

TİTANYUMUN ESASLI YAKIT KATKI MADDESİNİN DİZEL MOTOR PERFORMANS VE EMİSYONLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Ali KESKİN^{1*}, Kasım OCAKOĞLU², İbrahim Aslan REŞİTOĞLU³, Metin Gürü⁴

¹ Mersin Üniversitesi, Tarsus Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, 33480, Tarsus, Mersin

² Mersin Üniversitesi, Tarsus Teknoloji Fakültesi, Enerji Sist. Mühendisliği Bölümü, 33480, Tarsus, Mersin

³ Mersin Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Otomotiv Teknolojisi Programı, 33480, Mersin.

⁴ Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü 06570 Maltepe, Ankara

alikeskin@mersin.edu.tr, kasim.ocakoğlu@mersin.edu.tr, aslanresitoglu@mersin.edu.tr,
mguru@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 18.02.2013; Kabul/Accepted: 18.07.2013)

ÖZET

Yakıt katkı maddeleri, yakıt özelliklerini iyileştirmekte ve yanma verimini arttırmaktadır. Bunun sonucu olarak içten yanmalı motorların performans ve egzoz emisyon değerlerinde önemli iyileşmeler sağlanmaktadır. Bu çalışmada titanyumun içerikli yakıt katkı maddesinin dizel motor performans ve emisyonları üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Titanyum (diizopropoksit bis) yakıt katkı maddesi, dizel yakıtıyla (D) 25, 50, 75 ve 100 ppm değerlerinde karıştırılmış ve hazırlanan her bir karışım tek silindirli bir dizel motorda, tam yük şartlarında performans ve emisyon testlerine tabi tutulmuştur. Yapılan testler sonucunda karışım yakıtların tork ve güç değerleri, dizel yakıtı değerleriyle benzerlikler gösterirken, özgül yakıt tüketimi değerlerinde hafif düzeyde düşüşler saptanmıştır. Egzoz emisyon değerlerinde önemli derecede azalmalar gerçekleşmiştir. Özellikle CO ve is emisyonu değerlerinde sırasıyla %64,56 ve %45,19'lara varan azalmalar olmuştur.

Anahtar kelimeler: Titanyum, Yakıt katkı maddesi, Dizel motoru, emisyon

INFLUENCE OF TITANIUM BASED FUEL ADDITIVE ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS

ABSTRACT

Fuel additives provides an increase on engine performance and a reduction in the amount of the exhaust emissions as a result of improving fuel properties and combustion efficiency of internal combustion engines. In this experimental study, it is investigated the effect of using titanium (diizopropoksit bis) as a fuel additive on diesel engine and emissions. Titanium fuel additive and diesel fuel (D) were mixed with 25, 50, 75, 100 ppm values. In order to determine the performance and exhaust emissions characteristics, a single cylinder diesel engine was fuelled with blended fuels and tested at full load conditions. In conclusion, engine torques and power values of blended fuels were found to have similar values of diesel while specific fuel consumption values decreased. The use of titanium as a fuel additive has led to significant reductions in engine emissions. In particular, CO and soot emissions decreased up to 64.56% and 45.19% respectively.

Keywords: Titanium, Fuel additive, Diesel engine, Emission

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyada her geçen gün artış göstermekte olan nüfus, sanayileşme ve teknolojik gelişmeler enerji tüketiminde artışlara yol açmaktadır. Halen enerji üretiminde fosil kökenli yakıtların birincil enerji

kaynağı olarak kullanıldığı düşünülürse, enerji tüketimindeki bu artışın çevre kirliliğinde ne derece önemli bir etken oluşturduğu ortadadır.

Ulaşım sektörünün, dünyadaki enerji tüketim alanlarındaki payı göz ardı edilemez boyuttadır.

Sürekli bir yükseliş halinde olan taşıt sayıları emisyonların oluşumunda büyük etken oluşturmaktadır ve hava kirliliğine yol açmaktadır. Bu kirlilik birçok ülkede önemli sağlık problemlerini de beraberinde getirmiştir. Yapılan bilimsel araştırmalar gelişmekte olan ülkelerdeki hava kirliliğinin her yıl yüzlerce ölüme ve sağlık sektöründe milyonlarca dolar zarara neden olduğunu ortaya koymuştur [1-3]. Birçok ülke taşıtlardan kaynaklanan emisyonların azaltılmasına yönelik yasal düzenlemeler ve çeşitli araştırmalar yapmaktadırlar. Geçmişten bu yana yapılan çalışmalarda motor tasarımı, elektronik kontrollü yakıt püskürtme sistemleri, emisyon kontrol sistemleri ve yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi üzerinde durulmuştur [4]. Yakıt katkı maddeleri, yakıt özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik yapılan çalışmalardan birisidir. Yakıt katkı maddeleri yanma verimini artırırken hava kirliliğine yol açan kirletici emisyon değerlerini azaltmaktadır [5-8].

Metal içerikli katkı maddeleri, üzerinde önemli çalışmaların yapıldığı yakıt katkı maddelerinden birisidir. Bu katkı maddeleri yanma esnasında katalizör etkisi göstererek yakıt kararsızlığı reaksiyonlarını hızlandırmaktadır [9]. Metaller su ile tepkimeye girdiğinde is oksidasyonunu arttıran hidrosil radikalleri üretirken, isteki karbon atomlarıyla doğrudan reaksiyona girdiğinde oksidasyon sıcaklığını düşürmektedirler. Bunun sonucunda emisyon değerlerinde azalmalar sağlanmaktadır [10]. Mangan, demir, bakır, baryum, seryum, kalsiyum ve platin gibi metalleri içeren çeşitli katkı maddeleri bilim adamları tarafından araştırılmıştır. [11].

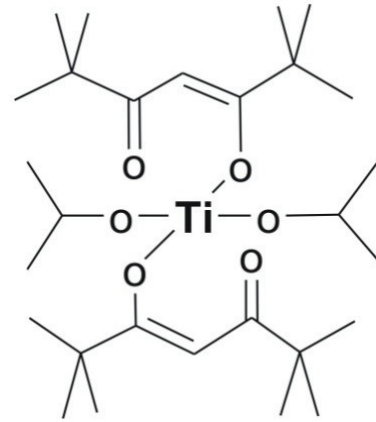
Keskin ve ark. yapmış oldukları çalışmada tall yağı reçine asitlerini MoO₃, ve MgO bileşikleri ile reaksiyona sokarak metalik yakıt katkı maddeleri sentezlemişlerdir. Tall yağı metil esterinin dizel yakıtı ile %60 oranındaki karışımına, metalik yakıt katkı maddeleri 4 µmol/l, 8 µmol/l ve 12 µmol/l oranlarında dozlanmış ve elde edilen deney yakıtları motor performans ve emisyon testlerine tabi tutulmuştur. Yapılan testler sonucunda katkı maddelerinin biyodizel yakıt özelliklerinde iyileşmeler sağladığı saptanmıştır. Motor performans değerlerinde önemli değişiklikler saptanmazken, emisyon değerlerinde iyileşmeler gerçekleşmiştir [12]. Kelso ve arkadaşları yaptıkları çalışmada platinin yakıt katkı maddesi olarak dizel motorlarda etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları deneyler sonucunda CO ve HC emisyonlarında azalmalar saptamışlardır. Özgül yakıt tüketimi değerlerinde iyileşmeler gözlemlenmiştir [13]. Gürü ve arkadaşları atık hayvansal yağlardan ürettikleri biyodizelin yakıt özelliklerini iyileştirmek amacıyla nikel ve magnezyum yakıt katkı maddelerini kullanmışlardır. Biyodizel yakıtına eklenen 12 µmol/l değerindeki nikel ve magnezyum yakıt katkı maddeleri, yakıtın akma noktasında önemli derecede düşüşe yol açmıştır. Saf biyodizel yakıtıyla

karşılaştırıldığında parlama noktası, viskozite ve donma noktalarında da azalmalar saptanmıştır [14].

Bu çalışmada farklı oranlardaki titanyum katkı maddesinin dizel yakıtıyla karışımlarının dizel motor performans ve emisyonu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Dizel yakıtına 25, 50, 75, 100 ppm değerlerinde titanyum eklenmesiyle elde edilen karışımların ve dizel yakıtının kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiş ve her bir test yakıtının tek silindirli dizel bir motorda tam yük şartlarında tork, güç, özgül yakıt tüketimi ve emisyon (CO, NO_x ve is) değerleri karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHODS)

Ağırlıkça % 75'lik titanyum diizopropoksit bis (asetilasetonat)'ın (Şekil 1) izo-propanol içerisindeki çözeltisinden 357,6 mg alınarak toplam hacim dizel yakıtıyla 3 litreye tamamlanmış ve bu sayede 100 ppm titanyum kompleksi katılanmış dizel yakıt elde edilmiştir. 25, 50 ve 75 ppm değerlerinde titanyum katkısı içeren yakıtlar ise 100 ppm'lik stok karışımın dizel yakıt ile uygun oranlarda seyreltilmesiyle hazırlanmıştır. Dizel yakıtıyla 25, 50, 75, 100 ppm değerlerinde titanyum katkılanarak elde edilen dört adet karışım yakıtı sırasıyla T25, T50, T75, T100 olarak adlandırılmıştır.



Şekil 1. Titanyum diizopropoksit bis (asetilasetonat)'ın moleküler yapısı (Molecular structure of titanium diisopropoxide bis (acetylacetonate))

Test yakıtlarının özellikleri Çukurova Üniversitesi Yakıt Analiz Laboratuvarında belirlenmiştir. Tablo 1'de test yakıtlarının kimyasal ve fiziksel özellikleri verilerek EN 590 standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Tüm yakıt özellikleri EN 590 standartları ile uyum içerisindedir. Titanyumun içerikli katkı maddesinin kullanılmasıyla yoğunluk, viskozite, ısıl değer, sülfür içeriği ve bakır şerit korozyon değerlerinde önemli değişiklikler saptanmazken, parlama ve akma noktası değerlerinde sırasıyla %4,24 ve %12 oranlarına varan azalmalar olmuştur.

Tablo 1. Test yakıtlarının kimyasal ve fiziksel özellikleri (Chemical and physical properties of the test fuels)

Özellik	T25	T50	T75	T100	D	EN 590
Yoğunluk -15 °C sıcaklıkta (kg/m ³)	0,830	0,830	0,830	0,829	0,830	820-845
Viskozite 40°C sıcaklıkta (cSt)	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	2,0-4,5
Isıl Değer (kJ/kg)	44134	44115	44103	44092	44149	-
Setan Sayısı	56,487	56,541	56,544	56,682	56,445	Min 51
Sülfür İçeriği (mg/kg)	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	Max 10
Parlama Noktası (°C)	55,2	54,9	54,5	54,1	56,5	Min 55
Akma Noktası (°C)	-25	-26	-27	-28	-25	-
Bakır Şerit Korozyon (3 saat, 50 °C)	1	1	1	1	1	1

Tablo 2. Test Motorunun Genel Özellikleri (Main characteristics of the test engine)

Üretici Firma	Antor Diesel 4 LD	
	640	
Silindir Sayısı	1	
Silindir Hacmi	cm ³	638
Kurs	mm	95
Strok	mm	90
Sıkıştırma Oranı	17:1	
Maksimum Hız	dev/dk	3000
Maksimum Güç	HP	13
Maksimum Tork	Nm (1800 rpm)	43
Soğutma Sistemi	Hava soğutmalı	

Performans ve emisyon testlerinde Tablo 2’de özellikleri verilen dizel motor kullanılmıştır. Testler 1200 ile 3000 devir/dakika aralığında tam yük şartlarında gerçekleştirilmiştir. Motor torkunun ölçülmesinde 0-1000 Nm frenleme torku aralığına sahip hidrolik bir dinamometre kullanılmıştır. Hidrolik dinamometrede bulunan mil merkezinden 350 mm uzaklıktaki tork koluna bağlı S tipi load

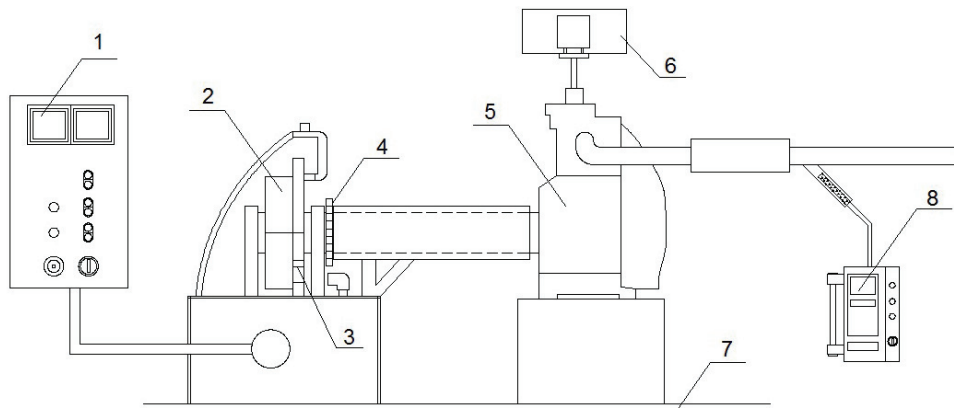
cell’e etkiyen kuvvet ölçülerek motor momenti belirlenmiştir. Ayrıca bir adet manyetik pick-up, dinamometre mili üzerine yerleştirilen dişlerdeki dişleri, dönme esnasında sayarak motor devir sayısını ölçmede kullanılmıştır.

Tablo 3. Gaz analiz cihazlarına ait teknik özellikler (Main specifications of gas analyzers)

Gaz analiz cihazı	Değişkenler	Ölçüm aralığı	Duyarlılık
CAPELEC CAP3200	İs (l/m)	0-10	0,01
Testo 350-S	CO (ppm)	0-10000	1
	NOx (ppm)	0-3000	1

İs emisyonu ölçümünde CAP 3200 marka is emisyon cihazı, CO ve NO_x emisyonu ölçümünde ise Testo 350-S marka gaz analiz cihazı kullanılmıştır. Gaz analiz cihazına ait teknik özellikler Tablo 3’de verilmektedir.

Şekil 2’de motor test düzeneğinin şematik gösterimi verilmiştir. Her bir test yakıtı 3 defa test edilmiş ve elde edilen değerlerin ortalamaları alınmıştır.

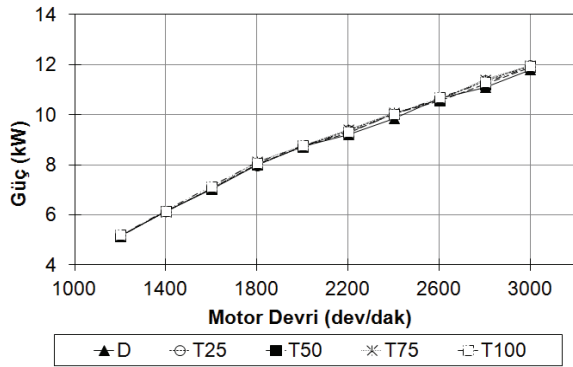
**Şekil 2.** Motor test düzeneğinin şematik görünümü (1. Kontrol paneli, 2. Hidrolik dinamometre, 3. S tipi load cell, 4. Manyetik pick-up, 5. Deney motoru, 6. Yakıt deposu, 7. Platform, 8. Dizel emisyon cihazı)

(A schematic view of the engine test stand (1. Control panel, 2. Hydraulic dynamometer, 3. S-type load cell 4. Magnetic pick-up, 5. Test engine, 6. Fuel tank, 7. Platform 8. Diesel emission equipment))

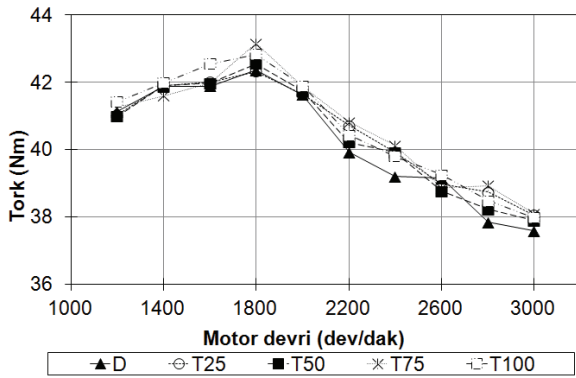
3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Motor performans sonuçları (Engine performance results)

Şekil 3 ve Şekil 4'de görüldüğü gibi karışım yakıtları ile dizel yakıtının tork ve güç değerleri arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır. Tüm test yakıtları için maksimum tork değerleri 1800 devir/dakika'da ölçülmüştür. Bu devirdeki tork değerleri dizel yakıtı için 42,36 Nm, T25 yakıtı için 42,32 Nm, T50 yakıtı için 42,55 Nm, T75 yakıtı için 43,15 Nm ve T100 yakıtı için 42,83 Nm olarak ölçülmüştür. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında en yüksek artış değeri T75 yakıtı ile 2800 devir/dakika'da %2,88 oranında olmuştur. T75 ve T100 yakıtları ile yapılan ölçümlerde tork ve güç değerlerinde hafif düzeyde artış eğilimi görülmüştür.



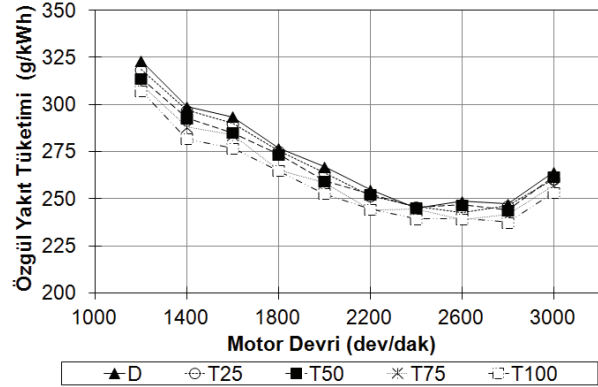
Şekil 3. D, T25, T50, T75 ve T100 yakıtlarının güç değerleri (Power values of D, T25, T50, T75 ve T100 Fuels)



Şekil 4. D, T25, T50, T75 ve T100 yakıtlarının tork değerleri (Torque values of D, T25, T50, T75 ve T100 Fuels)

Katkı maddeli yakıtların özgül yakıt tüketimi değerleri katkı maddesinin miktarıyla orantılı olarak hafif düzeyde azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 5). Dizel yakıtıyla karşılaştırıldığında en yüksek azalma 1400 devir/dakika'da T100 yakıtıyla %5,72 oranında olmuştur. T25, T50, T75 ve T100 yakıtlarının özgül yakıt tüketimi değerleri dizel yakıtına göre ortalama olarak sırasıyla %1,01, %1,55, %3,15 ve %4,41

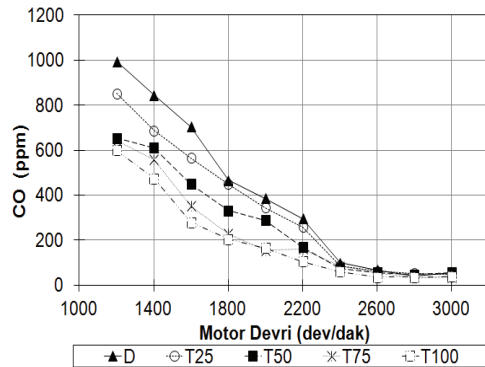
oranlarında azalmıştır. Katkı maddeli yakıtların özgül yakıt tüketimi değerleri düşük ve yüksek motor devirlerinde daha fazla azalma eğilimi göstermiştir. Kullanılan titanyum esaslı katkı maddesinin göstermiş olduğu katalist etkisinin yanma verimini iyileştirmesi sonucu özgül yakıt tüketiminde düşük miktarda azalma eğilimleri görülmüştür.



Şekil 5. D, T25, T50, T75 ve T100 yakıtlarının özgül yakıt tüketimi değerleri (Specific Fuel Consumption values of D, T25, T50, T75 ve T100 Fuels)

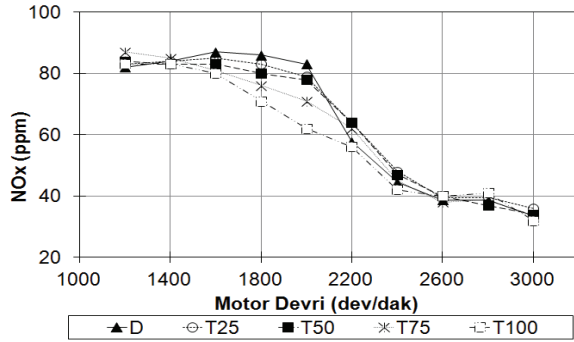
3.2. Motor emisyon sonuçları (Engine emission results)

Dizel yakıtı ile katkı maddeli yakıtların CO emisyon değerleri değişimleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Katkı maddeli yakıtların CO emisyonu değerleri dizel yakıtıyla karşılaştırıldığında özellikle düşük motor devirlerinde önemli azalmalar olmuştur. T25, T50, T75 ve T100 yakıtlarının CO emisyonu değerleri sırasıyla ortalama olarak %8,26, %21,83, %35,77 ve %45,39 oranlarında azalmıştır. Motor devrindeki artışa bağlı olarak tüm yakıtların CO emisyonlarında azalmalar meydana gelmiştir. CO emisyonu, eksik yanma sonucu oluşan kirlenici emisyonlardır [15]. Titanyum içerikli katkı maddeleri ile CO emisyonunun önemli oranda azalması yanma veriminin arttığının açık bir göstergesidir.

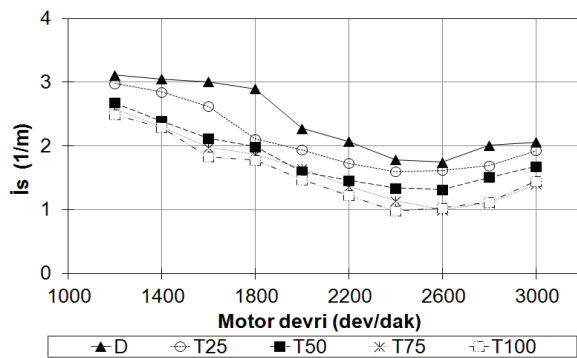


Şekil 6. D, T25, T50, T75 ve T100 yakıtlarının CO emisyonu değerleri (CO emission values of D, T25, T50, T75 ve T100 Fuels)

Azot oksit emisyonları asit yağmurları, ozon tabakasının delinmesi, fotokimyasal sis gibi zararlı çevresel etkilerinden dolayı dizel motorlarda üzerinde en çok durulan egzoz emisyonlarından birisidir [16]. Şekil 7’de katkı maddeli yakıtların ve dizel yakıtının NO_x emisyonu değişimleri görülmektedir. Katkı maddeli yakıtların kullanılmasıyla 1600 - 2400 devir/dakika devirler arasında NO_x emisyonlarında önemli oranlarda azalmaların olduğu tespit edilmiştir. Maksimum azalma 2000 devir/dakika’da T100 yakıtıyla %25,3 oranında olmuştur. Maksimum tork devrinde ölçülen NO_x emisyonu değerleri, dizel için 86 ppm, T25 için 83 ppm, T50 için 80 ppm, T75 için 76 ppm ve T100 için 71 ppm olarak belirlenmiştir. Her çevrimde silindir içerisine maksimum dolgunun alındığı maksimum tork devri civarında N₂ oksidasyonu azalmış dolayısıyla NO_x emisyonu düşük ölçülmüştür. Bu duruma Titanium esaslı katkı maddesinin yanma esnasında oluşturduğu katalist etkinin silindir içi basınç ve sıcaklık değişimini etkilemiş olmasının neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 7. D, T25, T50, T75 ve T100 yakıtlarının NO_x emisyonu değerleri (NO_x emission values of D, T25, T50, T75 ve T100 Fuels)



Şekil 8. D, T25, T50, T75 ve T100 yakıtlarının is emisyonu değerleri (Smoke emission values of D, T25, T50, T75 ve T100 Fuels)

D, T25, T50, T75 ve T100 yakıtlarının is emisyonu değerleri Şekil 8’de gösterilmiştir. Titanium esaslı katkı maddesinin katalist etkisi nedeniyle yanma prosesi esnasında oluşan is partiküllerinin oksidasyon sıcaklığı düşmüş ve bunun sonucunda is emisyonlarında önemli oranlarda azalmalar olmuştur.

En düşük is emisyonu değeri T100 yakıtı ile 2400 devir/dakika’da 0,98 1/m olarak ölçülmüştür. T25, T50, T75 ve T100 yakıtlarının is emisyon değerleri dizel yakıtına nazaran ortalama olarak sırasıyla %12,23, %24,85, %32,87 ve %35,89 oranlarında azalma göstermiştir. Maksimum azalma 2400 devir/dakika’da T100 yakıtı ile %45,19 oranında ölçülmüştür.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan bu çalışma titaniumun dizel yakıt katkı maddesi olarak kullanılmasının yakıt özelliklerini ve yanma verimini geliştirdiğini ve buna bağlı olarak motor performans ve emisyon değerlerinde iyileşmeler olduğunu ortaya koymuştur. Titaniumun dizel yakıt katkı maddesi olarak kullanılması ile dizel yakıtına göre;

- Akma noktası değerlerinde %12'lere varan azalmalar meydana gelmiştir. Endüşük akma noktası değeri T100 yakıtı ile -28 °C olarak ölçülmüştür.
- Motor tork ve güç değerlerinde önemli değişiklikler gözlenmemiştir.
- Özgül yakıt tüketimi değerleri düşüş eğilimi göstermiştir. En yüksek azalma 1400 devir/dakika’da T100 yakıtıyla %5,72 oranında olmuştur.
- Genel olarak titanium katkı maddesinin miktarına bağlı olarak CO emisyonu değerlerinde önemli oranlarda azalmalar olduğu tespit edilmiştir. CO değerindeki maksimum düşüş %64,56’lık bir değerle 2200 devir/dakika motor devrinde T100 yakıtında meydana gelmiştir.
- NO_x emisyonlarında 1600 – 2400 devir/dakika motor devri aralığında gözle görülebilir azalmalar saptanmıştır.
- İş emisyonlarında %45,19'lara varan azalmalar olmuştur. T25, T50, T75 ve T100 yakıtlarında ortalama olarak sırasıyla %12,23, %24,85, %32,87 ve %35,89 oranlarında azalmalar gerçekleşmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Uherek, E., Halenka, T., Borken-Kleefeld, J., Balkanski, Y., Berntsen, T., Borrego, C., Gauss, M., Hoor, P., Juda-Rezler, K., Lelieveld, J., Melas, D., Rypdal, K. ve Schmid, S., “Transport impacts on atmosphere and climate: Land transport”, **Atmospheric Environment**, Cilt 44, 4772-4816, 2010.
2. Prasad, R. ve Bella, V.R., “A Review on Diesel Soot Emission, its Effect and Control”, **Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis**, Cilt 5, No 2, 69-86, 2010.
3. Faiz, A., Weaver, C.S. ve Walsh, P.W., **Air Pollution from Motor Vehicles: Standards and Technologies for Controlling Emissions**, The World Bank, Washington, 1996.

4. Bosch, **Emissions-Control Technology for Diesel Engines**, Robert Bosch GmbH, Germany, 2005.
5. Keskin, A., Gürü, M. ve Altıparmak, D., "Influence of metallic based fuel additives on performance and exhaust emissions of diesel engine", **Energy Conversion and Management**, Cilt 52, 60-65, 2011.
6. Kannan, G.R., Karvembu, R. ve Anand, R., "Effect of metal based additive on performance emission and combustion characteristics of diesel engine fuelled with biodiesel", **Applied Energy**, Cilt 88, 3694-3703, 2011.
7. Tsanaktsidis, C.G., Christidis, S.G. ve Favvas, E.P., "A novel method for improving the physicochemical properties of diesel and jet fuel using polyaspartate polymer additives", **Fuel**, Cilt 104, 155-162, 2013.
8. Hancsok, J., Bubalik, M., Beck, A. ve Baladincz, J., "Development of multifunctional additives based on vegetable oils for high quality diesel and biodiesel", **Chemical Engineering Research and Design**, Cilt 86, 793-799, 2008.
9. Keskin A, M.Gürü, D. Altıparmak, Investigation of performance and emissions characteristics of tall oil biodiesel with Co based additive, **Energy Sources Part A**, 32(20), 1899-1907, 2010.
10. Yang, H.H., Lee, W.J., Mi, H.H., Wong, C.H. ve Chen, C.B., "PAH emissions influenced by Mn-based additive and turbocharging from a heavy-duty diesel engine", **Environment International**, Cilt 24, No 4, 309-403, 1998.
11. İ., Çelikten ve M., Gürü, "Petrodiesel And Rapeseed Oil Biodiesel With Manganese Based Additive", **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 26, No 3, 643-648, 2011.
12. Keskin, A., Gürü, M. ve Altıparmak, D., "Influence of tall oil biodiesel with Mg and Mo based fuel additives on diesel engine performance and emission", **Bioresource Technology**, Cilt 99, 6434-6438, 2008.
13. Kelso, D.T., Epperly, W.R. ve Hart, M.L., "Effects of platinum fuel additive on the emissions and efficiency of diesel engines", **SAE paper**, No: 901492, 1990.
14. Gürü, M., Artukoğlu, B. D., Keskin, A. ve Koca, A., "Biodiesel production from waste animal fat and improvement of its characteristics by synthesized nickel and magnesium additive", **Energy Conversion and Management**, Cilt 50, 498-502, 2009.
15. Demers, D. and Walters, G., **Guide to Exhaust Emission Control Options**, BAeSAME, Bristol, 1999.
16. Skalska, K., Miller, J.S. ve Ledakowicz, S., "Trends in NO_x abatement: A review", **Science of the Total Environment**, Cilt 408, 3976-3989, 2010.