



BENZİN KATKI MADDELERİNİN MOTOR PERFORMANSI VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

İsmet ÇELİK TEN*, Ersin KARAASLAN**, Hamit SOLMAZ***, Melih OKUR****, Seyfi POLAT*****

*Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü,
06500, Ankara, Türkiye, celikten@gazi.edu.tr

**Bilişim Suçlarıyla Mücadele Daire Başkanlığı, 06510, Ankara, Türkiye, ersinkar_81@hotmail.com

***Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü,
06500, Ankara, Türkiye, hsolmaz@gazi.edu.tr

****Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü,
06500, Ankara, Türkiye, mokur@gazi.edu.tr

*****Michigan Technological University, Department of Mechanical Engineering–Engineering Mechanics, 49931, Houghton, USA, spolat@mtu.edu

(Geliş Tarihi: 17.02.2014, Kabul Tarihi: 25.06.2014)

Özet: Petrol rafinerilerinden elde edilen benzinin içerisine piyasaya sürülmeden önce çeşitli katkı maddeleri katılarak bazı özellikleri iyileştirilmektedir. Piyasada pek çok firma tarafından üretilen ve yanmayı iyileştirdiği, yakıt ekonomisi sağladığı, motoru temizlediği, emisyonları azalttığı ve motor performansını arttırdığı ileri sürülen çeşitli benzin katkı maddeleri satılmaktadır. Sunulan çalışmada, 5 farklı firma tarafından üretilen benzin katkısı kullanılmıştır. İlgili katkı maddeleri piyasada ticari olarak satıldığı için firma adlarının kullanılmasının doğru olmayacağı düşünülmüştür. Bu nedenle burada katkı maddeleri B, C, D, E ve F şeklinde adlandırılmıştır. Söz konusu katkı maddeleri 95 oktanlı benzine firmalar tarafından önerilen oranlarda karıştırılmıştır. İlgili karışımların etkileri 4 silindirli 4 stroklu bir buji ile ateşlemeli motorda ayrı ayrı deneysel olarak incelenmiş ve sonuçlar saf benzin ile karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışma sonunda, seçilen benzin katkı maddelerinin ilgili motorun performansında ve egzoz emisyonlarında herhangi bir iyileşme doğurmadığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Buji ile ateşlemeli motor, benzin katkı maddeleri, egzoz emisyonları, ticari katkı maddeleri

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF GASOLINE ADDITIVES ON ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS

Abstract: The properties of gasoline that is obtained from oil refinery, is improved with various additives prior to the release. Different additives produced by various firms are being sold in the market. These firms explain that these products improve combustion, provide fuel saving, clean the engine, reduce exhaust emissions and increase engine performance. In the present study, the gasoline additives produced by five different companies were used. It was considered that giving the names of the firms not right because of commercial reasons. So the additives were called as B, C, D, E and F has been called. These additives were blended with 95 octane gasoline at recommended proportions by companies. The effects of mixtures on a 4-cylinder 4-stroke spark ignition engine were experimentally investigated and the results were compared with pure gasoline. At the end of the experimental work, it was determined that the selected gasoline additives weren't enhanced improvement on the engine performance and exhaust emissions.

Keywords: Spark ignition engine, gasoline additives, exhaust emissions, commercial additives

GİRİŞ

Günümüzde kullanılan içten yanmalı motorların hemen hepsinin petrol kaynaklı yakıtlar ile çalışmaları ve petrolün sınırlı bir enerji kaynağı olması sebebiyle araştırmacıların gelecekte petrolün yerini alabilecek bir enerji kaynağı bulma çabaları süratle devam etmektedir. Ayrıca petrol tüketiminin yoğunluğu ile motorlardan yayılan egzoz emisyonlarının atmosferi her geçen gün daha da kirletmesi ve hızla artan petrol fiyatları da

alternatif enerji kaynakları araştırmalarını arttırmaktadır (Çelikten vd., 2012; Koşar vd., 2011; Schifter vd., 2011).

Elektrikli taşıtların gelişiminde önemli bir mesafe kat edilmiş ve birçok firma tarafından seri üretime geçilmeye başlanılmıştır. Ancak elektrikli taşıtlarda kullanılan bataryaların maliyetleri ve kullanım ömürleri ile ilgili tereddütler bu taşıtların önündeki en önemli problemlerden birisidir (Cheron, 1997; Offer vd., 2010). Yakıt hücresi kullanımı ile ilgili de birçok araştırma

yapılmış olup bu konudaki en büyük problem ise hidrojenin depolanmasında ortaya çıkmaktadır. Yakıt hücrelerinin geliştirilmesi çalışmalarının yanı sıra hidrojenin depolanabilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır (Zhao vd., 2012; Wang vd., 2012). Buradan anlaşılacağı gibi içten yanmalı motorlara tam anlamıyla alternatif olabilecek güç kaynakları halen geliştirme aşamasındadır. Bu nedenle içten yanmalı motorların verimlerini arttırabilmek ve bu motorlarda kullanılan yakıtları iyileştirebilmek için çalışmalar devam etmektedir.

İçten yanmalı motorların termik verimlerinin arttırılmasında etkili olan en önemli parametrelerden birisi de sıkıştırma oranıdır. Çok iyi bilindiği gibi içten yanmalı motorlarda sıkıştırma oranı arttıkça termik verim ve dolayısı ile efektif verim artar (Sekmen ve Sekmen, 2007). Ancak buji ile ateşlemeli motorlarda sıkıştırma oranı istenildiği kadar yüksek seçilememektedir. Çünkü söz konusu motorlarda yüksek sıkıştırma oranlarında vuruntulu çalışma görülebilir. Vuruntulu çalışma sonunda yanma bozulacağından hem motorun özgül yakıt tüketimi hem de egzoz emisyonları artar. Ayrıca vuruntulu çalışma sonunda motor elemanları da zarar görebilir. Sonuç olarak buji ile ateşlemeli motorlarda vuruntu sıkıştırma oranının yüksek seçilmesini sınırlar. İlgili motorlarda vuruntuyu önlemek ve sıkıştırma oranını arttırmak için benzinin oktan sayısını arttırmak gerekir. Günümüzde benzinin oktan sayısına da bağlı olarak buji ile ateşlemeli motorların sıkıştırma oranı 9-12 arasında seçilmektedir (Sekmen ve Sekmen, 2007; Çelik ve Balki, 2007). Eğer benzinin oktan sayısı yükseltilebilirse sıkıştırma oranı daha da yüksek seçilebilir. Alkollerin oktan sayıları yüksektir. Bu nedenle yenilenebilir bir yakıt olan etil alkolün benzine % 10'dan daha düşük oranlarda karıştırılması ile karışımın oktan sayısı artacağından, motorda yüksek sıkıştırma oranları seçilebilir.

Dizel motorlarda ise vuruntu, sıkıştırma oranının seçilmesini etkilemez ve ilgili motorlarda sıkıştırma oranı yüksek alınabilir. Ancak dizel motorlarında çok yüksek sıkıştırma oranlarında yanma sonu basınçları çok yüksek değerler alacağından hem motor titreşimli çalışır hem de bu basınçları karşılayacak daha kaliteli ve ağır motor malzemeleri kullanmak gerekir. Bu nedenlerle günümüzde dizel motorlarının sıkıştırma oranları 16-24 aralığında seçilmektedir. Dizel motorlarında hâlihazırda önemli derecede yüksek olan sıkıştırma oranını arttırmak yerine daha çok dizel yakıtına alternatif olabilecek veya dizel yakıtı ile beraber kullanılacak ucuz maliyetli, petrol kökenli olmayan ve daha temiz yakıtlar geliştirilmeye çalışılmıştır. Biyodizel hem temiz bir enerji kaynağı olması hem kolay üretilebilmesi hem de daha ucuza üretilebilmesinden dolayı bu yakıtların başında gelmektedir (Prucol vd., 2014; Altun ve Lapuerta, 2014; Tuccar vd., 2014; Reddy vd., 2014; Rahman vd., 2014; Mekhilef vd., 2011; Yılmaz vd., 2013; Gürü vd., 2010; Usta vd., 2005). Ancak biyodizelin günümüz yüksek performanslı araçlarda kullanımında halen birtakım problemler mevcuttur.

Buji ile ateşlemeli motorlarda ise verimi arttırabilmek için sıkıştırma oranını arttırma çalışmaları sürdürülmektedir. Bunun yanında giderek kısıtlayıcı hale gelen emisyon standartlarını yakalayabilmek için emisyon azaltma çalışmaları da sürmektedir. Yüksek sıkıştırma oranlarına çıkabilmesi için yakıtın oktan sayısının arttırılması gerekmektedir (Sekmen ve Sekmen, 2007). Motorlarda vuruntuya karşı dayanımı arttırmak amacı ile daha önceleri kurşuntetraetil ($Pb(C_2H_5)_4$), kurşuntetrametil ($Pb(CH_3)_4$), demirpentakarboksit ($Fe(CO)_5$) vb. gibi katkı maddeleri kullanılmıştır (İçingür ve Calam, 2012; Solmaz ve Çelikten, 2012). Ancak zehirleyici ve kanserojen etkileri olan kurşunlu yakıtların kullanımı yasaklanmıştır (Anderson vd., 2012). Günümüzde benzin yakıtlarında oksitleyici olarak da bilinen hafif alkoller (metanol, etanol vb.) ve eterler oktan sayısı arttırmak ve egzoz emisyonlarını azaltmak amacıyla katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Kumar vd., 2013; Goldanica vd., 1998; Morganti vd., 2013; Foong vd., 2014; Kish vd., 2010; İçingür ve Dost, 2006; Çelik ve Çolak, 2008).

Eterler iki alkil gruba bağlı oksijen içeren bileşiklerden oluşan bir sınıf organik bileşiklerdir. Üzerinde oldukça fazla araştırma yapılan eterlerden biri olan metil tersiyer bütül eter (MTBE) benzinle iyi karışım yapabilen yüksek miktarda sıvı çözünürlüklü, renksiz organik bir sıvıdır. Benzin içerisine hacimsel olarak %15 oranına kadar başarılı bir şekilde katılabilir. Araştırma oktan sayısı (RON) 117, motor oktan sayısı (MON) 101'dir (Bergendahl, 2007).

Alkoller oktan sayısını artırması ve emisyonları önemli derecede iyileştirmesi nedeniyle benzine alternatif ya da katkı maddesi olarak düşünülmektedir (İçingür ve Calam, 2012; Calam vd., 2014). Etanol ve metanol üzerinde çalışılan en yaygın alkollerdir. Etanol renksiz organik bir sıvıdır. Genellikle oktan artırıcı olarak ya da oksijenatlı benzin üretiminde benzin içerisine hacimsel olarak %10'un altında katılır. Ayrıca büyük bir oranda (%85 hacimsel) alternatif yakıt olarak da kullanılabilir. RON değeri 123 ve MON değeri 96'dır. Ethanol tarımsal ürünlerin, (şeker kamışı, şeker pancarı, mısır nişastası gibi kolayca şekere dönüştürülebilen ürünler) fermantasyonundan türetilir. Methanol de su ile oldukça yüksek çözünürlüğü bulunan sıvı organik bileşiklerdir. Benzin içerisine oksijenat ve oktan artırıcı olarak karıştırılır. Metanolün benzinle karıştırılarak kullanılmasındaki en önemli sorun, faz ayrışmasıdır. Benzin-methanol karışımlarında karışımı tek fazda tutabilmek için TBA (Tertiary-Butyl Alcohol) kullanılmaktadır (Ayhan, 2006).

Türkiye'de hemen hemen tüm petrol istasyonlarında, oto aksesuarlarda, hatta alışveriş merkezlerinde bile satılan ve benzin iyileştirici, oktan sayısı arttırıcı, enjektör temizleyici ve yakıt tüketimini azaltıcı özellikleri olduğu iddia edilen benzin katkı maddeleri bulunmaktadır. Ancak hiçbir üretici firma rekabet koşullarını gerekçe göstererek sattığı katkı maddesinin içeriğini ya da bununla ilgili test sonuçlarını açıkça

vermemektedir. Bu durum tüketicinin kafasında birtakım soru işaretleri yaratmaktadır.

Bu çalışmada 5 farklı firmanın ürettiği benzin katkı maddesi buji ile ateşlemeli bir motorda üretici firmaların tavsiye ettiği oranlarda katılarak test edilmiş, elde edilen motor performansı ve egzoz emisyonları standart benzin kullanımındaki sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

DENEY DÜZENEGİ

Deneylerde buji ile ateşlemeli benzin motoru kullanılmıştır. İlgili motorun yüklenmesinde ve döndürme momentinin ölçülmesinde elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Motorun yakıt tüketimi, dijital terazi kullanılarak ölçülmüştür. Egzoz emisyonları içinse bir gaz analizöründen faydalanılmıştır. Deneyler TS 1231’de belirtilen atmosferik deney şartlarına uygun bir ortamda gerçekleştirilmiştir. TS 1231’de belirtilen buji ile ateşlemeli motorlar için atmosferik deney şartları; sıcaklık $288\text{ K} < T < 308\text{ K}$ ve basınç $80\text{ kPa} < P < 110\text{ kPa}$ değerleri arasında olmalıdır (Topgül, 2006).

Tablo 1. Deneylerde kullanılan motora ait teknik özellikler

Motorun Teknik Özellikleri	
Motorun Markası	Ford VSG 413
Yakıt Sistemi	Tek nokta püskürtmeli
Motor gücü	43 kW 5000 d/dak
Motor momentini	98 Nm 2500 d/dak
Silindir çapı	73,96 mm
Kurs boyu	75,48 mm
Silindir hacmi	1297 cc
Sıkıştırma oranı	8,8 : 1
Ateşleme sırası	1—2—4—3
Kompresyon basıncı	13—16 bar
Rölanti devri	750 d/dak
Supap Zamanları	
Emme açılması	12° ÜÖN’den önce
Emme kapanması	48° AÖN’den sonra
Egzoz açılması	47° AÖN’den önce
Egzoz kapanması	13° ÜÖN’den sonra



Şekil 1. Deneylerde kullanılan motor

Deneylerde kullanılan dört silindri, dört stroklu, buji ile ateşlemeli ve tek noktadan püskürtmeli Ford marka 1,3 litrelik motorun teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Ayrıca Şekil 1’de deneylerde kullanılan motor görülmektedir.



Şekil 2. Dinamometre ve deney düzeneği

Tablo 2. Doğruluk ve belirsizlik değerleri

Parametre	Doğruluk/Belirsizlik
Zaman (sn)	Doğruluk= ± % 0,5
Hız(d/dak)	Doğruluk= ± % 1
Yakıt (g)	Doğruluk= ± 1 g
Moment (Nm)	Doğruluk= ± % 0,25
Yakıt Ölçümü (g/h)	Belirsizlik= ± % 1,11
Güç (kW)	Belirsizlik= ± % 1,03
Özgül Yakıt	Belirsizlik= ± % 1,51

Sunulan deneysel çalışmada; deneyler tam yük şartında ve 7 farklı motor hızında yapılmıştır. Burada Cussons firması tarafından üretilen P8602 çok silindri motor deney düzeneği kullanılmıştır. İlgili deney düzeneğinde, motorun yüklenmesinde ve döndürme momentinin belirlenmesinde elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Şekil 2’de dinamometre ve deney seti yer almaktadır. P8602 motor test dinamometresi 150 kW ve 500 Nm’ye kadar yükleme yapabilmektedir. Eddy current prensibine göre çalışan dinamometrenin maksimum devri 800 d/dak dır. Motor momentini dinamometre üzerine bağlı olan bir yük hücresi ile gerçekleştirilmiştir. Yakıt tüketimi ölçümleri kütesel olarak yapılmıştır. Yakıt tüketiminin ölçümünde 1g hassasiyetinde 30 kg’a kadar ölçüm yapabilen Dikomsan marka JS-BM30 model dijital terazi kullanılmıştır. Tablo 2’de yakıt tüketimi, motor momentini ve motor gücü ölçümündeki doğruluk ve belirsizlik değerleri verilmiştir. Belirsizlik analizinde Holman’ın ortaya koyduğu,

$$\Delta R = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial x_1} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial x_2} \Delta x_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial R}{\partial x_n} \Delta x_n\right)^2} \quad (1)$$

eşitliği kullanılmıştır (Holman, 2001). Burada ΔR ölçümdeki belirsizliği, x_n ölçümü etkileyen bağımsız değişkenleri, Δx_n ise ölçüm hassasiyetini ifade etmektedir.



Şekil 3. Sun MGA 1500S egzoz gaz analizörü
Egzoz emisyonlarının ölçümünde Şekil 3'te görülen Sun MGA 1500S marka dijital göstergeli egzoz gaz

analizörü kullanılmıştır. Sun MGA 1500S emisyon cihazının teknik özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Sun MGA 1500S egzoz gaz analizörü teknik özellikleri

Parametre	Ölçme Aralığı	Doğruluk
CO	0-14 %	0,001%
HC	0-9999 ppm	1 ppm
NO _x	0-5000 ppm	1 ppm
CO ₂	0-18 %	0,10%
O ₂	0-25 %	0,01%
λ	0-4	0,10%

Tablo 4. Katkı maddelerinin karıştırma oranları

Yakıt	Karıştırma Oranı
A	-
B	% 0,6
C	% 0,04
D	% 0,5
E	% 0,6
F	% 0,35

Tablo 5. Katkı maddelerinin öne sürülen özellikleri

Yakıtın Adı	Özellikleri
B	Buji ile ateşlemeli motorlarda hava benzin karışımından elde edilen yanma kalitesini düzenleyerek motor verimini artıran yakıt katkısıdır. Yakıtta tasarruf sağlar, motorun gücünü artırır ve ömrünü uzatır. Yakıt sistemini temizler, paslanmayı önler, valf ve silindirleri kayganlaştırır. Egzoz dumanını azaltır, yakıtta tam ve düzenli yanma sağlar.
C	%25'e varan yakıt tasarrufu, %20'ye varan güç artışı. Zararlı emisyonlarda %98'e varan azalma sağlar, düşük oktan ve setanlı yakıt kullanımını sağlar, motor içi kurum ve karbon atıklarını temizler, motor vuruntularını azaltır veya kaldırır, kaybolmuş motor performansını yeniler, zor koşullarda sürüş rahatlığı sağlar, düşük devirde motor performansını artırır, enjektörleri temizler, sürekli kullanımında temiz kalmasını sağlar.
D	Tüm yakıt sistemini temiz tutarak, yakıt kilometresini artırmak ve bakım masraflarını azaltmak için tasarlanmıştır. Turbo olsun olmasın ister kurşunlu ister kurşunsuz tüm benzinli araçlarda kullanılır. Yakıtın iyi yanmasını sağlayarak yakıt tasarrufu sağlar ve motorun gücünü maksimum düzeye çıkarır. Karbüratörün kir ve tortusunu, supap, enjektör ve yataklardaki kurumları temizler, paslanmayı önler. Motorun yanma odasındaki artıkların neden olduğu tekleme, ters çalışma ve stop etmesini önler. Yoğunlaşma sonucu benzin deposunda oluşan suyu emer ve tüm yakıt sisteminde oluşan pas ve korozyonu önler. Buji ömrünün uzamasına yardımcı olur. Egzoz gazlarını ve hava kirliliğini azaltır. Emisyon kontrolüne yardımcı olur. Yüksek kaliteli baz yağların karışımından imal edilmiştir.
E	Yakıtta ekonomi sağlar, motorun gücünü artırır. Sistem içinde su birikimini engeller, karbüratör ve enjektör sisteminde kirlenmeyi önler.
F	Maksimum performans sağlar, düşük oktanlı yakıttan kaynaklanan motor vuruntusunu durdurmak için formüle edilmiştir. Kurşunlu ve kurşunsuz benzinlerde kullanılabilir. Özel katkı maddeleri oktanı artırır ve yakıt sistemini temizler. Alkol ihtiva etmez, katalitik dönüştürücüler ve oksijen sensörleri için emniyetlidir.

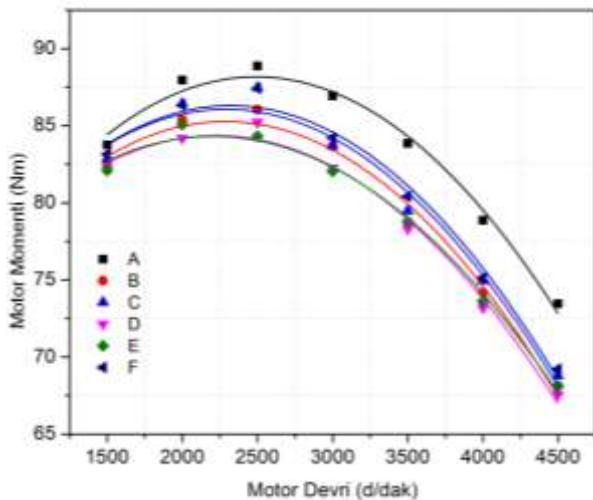
Deneysel kurşunsuz 95 oktan benzin kullanılmıştır. 5 ayrı katkı maddesi benzin ile üreticilerinin tavsiye ettiği oranlarda hacimsel olarak karıştırılmıştır. Tavsiye edilen hacimsel karıştırma oranları Tablo 4’te verilmiştir. Değerlendirmede kolaylık olması açısından katkısız benzin A harfi ile diğer 5 katkı maddesi kullanılarak hazırlanan yakıt karışımları ise B, C, D, E, F harfleri ile sembolize edilmiştir. Katkı maddelerinin içerikleri üretici firmalar tarafından verilmemektedir. Ancak katkı maddelerinin üzerlerinde kullanıcının anlayabileceği şekilde bazı özellikler ve iyileştirdiği öne sürülen parametreler yer almaktadır. Ürünlerin üzerinde yer alan bazı bilgiler Tablo 5’te verilmiştir.

BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Tam yük şartlarında gerçekleştirilen deneylerde 7 farklı motor hızı için motor frenleme momenti ve özgül yakıt tüketimleri ile emisyon değerleri kaydedilmiştir

Motor Performansı

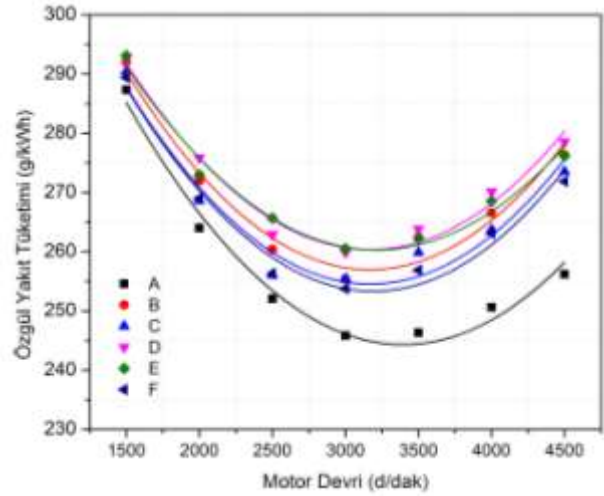
Şekil 4’te benzin ve beş farklı katkı maddeli karışımlar için motor momentinin motor devrine bağlı değişimi görülmektedir. En yüksek motor momentini 2500 d/dak’da 88,9 Nm olarak benzin ile elde edilmiştir. Önerilen oranlarda katkı maddelerinin kullanıldığı B, C, D, E ve F yakıtlarının kullanımıyla motor momentinin azaldığı görülmektedir. B, C, D, E ve F yakıtları kullanıldığında motor momentini ortalama olarak sırasıyla % 4,3, % 3,4, % 5,2, % 5 ve % 3 azalmıştır. Motor momentini ve motor gücü arasında doğrusal bir ilişki bulunduğundan bu yakıtların kullanılması durumundaki motor güçleri de yaklaşık oranlarda azalmıştır. Oysa kullanılan katkı maddelerinin hemen hepsinin motor performansını arttırdığı ileri sürülmektedir.



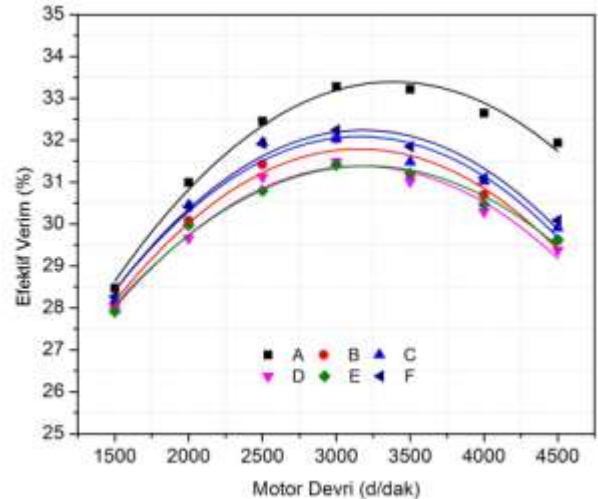
Şekil 4. Motor momentinin motor hızına bağlı değişimi

Benzin ve katkı maddelerinin kullanılması durumunda elde edilen özgül yakıt tüketimi eğrileri Şekil 5’te görülmektedir. Önemli bir motor performans kriteri olan özgül yakıt tüketimi, bir saat boyunca motordan alınan kW başına tüketilen yakıt miktarıdır. Şekil 5 incelendiğinde en düşük özgül yakıt tüketiminin 3000

d/dak’da benzin yakıtı ile 245,8 g/kWh olarak elde edildiği görülmektedir. B, C, D, E ve F yakıtları kullanıldığında özgül yakıt tüketimleri ortalama olarak sırasıyla % 4,6, % 3,6, % 5,6, % 5,3 ve % 3,2 artmıştır. Üretici firmalar tarafından katkı maddelerinin yakıt ekonomisi sağladığı belirtilmektedir. Oysa ki deney sonuçları yakıt tüketimlerinin arttığını göstermektedir. Motor momentini ve özgül yakıt tüketimini etkileyen en önemli parametreler yakıtın alt ısıl değeri ve yoğunluğudur. Katkı maddelerinin kullanılması durumunda motor momentinin azalması ve özgül yakıt tüketiminin artmasının nedeni katkılı yakıtların saf benzine göre daha düşük alt ısıl değere sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 5. Özgül yakıt tüketimi değerlerinin motor hızına bağlı değişimi



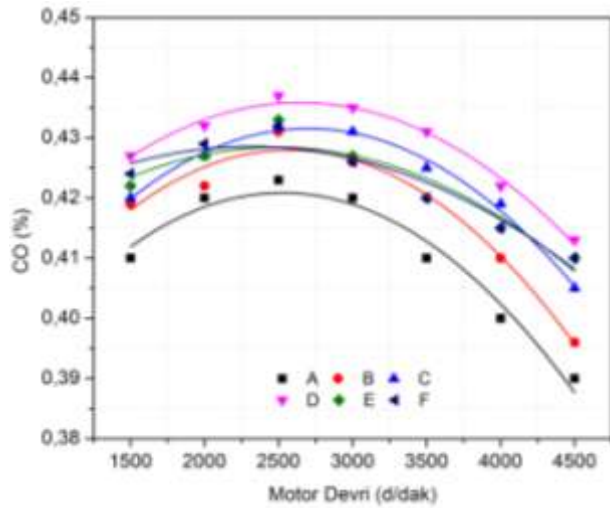
Şekil 6. Termik verimin motor hızına bağlı değişimi

İçten yanmalı motorlarda motor performansını ifade eden önemli diğer bir parametre efektif verimdir. Şekil 6’da benzin ve katkı maddeli yakıtların kullanılmasıyla elde edilen efektif verim eğrileri görülmektedir. En yüksek efektif verim benzin yakıtı ile 3000 d/dak’da % 33,3 olarak elde edilmiştir. Katkı maddeli yakıtların kullanılması efektif verimi azalttığı görülmektedir. Katkı maddeli yakıtlar kullanıldığında efektif verim ortalama % 4,5 civarında azalmıştır. Buradan

anlaşılabilirliği gibi kullanılan katkı maddeleri motor performansını arttırmadığı gibi yakıt ekonomisi de sağlamamıştır.

Egzoz Emisyonları

Karbonmonoksit (CO) emisyonları, yanma için gerekli olan havanın azlığı ya da yanma için yeterli süre bulunamamasından kaynaklanan egzoz ürünleridir. Ayrıca Silindir içerisindeki soğuk bölgelerde sönen alev cepheleleri kısmi yanmaya neden olarak CO oluşumunu arttırabilir (Nabi vd., 2009; Tuccar ve Aydın, 2013). Bu nedenle egzoz emisyonları içerisindeki CO konsantrasyonu büyük oranda motorun çalışma koşullarına ve hava-yakıt karışımına bağlıdır. Şekil 7’de CO emisyonlarının motor devrine bağlı değişimleri görülmektedir. En düşük CO emisyonlarının benzin ile elde edildiği diğer tüm katkı maddeli yakıtların CO emisyonlarını arttırdığı görülmektedir. B, C, D, E ve F yakıtları kullanıldığında CO emisyonları sırasıyla ortalama olarak % 1,8, % 3, % 4,3, % 2,8 ve % 2,9 arttığı belirlenmiştir.

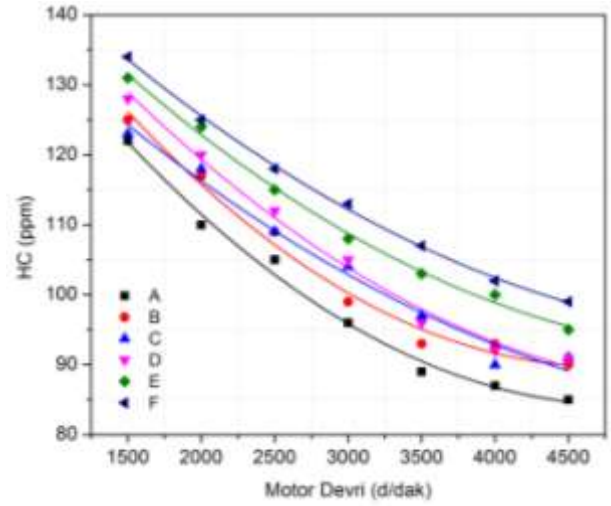


Şekil 7. CO emisyonlarının motor devrine bağlı değişimi

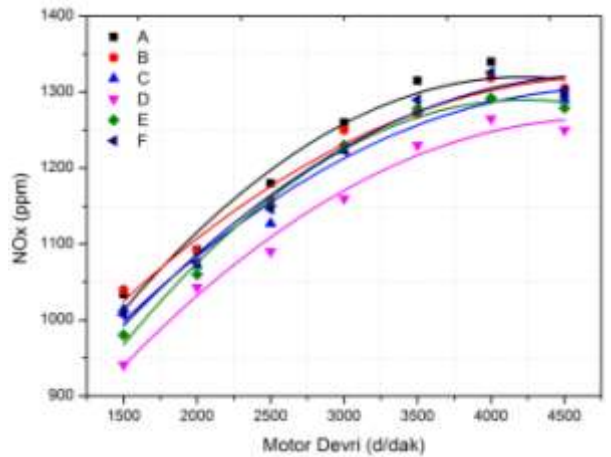
Şekil 8’de hidrokarbon (HC) emisyonlarının motor hızına bağlı değişimleri görülmektedir. Deneylerde kullanılan yakıtların tümünde motor hızının artmasına bağlı olarak HC emisyon değerlerinde azalma olduğu görülmektedir. HC emisyonları özellikle silindir cidarlarındaki soğuk bölgelerden kaynaklanmaktadır [19]. CO emisyonlarında açıklandığı gibi devir artışına bağlı olarak silindir içerisindeki türbülansın artması sebebiyle daha iyi bir yanma olacağından motor devri arttıkça HC emisyonları düşecektir. En düşük HC emisyonları benzin yakıtı ile elde edilmiştir. B, C, D, E ve F yakıtları kullanıldığında HC emisyonları sırasıyla ortalama olarak %4,6, %5,4, % 7,2, % 11,8 ve % 15 oranında artış göstermiştir.

Şekil 9’da katkı maddesi kullanılması durumunda NOx emisyonlarının motor hızına bağlı değişimleri görülmektedir. Azot oksit (NOx) emisyonları silindir içerisindeki yüksek sıcaklığın etkisi ile azot ve oksijenin tepkimeye girmesi sonucu oluşmaktadır [16]. Katkı

maddesi kullanıldığında NOx emisyonlarının azaldığı görülmektedir. B, C, D, E ve F yakıtları kullanıldığında ortalama NOx emisyonları sırasıyla % 5,7, % 3,6, % 3,9, % 6,7 ve %4,8 oranında azalmıştır. Bu azalmanın muhtemel nedeni yakıtların alt ısıl değerlerinin saf benzine göre daha düşük olmasıdır. Yüksek motor performansı ve yakıt ekonomisi iddialarının yanı sıra bazı katkı maddelerinin egzoz emisyonlarını azalttığı ileri sürülmektedir. Ancak katkı maddelerinin hiçbirinin emisyonları iyileştirmediği görülmüştür. Sadece NOx emisyonlarında bir miktar azalma kaydedilmiştir. Ancak buradaki azalma motordaki performans kaybından kaynaklanan bir azalmadır.



Şekil 8. HC emisyonlarının motor devrine bağlı değişimi



Şekil 9. NOx emisyonlarının motor devrine bağlı değişimi

SONUÇ

Piyasada yakıt ekonomisi sağladığı, motor performansını arttırdığı, egzoz emisyonlarını azalttığı, yakıt sistemini ve motoru temizlediği öne sürülen pek çok benzin katkı maddesi satılmaktadır. Bu çalışmada piyasada benzer iddialarla satılan beş farklı benzin katkı maddesinin tavsiye edilen oranlarda kullanılmasının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkileri dört silindirli, buji ile ateşlemeli 1,3 litrelik bir motorda tam yük şartında test edilmiştir. Deneyler sonucunda katkı maddelerinin hiçbirinin motor performansını

artırmadığı, yakıt ekonomisi sağlamadığı ve egzoz emisyonlarını azaltmadığı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Altun, S., Lapuerta, M., Properties and emissions indicators of biodiesel fuels obtained from the Turkish industry. *Fuel*, 128, 288-295, 2014.

Anderson, J.E., DiCicco, D.M., Ginder, J.M., Kramer, U., Leone, T.G., Pablo, H.E.R., Wallington, T.J., High octane number ethanol-gasoline blends: Quantifying the potential benefits in the United States. *Fuel*, 97, 585-594, 2012.

Ayhan, V., 2006, *Metanol-benzin karışımlarının MgO-ZrO₂ termal bariyer çemberli bir motorda performans ve emisyonlara etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Bergendahl, J., Environmental issues of gasoline additives – aqueous solubility and spills. *Department of Civil & Environmental Engineering, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA, USA*, 249-250, 2007.

Calam, A., İcingür, Y., Solmaz, H., Yamık, H., A comparison of engine performance and emissions of fusel oil and gasoline mixtures at different ignition timings, *International Journal of Green Energy*, DOI:10.1080/15435075.2013.849256

Çelik, M.B., Balki, M.K., The effect of lpg usage on performance and emissions at various compression ratios in a small engine. *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 22, 1, 81-86, 2007.

Çelik, M.B., Çolak, A., The use of pure ethanol as alternative fuel in a spark ignition engine. *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 23, 3, 619-626, 2008.

Cheron, E., Electric vehicle purchasing intentions: The concern over battery charge duration. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 31, 3, 235-243, 1997.

Çelikten, İ., Mutlu, E., Solmaz, H., Variation of performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with diesel, rapeseed oil and hazelnut oil methyl ester blends. *Renewable Energy*, 48, 122-126, 2012.

Foong, T.M., Morganti, K., Brear, M.J., Silva, G., Yang, Y., Dryer, F., The octane numbers of ethanol blended with gasoline and its surrogates. *Fuel*, 115, 727-739, 2014.

Goldanica, A., Faravelli, T., Ranzi, E., Dagaut, P., Cathonnet, M., Oxidation of oxygenated octane improvers: MTBE, ETBE, DIPE and TAME. *The Combustion Institute*, 27, 1, 353-360, 1998.

Guru, M., Koca, A., Can, O. and Çinar, C., Şahin F., Biodiesel Production from Waste Chicken Fat Based Sources and Evaluation with Mg Based Additive in a Diesel Engine. *Renewable Energy*, 35, 637–643, 2010.

Holman, J.P., Experimental methods for engineers. *McGraw Hill seventh ed.* 2001.

İcingür, Y., Dost, A., Experimental investigation of effects of propane/butane ratio on performance and emission in a spark ignition engine. *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 21, 2, 303-309, 2006.

İcingür, Y., Calam, A., The effects of the blends of fusel oil and gasoline on performance and emissions in a spark ignition engine. *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 27, 1, 143-149, 2012.

Kish, S.S., Rashidi, A., Aghabozorg, H. R., Moradi, L., Increasing the octane number of gasoline using functionalized carbon nanotubes. *Applied Surface Science*, 256, 3472-3477, 2010.

Kosar, M., Ozdalyan, Bulent., Celik, M.B., The usage of hydrogen for improving emissions and fuel consumption in a small gasoline engine. *Journal of Thermal Science and Technology*, 31, 2, 101-108, 2011.

Kumar, S., Cho, J.H., Park, J., Moon, I., Advances in diesel-alcohol blends and their effects on the performance and emissions of diesel engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 46-72, 2013.

Mekhilef, S., Siga, S., Saidur, R., A review on palm oil biodiesel as a source of renewable fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 4, 1937-1949, 2011.

Morganti, K., Foong, T.M., Brear, M.J., Silva, G., Yang, Y., Dryer, F., The research and motor octane numbers of liquefied petroleum gas. *Fuel*, 108, 797-811, 2013.

Nabi, N., Rahman, M., Akhter, S., Biodiesel from cotton seed oil and its effect on engine performance and exhaust emissions. *Applied Thermal Engineering*, 29, 2265–2270, 2009.

Offer, G.J., Howey, D., Contestabile, M., Clague, R., Brandon, N.P., Comparative analysis of battery electric, hydrogen fuel cell and hybrid vehicles in a future sustainable road transport system. *Energy Policy*, 38, 1, 24-29, 2010

Prucolle, E.S., Pinto, R.R.C., Valle, M.L.M., Use of biodiesel in marine fuel formulation: A study of combustion quality. *Fuel Processing Technology*, 122, 91-97, 2014.

Rahman, S.M.A., Masjuki, H.H., Kalam, M.A., Abedin, M.J., Sanjid, A., Rahman, M., Assessing idling effects on a compression ignition engine fueled with Jatropha and Palm biodiesel blend. *Renewable Energy*, 68, 644-650, 2014.

Reddy, V.M., Biswas, P., Gard, P., Kumar, S., Combustion characteristics of biodiesel fuel in high recirculation conditions. *Fuel Processing Technology*, 118, 310-317, 2014.

Schifter, I., Diaz L., Rodriguez, R., Gomez, J.P., Gonzalez, U., Combustion and emissions behaviour for ethanol-gasoline blends in a single cylinder engine. *Fuel*, 90, 3586-3592, 2011.

Sekmen, Y., Sekmen, P., The effect of compression ratio on engine performance and exhaust emission in a spark ignition engine. *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 22, 4, 745-751, 2007.

Solmaz, H., Çelikten, İ., Estimation of amount of pollutants generated by vehicles in Turkey until 2030. *Gazi University Journal of Science*, 25, 2, 495-503, 2012.

Topgül, T., 2006, *Buji ile ateşlemeli motorlarda etil alkol-benzin karışımı kullanımında optimum çalışma parametrelerinin araştırılması*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Tuccar, G., Aydin, K., Evaluation of methyl ester of microalga oil as fuel in a diesel engine. *Fuel*, 112, 203-207, 2013.

Tuccar, G., Tosun, E., Özgür, T., Aydin, K., Diesel engine emissions and performance from blends of citrus sinensis biodiesel and diesel fuel. *Fuel*, 132, 7-11, 2014.

Usta, N., Öztürk E., Can, O., Conkur, E. Ş., Nas, S., Çon A.H., Can A. Ç., Topçu M., Combustion of Biodiesel Fuel Produced from Hazelnut Soapstock/Waste Sunflower Oil Mixture in a Diesel Engine. *Energy Conversion and Management*, 46, 741-755, 2005.

Wang, Y., Geder, J., Schubert, J.M., Dahl, R., Pasel, J., Peters, R., Optimization of adsorptive desulfurization process of jet fuels for application in fuel cell systems. *Fuel Processing Technology*, 95, 144-153, 2012.

Yilmaz, E., Solmaz, H., Polat, S., Altin, M., Effect of the three-phase diesel emulsion fuels on engine performance and exhaust emissions. *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 23, 127-134, 2013.

Zhao, Y., Peng, L., Xiao-bin W., SUN Y., Influence of initial biofilm growth on electrochemical behavior in dual-chambered mediator microbial fuel cell. *Journal of Fuel Chemistry and Technology*, 40, 8, 967-972, 2012.



İsmet ÇELİKİTEN, 1953 yılında doğdu ve 1979 yılında Yüksek Teknik Öğretmen Okulundan mezun oldu. 1979-1985 yılları arası meslek lisesinde meslek öğretmeni olarak görev yaptı. 1985 Yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 1985-1988 yılları arası Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisansını tamamladı. 1988-1990 yılları arasına yurt dışında bulundu. 1992-1996 yılları arası Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Doktorasını tamamladı. 1998-2001Yılları arasında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesinde Yrd. Doç. Dr. olarak görev yaptı. 2005 Yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde Doçent oldu. 2011 Yılında Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümünde Profesör oldu ve halen aynı fakülte ve bölümde görevine devam etmektedir. İçten yanmalı motorlarda çok sayıda yanma, egzoz emisyonu ve alternatif yakıt çalışmaları bulunmaktadır.



Ersin KARAASLAN, 1981 yılında Kırşehir'de doğdu ve 2006 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Öğretmenliği Anabilim Dalından mezun oldu. Leonardo Da Vinci projesi kapsamında 2005 yılında İspanya'da uygulamalı staj eğitimini tamamladı. Mezun olduktan sonra bir süre Borusan Otomotiv bünyesinde görev aldı. Aynı bölümden 2012 yılında yüksek lisans derecesini aldı. Halen Emniyet Genel Müdürlüğü Siber Suçlarla Mücadele Daire Başkanlığında Adli Bilişim Uzmanı olarak görev yapmaktadır.



Hamit SOLMAZ, 1985 yılında İzmir’de doğdu. 2008 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Öğretmenliği Bölümünden mezun oldu. Staj eğitimi için 3,5 ay boyunca Almanya’da bulundu. Borusan Otomotivde parça danışmanlığı ve stok kontrol uzmanlığı yaptı. 2009 yılında mezun olduğu bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2010 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında yüksek lisansını tamamladı. 2011 yılında aynı Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı. İçten yanmalı motorlarda yanma analizi, emisyonlar, alternatif yakıtlar, motor dinamiği ve titreşimleri başlıca çalışma alanlarıdır. Evli ve bir çocuk babasıdır.



Melih OKUR, 1976 yılında doğdu ve 1998 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölüm’ünden mezun oldu. Aynı bölümde 2001 yılında Yüksek Lisans, 2007 yılında da Doktora çalışmalarını tamamladı. Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Otomotiv Anabilim Dalında 1999-2006 yıllarında Araştırma Görevlisi, 2006-2009 yıllarında Öğretim Görevlisi, 2009-2012 yıllarında Yrd. Doç. Dr. olarak görev yaptı. Halen Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü’nde Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır. Alternatif motor tasarımı ve imalatı konularında çalışmaları bulunmakta olup, evli ve iki çocuk babasıdır.



Seyfi POLAT, 1986 yılında Aksaray’da doğdu. 2008 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Öğretmenliği Bölümünden mezun oldu. Borusan Otomotivde diyagnostik ve planlama uzmanı olarak çalıştı. 2010 yılında Hitit Üniversitesinde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Aynı yıl Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında yüksek lisansını tamamladı. 2011 yılında aynı Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı. 2014-2015 arasında bir yıl süre ile doktora araştırması yapmak üzere Michigan Teknoloji Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde araştırmacı olarak bulundu. İçten yanmalı motorlarda yanma analizi, KIVA, Converge CFD vb. programlar ile yanma modellemesi, HCCI, emisyonlar ve alternatif yakıtlar başlıca çalışma alanlarıdır.