

Article Arrival Date

10.11.2021

Article Type

Research Article

Article Published Date

20.12.2021

Doi Number: <http://dx.doi.org/10.38063/ejons.501>

İÇTEN YANMALI BENZİNLİ BİR MOTORDA YAKIT KATKI MADDESİ OLARAK ETİL ALKOL VE METİL ALKOLÜN KULLANILMASI

USING ETHYL ALCOHOL AND METHYL ALCOHOL AS A FUEL ADDITIVE IN AN
INTERNAL COMBUSTION GASOLINE ENGINE

Rasim BEHÇET

İnönü Üniveristesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 44280, Malatya, Türkiye

Ahmet YAKINSorumlu yazar, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü,
65080 Van, Türkiye**Adnan YILDIZ**

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Kimya Bölümü, 65080 Van, Türkiye

ÖZET

Taşıt kaynaklı hava kirliliği, küresel ısınmaya sebep olan kaynaklar arasındadır. Hava kirliliği sadece bir ülkenin değil tüm dünyanın başlıca sorunları arasındadır. Fosil yakıtların kullanıldığı, kara, hava ve deniz taşıtlarında kullanılan fosil yakıtların yanmasıyla atmosfere salınan zararlı emisyonlar olarak, CO (karbonmonoksit), CO₂ (karbondioksit) ve HC (hidrokarbon), NO_x (azotoksit) emisyonları sayılabilir. Küresel ısınmayı azaltmak için günümüz içten yanmalı taşıtların yerine güneş enerjili taşıtlar, hibrit ve elektrikli taşıtlar kullanılırken, alternatif yakıtlar olarak biyoyakıtlar, hidrojen yakıtı veya zararlı emisyonları azaltmak için yakıt katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bilim adamları bu emisyonların azaltılması için çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Özellikle zararlı emisyonların azaltılması için yakıt katkı maddeleri üzerindeki çalışmaları artmıştır.

Bu çalışmada, tek silindirli, su soğutmalı, sıkıştırma oranı 10/1 olan, benzinli bir motorda, benzin yakıtı içerisine hacimsel olarak %7.5 oranında etilalkol katılarak EB7.5 ve %7.5 oranında metilalkol katılarak MB7.5 yakıtları elde edilerek deney yapılmıştır. Deney sonucunda EB7.5 ve MB7.5 karışım yakıtlarının HC (hidrokarbon) ve CO (karbonmonoksit) emisyonları benzin yakıtıyla kıyaslandığında sırasıyla, %10,84 azalma; %7,80 artma ve %13,41; %50,94 azalma meydana geldi. EB7.5 ve MB7.5 yakıtlarının Motor Momentine ve özgül yakıt tüketimine baktığımızda ise, B100 yakıtıyla kıyaslandığında sırasıyla, %1,25; %2,94 artma ve %3,68 artma; %0,38 azalma meydana gelmiştir.

Anahtar kelimeler: motor, etil alkol, benzin, metil alkol

ABSTRACT

Air pollution from vehicles is among the sources that cause global warming. Air pollution is among the main problems not only of a country but of the whole world. CO (carbon monoxide), CO₂ (carbon dioxide) and HC (hydrocarbon), NO_x (nitrous oxide) emissions can be counted as harmful emissions released to the atmosphere by the combustion of fossil fuels used in land, air and sea vehicles. In order to reduce global warming, solar powered vehicles, hybrid and electric vehicles are used instead of today's internal combustion vehicles, while biofuels, hydrogen fuel or fuel additives are used as alternative fuels to reduce harmful emissions. Scientists have intensified their work to reduce these emissions. In particular, studies on fuel additives have increased in order to reduce harmful emissions.

In this study, a single cylinder, water cooled, compression ratio 10/1 gasoline engine was tested by adding EB7.5 by volume of 7.5% ethyl alcohol to the gasoline fuel, and MB7.5 fuels by adding 7.5% methylalcohol. As a result of the experiment, HC (hydrocarbon) and CO (carbon monoxide)

emissions of EB7.5 and MB7.5 mixed fuels decreased by 10,84%, respectively, when compared to gasoline fuel; 7.80% increase and 13.41%; A reduction of 50.94% occurred. When we look at the Engine Torque and the specific fuel consumption of EB7.5 and MB7.5 fuels, when compared to B100 fuel, respectively, 1.25%; 2.94% increase and 3.68% increase; There was a 0.38% decrease.

Keywords: engine, ethyl alcohol, gasoline, methyl alcohol

1. GİRİŞ

Hava kirliliği içerisinde sera gazına, küresel ısınmaya sebep olan kirlilik içerisinde taşıt kaynaklı hava kirliliğini sayabiliriz.

Hava kirliliği sadece insanlar yaşam alanını tehdit etmekle değil, hayvanların, bitkilerin ve tüm canlıların yaşamlarını tehdit etmektedir. Hava kirliliği küresel ısınmaya sebep olmakta bunun sonucunda buzulların erimesi, orman yangınları, dünyada su seviyelerinin hızlı bir şekilde artmasına sebep olmaktadır. Su seviyelerinin artmasından dolayı bilim adamları yakın gelecekte birçok bölgenin sular altında kalacaklarını belirtmektedirler. Tüm bu olumsuzlukların önüne geçmek için, insanların sebep olduğu kirliliğin en az düzeye çekilmesi gerekir.

Küresel ısınmaya sebep olan, sera gazlarının azaltılması için, taşıt kaynaklı kirleticilerde alternatif yakıtların veya alternatif taşıtların kullanılması gerekir. Alternatif yakıtlar olarak, biyoyakıtlar, hidrojen ve yakıt katkı maddeleri kullanılarak emisyonların en aza indirilmesi gerekir. Alternatif taşıtlar olarak güneş enerjili taşıtlar, elektrikli taşıtlar, hibrit taşıtların kullanılması gerekir.

Ülkemiz Dünyada küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının azaltılması için Paris İklim Anlaşmasını imzalamış ve resmi gazeteyle Paris İklim Anlaşması 10/11/2021 tarihinde yürürlüğü gireceği belirtilmiştir.

Taşıt kaynaklı kirleticilere baktığımız zaman;

Taşıtların en yoğun olduğu yerler arasında kent merkezleri sayılabilir, genelde trafiğin yoğun olduğu yerlerde egzoz emisyonu daha fazladır. Taşıtlardan kaynaklanan, hidrokarbon emisyonu (HC) %26.2'sinden, azot oksit emisyonu (NO) %41, karbon monoksit emisyonu (CO) %43.9'undan, sorumlu ayrıca havada asılı partikül madde (PM) emisyonlarının %16.4 ünden sorumludur(EEA, 2007).

Ahmet Yakın ve Rasim Behçet'in taşıtlardan kaynaklı egzoz emisyonları envanteri Van iliyle ilgili çalışmasında, elde edilen verilere göre atmosfere verilen toplam emisyon miktarları içindeki karbon monoksit miktarı 442.78 ton yıl⁻¹, PM miktarı 8.01 ton yıl⁻¹, azot oksit (NO_x) miktarı 83.01 ton yıl⁻¹ ve VOC miktarı 70.41 ton yıl⁻¹ şeklinde yaklaşık olarak bulunmuştur(Yakın ve Behçet, 2019).

Gaziantep ili trafik kaynaklı emisyon çalışmasında ise, Gaziantep'te tüm yakıt tiplerinde oluşan NO_x miktarı 452,51 ton, kükürt dioksit (SO₂) miktarı 2,76 ton ve partikül madde (PM10) miktarı 28,52 ton olarak tespit edilmiştir(Yakup ve Polat, 2015).

2007 yılında İzmir kent merkezinde taşıt kaynaklı emisyon araştırmasında, taşıt kaynaklı şehir merkezinde atmosfere atılan emisyon miktarları CO için 5607 ton, NMVOC için 772 ton, SO₂ için 340 ton, NO_x için 2502 ton ve PM10 için 104 ton olarak hesaplanmıştır(Şimşir ve ark, 2010).

Taşıt kaynaklı Malatya ili emisyon analizinde ise, yıllık Malatya ili merkezde yapılan araştırmada CO emisyonu 768.22 ton yıl⁻¹, PM emisyonu 13.99 ton yıl⁻¹, NO_x emisyonu 153.73 ton yıl⁻¹ve VOC emisyonu 121.79 ton yıl⁻¹ şeklinde yaklaşık olarak bulunmuştur(Behçet ve Yakın,2020).

Yukarıda belirtilen bilimsel çalışmalarda, taşıtların meydana getirdiği emisyonların miktarları verilmiştir. Literatürde taşıt kaynaklı emisyon çalışmaları bulunmaktadır. Taşıtların atmosfere verdiği zararlı emisyonlar sayesinde, küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının miktarını arttırmaktadır. Bu zararlı emisyonlar canlıların ve bitkilerin hayatını tehlikeye atmakta ve insanlarda çeşitli hastalıklara

sebeptir. Hava kirleticilerin insan sağlığı üzerindeki etkilerine baktığımızda, Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Hava kirleticilerin sađlık üzerine etkileri(TMMOB,2018).

Hava kirleticileri	Ana kaynakları	Sağlığa etkisi
Azot oksitler (NO _x)	Taşıt emisyonları, Yüksek sıcaklıkta yakma prosesleri	Göz ve solunum yolu hastalıkları, Asit yağmurları
Kükürt dioksit (SO ₂)	Fosil yakıt yanması, Taşıt emisyonları	Solunum yolu hastalıkları, Asit yağmurları
Karbon monoksit(CO)	Eksik yanma ürünü, Taşıt emisyonları	Kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşıma kapasitesinde azalma, Ölüm
Partikül madde (PM)	Sanayi, Taşıt emisyonları, Fosil yakıt yanması, Tarım ve ikincil kimyasal reaksiyonlar	Kanser, Kalp problemleri, Solunum yolu hastalıkları, Bebek ölüm oranlarında Artış
Ozon (O ₃)	Trafikten kaynaklanan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin (UOB) güneş ışığıyla değişimi	Solunum sistemi problemleri, Göz ve burunda iritasyon, Astım, Vücut direncinde azalma

Taşıt kaynaklı emisyonları azaltmak için, yakıt içerisine bazı katkı maddeleri eklenmektedir. Bunlar etanol, metanol, bor, hidrojen, nano katkı maddeleri v.s. sayılabilir. Yakıt katkı maddelerine baktığımızda,

Alkol kökenli yakıtlar olan etanol ve metanol düşük oranlarda kurşunsuz benzine eklenerek oluşan karışım yakıtlar, içten yanmalı benzinli araçta şasi dinamometresinde yapılan egzoz emisyon ölçümleri, motor performansı ve yanma karakteristiği deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel sonuçta karışım yakıtı kullanımının egzoz emisyonunu azalttığı, ısı dağılımının ve silindir gaz basıncının erken yükselmeye başladığı, özgül yakıt tüketiminin ise artırdığı gözlemlenmiştir(Eyidoğan ve ark, 2011).

Bilim adamları son zamanlarda yaptıkları araştırmalarda, etil alkol, Metil alkol, butanol ve pentanol gibi alkoller ve bu alkol karışımları alternatif yakıt ve katkı maddesi olarak bilim adamları tarafından araştırılmıştır(Prasad ve ark, 2007).

Etanol, yapısında bulunan oksijenden dolayı yanma daha iyi olmaktadır, etanol hem darbelere karşı dirençlidir hem de gizli buharlaşma ısısı yüksektir. Bu özellikleri sayesinde etanol hidrokarbon yakıtlara katkı maddesi olarak ilave edilir(Surisetty ve ark, 2011).

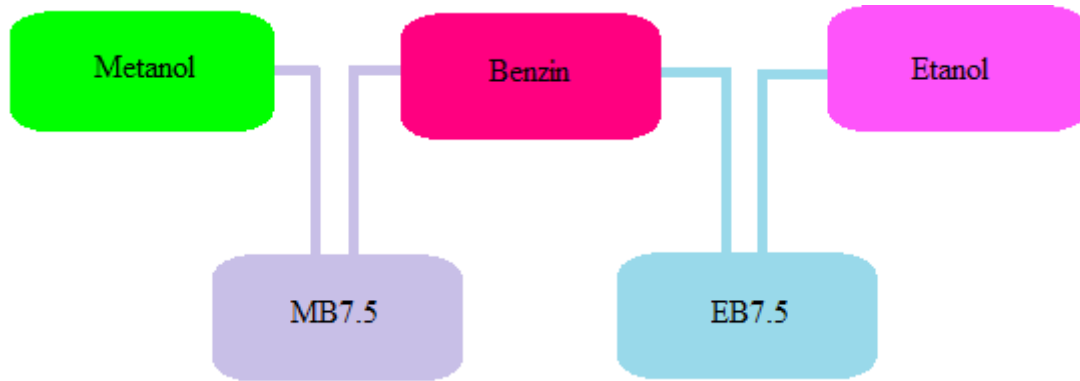
Yapılan araştırmalarda (Gürü ve ark, 2002; Kasper ve ark, 1998; Lissianski ve ark, 2001; Gan ve Qiao, 2011; Huang ve ark; 2009; Huang ve ark, 2005; Risha ve ark, 2003), nano boyuttaki yakıt katkı maddeleri yanma esnasında yakıtın katalitik rolünü iyileştirilerek verimli bir tam yanma sağlandığı ve motor performansının iyileştiği ifade edilmektedir. Aynı zamanda sıvı yakıttaki nano katkı maddelerinin ikinci enerji taşıyıcıları olarak hareket etmeleri nedeniyle yakıtın tutuşma ve yanma özelliklerinin iyileştiği belirtilmektedir. Bor minareli, diğer katkı maddelerine göre Türkiye için hem yerel bir kaynak olması ve bol miktarda bulunması hem de daha yüksek gravimetrik ve hacimsel enerji yoğunluklarına sahip olması umut vaat eden bir katkı maddesi olduğu düşünülmektedir.

Yakıtlara katılan katkı maddesi olarak Yakın ve Behçet'in benzin yakıtı içerisine kattıkları sodyum borhidür katkı maddesi ile yaptıkları deneylerde motor torkunun arttığını, zararlı egzoz emisyonlarının azaldığını belirtmişlerdir(Yakın ve Behçet, 2021).

Bu çalışmada, benzin yakıtı içerisine hacimsel olarak, %7.5 oranında etilalkol %92.5 oranında saf benzine katılarak elde edilen EB7.5 karışım yakıt ve hacimsel olarak, %7.5 oranında metilalkol %92.5 oranında saf benzine katılarak elde edilen MB7.5 karışım yakıtları test motorunda test edilerek karışım yakıtın emisyon değerleri ve moment ve özgül yakıt tüketimlerinin bulunması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Motor Yakıtı



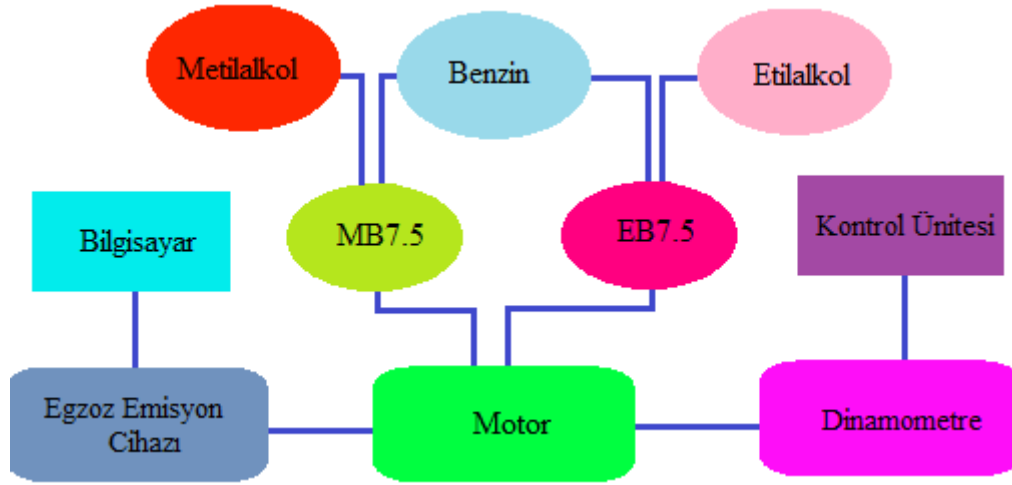
Şekil 1. Karışım yakıtlar

Şekil 1. Test yakıtının elde edilmesi gösterilmektedir. Hacimsel olarak %7.5 oranında etanol ve %92.5 oranında benzine karışımıyla elde edilen EB7.5 karışım yakıtı ve hacimsel olarak %7.5 oranında metanol ve %92.5 oranında benzine karışımıyla elde edilen MB7.5 karışım yakıtları.

2.2. Motor Deneyleri

Testler su soğutmalı, tek silindirli, benzinli deney motoru kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan motor 10/1 sıkıştırma oranına sahip, 5400d/d'da 15kW güç veren bir dinamometre bağlanmıştır. Deneylerde

beş farklı motor devri kullanılmış, motor 1400 d/d, 1800 d/d, 2200 d/d, 2600 d/d, 3000 d/d hızlarında çalıştırılmıştır. Şekil 2’de deneylerin yapıldığı test düzeneği verilmiştir.



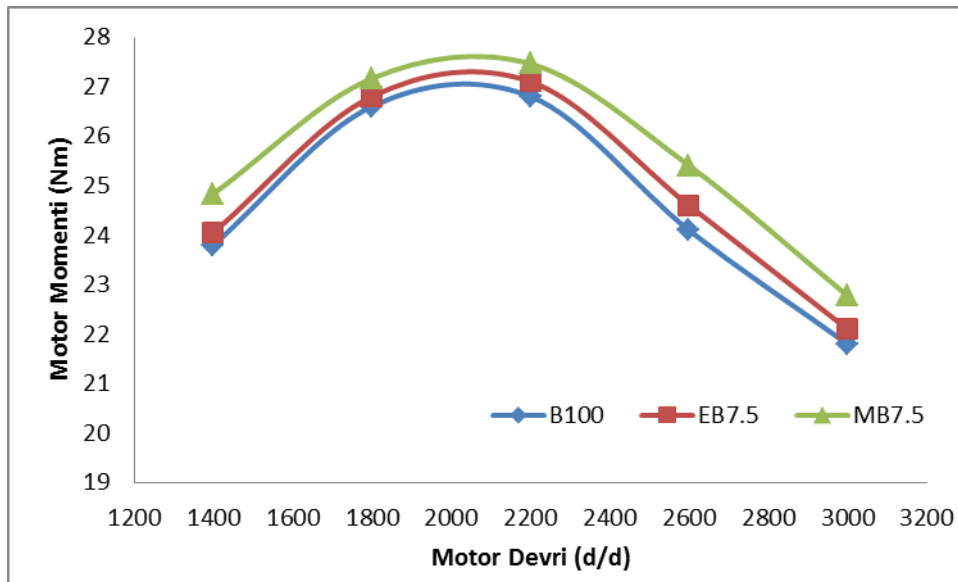
Şekil 2. Deney Düzeneği

Deneylerde kullanılan karışım yakıtların egzoz emisyonlarını ölçmek için Bosch BEA 060 egzoz emisyon cihazı kullanıldı. Bu cihazın özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Egzoz gazı cihazı özellikleri

Parametre	Ölçme aralığı	Hassasiyet
CO (%)	0-10	0.001
CO ₂ (%)	0-18	0.01
HC (ppm)	0-9999	1ppm
O ₂ (%)	0-22	0.01
NO _x (ppm)	0-5000	1ppm
Lambda	0,5-9,9999	

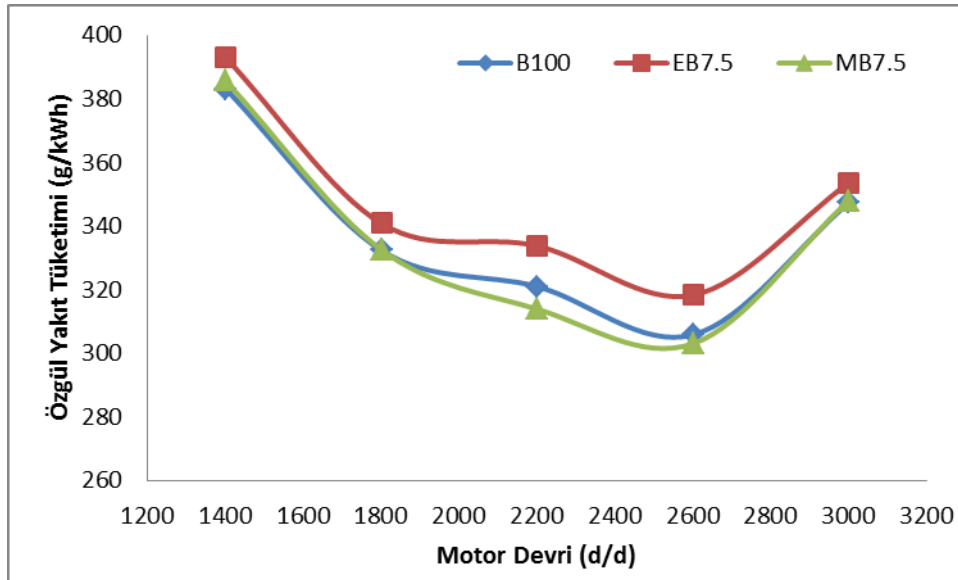
3. BULGULAR VE TARTIŞMA



Şekil 3. Motor momentinin motor devrine bağlı değişimi

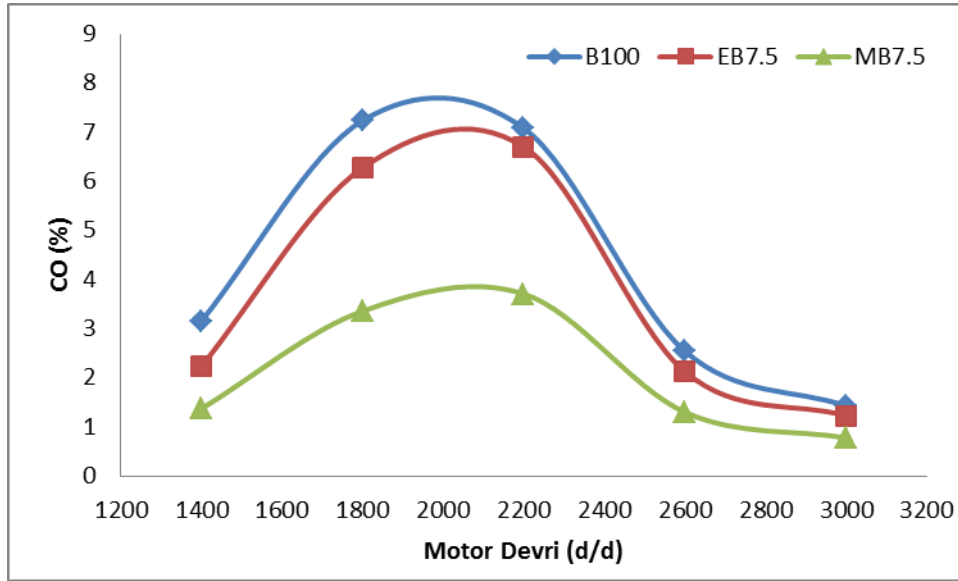
Moment bir cisme uygulanan döndürme kuvvetidir. Momentin yüksek olması ilk harekete taşıtın kolay geçmesini ve çabucak hızlanmasını sağlar. Şekil 3'de motor devrine bağlı olarak Motor Momenti grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde B100 yakıtına göre bütün motor devirlerinde MB7.5 karışım yakıtın momenti yüksek çıkmıştır. Motor momentini bütün karışım yakıtlar için 2000 d/d da en yüksek çıkmış ardından motor hızına bağlı olarak azalmıştır. Bunun nedeni yakıt içerisinde katılan alkollerin B100 yakıtına göre daha iyi yanmasıdır.

810



Şekil 4. Özgül yakıt tüketiminin motor devrine bağlı değişimi

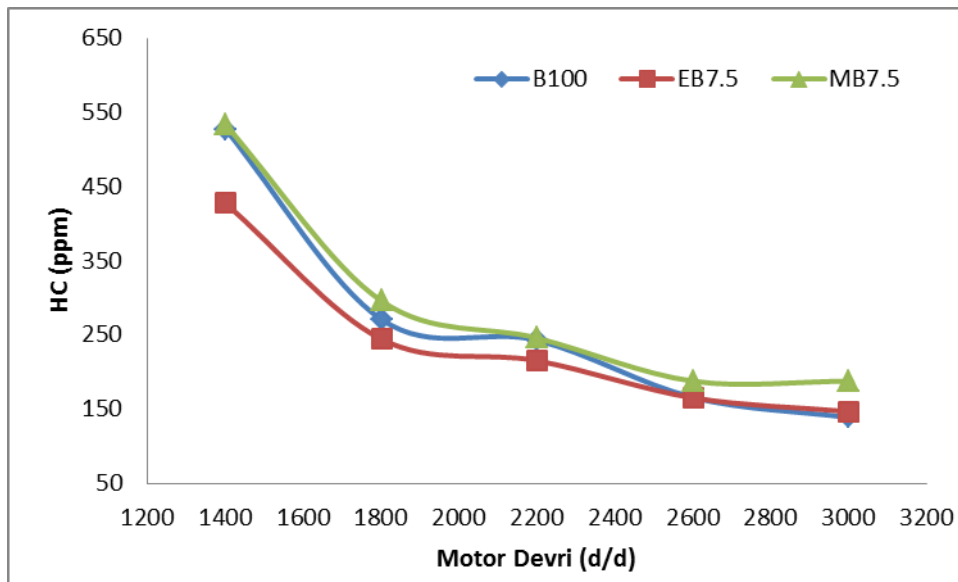
Şekil 4'de test yakıtlarının özgül yakıt tüketimlerinin motor hızına göre değişimi verilmiştir. 1400d/d motor devrinde karışım yakıtların özgül yakıt tüketimleri yüksek motor hızına bağlı olarak özgül yakıt tüketimleri 2600d/d'ya kadar düzgün olarak azalmıştır. Ardından motor hızına bağlı olarak yeniden yakıt tüketimi artmıştır. Altun ve arkadaşlarının, buji ateşlemeli motorun üzerinde % 5 ve % 10 etanol ve metanol ile karıştırılmış kurşunsuz benzinin performans ve egzoz emisyonunu deneysel olarak yaptıkları araştırmada. Sonuçlar fren termal verimliliği, karbon monoksit (CO) ve hidrokarbon (HC) emisyonları metanol-kurşunsuz benzin ve etanol-kurşunsuz benzin karışımlarıyla azalırken fren özelyakıt tüketiminin arttığını göstermiştir(Altun ve diğ,2013).



Şekil 5. CO'in motor devrine bağlı değişimi

Motor hızına bağlı olarak CO emisyonunun değişim grafiği Şekil 5'de görülmektedir. Sera gazına sebep olan taşıt kaynaklı emisyonlar olarak; karbon monoksit, karbon dioksit, azot oksit ve hidrokarbonlardır. CO emisyonu en yüksek benzin yakıtıyla elde edilmiştir. En düşük karbon monoksit emisyonu MB7.5 karışım yakıtıyla elde edilmiştir. Alkol kökenli yakıtların benzin yakıtına göre, karbon monoksit emisyonunun daha düşük olmasının nedeni alkol kökenli yakıtların yapısında benzine göre daha fazla oksijen bulundurmaları ve bu sayede yanmanın daha iyi olmasından kaynaklanmaktadır.

811



Şekil 6. HC'nun motor devrine bağlı değişimi

Hidrokarbon (HC) emisyonu, günümüz taşıtlarında kullanılan yakıtların hem eksik yanması hem de yanma olayının tam olarak gerçekleşmemesi ve tutuşamamasından kaynaklanır. Taşıt motoruna giriş yapan yakıtın miktarının yaklaşık olarak %1-1,5'ini hidrokarbon emisyonları oluştururlar. Şekil 6'da motor hızına bağlı olarak HC emisyonlarının değişim grafiğini göstermektedir. Grafik incelendiğinde, MB7.5 karışım yakıtının hidrokarbon emisyonu benzin yakıtına göre daha yüksek elde edilmiştir. EB7.5 karışım yakıtının HC emisyonu ise B100 yakıtıyla kıyaslandığında daha düşük elde edilmiştir. Altın ve ark. ,dört silindirli su soğutmalı buji ateşlemeli bir motorda yaptıkları

çalışmada, benzin yakıtına hacimsel olarak % 5 ve % 10 oranlarında etanol ve metanol eklenerek deneyler yaptılar. Deney sonucunda hidrokarbon (HC) emisyonları etanol-kurşunsuz benzin karışımlarıyla azalırken fren özel yakıt tüketiminin arttığını belirtmişlerdir(Altun ve ark.,2013).

4. SONUÇLAR

EB7.5 ve MB7.5 karışım yakıtların test motorunda yapılan motor performansı ve emisyon analizlerinde;

- Hem EB7.5 hem de MB7.5 yakıtlarının motor momentleri incelendiğinde, benzin yakıtına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. EB7.5 ve MB7.5 karışım yakıtların momentleri tüm motor devirlerinin ortalaması alındığında, benzin yakıtının momentine göre sırasıyla %1.25 ve %3.68 artmıştır.
- Test motorunda 2600 d/d'da MB7.5 karışım yakıtının kullanılmasıyla EB7.5 ve benzin yakıtına kıyasla en az özgül yakıt tüketimi gerçekleşmiştir. Aynı motor devrinde hem benzin yakıtının hem de EB5 yakıtının özgül yakıt tüketimi ise MB7.5 yakıtına göre artmıştır.
- EB7.5 ve MB7.5 karışım yakıtların deney motorunda denenmesiyle, karbon monoksit emisyonları, saf benzin yakıtına göre sırasıyla, ortalama olarak % 13.40 ve %50.94 azalmıştır.
- HC emisyonu test motorunun EB7.5 karışım yakıtıyla çalıştırılmasıyla B100 yakıtına göre, %10.84 azalırken, test motorunun MB7.5 karışım yakıtıyla çalıştırılmasıyla B100 yakıtına kıyasla, %7.80 artma meydana gelmiştir.

KAYNAKLAR

- EEA (European Environment Agency), 2007. "EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook 2006"
- Yakın, A., & Behçet, R. (2019). Van ili trafik kaynaklı hava kirleticilerinin emisyon envanteri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(3), 1567-1573.
- Yakup, C. U. C. İ., & Polat, E. E. (2015). Gaziantep'in trafik kaynaklı hava kirliliğinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(2), 1-11.
- Şimşir, S., Altıok, H., Kara, M., Bayram, A., & Elbir, T. (2010). İzmir Kent Merkezinde Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin İncelenmesi.
- Behçet, R., & Yakın, A. (2020). Malatya İli Trafik Kaynaklı Hava Kirleticilerinin Emisyon Envanteri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(4), 2783-2790.
- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası. (2018). Hava Kirliliği Raporu 2018. Ankara.
- Eyidoğan M., Canakçı M., Özsezen A.N., Alptekin E., Turkan A., Kilicaslan I. 2011. Investigation of the effect, of ethanol-gasoline and methanol-gasoline blends on the combustion parameters and exhaust emissions of a spark ignition engine. *J Fac Eng Arch Gazi Univ*. 26: 499-507.
- Prasad, S., Singh, A., Joshi, H., (2007). Ethanol as an alternative fuel from agricultural, industrial and urban residues. *Resour. Conserv. Recycl.*, 50:1-39.
- Surisetty VR, Dalai AK, Kozinski J. Alcohols as alternative fuels: an overview. *Appl Catal A* 2011;404(1-2). 1-1.
- M. Gürü, U. Karakaya, D. Altıparmak, A. Alıcılar, Improvement of Diesel fuel properties by using additives, *Energy Convers. Manag.* 43 (2002) 1021-1025.

- M. Kasper, K. Sattler, K. Siegmann, U. Matter, H.C. Siegmann, The influence of fuel additive on the formation of carbon during combustion, *J. Aerosol Sci.* 30 (1998) 217–225.
- V.V. Lissianski, P.M. Maly, V.M. Zamansky, W.C. Gardiner, Utilization of iron additives for advanced control of NO_x emissions from stationary combustion sources, *Ind. Eng. Chem. Res.* 40 (2001) 3287–3293.
- Y. Gan, L. Qiao, Evaporation characteristics of fuel droplets with the addition of nanoparticles under natural and forced convections, *Int. J. Heat Mass Tran.* 54 (2011) 4913–4922.
- Y. Huang, G.A. Risha, V. Yang, R.A. Yetter, Effect of particle size on combustion of aluminum particle dust in air, *Combust. Flame* 156 (2009) 5–13.
- Y. Huang, G.A. Risha, V. Yang, R.A. Yetter, Analysis of nano-aluminum particle dust cloud combustion in different oxidizer environments, in: 43rd Aerosp. Sci. Meet. Exhib, 2005, pp. 1–14.
- G.A. Risha, B.J. Evans, E. Boyer, R.B. Wehrman, K.K. Kuo, N. Engineering, Nanosized aluminum- and boron-based solid-fuel characterization in a hybrid rocket engine, in: 39th AIAA/ASME/SAE/ASEE Jt. Propuls. Conf. Exhib, 2003, pp. 1–14.
- Y. Gan, L. Qiao, Combustion characteristics of fuel droplets with addition of nano and micron-sized aluminum particles, *Combust. Flame* 158 (2011) 354–368.
- Yakın, A., & Behçet, R. (2021). Effect of different types of fuels tested in a gasoline engine on engine performance and emissions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(66), 33325-33338.
- Yılmaz A., Şevik S. 2017. Sodyum Borhidrür (NaBH₄) Destekli Bir Hidrojen/Hava PEM Yakıt Hücresi İle Elektrik Üretiminin Deneysel Analizi, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi* 7: Sayı 2/2.
- Banfi, L., Narisano, E., Riva, R., Stiasni, N., Hiersemann, M. (2004). Sodium Borohydride in *Encyclopedia of Reagents for Organic Synthesis*. J. Wiley and Sons, New York.