

KARBÜRATÖRLÜ MOTORA KARIŞIM İÇERİSİNE SAF OKSİJEN İLAVE EDİLMESİNİN EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ

Kazım SEZER* Bülent ÖZDALYAN** Abdurrazzak AKTAŞ**

* Mesleki Eğitim Merkezi, Karabük, Türkiye

** Zonguldak Karalemas Üniversitesi, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Karabük, Türkiye

ÖZET

Günümüzün en önemli problemlerinden birisi hava kirliliğidir. 2000 yılı itibari ile ülkemizde satışı durdurulan, karbüratörlü motorların egzoz emisyon değerleri enjeksiyon sistemli taşıtlara göre oldukça yüksektir. İçten yanmalı motorlarda güç, motor silindirinde yakıtın uygun orandaki hava ile karıştırılarak yakılması sonucu elde edilmektedir. Performansın iyileşmesi, yakıtın çok kısa bir zaman içinde tam olarak yanmasına bağlıdır. Oysa karbüratörlü motorda yakıtın iyi şekilde zerrelere ayrılmadığı bilinmektedir. Bunun sonucu olarak motorun verimi düşmekte, egzoz emisyonları artmaktadır.

Bu çalışmada karbüratörlü bir motorun yanma veriminin yükseltilmesi hedeflenmiştir. Motora değişik basınçlarda ilave oksijen gönderilerek, egzoz emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Deneyler değişik hız, tam yük şartlarında yapılmıştır. Değişik hız deneyleri sonucunda, CO emisyonunda ve HC emisyonlarında düşüş kaydedilmiş olup, CO₂ emisyonunda ve egzozda görülen O₂ miktarı ile hava fazlalık katsayısında artış tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karbüratörlü Motorlar, Oksijence Zengin Karışım, Egzoz Emisyonları.

THE EFFECT ON EXHAUST EMISSIONS OF ADDING PURE OXYGEN TO THE ENGINES WITH CARBURETOR

ABSTRACT

One of the most important problems of today is air pollution. The exhaust emission values of the engines with carburetor, whose sales have been stopped in our country since the year of 2000, are quite high compared to the vehicles with injectors. In the internal combustion engines, power is gained from the combustion of the mixture of fuel and appropriate proportion of air in the cylinder. Performance getting better depends on the complete combustion of fuel in a very short period of time. However, it is known that fuel doesn't break into pieces efficiently in the engines with carburetor. As a result of this, the efficiency of these engines decreases while the fuel consumption increases.

In this study, the purpose is to increase the combustion efficiency of an engine with carburetor. The effects of additional oxygen at different pressures have been investigated for the exhaust emissions. Experiments have been done at the conditions of various speeds and full load. Based on the test results, some decreases have been determined in CO, HC emissions while some increases have been found in CO₂, O₂ and excess air coefficient in the exhaust.

Key Words: Engines With Carburetor, Oxygen-Enriched Intake Air, Exhaust Emissions.

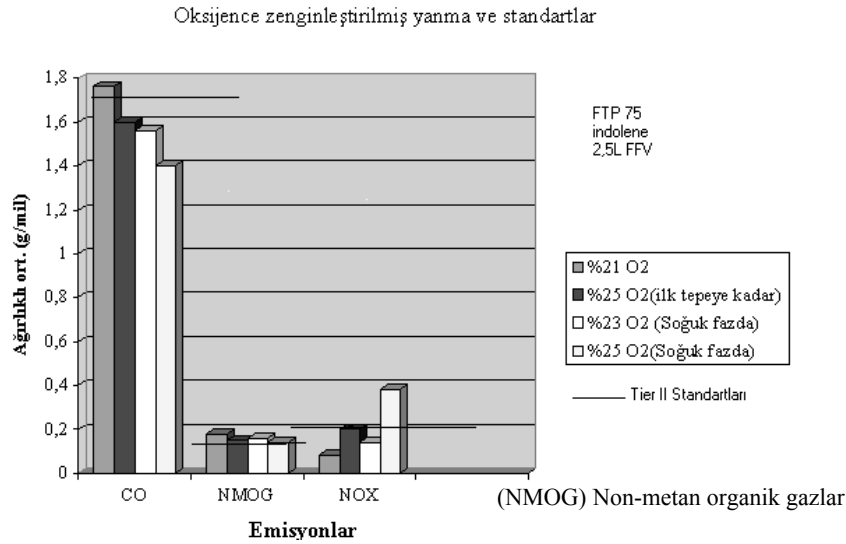
1. GİRİŞ

Tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi, ülkemizde de özellikle son yıllardaki nüfus artışı, şehirleşme ve sanayileşmeye paralel olarak, çevre kirliliği sorunları önem kazanmıştır. Hava kirlenmesi; insan, bitki, hayvan ve madde üzerine zarar verebilen, rahat yaşama biçimi ve maddeyi aşırı derecede etkileyen kum, toz, uçan kül, kurum, is duman, buğu, tütsü, sis, pus, buhar, gaz veya koku gibi birleşenlerin miktar, karakteristik ve süre olarak atmosferde bulunmasıdır (1).

Motorlu taşıtlarda petrol türü yakıt kullanımının bir sonucu olarak oluşan hava kirliliğinde, taşıt egzozundan çıkan karbonmonoksit (CO), hidrokarbon (HC), azot oksit (NO_x) gazlarının rolü büyüktür. Bunun sebebi motorlarda tam yanmanın gerçekleşmemesi sonucu, eksik yanma, silindir içerisindeki yüksek ısı, yakıt içerisine katılan kurşun ve yakıt içerisindeki artık maddelerden kaynaklanmaktadır. Yanma öncesi, yanma esnasında ve yanmadan sonra alınan tedbirlerle egzoz emisyon seviyelerinin azaltılması sağlanmaktadır (2).

Yanma oksidasyonun tamamlanıp, tamamlanmamasına göre dört kısma ayrılabilir. Teorik tam yanmada (TTY); yakıt içerisinde bulunan bütün yanabilir bileşenler tam olarak oksitlenir ve ürün olarak CO₂, H₂O, SO₂, N₂'ye dönüşür. Bu yanmada minimum oksijen miktarı kullanılır, egzozda O₂ görülmez. Tam yanma; gerekli hava miktarı TTY halindeki fazla olduğundan egzozda O₂, CO₂, H₂O, SO₂, ve N₂ görülen yanma şeklidir. Hava Fazlalık Katsayısı (HFK) >1 halidir. Eksik yanmada; oksidasyonun tam olmayışından dolayı, egzozdan CO, HC, H₂, CO₂, H₂O, SO₂ ve N₂ bulunan yanma şeklidir. HFK<1 halidir. Kısmi eksik yanma, yanma odasındaki karışım, sıcaklık değişimi ve yanma süresindeki yetersizlikler sonucu genel HFK>1 olmasına rağmen O₂'nin yanında CO ve H₂ gibi eksik yanma (EY) ürünleri görülmektedir. Bu sadece yakıt/hava oranının düzensizliğünün sonucu değildir. Yüksek sıcaklıkta CO₂, H₂O molekülleri ısı ayrışma (parçalanma, dissociation) ile CO, H₂ gibi EY ürünleri açığa çıkarılır (1).

Wartinbee, tarafından yapılan fakir yanmalı motor deneyinde hidrokarbon (HC) emisyonlarında belli bir düşüş sağlanmış ancak bu esnada oluşan azot oksit (NO_x) artışı çalışmaların daha ileriye gitmesini engellemiştir (10). Quader oksijence zenginleştirilmiş havanın, egzoz gazları emisyonu üzerine etkisini, alev sıcaklığı ve hızının değişimi ile açıklamıştır (8). Willumeit ve Bauer, fakir karışımlarda düşük yakıt tüketimi ve HC emisyonları ile beraber yüksek NO_x emisyonları gözlemlemişlerdir (11).



Şekil 1 Oksijence Zenginleştirilmiş Yanma Ve Standartlar (7).

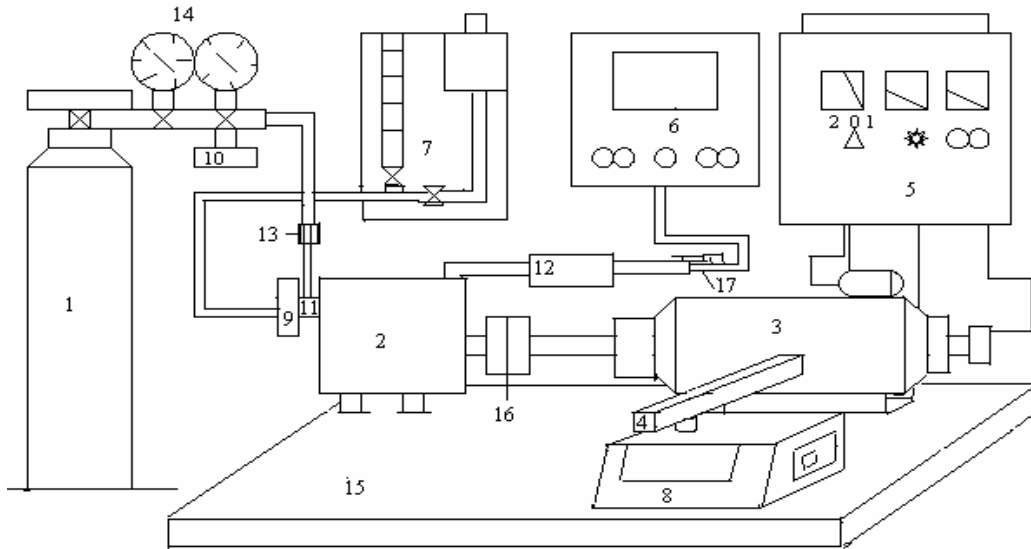
Kajitani ve ark., oksijence zenginleştirme prosesini “Hight Speed Spectral Infrared Digital Imaging” teknolojisi ile incelemiş, yanma zamanında reaksiyon bölgesinde yükselmiş sıcaklıklara dayalı olarak ısı radyasyon gözlemlemiştir (4). Maxwell ve ark., hem benzin hem de doğal gaz için düşük CO ve HC emisyonları elde etmiştir (6).

Oksijence zenginleştirilmiş hava, yüksek oksijen/yakıt oranı sağlayarak daha hızlı ve daha tamamlanmış bir yanma sağlamaktadır. Ancak oksijenle zenginleştirilmiş hava, normal işletme sıcaklığına ulaşmış bir motorda

kullanıldığında, yükselen silindir içi sıcaklık nedeniyle NO_x emisyonlarında artışa neden olmaktadır (6, 7). Daha önce yapılmış bir çalışmada, sadece soğuk ilk hareket ve ısınma devrinde oksijenle zenginleştirilmiş hava kullanımı neticesinde, tüm test periyodu esas alındığında yeterli değerlere ulaşmıştır. İlk hareketten itibaren 505 saniye boyunca %23, 127 saniye boyunca %25 oksijen içeren hava kullanıldığında ve Federal Test Procedure (FTP) çevrimi standart hava ile tamamlandığında; CO, NMHG (?) ve NO_x emisyonları Tier II standartlarının altında kalmaktadır (katalizörsüz). Bu değişim Şekil 1’de görülmektedir (7).

Daha önce yapılmış bir başka çalışmada, %23 civarında oksijen içeren hava ile çalıştırılan 2,5 litrelik “Flexible Fuel Vehicle” de indolene kullanılarak EPA “REPO 5 off cycle” (1) testinde HC ve CO emisyonlarında %60-70 oranında bir azalma gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalar, özellikle fakir karışım durumunda emme havasına az miktarda oksijen ilavesiyle HC ve CO emisyonlarını düşürülebilmüş, yakıtla dengelenmiş zenginleştirme durumunda ise ısı verim ve ortalama efektif basınç artmış, yanma periyodu kısalmış, alev sıcaklığı artmıştır (3).

Bu çalışmada buji ile ateşlemeli, tek silindirli, hava soğutmalı, karbüratörlü yakıt sistemine ve manyetolu ateşleme sistemine sahip olan Briggs & Stratton marka Vanguard modeli 6 HP gücünde bir motorun karbüratör gaz keleşiğ altından hava/yakıt karışımı içerisine saf oksijen gönderilerek, karışım oksijenle değişik oranlarda zenginleştirilmiş ve egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir (9, 12).



Şekil 2. Deney Tesisatı, 1. Oksijen Tüpü, 2. Deney Motoru, 3. Elektrikli Dinamometre, 4. Dinamometre Baskı Kolu, 5. Deney Seti, 6. Egzoz Gaz Analiz Cihazı, 7. Yakıt Tüketimini Ölçme Düzenekleri, 8. Dijital Teraziler, 9. Karbüratör, 10. Basınç Ayar Vanası, 11. Emme Manifoldu, 12. Egzoz Borusu Ve Susturucu, 13. Çap Düşürme Parçası, 14. Manometreler, 15. Sabit Şasi, 16. Bağlama Flanşı, 17. Egzoz Probu

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneyler Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı Laboratuvarlarında yapılmıştır. Deney tesisatının genel görünüşü Şekil 2’de verilmiştir. Deneylerde kullanılan motorun teknik özellikleri ise Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Deney Motorunun Teknik Özellikleri

Markası	Briggs and Stratton-Vanguard	Ateşleme	Magnetron- Elektronik
Motor gücü	6 HP	Ağırlık	19,5 kg
Silindir sayısı	1	Yağ kapasitesi	0,7 L
Silindir çapı	68 mm	Karbüratör	Şamandıralı
Piston kursu	50 mm	Regülatör	Mekanik
Silindir hacmi	181 cm ³	Yakıt Tankı	4,0 L
Silindir	Çelik döküm	Hava filtresi	Çift elemanlı

3. DENEYLERİN YAPILIŞI

3.1 Değişik hız Deneyleri

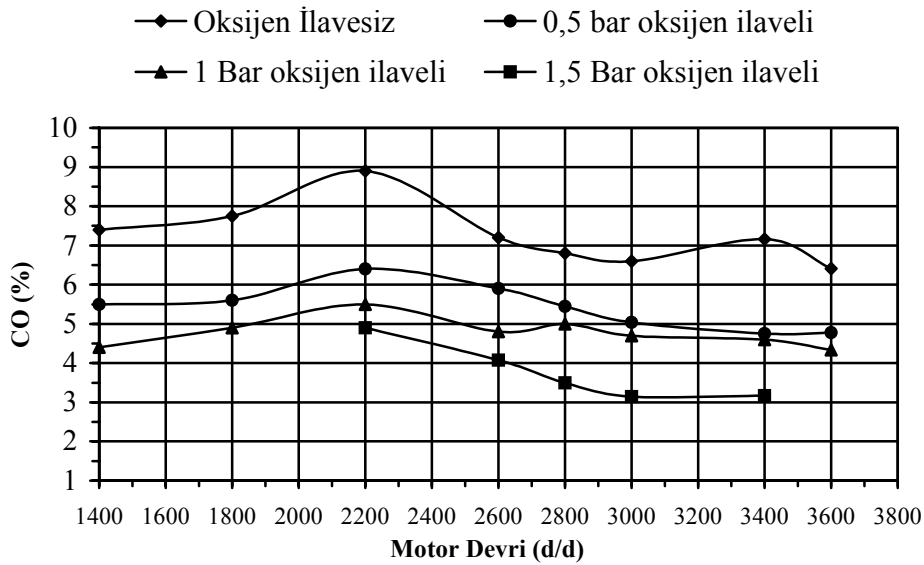
Motor deneyleri tam yükte 1400, 1800, 2200, 2600, 2800, 3000, 3400 ve 3600 d/d'da gerçekleştirilmiştir. Deneylerde ölçümler O_2 ilavesiz ve daha sonra 0,5 bar O_2 , 1 bar O_2 ve 1,5 bar O_2 ilave edilerek yapılmıştır. Deneylerde motor tam gaz açıklığında 3600 d/d'dan başlayarak yüklenmek suretiyle, yukarıda belirtilen devirlere düşürülerek ölçümler alınmıştır. Egzoz emisyon cihazından, motor çalışması kararlı hale geldikten sonra CO, CO_2 , HC, O_2 ve (λ) lamda değerleri okunarak kaydedilmiştir.

1,5 bar O_2 ilavesinde sonuçları almaya 3400 d/d'dan itibaren başlanılmış ve 2200 d/d'nın yakıt tüketim zamanını ölçtüktan hemen sonra, motor stop etmiş ve geri tepme yapmıştır. Karbüratör fiberini ve hava filtresini yakmış, sisteme oksijen akışı devam ettiği için yanma hızlanmış, oksijen akışını kesmek suretiyle yanmanın büyümesi engellenmiştir. 1,5 bar O_2 deneyinde tekrar geri tepme olabileceği düşüncesiyle 1400 ve 1800 d/d'daki deneyler yapılmamıştır.

4. DENEY SONUÇLARI VE ÖNERİLER

4.1 CO Emisyonuna Etkisi

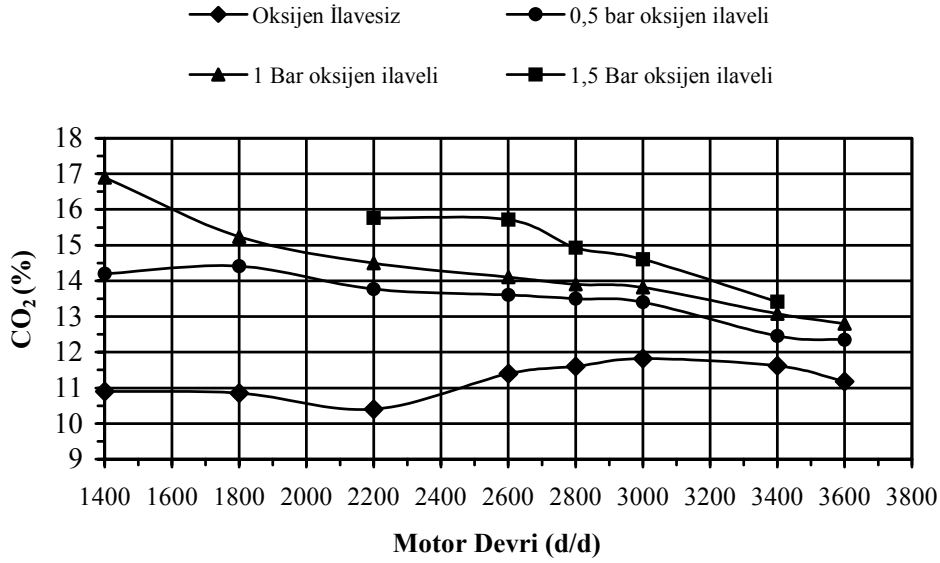
Motora ilave O_2 verilmesi CO emisyonunu verilen oksijenin basıncıyla doğru orantılı olarak düşürmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Oksijen İlavesiz Ve Oksijen İlaveli CO Emisyonları Değişimi.

0,5 bar O_2 ilavesinde ortalama CO emisyonunda %27 azalma meydana gelmiştir. 1 bar O_2 ilave edildiğinde ortalama CO emisyonunda %34 azalma meydana gelmiştir. 1,5 bar O_2 ilavesinde ortalama CO emisyonunda %48 azalma meydana gelmiştir. CO emisyonunun azalma sebebi artan oksijen ile yakıtın yeterli miktarda oksijen bulması ve yanmanın iyileşmesinden kaynaklanmaktadır. CO emisyonu 2200 d/d'da en yüksek, 2200 d/d'nın altındaki ve üstündeki devirlerde azaldığı görülmüştür. 3000 d/d'ya kadar hızlı bir düşüş eğilimi gösterdikten sonra, 3000 d/d'dan sonra düşüş eğilimi yavaşlamıştır. Düşük devirlerde CO miktarının düşük olma sebebi karışımın fakir olmasına bağlanabilir ve 2200 d/d'ya kadar motor devrinin artması ve oksijen miktarının sabit basınçla verilmesi sebebiyle azalması, karışımın zenginleşmesine neden olmuştur. 2200 d/d'dan sonra artan devirle birlikte türbülansın artmasıyla yakıtla havanın daha iyi karıştığı, karışımın homojenliğinin arttığı ve yanma hızının arttığı söylenebilir. 3000 d/d'dan sonra ise azalan O_2 miktarına bağlı olarak CO emisyonundaki düşüş yavaşlamıştır.

4.2 CO₂ Emisyonuna Etkisi

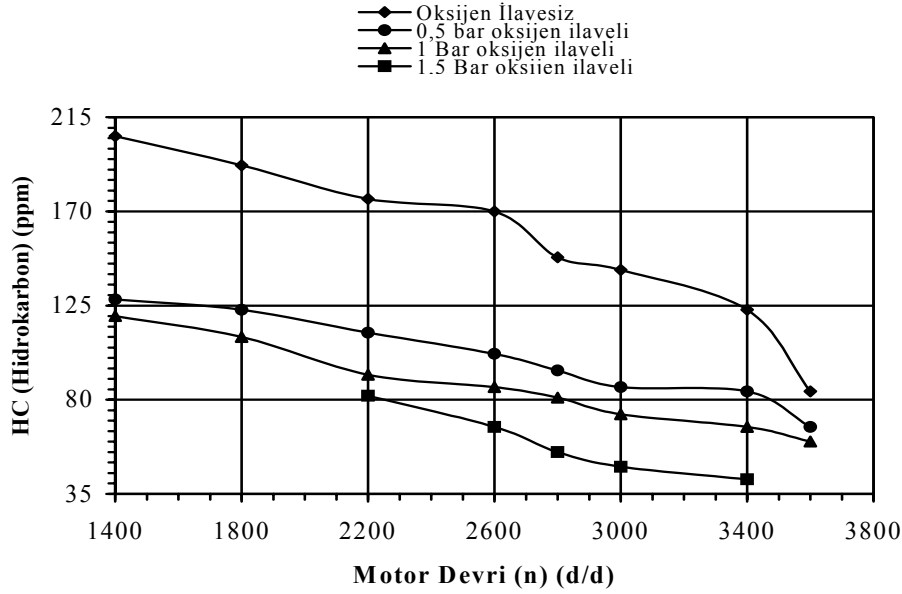


Şekil 4. Oksijen İlavesiz Ve Oksijen İlaveli Çalışmada CO₂ Emisyonları Değişimi.

CO₂ emisyonları oksijen ilave edilmeden yapılan deneyde 1400 d/d'dan 2200 d/d'ya kadar azalma göstermiş, 2200 d/d'dan 3000 d/d'ya kadar tekrar artış göstermiş ve 3000 d/d'dan sonra tekrar azalmıştır. Oksijen ilave edilerek yapılan deneylerde ise motor devri ile ters orantılı olarak CO₂ emisyonunda azalma meydana gelmiştir (Şekil 4). Sabit basınçta O₂ ilave edildiği için düşük motor devirlerinde silindire giren oksijen miktarı fazla ve artan devirle birlikte azalma göstermesiyle CO₂ emisyonu azalmıştır. Genel olarak motora O₂ ilave edilerek yapılan deneylerde CO₂ emisyonu verilen O₂ basıncı ile doğru orantılı olarak artmıştır. 0,5 bar O₂ ilave edildiğinde CO₂ emisyonunda %20 artış, 1 bar O₂ ilave edildiğinde %27 artış, 1,5 bar O₂ ilave edildiğinde ise ortalama %33 artış görülmüştür. CO₂ emisyonunun yüksek olması motorda yanmanın iyi olduğunu yakıtın yeterince oksijen bularak daha iyi oksitlendiğini göstermektedir.

4.3 HC Emisyonuna Etkisi

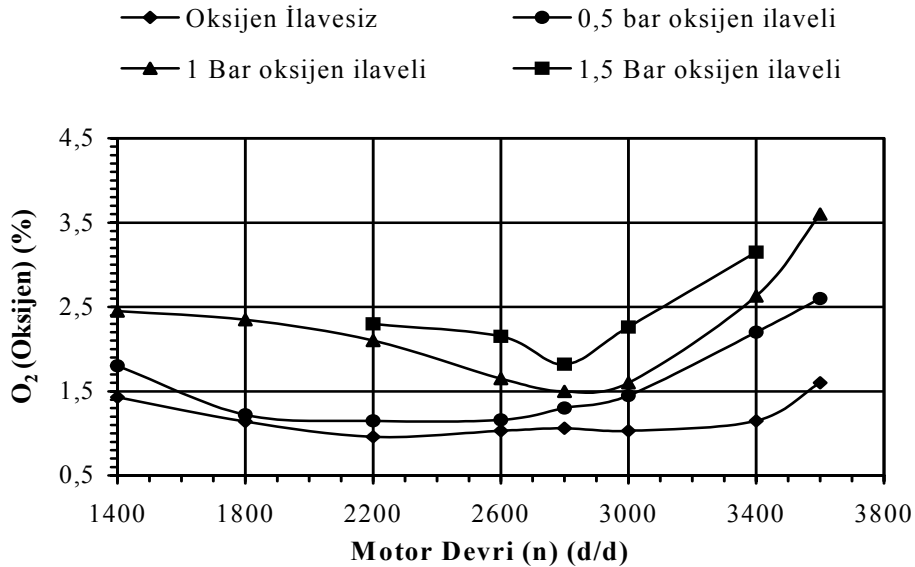
HC emisyonu tam yükte yapılan tüm deneylerde motor devri ile doğru orantılı olarak azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 5). Bu durum motor devrinin artmasıyla birlikte silindir içi türbülansın artması, karışımın homojenleşmesi ve yanma veriminin artması şeklinde açıklanabilir. 0,5 bar O₂ ilave edildiğinde HC emisyonunda ortalama %36 azalma, 1 bar O₂ ilave edildiğinde %44,4 azalma ve 1,5 bar O₂ ilave edildiğinde %57 azalma meydana gelmektedir. Karışım içerisindeki O₂ miktarının artması HC emisyonunu doğrudan etkilemekte ve azaltmaktadır. Yakıtın enerjisinden azami derecede yararlanıldığını göstermektedir. O₂ ilavesi yakıtı ekonomik olarak kullanmayı sağlamaktadır.



Şekil 5. Oksijen İlavesiz Ve Oksijen İlavesiyle HC Emisyonlarının Değişimi.

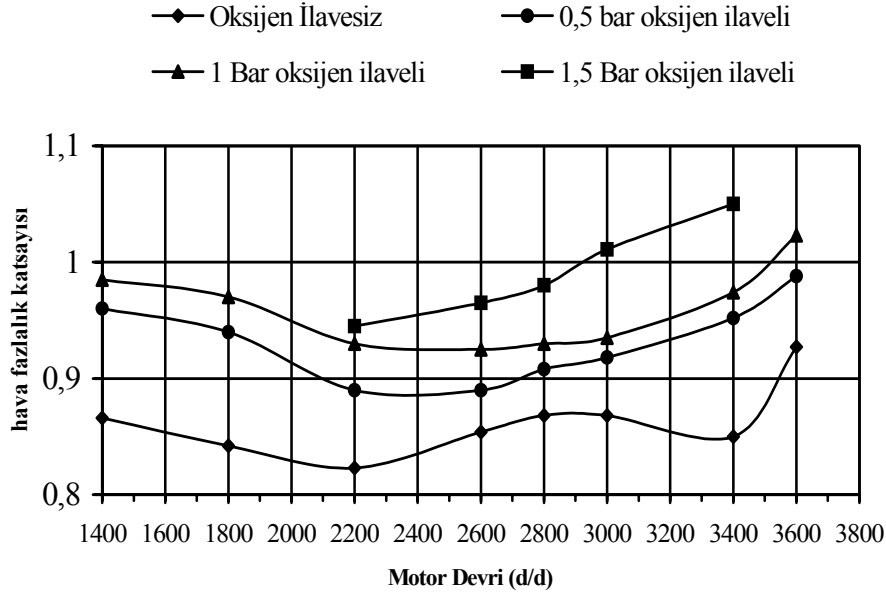
4.4 Egzozdan Çıkan O₂ Miktarına Etkisi

Motorda tam yük ve değişen motor devrine göre yapılan deneylerde, motora ilave olarak verilen O₂ miktarı ile doğru orantılı olarak egzozdan yanmaya katılmadan dışarıya atılan O₂ miktarı artmıştır. O₂'nin ekonomik kullanıldığı devir, maksimum motor momentinin elde edildiği 2800 d/d'da gerçekleşmiştir (Şekil 6). Motora ilave olarak 0,5 bar O₂ ilavesinde, egzozda görülen O₂ miktarı ortalama %36 artmış, 1 bar O₂ ilave edildiğinde %90 artmış ve 1,5 bar O₂ ilave edildiğinde %120 artmıştır. Motora ilave olarak gönderilen O₂'in hepsinin yanma reaksiyonuna katılmadığını göstermektedir. Bu durum O₂ kaybı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Şekil 6. Oksijen İlavesiz Ve Oksijen İlaveli Çalışmalarda Motorun Egzozunda Görülen O₂ Değişimi.

4.5 Lamda Değişimine Etkisi

Hava fazlalık katsayısı tam yük ve değişen motor devrine göre orta devirlerde yüksek düşüş ve düşük devirlerde yükseliş göstermiştir. Motora ilave O₂ verilmesi hava fazlalık katsayısını artırmıştır (Şekil 7). Motora ilave olarak 0,5 bar O₂ verilmesi ortalama olarak hava fazlalık katsayısını %8 artırmış, 1 bar O₂ ilavesi %11 artırmış ve 1,5 bar O₂ ilavesi %15 oranında artırmıştır. Karışım miktarı sabit olan dolguya O₂ ilave edilmesi, hava fazlalık katsayısını artırmaktadır.



Şekil 7. Oksijen İlavesiz Ve Oksijen İlaveli Çalışmalarda Hava Fazlalık Katsayılarının Değişimi.

5. DENEY SONUÇLARI

Yapılan deneylerde elde edilen bulgular ve gözlemler sonucunda karbüratörlü motora ilave oksijen verilmesiyle ilgili olarak şu sonuçlar çıkarılmıştır.

CO emisyonunda düşüş meydana geldiği görülmüştür. Özellikle kısmi yük durumunda sıfır emisyon sınırına yaklaşılmıştır.

CO₂ emisyonunda artış görülmüştür. Bu durum yanmanın iyileştiğine ve ısı verimin arttığına işaretir.

Egzozda görülen oksijen miktarında artış meydana gelmiştir. Bu durum ilave edilen oksijenin bir kısmının reaksiyona girmeden egzozdan atıldığına işaretir.

HC emisyonunda azalma meydana geldiği saptanmıştır. Bu durum oksijen konsantrasyonunun artması nedeniyle yakıtın daha iyi oksitlenmesi ve egzozdaki oksijen konsantrasyonunun yüksek olması nedeniyle yanma sonrası bir oksidasyon gerçekleşmiş olmasına bağlanabilir.

Motora ilave oksijen verilmesi özellikle düşük yük ve devirlerde hava fazlalık katsayısını artırarak karışımı fakirleştirdiği ve motor yükü arttıkça fakirleşmenin azaldığı görülmüştür.

Motora verilen oksijen miktarı gereğinden fazla olduğunda, motorda tekleme ve geri tepme meydana gelmiştir.

KAYNAKLAR

1. Borat, O., Balcı, M. ve Sürmen, A. (1992) Hava Kirlenmesi ve Kontrol Tekniği, **T.E.V.** Yayınları-3, İstanbul/Ankara/Bursa, s. 59-92.
2. Çelik, M. B. (1999) Buji İle Ateşlemeli Bir Motorun Sıkıştırma Oranının Değişken Hale Dönüştürülmesi ve Performansa Etkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi** Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.
3. Genç, F.D. (2001) Oksijence Zenginleştirilmiş Hava İle Çalışan İçten Yanmalı Benzin Motorunda Performans Analizi, **İTÜ**, Makine Fakültesi, İstanbul.
4. Kajitani, S., Sava, N., McComiskey, T., Rhee, K.T. (1992) A Spark Ignition Engine Operated By Oxygen-Enriched Air, **SAE Paper** No:922174.
5. Kajitani, S., Clasen, E., Campbell, S., Rhee, K.T. (1993) Partial Load and Start Up Operations of Spark Ignition Engine With Oxygen Enriched Air, **SAE Paper** No:932802.
6. Maxwell, T.T., Setty, V., Jones, J.C., Narayan, R. (1993) The Effect of Oxygen Enriched Air on the Performance and Emissions of an Internal Combustion Engine, **SAE Paper** No:932804.
7. Poola, R.B., NG, H.K., Sekar, R.R., Baudino, J.H., Colucci, C.P. (1995) Utilizing Intake- Air Oxygen-Enrichment Technology to Reduce Cold-Phase Emissions, **SAE Paper** No:952420.
8. Quader, A.A. (1978) Exhaust Emissions and Performance of a Spark Ignition Engine Using Oxygen Enriched Air, **Combustion Science and Technology**, Cilt 19,81-86.
9. Sezer, K., (2004) Klasik Motorlara Saf Oksijen Verilmesinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, **ZKÜ** Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Anabilim Dalı, Zonguldak.
10. Wartinbee, Jr., W.J (1971) Emissions Study of Oxygen Enriched Air, **SAE Paper** No:710606.
11. Willumeit, H.P., Bauer, M. (1988) Emissions and Performance of an S.I. Engine Inducting Oxygen-Enriched Combustion Air, **MTZ Motortechnische Zeitschrift**, cilt 49, 149-152.
12. Sezer, K., Özdalyan B. ve Çelik M. B., (2005) Karbüratörlü Motora Karışım İçerisine Saf Oksijen İlave Edilmesinin Motor Karakteristiklerine Etkisi, **Teknoloji** (Basıma Kabul Edildi).