

**EMME MANİFOLDUNDAKİ TÜRBÜLANS ARTIŞININ MOTOR PERFORMANSINA ETKİSİ  
ÜZERİNE DENEYSEL BİR ÇALIŞMA**

**Cenk SAYIN İbrahim KILIÇASLAN**

Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, 41100, İzmit, Türkiye

**ÖZET**

Bu çalışmada, emme manifoldundaki türbülansın artırılmasının motor performansına etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, bir benzin motoru kullanılarak deneyler önce benzin sonra ortalama % 90 benzin + % 10 LPG ile yapılmıştır. Benzin+LPG' li çalışma şartlarında, LPG'nin 3 bar basınçla emme manifolduna gönderilmesi sonucu oluşturulan türbülans artışıyla benzinli çalışmaya kıyasla motor gücünde % 1.1 artma özgül yakıt tüketiminde de % 4,4 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler** Türbülans, İçten yanmalı motor, performans

**AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECTS OF INCREASING TURBULENCE  
IN INTAKE MANIFOLD ON ENGINE PERFORMANCE**

**ABSTRACT**

In this study, the effects of increasing turbulence in intake manifold on engine performance has been researched. For this aim, using a sprak ignition engine, at the beginning of experiments pure gasoline was tested then engine was operated with gasoline+LPG. When operating conditions with gasoline+LPG, LPG was introduced to intake manifold at 3 bar pressure which caused an increment in turbulence compared to gasoline used condition. Therefore the engine performance increased about 1.1 % and bsfc decreased about 4,5 %.

**Key Words** Turbulence, Internal combustion engine, performance

**1. GİRİŞ**

Buji ile ateşlemeli motorlar, toplam dünya petrol üretiminin günlük olarak üçte birini tüketmektedir. Petrol üretiminin ileride istekleri karşılayamayacağı tahmin edilmektedir [1]. İçten yanmalı motorlarla ilgili olarak, ya motorların çalışma şartlarının iyileştirilmesi üzerine çalışılmakta yada motorlara uygun alternatif yakıtlar araştırılmaktadır [2]. Alternatif motor yakıtlarına olan ilgi, özellikle 1970'li yıllarda OPEC'in petrol fiyatlarını yükseltmesinden sonra ortaya çıkmaktadır [3].

Gaz yakıtlar; yüksek oktan sayısı, soğukta çalışmaya uygun olma ve düşük düzeyde egzoz emisyonu oluşturma gibi motorlar açısından elverişli özelliklere sahiptir. Ancak motora gaz olarak girdikleri için emilen hava içinde benzine oranla daha fazla yer tutarlar [4]. Son yıllarda sıvılaştırılmış petrol gazının (LPG) ticari otomobillerde kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir. LPG'nin buji ile ateşlemeli motorlarda alternatif yakıt olarak kullanımının sağlayacağı olumlu ve olumsuz etkiler ayrıntılı teorik ve deneysel çalışmalar ile belirlenecektir [5].

Ülkemizde otomotiv yakıtı olarak kullanılan LPG % 30 propan ve % 70 bütandan oluşmaktadır [6]. Deneysel olarak kullanılan LPG ve benzine ait fiziksel özellikler ve yanma karakteristikleri tablo 1'de verilmiştir.

Tablo.1. Deneylerde kullanılan yakıtların fiziksel özellikleri ve yanma karakteristikleri

	LPG		Benzin
	Propan	Bütan	
Hava/Yakıt oranı	15,1/1	15/1	14,6/1
Alt ısı değeri (Mj/kg)	46,4	45,6	44
NŞA fiziksel hali	Gaz	Gaz	Sıvı
Atmosfer şartlarında buharlaşma sıcaklığı (°C)	-42	-0,5	20-200
Buharlaşma gizli ısı (Kj/kg)	426	385	300
Maksimum laminer yanma hızı (m/s)	0,4	0,4	0,35
Araştırma oktan sayısı (RON)	111	103	96
Stikiyometrik karışımın birim hacimdeki enerjisi (Mj/m <sup>3</sup> )	3,49	3,45	3,58

Benzin motorlarında yakıt, emme zamanı sırasında emme havasına karıştırılmakta ve yakıt hava karışımından oluşan dolgu, pistonun yer değiştirmesi sırasında silindirlere oluşan alçak basınç nedeniyle emme manifoldundan silindirlere emilmektedir. Karışımın oluşturulmasında amaç, benzinin küçük damlacıklara ayrılarak hızlı bir şekilde buharlaştırılması ve hava ile homojen bir şekilde karıştırılmasıdır [7]. Emilen hava ile yakıtın karbüratörde karışımı esnasında her noktada homojenlik sağlanamaz. Emme manifoldunda yakıt, hava içinde optimum şartlarda atomize olmadığından her bir silindir başına eşit ölçüde yakıt gönderilemez ve performans düşer. Bu durum özellikle gaz kelebek açıklığının sınırlı olduğu düşük devirlerdeki çalışma şartlarında belirgin bir şekilde ortaya çıkar [8].

Günümüz benzin motorlarında motor performansı üzerine yapılan çalışmalarda, emme manifoldu ve yanma odasındaki türbülansın artırılması ümit verici sonuçlar ortaya koymaktadır. Tannaka ve Katayama deneysel çalışmalarında, emme supabı arkasına yakıtın püskürtülmesiyle sağlanan türbülansın % 15-20 oranında yakıt ekonomisi sağladığını belirtmişlerdir [9].

Hammamoto ve Tomita, aynı test motoru üzerinde farklı yanma odası tipleri kullanarak türbülans değişimini incelemişlerdir. Belli bir sınıra kadar türbülans artırımının motor performansını olumlu yönde etkilediğini, aşırı türbülans oluşumunda ise yakıtın hava içinde farklı noktalarda tekrar yoğunlaşarak homojenliğini kaybetmesiyle performansı olumsuz olarak etkilediğini belirtmişlerdir [10].

Karbüratörlü motorlarda homojen karışım sağlamak ve yakıtı daha iyi atomize etmek için emme manifoldundaki türbülansın artırılması gerekir [11]. Bu amaçla; sunulan çalışmada, karbüratörden sonra emme manifoldu girişine püskürttüğümüz 3 bar basınçlı LPG tahriki ile türbülans artırılmakta ve daha iyi yakıt atomizasyonu sağlanmaktadır.

Motorun değişik yük ve devirlerde çalıştırılması sırasında manifoldunda oluşan vakumla orantılı olarak LPG emilmektedir. Sonuç olarak LPG tüpündeki basınç 3 bar olmasına karşın, devir sayısının değişmesiyle emme manifolduna püskürtülen LPG miktarı da değişmektedir .

## 2. DENEY DÜZENEGİ

Deneyler Kocaeli Üniversitesi Otomotiv laboratuvarında yapılmıştır. Deneylerde 4 silindirli, dört zamanlı Tofaş DKS marka benzinli motor kullanılmıştır. Test motorunun teknik özellikleri tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo 2. Deneylerde kullanılan motora ait teknik özellikler

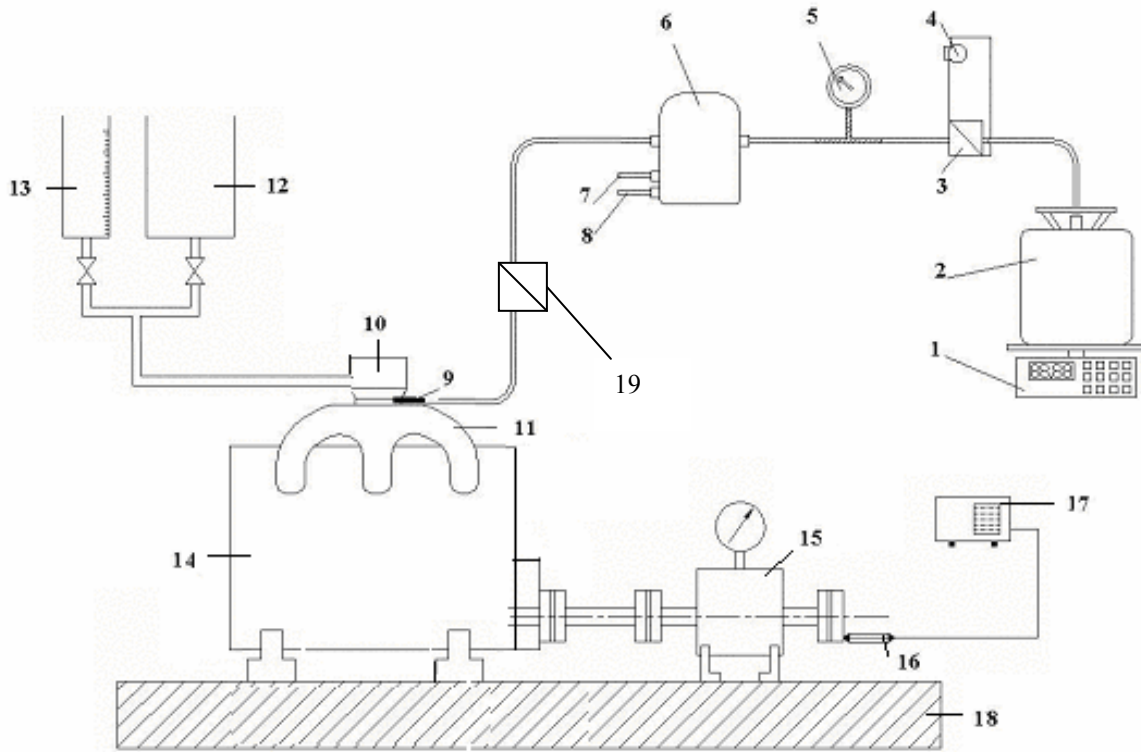
Motor tipi	131 A 1016
Silindir hacmi	1600 cc
Silindir çapı	84 mm
Strok	71,5
Sıkıştırma oranı	8:1
Azami güç	89 HP
Maksimum tork	12 kgm
Maksimum devir	5400 d/dak

Test motoru önce benzinle çalıştırılarak ölçümler yapılmıştır. Daha sonra motora yakıt geçişini sınırlayan karbüratör ana yakıt meme çapları % 10 oranında küçültülerek, eksik kalan bu yakıt ihtiyacı LPG yakıtı ile sağlanmıştır. Kısma vanası LPG akış miktarını sınırlar. Deney motoru benzin+LPG çalışma şartlarında motorun ihtiyacı olan LPG belirlendiğinde (motor sarsıntısız ve optimum şartlarda çalışmaya başladığında) kısma vanası sabitlenerek ölçümlere başlanmıştır.

Deney motorunun performans parametrelerini belirlemek için hidrolik dinamometre kullanılmıştır. Dinamometre bir mil vasıtasıyla motora bağlanmıştır.

Benzin yakıt tüketiminin ölçülmesinde hacimsel ölçekli kaplar ve bu kaptaki akış süresini ölçmek için 1/100 hassasiyetli kronometre kullanılmıştır. LPG yakıt tankı olarak TSE' ye uygun Aygaz firmasının 2,5 kg' lık tüpleri kullanılmıştır. Deneylerde motorun tükettiği LPG miktarını belirlemek için 0,01 gr hassasiyetli dijital terazi kullanılmıştır. Ölçümlerde 10 sn süresince tüketilen benzin ve LPG miktarları ayrı ayrı tespit edilmiştir.

Deney düzeneği şekil 1.'de görülmektedir.



- |                     |                     |                        |                         |
|---------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|
| 1. Dijital terazi   | 2. LPG yakıt deposu | 3. LPG elektro valfi   | 4. Kontak anahtarı      |
| 5. Basınç ölçer     | 6. Buharlaştırıcı   | 7. Soğutma suyu girişi | 8. Soğutma suyu çıkışı  |
| 9. LPG yakıt memesi | 10. Karbüratör      | 11. Emme manifoldu     | 12. Benzin yakıt deposu |
| 13. Ölçekli kap     | 14. Motor           | 15. Dinamometre        | 6. Takometre sensörü    |
| 17. Takometre       | 18. Platform        | 19. Kısma vanası       |                         |

Şekil 1. Deney düzeneği

### 3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

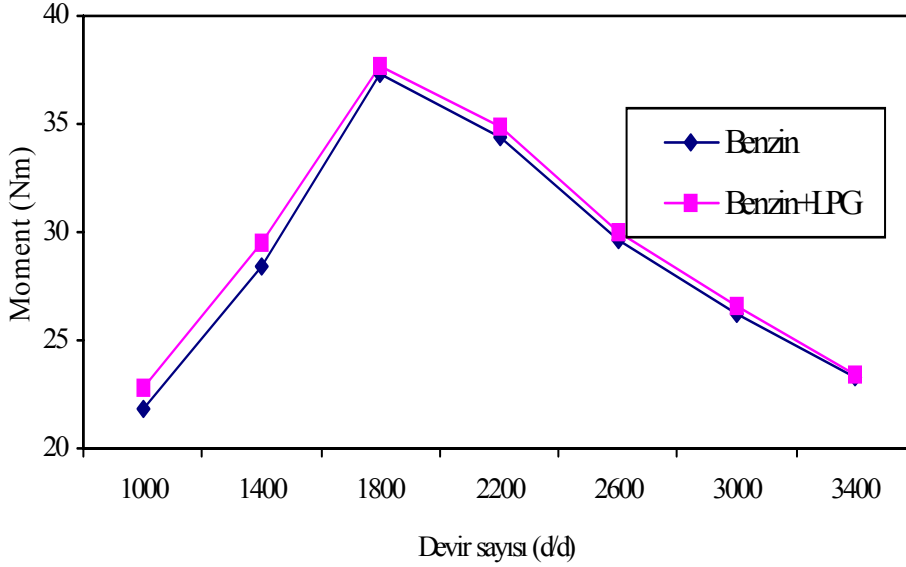
Ön deneylerin yapılmasından sonra; motorun supap ayarları, platin açıklık ayarı her bir deney için katalog değerlerine uygun olarak düzenlenmiştir. Deneyler yapılmadan önce termostat açılma sıcaklığına kadar çalıştırılarak ölçümlere başlanmıştır.

Deneyler sırasında öncelikle motor benzinle çalışması durumundaki performansı belirlenmiştir. İki farklı gaz keleşği (1/2, 3/4) konumunda motor dönme sayısı 1000 ile 3400 d/d arasında değiştirilerek, hidrolik

dinamometrenin terazisinde bunlara karşılık gelen kuvvetler okunmuştur. Bu değerler yardımıyla motor momenti, mil gücü, ve özgül yakıt tüketimi belirlenmiştir. Motor performansının benzin kullanılarak belirlenmesinden sonra motor LPG+benzin ile çalıştırılarak denemeler yapılmıştır.

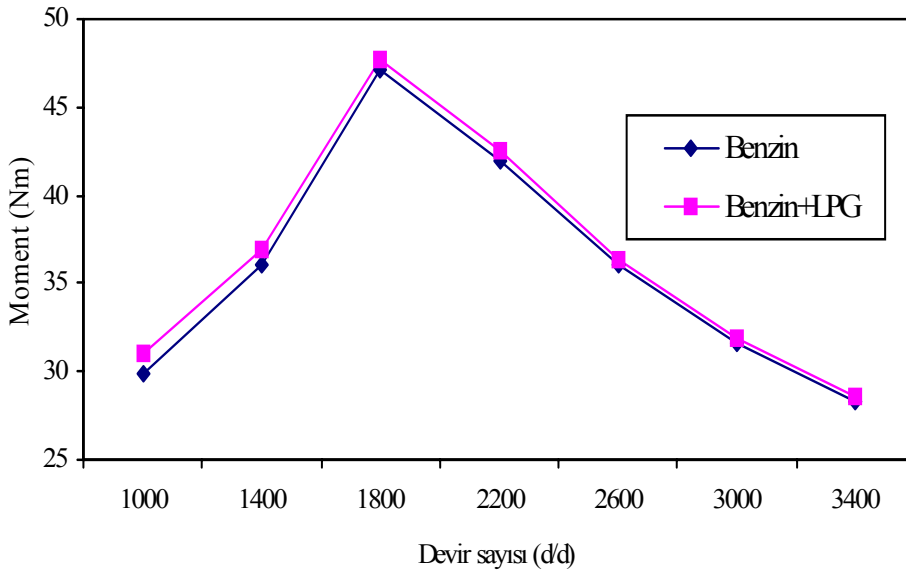
### 3.1. Motor momenti

Benzin+LPG ve benzin ile yapılan testlerden elde edilen motor hızı-motor momenti ilişkisi şekil 2 ve 3' de görülmektedir.  $\frac{1}{2}$  yükte, benzin+LPG ile yapılan testlerde maksimum motor momenti 37.669 Nm, benzin ile yapılan testlerde ise 47.266 Nm olarak belirlenmiştir. Her iki çalışmada da 1800 d/d' dan sonra volümetrik verimin düşmesi nedeniyle motor momenti azalma eğilimi göstermiştir.



Şekil 2.  $\frac{1}{2}$  yükte motor momentinin devir sayısı ile değişimi

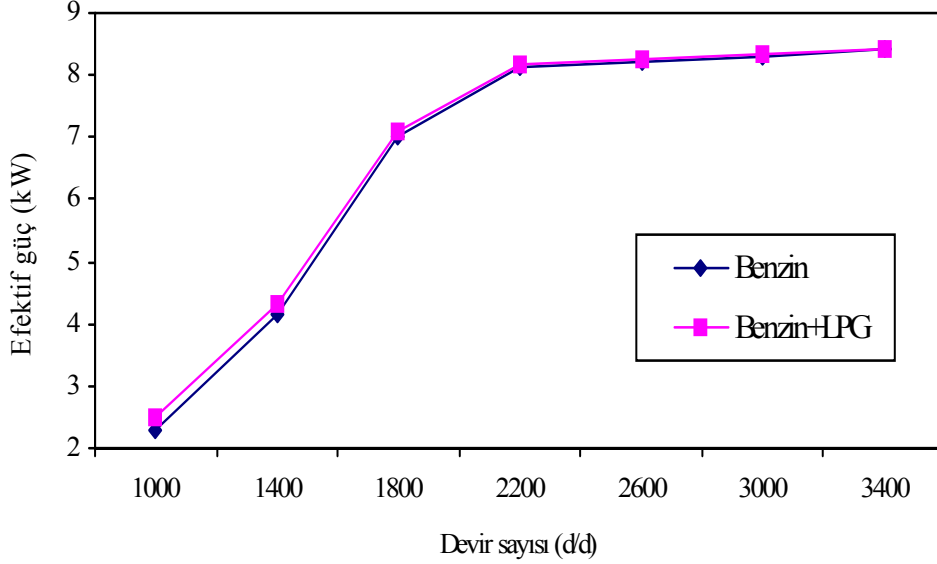
Şekil 3' de,  $\frac{3}{4}$  yükte motor momentinin devir sayısı ile değişimi görülmektedir. Benzin ile yapılan testlerde maksimum motor momenti 1800 d/d' da 47.166 Nm iken, benzin+LPG' ile yapılan testlerde 47.750 olduğu görülmüştür. Benzin+LPG ile yapılan testlerde motor momenti bütün motor hızlarında benzin ile elde edilen motor momentinden yüksek olmaktadır.



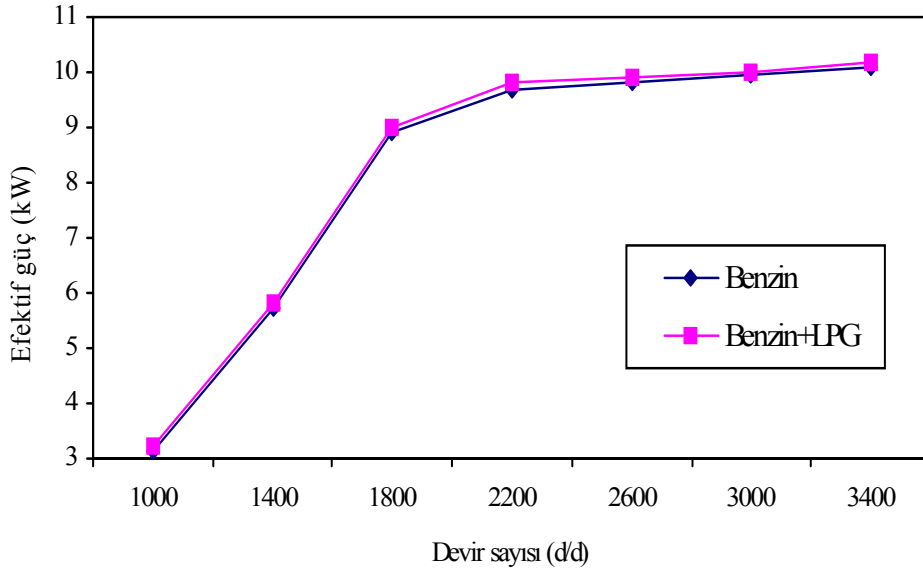
Şekil 3.  $\frac{3}{4}$  yükte motor momentinin devir sayısı ile değişimi

### 3.2. Efektif Güç

Motor volan yada kasağından alınan güce efektif güç denir [12]. Şekil 4'de gaz kelebek açıklığı  $\frac{1}{2}$  konumunda iken benzin ve benzin+LPG çalışma şartlarının devir sayısı ile değişimi sunulmuştur. Benzin ile yapılan testlerde maksimum motor gücü 3400 d/d' da 8.310 kW iken, benzin+LPG' ile yapılan testlerde 8.336 kW olarak belirlenmiştir. İki farklı çalışma durumunda motor gücü 2200 d/d' ya kadar sürekli olarak artmış bu devirden sonra da volümetrik verimin düşmesi nedeniyle azalmaya başlamıştır.



Şekil 4.  $\frac{1}{2}$  yükte efektif gücün devir sayısı ile değişimi.



Şekil 5.  $\frac{3}{4}$  yükte efektif gücün devir sayısı ile değişimi

Şekil 5' de,  $\frac{3}{4}$  gaz kelebek açıklığında benzin ve benzin+LPG çalışma şartlarının devir sayısı ile değişimi görülmektedir. Benzin ile yapılan testlerde maksimum motor gücü 3400 d/d' da 10.108 kW iken, benzin+LPG' ile yapılan testlerde 10.198 kW olduğu görülmüştür.

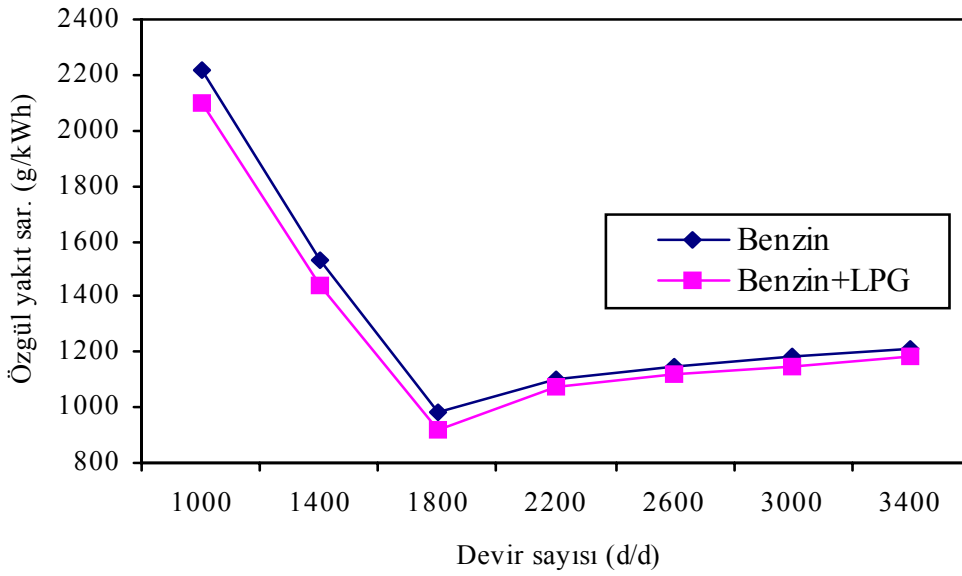
Karbüratörlü sistemlerin en önemli dezavantajı, yakıtın hava içinde istenilen şartlarda atomize olamamasıdır. Emme manifoldu girişine püskürttüğümüz LPG' tahriki ile türbülans oluşmakta ve daha iyi yakıt atomizasyonu sağlanmaktadır. Yapılan testlerde, benzin+LPG'li çalışmada benzinli çalışmaya kıyasla daha

fazla güç üretilmektedir. Bunun nedeni muhtemelen, emme manifoldu girişine püskürtülen LPG' tahriki ile türbülans artırılması ve daha iyi yakıt atomizasyonunun sağlanmasıdır.

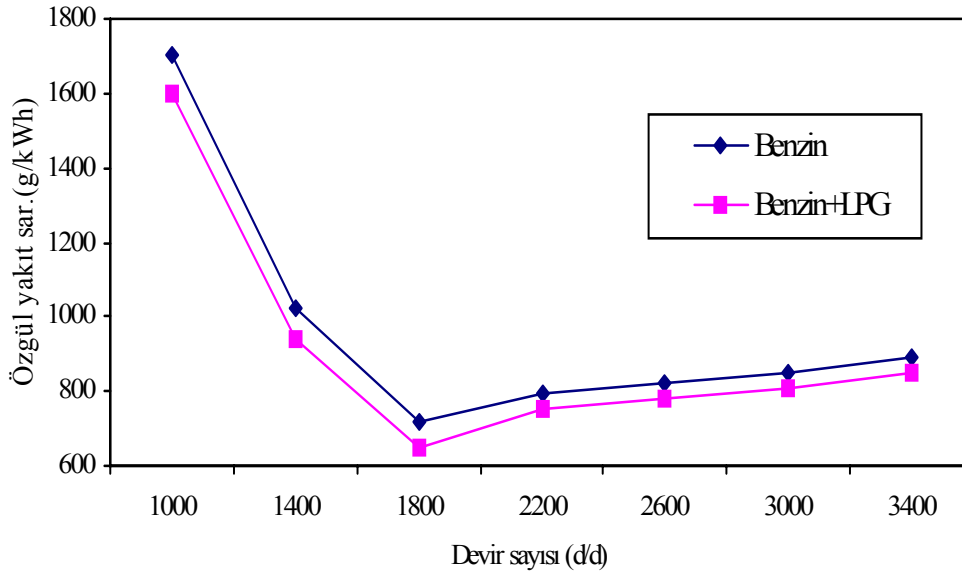
### 3.3. Özgül yakıt tüketimi

Birim güç başına tüketilen yakıt miktarı olarak ifade edilen özgül yakıt tüketimi motorun en önemli parametrelerinden biridir [13]. Şekil 6, 7'de motorun benzin ile benzin+LPG'nin yakıt olarak kullanılmasından elde edilen özgül yakıt tüketimi değerlerini göstermektedir. Minimum özgül yakıt tüketimi; ½ yük ve 1800 d/d' da benzin kullanımında 983 g/kWh iken benzin+LPG kullanımında 915 g/kWh olarak gerçekleşmektedir. ¾ yük konumunda ise minimum özgül yakıt tüketimi 1800 d/d' da benzin kullanımında 747 g/kWh, benzin+LPG kullanımında 717 g/kWh' dir.

Benzin +LPG'li çalışmanın özgül yakıt tüketiminin az olmasının muhtemelen LPG'nin birim kütle başına alt ısı değerinin benzine kıyasla daha yüksek olması ve 3 bar basınçla emme manifolduna püskürtülmesiyle oluşturulan türbülans artışının yanma verimini olumlu yönde etkilemesidir.



Şekil 6. ½ yükte özgül yakıt sarfiyatının devir sayısı ile değişimi



Şekil 7. ¾ yükte özgül yakıt sarfiyatının devir sayısı ile değişimi.

#### 4. SONUÇ

Türkiye’de araçların % 60’ı karbüratörlüdür [14]. Karbüratörlü sistemlerin en önemli dezavantajı, yakıt hava karışımının her noktada homojen olmamasıdır. Bunun sonucu olarak yakıt tüketimi artar ve güç düşer. Bu olumsuz şartlar, benzinli araçlarda enjeksiyon sistemleri üzerine yapılan çalışmaların temel nedeni olmaktadır. Bu çalışmada, homojen karışım sağlamak ve yakıtı daha iyi atomize etmek için emme manifolduna ortalama % 10 yakıt oranında yüksek basınçlı LPG gönderilmiştir.

Yapılan çalışmada, test motoru önce benzinle denenmiştir. Daha sonra karbüratörlü sistemler için alternatif çalışma şartları olabilecek ortalama % 90 benzin ve % 10 oranında 3 bar basınçlı LPG’ den oluşan çift yakıtlı çalışma ile test edilmiştir.

Deneysel çalışma sonuçları, benzin+LPG’ çalışma ile efektif gücün ortalama % 1,1 arttığını özgül yakıt sarfiyatının da ortalama % 4,5 azaldığını göstermektedir. Performanstaki bu iyileşmeler özellikle silindire alınan hava miktarının az olduğu düşük devirlerde olmaktadır.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Keck, J.C., “Turbulent Flame Structure and Speed in SI Engines”, **Nineteenth Symposium on Combustion/The Combustion Institute**, pp. 1451-1466, 1982.
2. Thring, R. H., “Alternative Fuels for Spark-Ignition Engines”, **SAE**, Paper No.831685.
3. Newnham, S., Johns, R. A., “ Operation of a Spark-Assisted Diesel for Stationary Applications on Alcohol Fuels”, **ImechE**, Paper No:C372/016, 1989.
4. Durgun, Ö., “Motorlarda Petrol Yerine Kullanılabilecek Yakıtlar”, **Mühendis ve Makine**, Cilt:29, Sayı:336, Sayfa:24-26, 1988.
5. Bayraktar, H., “Buji İle Ateşlemeli Motorlarda Gaz Yakıtların Kullanılmasının Yanma ve Motor Performansı Üzerine Etkileri”, **6. Uluslararası Yanma Sempozyumu**, İstanbul, Sayfa:273-285, 1999.
6. TMMOB, “Araçlarda LPG Dönüşümü”, Sayfa:13-17, Ankara, 1999.
7. Soruşbay, C., Ergeneman, M., “Benzin Motorlu Taşıtların LPG Kullanımına Dönüşümü”, **Mühendis ve Makine**, Cilt:37, Sayı:441, Sayfa:25-30.
8. Heywood, B., **Internal Combustion Engine Fundamentals**, McGraw-Hill. Pp.282-285. ISBN 0-07-100-499-8, USA, 1998.
9. Tanaka, T., Katayama, T., **The Effect of Swirl on Spark-Ignition Engine Combustion**, Laser Diagnostic and Modeling of Combustion, pp. 235-242.
10. Hamamoto, Y., Tomita E., “Swirl and Turbulence in a Engine Cylinder”, Prof of 10th Task Leader **Meeting, Energy Agency Working Party on Conservation in Combustion**, pp 79-84, 1988.
11. Blizard, N.C., Keck, J.C., “Experimental and Theoretical Investigation of Turbulent Burning Model for Internal Combustion Engines”, **SAE**, PAPER No. 740191, 1975.
12. BOSCH, “**Automotive Handbook**”, pp. 242-244, Germany.
13. Balcı, M., Altın, R., “Ayçiçek Metil Ester Yakıtının Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılması Üzerine Bir Araştırma”, **Teknoloji Dergisi**, Sayı:1, Sayfa: 4-15 ISSN:1302-0056, 1998.
14. Sayın, C., “ Benzinli Motorlarda Yakıt Enjeksiyon Sistemi”, **I. Uluslar arası Katılımlı Otomotiv Teknoloji Kongresi**, Adana, Sayfa; 280-286, 1997.