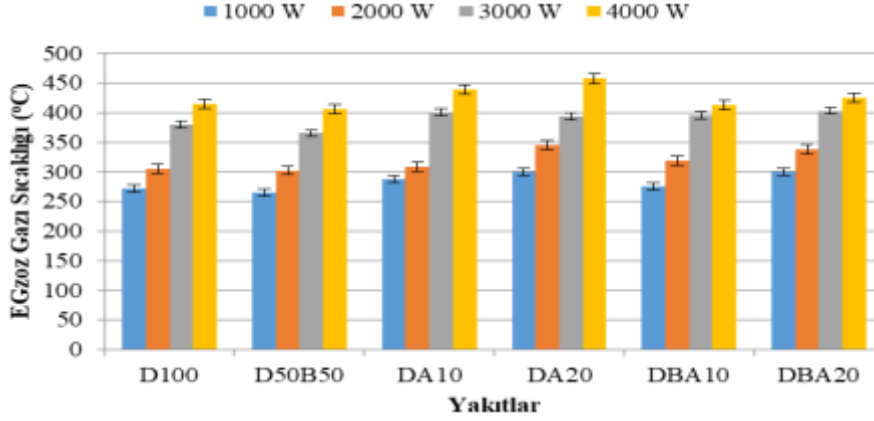
Genel olarak bakıldığında asetilen gazı ilavelerinde dizel+biyodizel yakıt miktarlarında ilave edilen asetilen gazından daha fazla miktarda azalma görülmektedir. Asetilen gazının kütleli olarak D100 ve D50B50 yakıt karışımından daha fazla ısıl değere sahiptir. Bu nedenle ısıl değerce ilave edilen miktar kadar azalma olması beklenilmesi bir durumdur. Fakat elde edilen bu sonuçlar göstermektedir ki, asetilen gazı tam manasıyla silindir içerisinde yanamamaktadır.

Şekil 4’de asetilen gazı ilavesinin enerji tüketim değerine etkisi verilmektedir. Gazla yapılan çalışmalarda enerji tüketim değeri ile daha iyi bir anlam çıkartılabileceğini belirten birçok çalışma mevcuttur [20]. Görüldüğü gibi D50B50 yakıt karışımına asetilen gazı ilavesi ile birlikte daha az bir enerji talebi olmuştur. Daha öncede bahsedildiği gibi asetilen gazı biyodizel karışımları ile daha iyi bir yanma performansı sergilemiştir. Böylelikle aynı motor gücünün elde edilmesi için diğer yakıtlara göre daha az bir enerjiye ihtiyaç duyulmuştur. En ideal enerji tüketim değeri DBA20 yakıt karışımı ile 11,7 MJ/kWh değeri ile 4000 W motor gücünde elde edilmiştir.

**Şekil 4.** Enerji tüketimine etkisi(3000 d/dak)

Şekil 5’de asetilen gazı ilavesinin egzoz gazı sıcaklığına etkisi verilmektedir. Tüm yakıt karışımlarında motor gücünün artması ile egzoz gazı sıcaklığı artış göstermektedir. Ayrıca asetilen gazının ilavesi ile birlikte egzoz gazı sıcaklığında da bir artış söz konusudur. Asetilen gazı ilavesinin egzoz gazı sıcaklığındaki artışta etkin olduğu açıkça bellidir. Bu durum asetilen gazının ısıl değerinin yüksek olması ve tutuşma gecikmesine bağlıdır. Ayrıca asetilenin bir kısmının silindir içerisinde tam manasıyla yanmadığı ve egzoz gazı üzerinden atıldığı düşünülmektedir. D50B50 yakıt karışımına eklenen asetilen gazı egzoz gazı sıcaklığını daha fazla artırmıştır. Bu durumda D50B50 yakıtının içerisindeki oksijenin varlığı ile açıklanabilir. Okjince zengin yakıtların kısmen yanmayı iyileştirerek

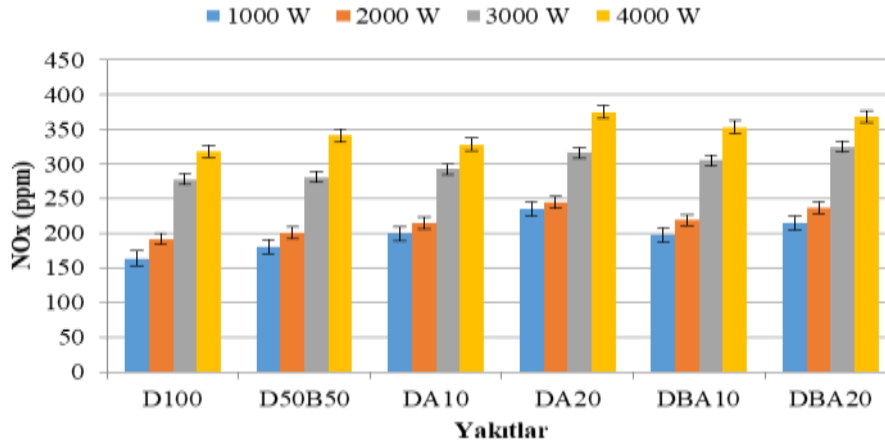
silindir içerisinde yanma sonu sıcaklığını artırdığı bilinmektedir. Asetilen gazı ilavesi ile birlikte egzoz gazı sıcaklığının artması ileride belki bu enerjiden yararlı elektrik üretiminde etkili olabilecek bir avantaj olarakta görülmelidir. Çünkü gelişen teknolojik araçlar ile egzoz gazının ısısından elektrik enerjisi üreten sistemlerin tasarımı giderek artış göstermektedir [21]. Gerek motorun soğutma suyundan gerekse egzozundan bazen ısı enerjisi üretimi bazen de elektrik enerjisi üretimi ile atılan enerjinin geri kazanılması planlanmaktadır [22]. Yapılacak bu tür tertibatlar ile egzoz sistemine kurulacak bir termoelektrik jeneratör ile asetilen gazı kullanımındaki egzoz gazı sıcaklığı yararlı bir iş için kullanılabilir duruma getirilebilir.



Şekil 5. Asetilen gazı ilavesinin egzoz gazı sıcaklığına etkisi(3000 d/dak)

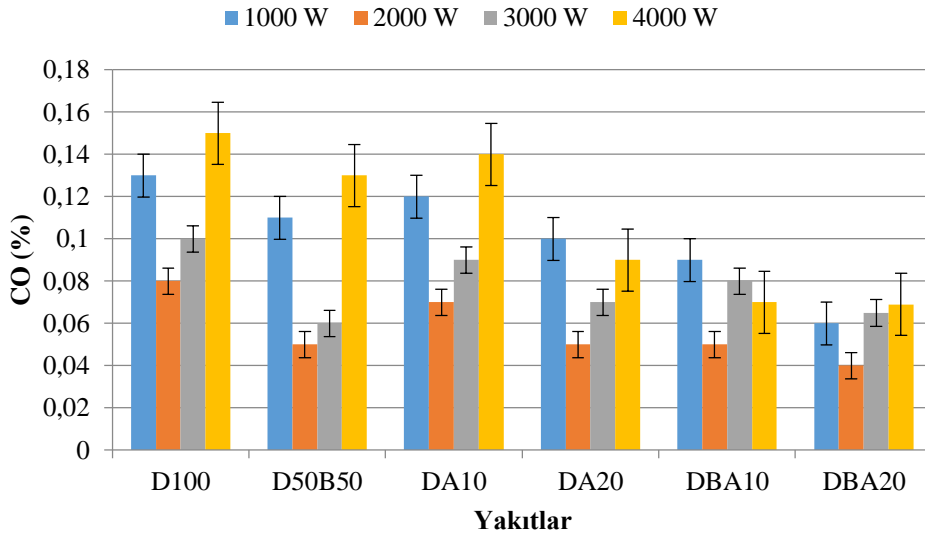
3.2. Egzoz Emisyonları

Şekil 6’da dizel yakıtına asetilen gazı ilavesinin NO_x emisyonlarına etkisi verilmektedir. Genel olarak azot (N) atomunun yanması sonucu oluşan emisyonlara NO_x emisyonları denilmektedir. NO_x emisyonları yüksek sıcaklıktan oluşmaktadır ve dizel motorlarında sorun haline gelen önemli bir emisyonudur [23]. Yapılan çalışmanın sonuçları incelendiğinde tüm karışım oranlarında yükün artması ile birlikte NO_x emisyonlarının arttığı göstermektedir. Özellikle D50B50 yakıt karışımı ile NO_x emisyonlarının artması literatürdeki benzer çalışmalarında ifade ettiği gibi içeriğindeki oksijen miktarı ve setan sayısı ile açıklanmaktadır. Biyodizel karışımlarındaki yüksek setan sayısı ve oksijen miktarı yakıtın birikerek aniden yanmasını doğurmaktadır. Bu durumda NO_x emisyonlarını artırmaktadır. Bunun yanında kütlece ilave edilen asetilen gazı ile birlikte yüksek oranda NO_x emisyonlarının arttığı görülmüştür. Bu durum silindir içerisindeki ani yanma, asetilengazının yüksek ısı değerini ve asetilen gazının egzozda yanmaya devam etmesi ile açıklanabilir. Yapılan çalışmanın sonucu literatürdeki [24, 25] çalışma ile benzerlik göstermektedir.



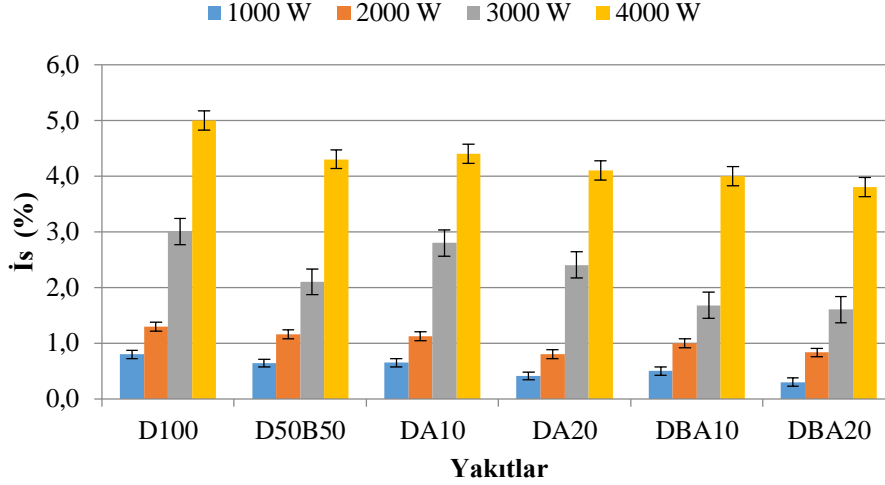
Şekil 6. Asetilen gazı ilavesinin egzoz NO_x emisyonlarına etkisi (3000 d/dak).

Şekil 7’de dizel yakıtına asetilen ilavesinin CO emisyonlarına etkisi verilmektedir. CO emisyonu eksik yanmanın bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. CO emisyonları açısından dizel motorlar aslında yok denecek kadar az emisyon üretmektedir. Çünkü dizel motorlarda yüksek oranda hava fazlalığı ile çalıştığı çalışmaktadır. Bu nedenle daima ortamda CO₂ emisyonlarının oluşabilecek oranda oksijen bulunmaktadır. Öbür taraftan düşük yüklerde CO emisyonu yüksekken yükün artması ile birlikte bir miktar azalmakta ve yük miktarı da da arttıkça başlangıç yükünün durumuna göre CO emisyonlarında aşırı bir artış görülmektedir. Bu durumu ifade etmek için dizel motorların çalışma prensibine bakmak gerekir. Tek silindirli, mekanik enjektörlü direk dizel motorlarında motor devri silindir içerisine püskürtülen yakıt miktarı ile ayarlanmaktadır. Düşük motor yüklerinde az miktarda püskürtülen yakıt çok fakir koşulların oluşması ile birlikte tam olarak yanamaz ve soğuk bölgelerde tutuşma gerçekleşmediği için CO emisyonları oluşur. Fakat yükün artması ile birlikte artan yakıt miktarı daha ideal bir yakıt/hava karışımı meydana getirerek silindir içerisinde daha ideal bir karışımı oluşturur. Böylelikle CO emisyonları düşer. Fakat yakıt miktarının dahada artırılması ideal yakıt/hava karışımını bozarak tekrar ideal karışımı bozar ve CO emisyonlarında artış tekrar artar. Genel olarak D100 yakıtına göre D50B50 yakıtında CO emisyonları düşüş göstermiştir. Bu durumun biyodizelin içerisindeki oksijen varlığı ve toplam karbon atomu sayısının azlığı ile açıklamak mümkündür. Öbür taraftan bu yakıtlara ilave edilen asetilen gazı ile birlikte CO emisyonlarında azalma devam etmiştir. Burada asetilen gazının ısı değerinin yüksek olmasının ve yanma sonu sıcaklığında artış ile açıklamak mümkündür. Asetilen gazı kısmen silindir içerisindeki yanmanın artmasına ve CO emisyonlarının azalmasına neden olmuştur. Çalışmanın sonuçları literürdeki benzerlik göstermektedir [26].



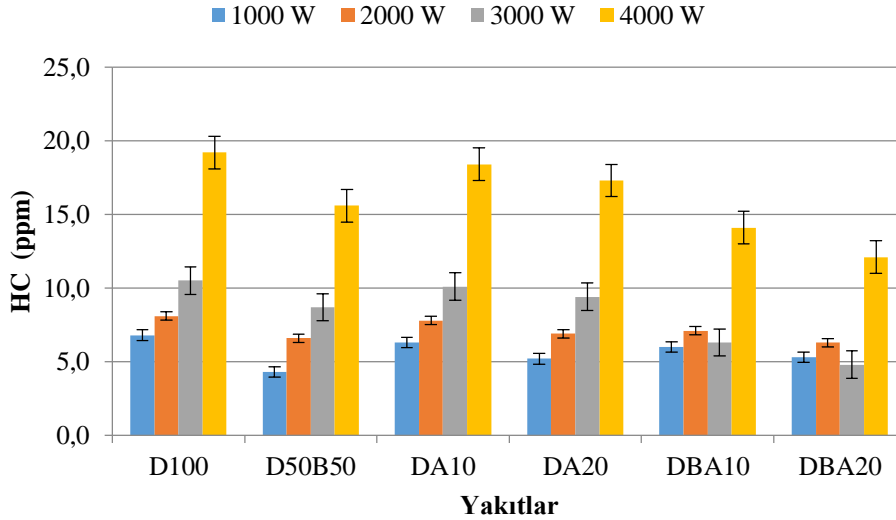
Şekil 7. Asetilen gazı ilavesinin CO emisyonlarına etkisi(3000 d/dak).

Şekil 8’de dizel yakıtına asetilen ilavesinin is emisyonlarına etkisi verilmektedir. İS emisyonları dizel+biyodizel yakıtlarının egzoz gazı içerisinde yanmadan atılması ile oluşmaktadır. Özellikle dizel motorlarında önemli bir is emisyonu olarak ortaya çıkmaktadır. Motor yükünün artmasına paralel olarak is emisyonlarının artması dizel motorlarında beklenen bir durumdur. Çünkü silindir içerisine eklenen yakıt miktarı arttığı için toplam is emisyonları artış göstermektedir. Biyodizel kullanımı ile birlikte is emisyonlarında azalma görülmektedir. Bu durum biyodizel kullanımı ile birlikte beklenen bir durumdur. Bunun yanında yakıtlara asetilen gazı ilavesi ile birlikte is emisyonlarında daha fazla bir azalma görülmektedir. Bu durum toplam karbon sayısındaki azalma ve yanma sonu sıcaklığının kısmen artıyor olması ile açıklanabilir. Elde edilen veriler literatürdeki [27] çalışma ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 8. Asetilen gazı ilavesinin is emisyonlarına etkisi (3000 d/dak)

Şekil 9’da dizel+biyodizel yakıt karışımlarına asetilen gazı ilavesinin HC emisyonlarına etkisi verilmektedir. HC emisyonları silindir içerisinde kısmen yakıt zerreciklerinin yanmaması sonucunda egzozdan atılan yakıtlar olarak tanımlanmaktadır [28]. Dizel motorlar hava fazlalığı ile çalıştığı için genelde çok yüksek değerlerin çıkması beklenen bir durum değildir. Temel olarak silindir içerisindeki yanmanın kısmen yada tamamen kötüleşmesi ile HC emisyonları artış gösterebilir. Motor yükünün artması ile birlikte tüm yakıt karışımlarında HC emisyonlarında artış görülmüştür. Bunun yanında dizel yakıtına biyodizel ilavesi ile birlikte ise HC emisyonlarında genel olarak bir azalış söz konusudur. Bu durum asetilen gazı ilavesi ile birlikteyse artış göstermektedir. Asetilen gazının yüksek yanma sonucu sıcaklığı ve ısı değeri silindir içerisinde kısmen yanmayı iyileştirmektedir. Bunun yanında gaz ilavesi ile birlikte dizel+biyodizel fazdaki yakıtların kullanılmasında azalışta görülmektedir. Bu nedenle asetilen gazının silindir içerisinde kısmen yanmayı iyileştirdiği ve HC emisyonlarının oluşmasını azalttığı düşünülmektedir. Literatürdeki benzer çalışmalar [29] ile de benzerlik göstermektedir.



Şekil 9. Asetilen gazı ilavesinin HC emisyonlarına etkisi (3000 d/dak)

4. Sonuç ve Öneriler

Dizel yakıtına ve dizel+biyodizel yakıt karışımına asetilen gazı ilavesinin mümkün olduğu ve dizel bir motora sahip jeneratörde asetilen gazının kütlece %20 oranında eklenebileceği görülmüştür. Yapılan çalışmanın sonucunda asetilen gazı ilavesinin yakıt tüketimini arttırdığı görülmüştür. Bu durum her ne kadar yakıt maliyetlerini artırıyor gibi görünse de biyodizel kullanımı ile birlikte maliyetler çok aşağılara

kadar inmektedir. Bu nedenle biyodizel yakıtı gibi asetilen gazı da milli kaynaklarla üretilebilecek kolay ve kullanışlı bir yakıt olma özelliği ile ön plana çıkabilecek bir alternatif yakıt türüdür. Asetilen gazı ilavesi ile birlikte her ne kadar NO_x emisyonları artış göstermiş olsa da HC, CO ve is emisyonlarında kayda değer bir iyileşme görülmüştür. Bu nedenle asetilen gazı alternatif yakıt olma yolunda önemli bir kaynak olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun yanında yanma performansını iyileştirecek bazı düzenlemeler ile yakıt tüketim değerleri ve motor parçalarına olan etkileri yönünden de incelenmelidir.

Yazarların Katkısı

Yazarlar bu araştırma makalesine eşit katkı sunmuşlardır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- [1] Bayraç N., Çelikday F., Çildir M. 2018. Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Enerji Politikaları. Ekin Yayınevi, Bursa.
- [2] Koç E., Şenel M.C. 2013. Türkiye Enerji Potansiyeli ve Yatırım-Üretim Maliyet Analizi. Termodinamik Dergisi, 245: 72-84.
- [3] Kaya K., Koç E. 2015. Enerji Üretim Santralleri Maliyetleri. Mühendis ve Makine, 56 (600): 61-68.
- [4] Zhen X., Wang Y., Liu D. 2020. Bio-butanol as a new generation of clean alternative fuel for SI (spark ignition) and CI (compression ignition) engines. Renewable Energy, 147 (1): 2494-2521.
- [5] Choudhary K.D., Nayyar A., Dasgupta M.S. 2018. Effect of compression ratio on combustion and emission characteristics of C.I. Engine operated with acetylene in conjunction with diesel fuel. Fuel, 214: 489-496.
- [6] Milli Eğitim Bakanlığı, MEGEP, 2010. Temel Kaynak 1. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Temel%20Kaynak%201.pdf (Erişim tarihi: 10.06.2019).
- [7] İlhak M.İ., Doğan R., Akansu S.O., Kahraman N. 2020. Experimental study on an SI engine fueled by gasoline, ethanol and acetylene at partial loads. Fuel, 261: 116148.
- [8] Raman R., Kumar N. 2019. The utilization of n-butanol/diesel blends in Acetylene Dual Fuel Engine. Energy Reports, 5: 1030-1040.
- [9] İlhak İ.M., Tangöz S., Akansu O.S., Kahraman N. 2019. An experimental investigation of these of gasoline-acetylene mixtures at different excessairratios in an SI engine. Energy, 175: 434-444.
- [10] İlhak İ.M., Akansu O.S., Kahraman N., Ünal S. 2018. Experimental study on an SI engine fuelled by gasoline/acetylene mixtures, Energy, 151: 707-714.
- [11] Vural E., Özer S. 2014. Buji Ateşlemeli Motorlarda Yakıt Asetilen Gazı İlavesinin Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Analizi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3 (1): 24-34.
- [12] Lakshmanan T., Nagarajan G. 2010. Experimental investigation on dual fuel operation of acetylene in a DI diesel engine. Fuel Processing Technology, 91: 496-503.
- [13] Lakshmanan T., Nagarajan G. 2010. Experimental investigation of timed manifold injection of acetylene in direct injection diesel engine in dual fuel mode. Energy, 35: 3172-3178.
- [14] Asetilen Gazı Kullanımında Dikkat Edilecek Hususlar, 2019. http://www.lindegaz.com.tr/tr/images/asetilen%20kullanimi%20flyer%20con%20%281%29_tcm504-258999.pdf (Erişim tarihi: 10.06.2019).

- [15] İlhak İ.M. 2018. Buji ateşlemeli bir motorda asetilen gazının motor performansına ve emisyonlarına etkisinin incelenmesi. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- [16] OPET, Yakıt özellikleri, 2018. <https://www.opet.com.tr/files/PDF/Urun/Ultra-Force-Motorin-Urun-teknik-ozellikleri.pdf>. (Erişim tarihi: 10.06.2019).
- [17] Ozcan H. 2010. Hydrogen enrichment effects on these condlaw analysis of a lean burn natural gas engine. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35 (3): 1443-1452.
- [18] Papagiannakis R.G., Rakopoulos C.D., Hountalas D.T., Rakopoulos D.C. 2010. Emission characteristics of high speed, dualfuel, compressionignition engine operating in a widerange of natural gas/diesel fuel proportions. *7th International Symposium on Alcohol Fuels*, 89 (7): 1397-1406.
- [19] Akçay M., Özer S. 2019. Experimental investigation on performance and emission characteristics of a CI diesel engine fueled with fusel oil/diesel fuel blends. *Journal Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, <https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1689317>
- [20] Roshan R., Naveen K. 2019.The utilization of n-butanol/dieselblends in Acetylene Dual Fuel Engine Author links open over lay panel. *Energy Reports*, 5: 1030-1040.
- [21] Pravadalıoğlu S. 2019. Yerinde enerji Üretimi-Kojenerasyon Sistemleri, http://www.emo.org.tr/ekler/04aa4e179069a80_ek.pdf. (Erişim tarihi: 09.09.2020).
- [22] Temizer İ., İlkılıç C., Öner C. 2016. Dizel Motor Egzoz Sistemi için Termoelektrik Jeneratör Uygulaması ve Akış Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16: 431-445.
- [23] Şimşek D., Çolak Y.N. 2019. Biyodizel/Propanol Yakıt Karışımlarının Dizel Motor Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6 (1): 166-174.
- [24] Aktas A., Doğan O. 2010. Çift Yakıtlı Bir Dizel Motorda LPG Yüzdesinin Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25 (1): 171-178.
- [25] Pritinika B., Murugan S., Nagarajan G. 2014. Dual fuel operation of used transformer oil with acetylene in a DI diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 87: 840-847.
- [26] Balasubramanian K., Krishnan P. 2019. Effect of acetylene addition in safflower biodiesel fueled CI engine an experimental study. *Energy Sources Part A-Recovery Utilization and Environmental Effects*, DOI: 10.1080/15567036.2019.1678700.
- [27] Yan W., Pan W., Sheikh M., Farhan J., Yi Li L. 2019.Effect of post-injection on combustion an dexhauste missions in DI diesel engine. *Fuel*, 258: 116-131.
- [28] Çelik M.B., Şimşek D. 2014. The determination of optimum injection pressure in an engine fuelled with soybean biodiesel/diesel blend. *Thermal Science* 18 (1): 229-238.
- [29] Balasubramanian K., Purushothaman K. 2019. Effect of acetylene addition on performance, emission and combustion characteristics of neem biodiesel and corn biodiesel-fueled CI engine. *Journal of Thermal Analysis And Calorimetry*, 138: 1405-1414.