

MPI ENJEKSİYON SİSTEMLİ ARAÇLARDA LPG  
VE BENZİN KULLANIMININ TAŞIT  
PERFORMANSINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MURAT NERGİZ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

NİSAN 2008

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MPI ENJEKSİYON SİSTEMLİ ARAÇLARDA LPG VE BENZİN KULLANIMININ  
TAŞIT PERFORMANSINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

MURAT NERGİZ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

NİSAN, 2008

## ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU danışmanlığında,

Murat NERGİZ tarafından hazırlanan

“MPI Enjeksiyon Sistemli Araçlarda LPG ve Benzin Kullanımının Taşıt Performansına Etkisinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca

29 / 04 / 2008

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından

Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı, SOYADI

İmza

Başkan : Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yüksel OĞUZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç.Dr. Zehra BOZKURT

Enstitü Müdürü

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa No
<b>ÖZET</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>TEŞEKKÜR</b>	vi
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b>	vii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	viii
<b>RESİMLER DİZİNİ</b>	ix
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	x
<b>1. GİRİŞ</b>	1
1.1 GENEL BİLGİLER	3
1.1.1 Elektronik Kontrollü Yakıt Enjeksiyon Sistemi ve Sınıflandırılması	3
1.1.2 Yakıtın Püskürtüldüğü Yere Göre	3
A. Yanma Odasına Püskürtme (Direkt Püskürtme)	3
B. Supap Kanalına Püskürtme	4
C. Emme Manifoldu Girişine Püskürtme	5
1.1.3 Yakıtın Püskürtme Şekline Göre	5
A. Açık Enjektörle Sürekli Püskürtme	5
B. Kesikli Püskürtme	6
1.1.4 Kumanda Şekline Göre	6
1.1.5 Enjektör Sayısına Göre	6
A. Tek Nokta Enjeksiyon	6
B. Çok Nokta Enjeksiyon	6
1.2 Çok Noktalı Enjeksiyon Sisteminde Motor Yönetim Parametreleri	7
1.2.1 Enjeksiyon Sürelerinin Ayarlanması	7
1.2.2 Ateşleme Avansının Ayarlanması	7
1.2.3 Soğukta Motorun Çalıştırılması Kontrolü	8
1.2.4 Hızlanma Sırasında Karışımın Zenginleştirilmesi Kontrolü	8
1.2.5 Hız Azalması Sırasında Yakıtın Kesilmesi	8
1.2.6 Motor Rölanti Devrinin Kontrol ve Yönetimi	9

1.2.7 Lamda Sensörü ile Yanmanın Kontrolü	9
1.2.8 Yakıt Buharının Geri Kazanılması	10
1.2.9 Vuruntu Kontrolü	10
1.2.10 Kam Mili Zamanlama Değiştiricisinin Kontrolü	11
1.2.11 Sistemin Kendi Kendini Ayarlaması	11
1.2.12 Elektronik Yakıt Enjeksiyonu	11
1.2.13 Elektronik Avans Mekanizması	12
1.2.14 Rölanti Devri Kontrolü	13
1.3 LPG Enjeksiyon Sistemi	14
1.3.1 LPG'nin Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı ve Özellikleri	15
1.3.2 LPG'nin Çift Yakıtlı Çalışmaya Uyarlanması	16
1.4 Literatür Özeti	17
1.5 Amaç ve Kapsam	19
<b>2. MATERYAL VE METOD</b>	<b>20</b>
2.1 Deney Aracının Özellikleri	20
2.2 Şasi Dinamometresi ve Özellikleri	21
2.3 Egzoz Gaz Analiz Cihazı	22
2.4 Soğutucu Fanlar	23
2.5 HTP 6100 Şasi Dinamometresinin Kullanılması	24
2.6 Yapılan Ölçümler	28
2.6.1 Motor Gücünün ve Tekerlek Gücünün Ölçümü	28
2.6.2 Sabit Hızlardaki Tekerlek Gücünün Ölçümü	30
2.6.3 Takometre Kontrolü	30
2.6.4 Egzoz Emisyonları	31
2.6.4.1 Hidrokarbon (HC) Emisyonları	31
2.6.4.2 Karbonmonoksit (CO) Emisyonları	31
2.6.4.3 Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) Emisyonları	32
<b>3. BULGULAR VE TARTIŞMA</b>	<b>33</b>
3.1 Taşıt Performans Eğrilerinin Değerlendirilmesi	33
3.2 Sabit Hızlarda Tekerlek Gücünün Ölçümü	35

3.3 Takometre Kontrolü	35
3.4 Egzoz Emisyonları	35
<b>4. SONUÇ</b>	36
<b>5. KAYNAKLAR</b>	38
<b>6. ÖZGEÇMİŞ</b>	41

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### MPI ENJEKSİYON SİSTEMLİ ARAÇLARDA LPG VE BENZİN KULLANIMININ TAŞIT PERFORMANSINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Murat NERGİZ

**Afyon Kocatepe Üniversitesi**  
**Fen Bilimleri Enstitüsü**  
Makine Eğitimi Anabilim dalı

**Danışman:** Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU

Motor tarafından üretilen güç ile tekerleklerden elde edilen faydalı güç arasında doğrudan bir ilişki vardır. Motor tarafından üretilen gücün bir kısmı aktarma organları tarafından kullanılmakta ve tekerleklere iletilene kadar güçte düşüş olmaktadır. Bahsedilen bu motor gücünün ve tekerlekteki faydalı gücün oluşumunda ise yakıt sistemi ve bu sistemde kullanılan yakıtın türü ile aktarma organlarındaki kayıplar önemli rol oynamaktadır.

Benzin enjeksiyon sistemine paralel olarak LPG enjeksiyon sistemleri de iyice yaygınlaşmış olup birbiri ile kıyaslama durumu hasıl olmuştur.

Bu yapılan çalışmada, şasi dinamometresi ile, çok noktadan benzin enjeksiyonlu yakıt sistemine sahip bir araca, çok noktadan LPG enjeksiyonlu yakıt sistemi montajı yapılmış ve her iki yakıt türünde; motor gücü, tahrik yapılan tekerleklere gelen faydalı güç, aktarma organlarındaki kayıplar, takometre değerleri ölçülmüş, ayrıca emisyon değerleri de gaz analizör cihazı ile ölçülerek, her iki yakıt türünün taşıt performansı ve emisyon değerleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

2008, 51 Sayfa

**Anahtar kelimeler:** Şasi dinamometresi, Motor Performansı, Emisyonlar

## **ABSTRACT**

M.Sc.Thesis

### **THE SEARCH OF EFFECT USING LPG AND GASOLINE ON THE VEHICLE PERFORMANCE IN MPI INJECTION SYSTEM**

Murat NERGİZ

**Afyon Kocatepe University**  
**Institute for the Natural and Applied Sciences**  
Machine Education Department

**Supervisor:** İbrahim MUTLU Ph.D., Assistant Professor

There is a direct relationship between the power generated by the engine and the useful power rendered by the wheels. A part of the power generated by the engine is consumed by the power train and thus some power is lost while the power from the engine is being transmitted to the wheels. The fuel system and the type of the fuel used in this fuel system have an important role in the generation of the mentioned engine power, as well as the losses in the power train.

Since LPG engines have become quite common in parallel to gasoline engines, it has been necessary to compare these two.

In this study, a multi point LPG fuel system has been installed to a vehicle with multi point gasoline injection system, and the engine power, the useful power transmitted to the wheels that are driven by the engine, the losses in the power train and the tachometer values have been measured using a vehicle dynamometer; in addition, the emission values have been measured using a gas analyzer and the effects of both fuels on the vehicle performance and emission values have been studied.

2008 , 51 Pages

**Keywords:** Engine Performance, Vehicle Dynamometer, Emissions



## TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın gerekleőmesinde yapmış olduğu ok değerli katkı ve ynlendirmeler ile bana büyük destek veren ve elinden gelen yardımı esirgemeyen kıymetli hocam Sayın Yrd. Do. Dr. İbrahim MUTLU' ya en iten teőekkürlerimi sunarım.

Deney ekipmanının kullanılmasında desteklerini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN, soğutucu vantilatörlerin yapımında yardımını esirgemeyen Kızıltuğ iőletmesi sahibi Adem ELMLK, deneysel çalışmalarda emekleri geçen Öğr.Gör.İlker SUGÖZÜ ve Göksan AKPINAR beylere, yazım aőamasında yardımcı olan değerli arkadaőlarım Yasin SOYTAő ve Fatih LİKOğLU'na, tezin hazırlanması safhasında manevi desteğini esirgemeyen, çalıőmalarımnda bugünlere gelmemi sağlayan çok kıymetli eőime en içten teőekkürlerimi sunarım.

Murat NERGİZ  
Afyonkarahisar, 2008

## SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

### 1. Simgeler

$\lambda$	Lamda (Hava fazlalık katsayısı)
Pb	Kurşun
HC	Hidrokarbon
NO <sub>x</sub>	Azotoksit bileşenleri
CO	Karbonmonoksit
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit

### 2. Kısaltmalar

ECU	Elektronik Kontrol Ünitesi
LPG	Likit Petrol Gazı
TMMOB	Türkiye Makine Mühendisleri Odası Birliği
ESA	Ateşleme Avansı Haritası
CAP	Capelec
ECOTEC	Ekonomik Teknoloji

## ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa No
Şekil 1.1	Benzinli Motorun Üç Ana Unsuru	3
Şekil 1.2	Direkt Püskürtme	4
Şekil 1.3	Supap Kanalına Püskürtme	4
Şekil 1.4	Manifold Girişine Püskürtme	5
Şekil 1.5	Elektronik Kontrollü Enjeksiyon Sistemi	7
Şekil 1.6	Karışım Oranları	10
Şekil 1.7	Yük Durumlarına Göre Yakıt Püskürtme	12
Şekil 1.8	Elektronik Avans Mekanizması	13
Şekil 1.9	Rölanti Devri Kontrolü	13
Şekil 1.10	LPG Enjeksiyon Sistemi	15
Şekil 1.11	ESA Haritası	17
Şekil 2.1	Bilgi Ekranı	27
Şekil 2.2	Kalibrasyon Ekranı	28
Şekil 2.3	LPG için Taşıt Performans Eğrileri	29
Şekil 2.4	Benzin için Taşıt Performans Eğrileri	29
Şekil 2.5	Sabit Hızlarda Tekerlek Gücü Karşılaştırma	30
Şekil 2.6	Hidrokarbon Emisyonları	31
Şekil 2.7	Karbonmonoksit Emisyonları	31
Şekil 2.8	Karbondioksit Emisyonları	32
Şekil 3.1	LPG ve Benzin Taşıt Performans Eğrilerinin Karşılaştırılması	33

## RESİMLER DİZİNİ

		Sayfa No
Resim 1.1	LPG Enjeksiyon Sistemi Parçaları	14
Resim 2.1	Şasi Dinamometresinin Genel Görünümü	20
Resim 2.2	Egzoz Gaz Analiz Cihazı	22
Resim 2.3	Soğutucu Fanlar	23
Resim 2.4	Rampa Aşağıda	24
Resim 2.5	Rampa Yukarıda	24
Resim 2.6	Taşıtın Şasi Dinamometresine Girişi	25
Resim 2.7	Tekerlek Pozisyonu	25
Resim 2.8	Fanlar ve Taşıtın Konumu	26
Resim 2.9	Fanlar ve Taşıt Arası Mesafe	26

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No	
Çizelge 2.1	Teknik özellikler	21
Çizelge 2.2	Dinamometrenin Performans ve Mekanik Özellikleri	22
Çizelge 2.3	Teknik Özellikler	23
Çizelge 2.4	Takometre kontrolü	30
Çizelge 3.1	LPG-Benzin Taşıt Performans Eğrilerinin Karşılaştırılması	33

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesi otomotiv sektörünü etkilemiştir. Çünkü teknolojinin gelişme alanlarından bir tanesi de Otomotiv sektörüdür. Performans, güvenlik ve rahatlığın öne çıktığı otomotiv sektöründe teknolojik gelişmelerin olması doğaldır.

Bu doğrultuda yapılan çalışmalar ışığında otomobil motorlarından beklentiler:

- Yakıt tasarrufu
- Yüksek çıkış gücü
- Düzenli çalışması
- Ömrünün uzun olması
- Hareketli parçaların az olması
- Her çalışma ortamında maksimum verimin elde edilmesi
- Gürültüsüz çalışması
- Çevreye zarar vermemesi

Bu beklentiler içerisinde birçok konuya çözüm bulunabilir, fakat kirlenen çevrenin eski haline tekrar gelmesi gerçekten çok zordur. Sadece bugünkü hayatımızı değil bizden sonra yaşayacak olan insanların hayatını da olumsuz yönde etkileyecek bir husus olan çevre kirliliğini önleme konusunda çok titiz davranılmalıdır.

Otomotivde zararlı egzoz gazlarının azaltılabilmesi için elektronik kontrole ihtiyaç vardır. Elektronik kontrolün en iyi uygulandığı yakıt sistemleri enjeksiyon sistemleridir. Yakıt ihtiyacı, elektronik donanımlarla hassas bir şekilde tespit edilmekte ve yakıtın püskürtmesi kontrollü olarak yapılmaktadır.

Yakıt püskürtmesi çok hassas kontrol edilmesine rağmen, yinede egzozdan atılan gazlar içerisinde, çevre için zararlı gazlar varsa, bunları yok etmek için, egzoz devresine katalizör konularak kimyasal bir reaksiyon oluşturulur ve böylece dışarı atılan gazların çevreye verebileceği zararlar en aza indirgenir.

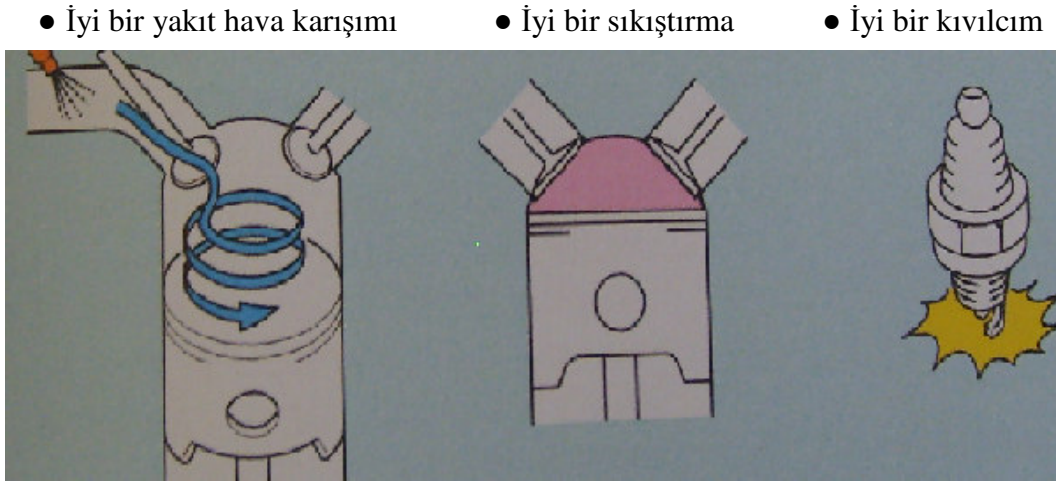
Çevre konusunda gösterilen duyarlılık, ülkelerin ekonomik düzeyi ve refah seviyeleri ile doğrudan ilgilidir. Bu nedenle ekonomik olarak gelişmiş ülkelerde egzoz emisyonu içerisinde bulunabilecek zararlı madde miktarı standartlarla tespit edilmiştir. Günümüzde benzin enjeksiyon sistemine paralel olarak LPG enjeksiyon sistemleri de iyice yaygınlaşmıştır.

Bu çalışmada enjeksiyonlu yakıt sistemine sahip bir taşıtın benzin ve LPG kullanımındaki performansları taşıt dinamometresi ile tespit edilecek, böylece egzoz emisyonu daha temiz olan LPG'nin benzin ile kıyaslanma imkânı olacaktır.

## 1.1 GENEL BİLGİLER

### 1.1.1 Elektronik Kontrollü Yakıt Enjeksiyon Sistemi ve Sınıflandırılması

Günümüzde, otomobillerde bütün motor devirlerine uygun silindirlerin ihtiyacı olan doğru oranlardaki hava yakıt karışımını sağlamak için elektronik yakıt enjeksiyon sistemi kullanılmaktadır. Buji ile ateşlemeli motorlarda daha iyi performans için gerekli temel şartlar Şekil 1.1’de görülmektedir.



Şekil 1.1 Benzinli Motorun Üç Ana Unsuru (Anonim 5, 2004)

### 1.1.2 Yakıtın Püskürtüldüğü Yere Göre

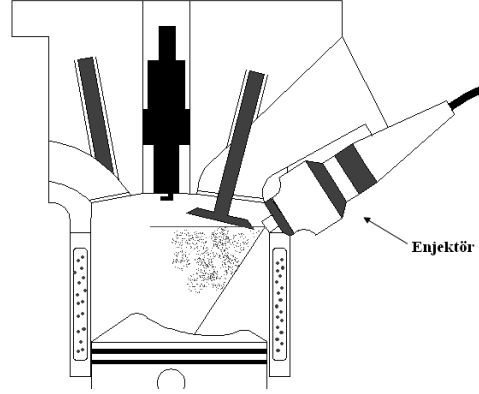
Yakıt enjeksiyon sistemleri yakıtın püskürtüldüğü yer dikkate alındığında üçe ayrılabilir.

#### A. Yanma Odasına Püskürtme (Direkt Püskürtme)

Bu metotta yakıt dizel motorlarında olduğu gibi doğrudan yanma odasına püskürtülür. Silindire püskürtme genellikle emme sonuna doğru yapılır. Böylece volümetrik verim iyileştirilebilir. Bu sistemin en büyük avantajı yakıtın hemen ayarlanması, zaman aralıklarında püskürtme yapılması ve yüksek basınçta püskürtme yapılmasıdır. Eskiden bu yöntem genellikle yarış otomobillerinde kullanılırdı. Binek araçlarında ve kısmi



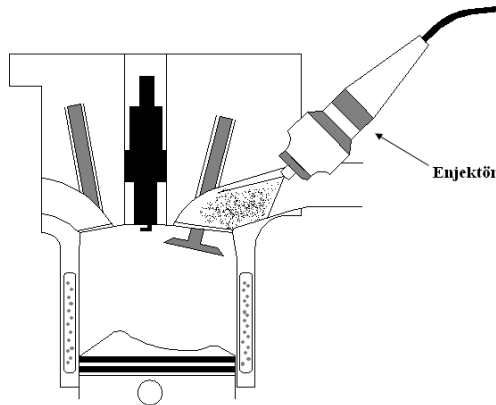
yükte çalışan araçlarda bu yöntemin kullanılması karterde yağın az ya da çok incelmesine sebep olduğundan çok tercih edilmezdi. Ancak günümüzde gelişen malzeme teknolojisi ve kimya sektöründeki gelişmeler bu sakıncaları ortadan kaldırmıştır. Bu yöntemin en büyük dezavantajı ise maliyetin fazlalığıdır (Judge, 1960).



Şekil 1.2 Direkt Püskürtme

### B. Supap Kanalına Püskürtme

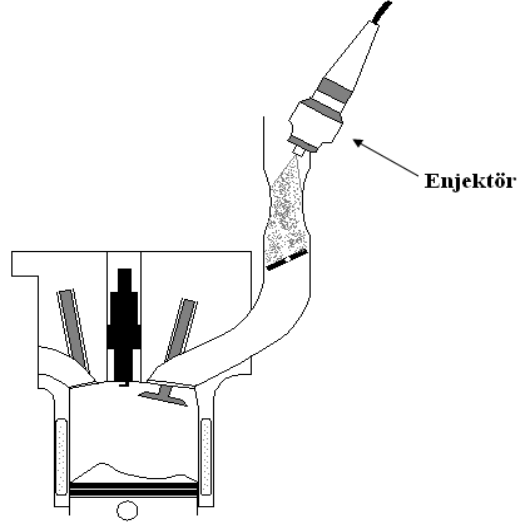
Bu metotta yakıtın emme supabının arkasına, supap kanalına püskürtülür. Yakıt hava ile birlikte silindire emilirken iyi bir karışım sağlanır. Püskürtme için basıncın çok yüksek olmasına gerek yoktur. Bu metot bugün binek araçlarında yaygın olarak kullanılan metottur (Çetinkaya, 2004).



Şekil 1.3 Supap Kanalına Püskürtme

### C. Emme Manifoldu Girişine Püskürtme

Bu metotta yakıt, emme manifoldunun girişinde hava keleşinden önceki kısma püskürtülür. Böylece tek bir enjektörle yakıt hava karışımı elde edildiğinden sistem daha ucuza mal olur. Ucuz ve daha basit oluşu yüzünden bu sistem oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Okatan,1998).



Şekil 1.4 Manifold Girişine Püskürtme

#### 1.1.3 Yakıtın Püskürtme Şekline Göre

Yakıt enjeksiyon sistemleri yakıt püskürtme durumuna göre ikiye ayrılır.

##### A. Açık Enjektörle Sürekli Püskürtme

Yakıt açık enjektörden supap kanalına devamlı olarak püskürtülür. Emme supabı kapalı konumda iken supap arkasında biriken yakıt supap açıldığında içeri giren hava ile karışarak silindir içine dolar. Yakıtın bu şekilde supap arkasında birikmesinin fazla bir mahsuru yoktur. Çünkü yakıtın bekleme süresi çok azdır. Aynı zamanda yakıt basınç altında püskürtüldüğü için çok ince zerreciklere ayrılarak iyi bir karışım oluşumu sağlanır. Böylece yakıtın manifold yüzeyine yapışma oranı azalmış olur.

## **B. Kesikli Püskürtme**

Bu metotta yakıt basıncı sabittir. Enjektörlerin açık kalma süreleri azaltılıp çoğaltılarak püskürtülen yakıt miktarı da azaltılıp çoğaltılır.

### **1.1.4 Kumanda Şekline Göre**

Çeşitli tipleri olan yakıt enjeksiyon sistemleri mekanik ve elektronik kumandalı olarak iki gruba ayrılabilirler. Elektronik kumandalı sistemler en yeni sistemler olup mekanik kumandalıların yerini almışlardır. Zaten yakıt enjeksiyon sistemlerinin gelişmesinin en önemli sebeplerinden birisi elektroniğin gelişmesidir. Elektroniğin gelişmesi ile birlikte mekanik kumandalı yakıt enjeksiyon sistemlerindeki bazı aksaklıklar giderilmiştir (Okatan,1998).

### **1.1.5 Enjektör Sayısına Göre**

Yakıt enjeksiyon sistemleri enjektör sayısına göre ikiye ayrılır.

#### **A. Tek Nokta Enjeksiyon**

Bu metotta bütün silindirler için bir adet enjektör vardır. Enjektör emme manifoldu girişine yerleştirilmiştir. Gerekli olan yakıt tek enjektörle sağlandığından sistem daha basit ve daha ucuzdur. Ancak sistemde tek olan enjektör bozulması halinde motorun çalışmama ihtimali çok noktalılara göre daha yüksektir.

#### **B. Çok Nokta Enjeksiyon**

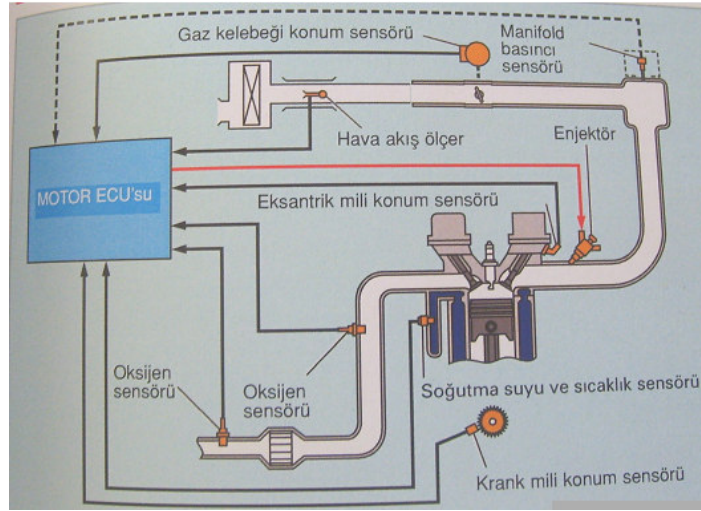
Bu metotta her silindir için bir enjektör kullanılmaktadır. Bu şekilde silindirlerde daha homojen ve daha iyi atomize olmuş bir karışım sağlandığı için çok nokta enjeksiyon sistemi tercih sebebidir. Buna karşılık sistem tek noktaya göre daha karmaşık ve pahalıdır.

## 1.2 Çok Noktalı Enjeksiyon Sisteminde Motor Yönetim Parametreleri

### 1.2.1 Enjeksiyon Sürelerinin Ayarlanması

Dijital teknoloji, motorun hızına ve yük durumlarına bağlı olarak elektronik kontrol ünitesinin belleğinde saklanmış olan programlanmış haritalardan yararlanmak suretiyle en uygun düzeyde yakıt tüketimi ve performans elde etmeye olanak sağlamıştır.

Kontrol ünitesi, motorun üzerindeki yüke (devir sayısı ve hava akış oranı) dayanarak açık kalma süresini hesap etmek ve ayrıca akü voltajını ve motor soğutma suyu sıcaklığını göz önüne almak suretiyle enjektörleri çok yüksek bir hız ve hassasiyetle idare eder. Enjeksiyon, her bir silindir için sırasal bir düzende ve zaman ayarlı olup (enjeksiyon anı tüm silindirler için eş zamanlı değildir) en uygun enjeksiyon noktasına eş düşecek şekilde meydana gelir (Anonim 5, 2004).



Şekil 1.5 Elektronik Kontrollü Enjeksiyon Sistemi (Anonim5, 2004)

### 1.2.2 Ateşleme Avansının Ayarlanması

Elektronik kontrol ünitesi içerisinde programlanmış bulunan bir harita sayesinde motor yüküne, manifoldta emilen hava ve motor suyunun sıcaklığına göre avans ayarını hesaplama yeteneğine sahiptir. Ateşlemeyi ateşleme sırası gelen her bir silindir için

geciktirme olanağı mevcut olup bu durum, vurunu ve zamanlama sensörleri tarafından kaydedilen değerler yoluyla algılanır.

### **1.2.3 Soğukta Motorun alıştırılması Kontrolü**

Düşük sıcaklıklar, yakıt partikülleri arasındaki türbülansın kötü olması sonucu buharlaşmada azalma ve emme manifoldunun iç yüzeylerinde yakıtın yoğunlaşarak silindir içine girecek karışımın bozulmasına sebep olur. Elektronik kontrol ünitesi bu durumu fark ederek motor soğutma suyu sıcaklık sinyaline emilen havanın sıcaklığına, akü voltajına ve motor hızına göre enjeksiyon süresinde düzeltme yapar.

Soğuk motorda ateşleme avansı sadece devir sayısına ve motor soğutma suyunun sıcaklığına bağlıdır. alıştırma sırasında kontrol ünitesi tüm enjektörler için aynı anda meydana gelen bir enjeksiyonu kontrol eder ve volan üzerindeki referans tanındıktan sonra normal sırasal çalışmaya döner.

### **1.2.4 Hızlanma Sırasında Karışımın Zenginleştirilmesi Kontrolü**

Hızlanmaya gerek duyulduğunda, hava debisi sinyalindeki değişim daha önce ayarlanmış artışı aşarsa ve kontrol ünitesi sadece yeni gereksinimlere göre enjeksiyonu ayarlamakla kalmayıp, aynı zamanda gerekli sürata erişerek bunu daha da arttıracaktır. Daha önce ayarlanmış hıza yaklaşırken, enjeksiyondaki artış yavaş yavaş ortadan kaldırılır (Anonim 6, 2004).

### **1.2.5 Hız Azalması Sırasında Yakıtın Kesilmesi**

Kapalı kelebek durumu fark edilince ve motorun hızı 1700 d/d'dan daha yüksek olduğu zaman yakıt enjeksiyonu durdurulur. 1700 d/d'nın altındaki motor hızları için kesme fonksiyonu "en uygun seviyede sürülebilme" özelliğini devam ettirmek için çalışmaz.

Yakıtta besleme olmayınca, aracın sürüş koşullarına bağlı olarak motorun hızı süratle düşmeye başlar. Rölanti süratine erişmeden önce motor hızındaki azalışa ait dinamik

değerler kontrole tabi tutulurlar. Şayet belli bir değeri geçiyorlarsa, motorun rölanti hızında “yumuşak şekilde refakat” sağlanmasını içeren bir lojik devresine göre yakıt besleme kısmen tekrar başlar.

Bu duruma erişilince normal rölanti fonksiyonları tekrar harekete geçirilir, yavaşlama sırasındaki yakıt kesme işlemi motorun düzgün bir şekilde çalışmasını garanti altına almak için yeniden harekete geçer. Bu işlemler motorun sıcaklık derecelerine bağlıdır.

Motorda kısmi bir yavaşlama sırasında yani daha düşük motor yükleri gerekli olduğu zaman araya giren başka bir yakıt kesme lojik devresi de oluşturur.

### **1.2.6 Motor Rölanti Devrinin Kontrol ve Yönetimi**

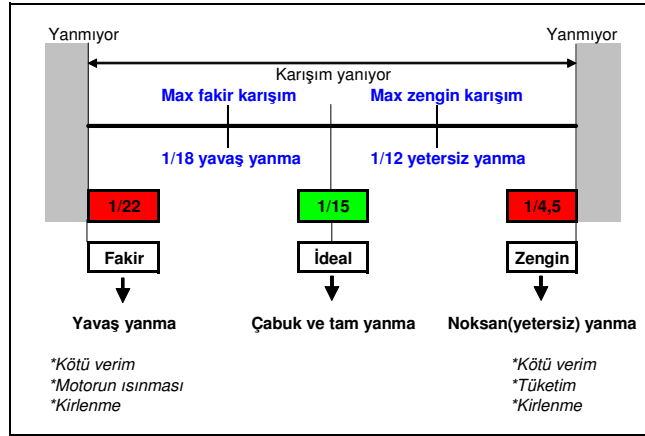
Her türlü çalışma koşulları altında rölanti hızının ayarlanması gaz kelebek valfi by-pass'ı üzerine etki eden rölanti hızı adım motoru ile kontrol edilmektedir.

Rölanti adım motoru, gerçek rölanti hız devrinin ayarlanmasına ilaveten, motordan güç çeken elemanların (klima kompresörü v.b) devreye girmesi durumunda rölanti devrinin 750 d/d'nın altına düşmesini engeller. Bu tiplere takılmış olan aktüvator by-pass kanalının açılması ve kapanması manyetik sargılarla kumanda edildiğinden dolayı, yüksek hassasiyetle çalışmaktadır. Rölanti düzeltilmesi sadece rölanti adım motoru vasıtasıyla değil aynı zamanda ateşleme avans açısının daha seri bir etkisi olduğu için, avans ayarlanması ile de yapılmaktadır (Anonim 6, 2004).

### **1.2.7 Lamda Sensörü ile Yanmanın Kontrolü**

Lamda sensörü kontrol ünitesine egzoz gazı içerisindeki oksijen miktarı ve bu sebeple de hava / yakıt oranının doğruluğu hakkında bilgi verir. Lamda katsayısı 1 olduğunda en uygun karışım elde edilir. Optimum karışım (stokiyometrik karışım) sensörün kontrol ünitesine gönderdiği elektrik sinyali, karışımın bileşimi  $\lambda=1$  durumundan farklılaşınca keskin bir değişime uğrar. Karışım “Fakir” ( $\lambda<1$ ) durumunda iken yakıt miktarını düşürür. Bu şekilde motor mümkün olduğu kadar ideal lamda değerine yakın olarak

çalışır. Kontrol ünitesinin içinde, özel bir entegratör tarafından, lamda sensörü sinyali değerlendirilir ve karışım konsantrasyonunu düzeltmek için enjeksiyon sürelerindeki çok ani değişimler önlenir. 300°C civarındaki doğru çalışma sıcaklığına süratle erişmesi için sensör elektrikli bir direnç vasıtasıyla ısıtılır. Bu sensör hava / yakıt oranının hassas bir şekilde düzenlenmesinde büyük rol oynar.



Şekil 1.6 Karışım Oranları (Anonim2, 2001)

### 1.2.8 Yakıt Buharının Geri Kazanılması

Standartlara göre kirletici olarak belirlenen yakıt buharları aktif kömürlü filtreye ve oradan da yakılması için motorun silindirlere doğru gönderilirler. Bu husus motor yük altında iken kontrol ünitesi tarafından çalıştırılan ve böylece motorun çalışması bozulmadan yanmasına olanak sağlayan selenoid valf vasıtasıyla yapılır.

### 1.2.9 Vuruntu Kontrolü

Vuruntunun mevcudiyeti, ilgili sensörlerden gelen sinyaller izlenerek takip edilir. Kontrol ünitesi, geri plandaki gürültüyü ve motorun eskimesini göz önünde tutarak devamlı şekilde değerini güncelleştiren bir eşik değeri ile sensörlerden gelen sinyali karşılaştırır. Böylece kontrol ünitesi vuruntu kayboluncaya kadar ateşleme avansını

düşürecek önlemler alır. Daha sonra avans ayarı yavaş yavaş temel değere ulaşincaya kadar bu işlem devam eder.

Vuruntu kontrol stratejisi aynı zamanda, motorun kendisinin içinde bulunduğu değişik koşullara uymak için devamlı olarak tekrarlanması gereken avans ayarındaki azaltma işlemlerinin belleğe alınmasını sağlayan, kendi kendine ayarlama fonksiyonu ile donatılmıştır.

### **1.2.10 Kam Mili Zamanlama Değiştiricisinin Kontrolü**

Kontrol ünitesi, motorun yük durumlarına bağlı olarak zamanlama değiştiricisine komuta eden selenoid valfin çalışmasını kontrol eder. Motor sıcaklığı 40°C yi aştığı zaman kelebek açısı 8° den daha büyük ve motorun devri rölanti hızından daha yüksek ve 4800 d/d'dan daha düşük olduğunda, kontrol ünitesi selenoid valfinin harekete geçme süresi her zaman için hareketini kesme süresinden daha düşüktür.

### **1.2.11 Sistemin Kendi Kendini Ayarlaması**

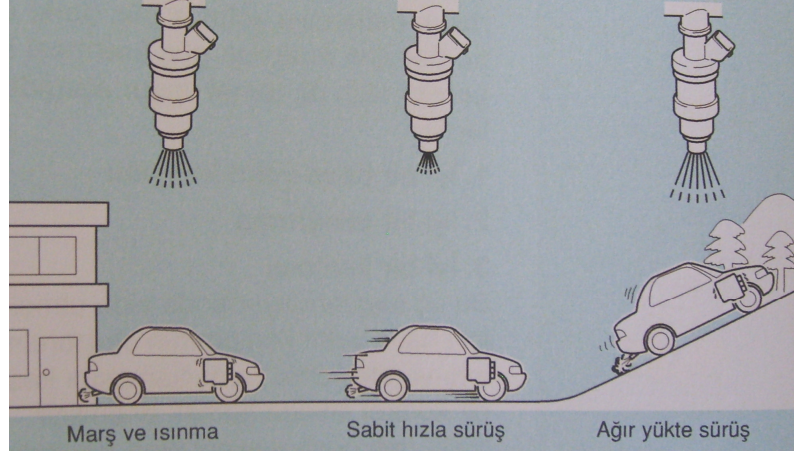
Kontrol ünitesi motorda yaşlanma dolayısıyla meydana gelen değişiklikleri algılama görevine sahip olan kendi kendine ayarlama fonksiyonu ile donatılmıştır. Bu değişiklikler temel haritadaki değişimler şeklinde bellekte depolanır ve yeni halde iken sahip olunan özelliklere kıyasla motor ve elemanlarındaki göreceli değişikliklere göre çalışma şekline adaptasyon sağlar. Bu şekildeki kendi kendine ayarlama fonksiyonu, değiştirilen yeni bir elemandaki kaçınılması mümkün olmayan farkların (üretim toleransları dolayısıyla) telafi edilmesine de olanak sağlar. Bu durum tüm araçların özel ayar ve kontrol işlemleri için aynı sonuçların alınmasına da olanak sağlar. Şayet kontrol ünitesi sökülürse kendi kendine ayar parametreleri kaybolur.

### **1.2.12 Elektronik Yakıt Enjeksiyonu**

Sistem, motorun ve aracın çalışma şartlarını saptamak için çeşitli sensörler kullanır. Bu sensörlerden gelen sinyallere uygun olarak EKÜ en iyi yakıt enjeksiyon hacmini



hesaplayıp uygun hacimde yakıtının enjekte edilmesi için enjektörleri çalıştırır (Yüce, 1997).



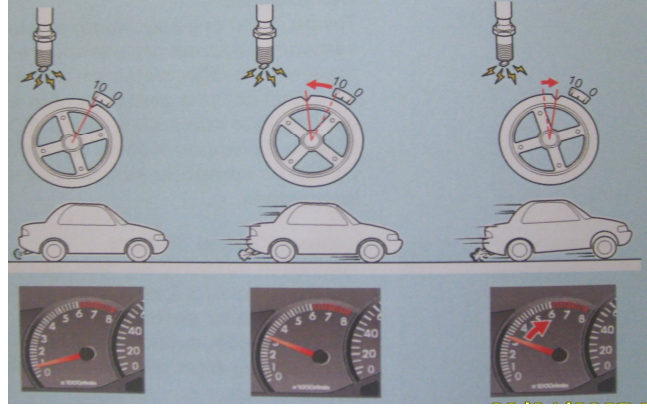
**Şekil 1.7** Yük Durumlarına Göre Yakıt Püskürtme

Normal sürüş sırasında en uygun motor çıkış gücünün, yakıt tüketimi ve egzoz gazı emisyon değerlerinin sağlanabilmesi için motor EKÜ'sü yakıt enjeksiyon hacmine karar verir ve teorik hava / yakıt oranını elde eder.

Diğer zamanlarda, mesela motorun ısıtılmasında veya hızlanmada, hız kesme veya ağır yüklü sürüş şartlarında, motor EKÜ'sü çeşitli sensörlerin yardımıyla bu çalışma koşullarını saptayarak her zaman en ideal hava / yakıt karışım oranını sağlamak için yakıt enjeksiyon hacmini düzeltir.

### **1.2.13 Elektronik Avans Mekanizması**

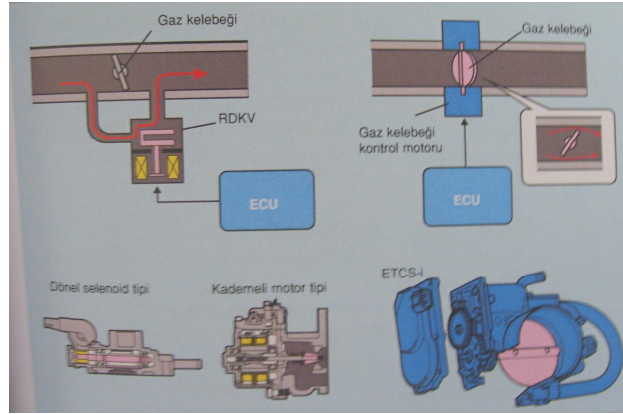
Elektronik avans sistemi çeşitli sensörlerden aldığı sinyallere dayanarak motor şartlarını saptar ve bujileri uygun zamanlamada kıvılcım üretecek şekilde kontrol altında tutar. Motor devrini ve motor yükünü temel alarak ateşleme zamanını tam hassasiyetle kontrol altında tutar, böylece motor çıkış gücünü artırarak egzoz gaz emisyonlarını azaltır ve vuruntuyu etkili bir şekilde önler.



Şekil 1.8 Elektronik Avans Mekanizması (Anonim5, 2004)

### 1.2.14 Rölanti Devri Kontrolü

Sistem rölanti devrini değişken şartlar altında (motorun ısınması, elektriksel yük v.b) her zaman uygun olacak halde kontrol eder. Yakıt tüketimini ve gürültüyü en aza indirmek için, motor istikrarlı bir devri korurken, aynı zamanda mümkün olan en düşük devirde çalışmalıdır.

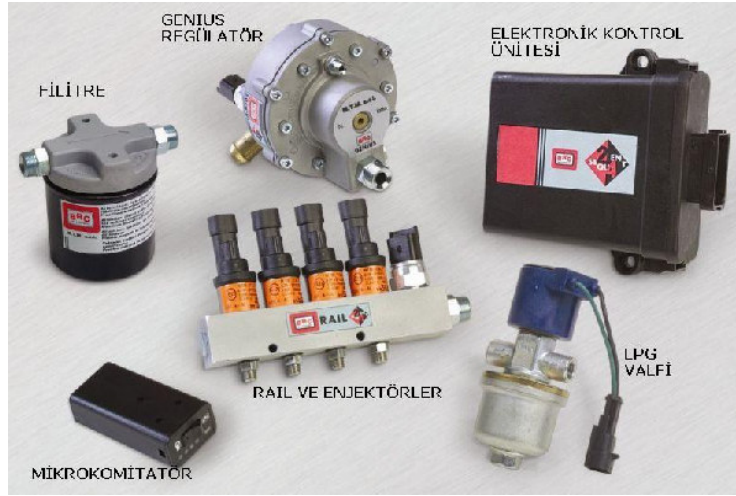


Şekil 1.9 Rölanti Devri Kontrol Valfi (Anonim5, 2004)

### 1.3 LPG Enjeksiyon Sistemi

Teknoloji ilerledikçe otomobillerde elektronik sistemlerin kullanımı hızla artmaktadır. LPG gaz yakıt sistemleri günümüz teknolojisinde enjeksiyonlu araçlarda kullanılmaktadır. Karbüratörlü tip motorlara göre enjeksiyonlu motorlar yakıt tasarrufu bakımından daha ekonomiktir. Bu özelliklerinden dolayı enjeksiyonlu araçlarda LPG uygulamaları teknolojik bakımdan karbüratörlü araçlardan daha verimlidir.

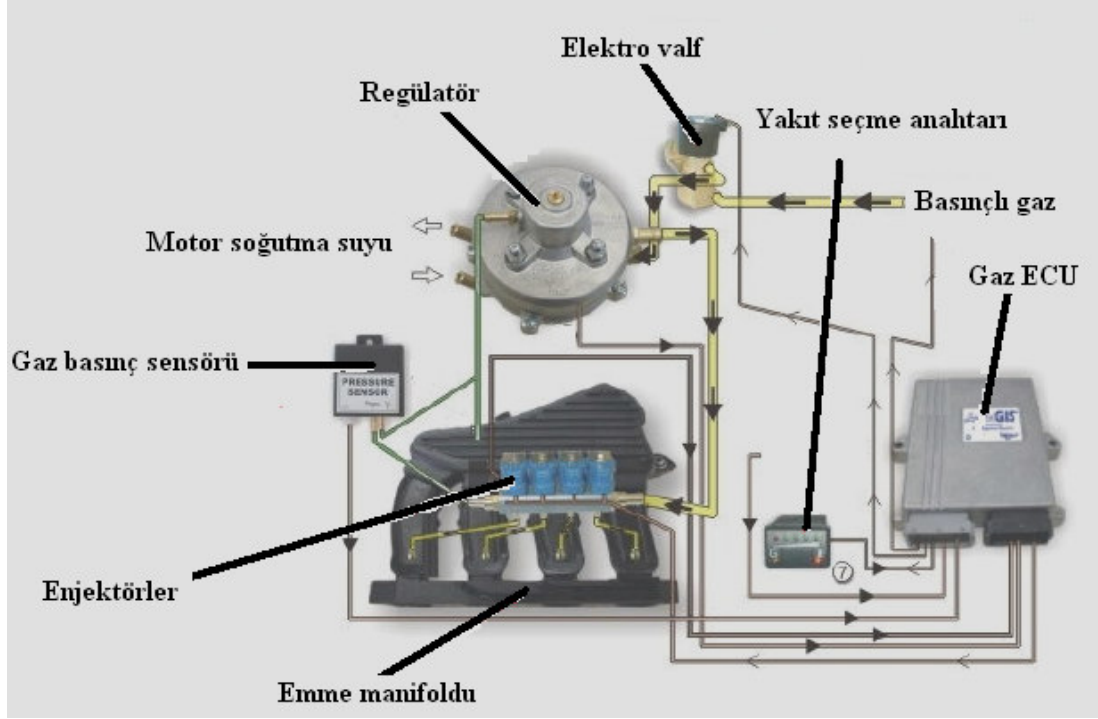
Enjeksiyonlu sistemlerde LPG kontrolü elektronik olarak yapılmaktadır. Benzin enjeksiyonlu sistemlerde, enjektörler vasıtası ile emme manifoldunun içine enjeksiyon sırasına göre püskürtülmektedir. Elektronik gaz enjeksiyonunda aynı tip enjektörler ile emme manifoldunun içine LPG'nin elektronik olarak püskürtülmesidir (Ergeneman, Soruşbay, 1996).



**Resim 1.1** LPG Enjeksiyon Sistemi Parçaları [10]

Elektronik LPG enjeksiyonunun çalışması için LPG anahtarının olması yeterlidir. Enjeksiyonlu motor LPG ile çalışması sırasında benzin elektro valfi, benzinin yakıt tüpüne gelmesini engellemektedir. Aynı zamanda benzin deposunun içerisinde bulunan elektrikli pompanın çalışması da durdurulmaktadır. Sistem LPG ile çalışması esnasında benzin enjektörlerinin boşa çalışmaması için sisteme emilatör takılmaktadır. Emilatör,

motorun kendi elektronik kontrol ünitesinden (EKÜ) benzin enjektörlerine giden sinyaller yollayarak gaz enjektörlerinin tıpkı benzin enjektörleri gibi çalışması sağlanmaktadır. Bu çalışma hiçbir zaman bire bir aynı anda olmamaktadır



Şekil 1.10 LPG Enjeksiyon Sistemi [10]

Motor benzin ile çalıştırılmak istenirse LPG anahtarı kapatılarak, LPG gaz deposundan gelen gazın yolu elektronik valfler ile kapatılır. Emilatör devre dışı kalarak benzin enjektörlerinin çalışmasını sağlar. Benzin elektro valfi benzin yolunu açar ve benzin pompası çalışır. Motorun normal olarak benzin ile çalışması sağlanır. LPG enjeksiyon sisteminde emme manifolduna püskürtülen gazın miktarının ayarlanması benzin enjektörlerinin açılma kapanma anına göre ayarlanmaktadır.

### 1.3.1 LPG'nin Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı ve Özellikleri

Kolay temini, teknoloji ve endüstrideki ilerlemeler, ekonomik ve çevreyle ilgili zorluklar, tüm dünyada ve Türkiye de LPG'nin otomotiv sektöründe kullanımının hızla gelişmesinin zeminini hazırlamıştır. LPG, bütan ( $C_4H_{10}$ ) ve propan ( $C_3H_8$ )'nın belirli

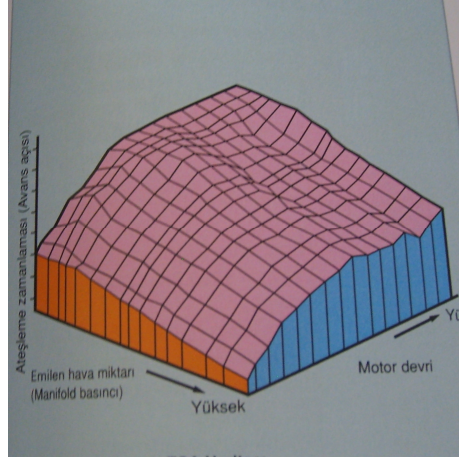
oranlardaki karışımından oluşur. Liquefied Petroleum Gases kelimelerinin baş harfleri ile ifade edilir. Dünyadaki LPG üretiminin %61'i doğalgaz, %39'u ise rafineri üretiminden elde edilmektedir (Anonim 3, 1999).

LPG yakıt emisyonları yönünden diğer yakıtlara göre daha temizdir. Özellikle CO emisyonları benzine göre daha düşük değerlere inerken HC ve NO<sub>x</sub> miktarındaki düşüş az olmaktadır. LPG yakıtı içinde, kurşunsuz benzine, oktan sayısını artırmak için katılan kurşun tetra etil [Pb(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>] bulunmamaktadır. Bu durum LPG yakıtının egzozdaki kirletici emisyonlarının azalmasını sağlamaktadır. Yakıt içerisinde kükürt olmaması nedeniyle, kükürtoksit emisyonu da söz konusu değildir. Ayrıca dizel motorlarında görülen is ve partikül emisyonları da oluşmaz.

Buji ile ateşlemeli motorlarda yanma olayının motor performansı ve motor elemanlarına olası etkileri incelendiğinde, motor çevriminin, benzin ve LPG yakıtları için çeşitli çalışma koşullarında hesaplanabildiği bir termodinamik çevrim modeli geliştirilmiştir. Benzin Enjeksiyonunda söz konusu olan motor parametreleri LPG enjeksiyonunda da aynen geçerlidir. Propan ve bütanın kendiliğinden tutuşma sıcaklığı benzine göre daha yüksektir. Bu nedenden dolayı LPG yakıtının uygun emisyon değerleri için daha fazla ateşleme avansı gerekmektedir (Sayın, v.d., 2005).

### **1.3.2 LPG'nin Çift Yakıtlı Çalışmaya Uyarlanması**

Günümüzde üçüncü nesil gaz yakıt sistemleri, tıpkı benzin enjeksiyon sistemleri gibi tamamen elektronik olarak kontrol edilebilmektedir. Motor hangi yakıt türünü ne zaman kullanacağına EKÜ vasıtası ile kendisi karar vermekte ve sürücünün müdahalelerini tamamen ortadan kaldırmaktadır. Günümüz LPG yakıt sistemlerinde Ateşleme avansı tıpkı benzinde olduğu gibi EKÜ'ye yüklenen ESA haritaları ile kontrol edilmektedir.



**Şekil 1.11** ESA Haritası

#### 1.4 Literatür Özeti

Bayraktar, ve Durgun, çalışmalarında, buji ile ateşlemeli motorlarda yanma olayının motor performansı ve motor elemanlarına olası etkilerini teorik olarak incelemiştir. Benzin ve LPG'nin aynı ekilavans oranında bir taşıt motorunda kullanılması durumunda, çeşitli çalışma koşulları için yapılan hesaplar sonucu, LPG ile elde edilen CO ve NO mol oranları benzin ile elde edilenlerden daha düşük çıkmıştır (Bayraktar, Durgun,1999).

İçingür, ve Haksever, buji ile ateşlemeli benzinli bir motorda LPG yakıt sistemi dönüşümü yapmış ve emisyon karakteristiklerini incelemiştir. Bu çalışmada, gerek CO ve gerekse HC değerlerine göre LPG yakıtlı çalışma şartlarının benzine göre daha iyi olduğu görülmüştür. Fakat LPG dönüşüm sistemlerinin kendi aralarındaki farklılıklardan dolayı emisyonlar arasında da farklılık oluşturmuştur (İçingür, Haksever, 1998).

Latusek, ve Burrham, yaptıkları çalışmada iki ve dört zamanlı motorlarda, benzin ve sıvılaştırılmış petrol gazı yakıtını deneyerek emisyon değerlerini karşılaştırmışlardır. HC + NO<sub>x</sub> emisyonları %19,6 ve CO emisyonları %27,4 oranında azalmıştır. Propan ve bütanın kendiliğinden tutuşma sıcaklığı benzine göre daha yüksektir. Bu nedenden

dolayı LPG yakıtının uygun emisyon değerleri için daha fazla ateşleme avansı gerektirmiştir. Ateşleme zaman ayarı ile NO<sub>x</sub> emisyonları artış eğilimi göstermiştir (Latusek, Burrham, 1993).

Polat, dört zamanlı, dört silindirli, bir benzin motorunu LPG ile çalışacak şekilde dönüşümünü yaparak, performans ve emisyon davranışlarını incelemiş ve benzinle çalışması durumunda elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Performansta bir değişim olmamasına karşın CO ve HC emisyonlarında azalma görülmüştür (Polat, 1998).

Salman, Batmaz, İcingür, LPG ve Benzin ile çalışan taşıtları şasi dinamometresi üzerinde yol şartları simüle edilerek teste tabi tutmuştur. Test sırasında egzoz emisyonları ve taşıt performansları karşılaştırılmıştır. Motor LPG ile çalıştırıldığı zaman maksimum tekerlek gücündeki azalma % 5.5 bulunmuştur (Salman, Batmaz, İcingür, 2000).

Sayın, Çanakçı, Kılıçaslan, yaptıkları çalışmada benzinli, dört zamanlı, dört silindirli bir motorda Benzin + LPG kullanımının performans ve emisyona etkisini incelemişlerdir. Çift yakıtlı çalışma ile yapılan deneylerde egzoz emisyonları (CO ve HC) tüm motor yük ve hızlarında tek yakıtla elde edilen egzoz emisyonlarından daha düşük olmakta ve motor performansı çok etkilenmemektedir (Sayın, Çanakçı, Kılıçaslan, 2005).

Gizir, LPG'nin otto motorlarında kullanılabilirliği ve motor performansına etkileri konusunda bir çalışma yapmıştır. Çeşitli alkol oranlarında ve gaz keleşi açıklığında motor performans testleri ve egzoz gazı analizleri yapmıştır. Sıvılaştırılmış petrol gazının buharlaşmak için daha çok ısı aldığından motorun fazla ısınmasına engel olduğunu, % 100 gaz yakıt kullanıldığında motorlarda dizayn değişikliği yapılması gerektiğini, ayrıca dış hava basıncına, sıcaklığına deney esnasında dikkat edilmesi gerektiğini belirtmiştir (Gizir,1998).

Çeviköz, Alternatif motor yakıtları ve LPG'nin motor yakıtı olarak benzinli motorlarda kullanımını ve benzin yakıtı ile deneysel olarak karşılaştırılması konusunda çalışmalarda

bulunmuş, yeni bir yakıt – hava ön karışım modeli geliştirmeyi hedeflemiştir. Yapılan deneyler sonucunda, deney motorunun benzin ile çalıştırılması ile ulaşılan performans değerine LPG ile ulaşamadığını, karışım modeli fikrinin ise başarı ile sonuçlandığını tespit etmiştir (Çeviköz, 1996).

Tofaş tarafından üretilen benzin ve LPG ile çalışan motorlu taşıtların katalog değerlerinde, benzinde 68.7 kW, LPG ile çalışma durumunda aynı devirde 65 kW olarak verilmiştir. LPG fiyatları dikkate alındığında ekonomik yönden tercih nedenidir (Anonim 4, 1997).

Bayındır, İlkılıç, ve Sarsılmaz, yaptıkları araştırmada, aynı çalışma koşullarında LPG'nin benzine nazaran üniform bir hava / yakıt karışımı sağladığını ve yanmanın stokiometrik oranda temiz egzoz çıktısı verdiğini belirtmişlerdir. LPG üniform hava / yakıt karışımı sağlaması ve ısı değerinin benzine yakın olması nedeniyle yaklaşık olarak %10 oranında yakıt tüketiminde bir düşüş sağladığını tespit etmişlerdir (Bayındır, İlkılıç, Sarsılmaz, 1997).

Anket, “LPG ve benzin kullanımının taşıt performansına etkisinin deneysel olarak incelenmesi” isimli bir çalışma yapmıştır. Yaptığı bu çalışmada dokuz farklı aracın, LPG ve benzinde ayrı ayrı olmak üzere, şasi dinamometresinde motor ve tekerlek güçlerini ölçmüş ve LPG'de motor ve tekerlek gücünde %10 düşüş olduğunu ortaya koymuştur (Anket,1999).

### **1.5 Amaç ve Kapsam**

Yüksek performans elde edilen benzin enjeksiyon sistemlerine paralel olarak gelişen LPG enjeksiyon sistemlerinin motor-taşıt performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi merak konusu olmuştur. LPG enjeksiyon sistemlerinin taşıt performansı üzerindeki etkisinin belirlenmesi için şasi dinamometresi ile taşıt performans eğrilerinin elde edilmesi ve egzoz emisyonlarının analizi yapılmıştır. Günümüz taşıtlarında kullanılan benzin enjeksiyon sistemi ile LPG enjeksiyon sisteminin performans yönünden karşılaştırılması ve deneysel metotlarla incelenmesi amaçlanmıştır.



## 2. MATERYAL VE METOD

Deneyle Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Ana Bilim Dalı Laboratuvarında yapılmıştır. Deney ekipmanı olarak Resim 2.1'de verilen HTP 6100 model şasi dinamometresi kullanılmıştır.



**Resim 2.1** Şasi Dinamometresinin Genel Görünümü

### 2.1 Deney Aracının Özellikleri

Deney aracı olarak dört silindri, benzinli çok noktadan enjeksiyonlu 16 valf motora sahip Opel Astra serisi taşıt seçilmiştir. Bu taşıt çok noktadan enjeksiyonlu motora sahiptir. Motorda sonradan takılmış püskürtmeli ATİKER marka LPG sistemi mevcuttur. Deney aracının teknik özellikleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

**Çizelge 2.1** Teknik Özellikler

<b>Motor cinsi</b>	<b>Opel ECOTEC</b>
İmalat Tarihi	1996
Çalışma Türü	4 zamanlı enjeksiyonlu
Silindir Sayısı	4 silindirli sıra tipi
Toplam Silindir Hacmi	1600 cc
Rölanti Devri	900 d/d
Sıkıştırma Oranı	8:1
Maksimum Moment	120 Nm (3500 d/d)
Maksimum Güç	74 kW (5400 d/d)
Ateşleme Sırası	1 - 3 - 4 - 2
Soğutma Şekli	Su soğutmalı
Yakıt Türü	LPG + Benzin
Araç Çekiş Tipi	Önden çekişli

## **2.2 Şasi Dinamometresi ve Özellikleri**

Deneyler HTP 6100 model şasi dinamometresi kullanılarak yapılmıştır. Resim 2.1’de genel görünüşü verilen dinamometrenin Çizelge 2.2’de performans özellikleri ve mekanik özellikleri verilmiştir.

- Tekerlek gücü ölçümü yapılır.
- Tamburların özel dizaynı ile araç ön aksamına minimum zarar verir.
- Pnömatik kaldırma sistemi harekete geçtiğinde tamburlar kilitlenir.
- Emniyet ekipmanları ile pnömatik sistemin, performans testi esnasında oluşabilecek hareketi önlenmiş olur.
- Sağ ve sol tamburlar arasında bulunan, pnömatik sistem tarafından (aşağı-yukarı) hareketi sağlanan rampalar ile aracın diferansiyeline ya da kartere gelecek zarar önlenmiş olur.

**Çizelge 2.2** Dinamometrenin Performans ve Mekanik Özellikleri

<b>Performans</b>	
Maksimum hız	300 km /h
Maksimum yutulabilir güç	800 HP
Maksimum ölçülebilir güç	1000 HP
Maksimum çekiş gücü	16000 HP
<b>Mekanik özellikler</b>	
Tamburların çapı	400 mm
Tamburların genişliği	700 mm
Boyutlar	3470 x 5300 mm
Yerden yükseklik	460 mm

### 2.3 Egzoz Gaz Analiz Cihazı

Deneylerde CAPELEC marka CAP 3200 model egzoz gaz analiz cihazı kullanılmıştır. Deneyde kullanılan gaz analiz cihazı Resim 2.2’de görülmektedir.



**Resim 2.2** Capelec Marka Egzoz Gaz Analiz Cihazı

## 2.4 Soğutucu Fanlar

Deneyleerde yol rüzgarı sağlamak, lastikleri soğutmak ve motorun düzenli çalışması için gerekli olan havayı temin etmek amacıyla Resim 2.3’de gösterilen soğutucu fanlar kullanılmıştır. Soğutucuların teknik özellikleri Çizelge 2.3’de verilmiştir.



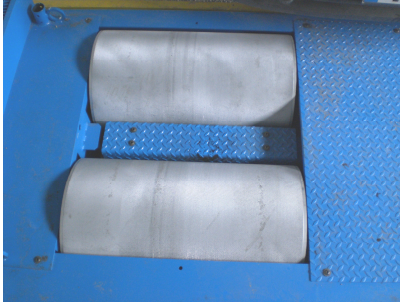
**Resim 2.3** Soğutucu Fanlar

**Çizelge 2.3** Teknik Özellikler

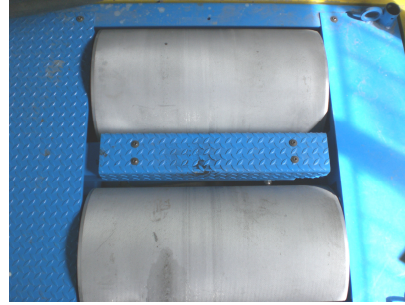
Pervane Çapları	400 mm
Davlumbaz Çapları	600 mm
Motor Güçleri	2 HP
Motor Devirleri	1500 (d/d)
Çalışma Voltajları	380 Volt

## 2.5 HTP 6100 Şasi Dinamometresinin Kullanılması

- 1- Şasi dinamometresi bilgisayarını çalıştırmak için gerekli elektrik bağlantısı yapılır.
- 2- Deney setinin parçalarından olan kompresör, sistemde basınçlı havayı temin eder. Şasi dinamometresinin, tamburlar arasındaki rampaların yükseltilip indirilmesi için gerekli olan hava kompresör çalıştırılarak temin edilir ve havanın depolanması sağlanır.
- 3- Bilgisayarın tüm bağlantı kabloları takıldıktan sonra (mouse-klavye-yazıcı) bilgisayar çalıştırılır, sicoba programı açılır. Tamburlar arasındaki rampaların inip kalkması için programa giriş yapmak şarttır.
- 4- Tamburlar arasındaki rampa Resim 2.4'de görüldüğü gibi normal durumda aşağıdadır. Klavyedeki F6 tuşu kullanılarak, Resim 2.5'de görüldüğü gibi havaya kaldırılır.



**Resim 2.4** Rampa Aşağıda



**Resim 2.5** Rampa Yukarıda

- 5- Deney taşıtı lastik hava basınçları kontrol edilerek Resim 2.6'da görüldüğü gibi tamburlar arasındaki rampa yükseltilip taşıt tamburlar üzerine alınır. Taşıtın lastiklerinin tamburları ortalamasına dikkat edilmelidir.



**Resim 2.6** Taşıtın Şasi Dinamometresine Girişi

6- Taşıt tamburlar üzerine alındıktan sonra tekrar F6 tuşuna basılarak rampalar aşağıya indirilir.



**Resim 2.7** Tekerlek Pozisyonu

7- Resim 2.8’de görüldüğü gibi tekerlekler tamburlar üzerine tam olarak oturur. Fanlar ara kablo bağlantıları yapılarak aracın tam karşısına yerleştirilir. Fanlar çalıştığı zaman arkaya doğru hareket etmesinler diye fanların arkasına bir engel konulur. Fanlar 1500 d/d ile çalıştığından dolayı fanlar çalışırken pervane bölgesine herhangi bir cisim yaklaştırılmamalıdır.



**Resim 2.8** Fan ve Taşıtın Konumu

8- Taşıtın ön tarafı ile fanlar arasındaki mesafe Resim 2.9’da görüldüğü gibi 70 cm veya duruma göre daha az olmalıdır. Eğer rüzgârın tam olarak aracın altına girip lastiklerin daha iyi soğutulması isteniyorsa ön tampon sökülebilir.



**Resim 2.9** Fanlar ve Taşıt Arası Mesafe

9- Taşıt, bağlama kemerleri ile dinamometre üzerinde bulunan demir halkalara bağlanır. Bağlantı kemerleri alt salıncakta uygun bir yerden geçirildikten sonra halkalara bağlanır ve kemerlerin boşluğu alınır. Boşluk alma işlemi aracın yüksek hızlarda sağa sola hareket etmemesi, dolayısıyla güvenlik açısından çok önemlidir.

10- Bütün bu anlatılan işlemler yapıldıktan sonra Resim 2.8’de ki genel görünüm elde edilir.

11- Ölçümlerden önce, motor çalıştırılarak çalışma sıcaklığına getirilmiştir. İlk olarak motor devir göstergesi ile dinamometre devir göstergesi kalibre edilerek dinamometre yazılımının aracın devir metresini hafızasına alması sağlanmıştır.

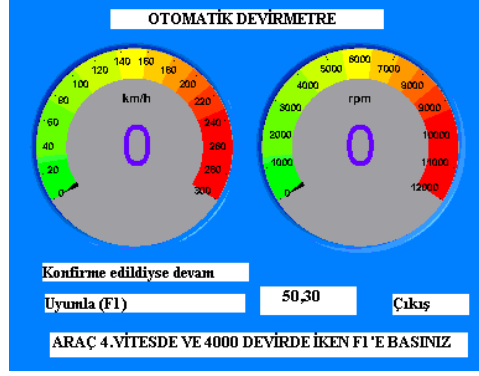
12- Aracın modeli, plaka numarası, müşteri adı, operatör adı, silindir hacmi, yakıt türü, motor tipi, devir metre türü, çekiş türü bilgileri girilmiştir. Bu ekran Şekil 2.1’de görülmektedir.

SETTING OF TEST SESSION	
22.03.2008 Cumartesi	
Vehicle model (F1):	Opel Astra F
Number plate (F2):	45 SK 933
Customer (F3):	MURAT NERGİZ
Operator (F4):	MURAT NERGİZ
Displacement (F5):	1600
Fuel (F6):	Petrol
Engine type (F7):	Atmospheric
Rev meter (F8):	Automatic
Drive (F9):	Front
Scales and Units	
Cancel (Esc) Next (Enter)	
INTRODUCTION OF DATA SESSION	

Şekil 2.1 Bilgi Ekranı

13- Araç bilgileri girildikten sonra devir metre kalibrasyonu işlemine geçilir. Bu işlem çok önemlidir. Bilgisayar programının aracı tanınması için devir metre kalibrasyonu şarttır. Bunun için operatör tarafından araç çalıştırılır ve 4.viteste aracın 4000 d/d'ya gelmesi sağlanır. Bu esnada klavyeden F1 tuşuna basılarak bilgisayar devir metresinin aracın devir metresini tanınması (kalibrasyonu) sağlanır.





**Şekil 2.2** Kalibrasyon Ekranı

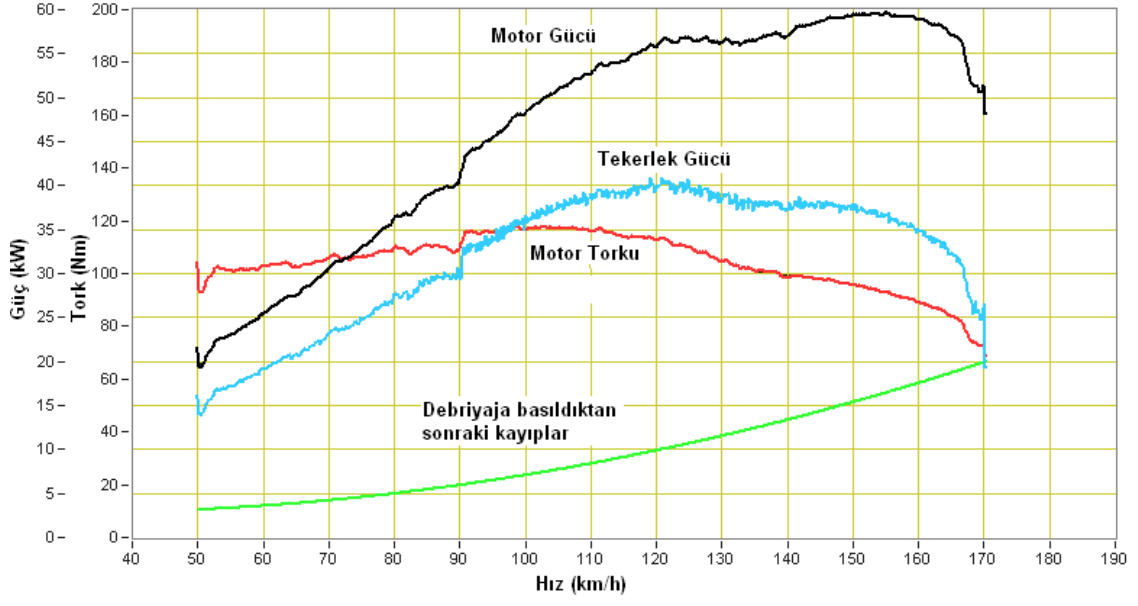
14- Kalibrasyon ayarı tamamlandıktan sonra tekerlek gücü ölçümüne geçilmiştir. Taşıt dinamometreye güvenli bir şekilde bağlanarak Resim 2.8’de verilen düzenek elde edilmiştir. Taşıt 50-100 km/saat arasında dördüncü vites de tam gaz durumunda 12.4 saniyede ivmelendirilerek benzinde ve LPG’de ayrı ayrı motor ve tekerlek güçleri ölçülmüştür.

## 2.6 Yapılan Ölçümler

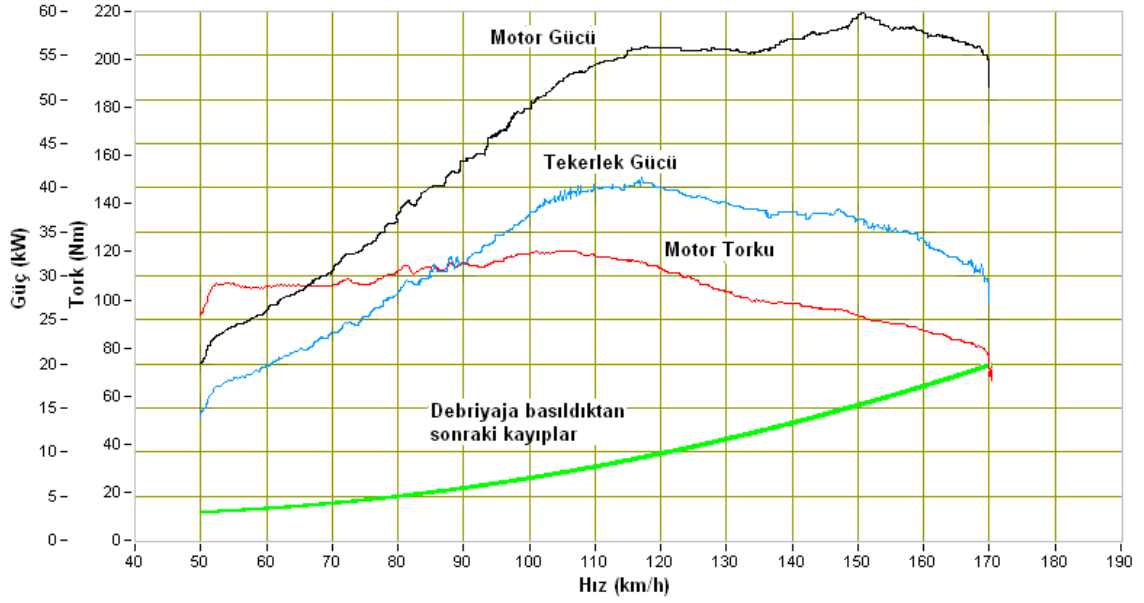
### 2.6.1 Motor Gücünün ve Tekerlek Gücünün Ölçümü

Taşıt operatör tarafından 4. viteste tam gaz konumuna getirilmiştir. Bu esnada motor devri 6500 d/d ve hız göstergesi 170 km/saat olarak okunmuştur. Bilgisayar monitöründe “debriyaj pedalına basınız” mesajı okununca operatör tarafından debriyaja basılmış ve tekerleklerin kendi kendine durması beklenmiştir. Yavaşlama esnasında kesinlikle frene basılmamalıdır.

Bu deney araç benzin ile çalışırken ve araç LPG ile çalışırken ayrı ayrı olarak yapılmıştır. Her iki yakıtta da ölçülen motor ve teker güçleri Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’de gösterildiği gibi kaydedilmiştir.



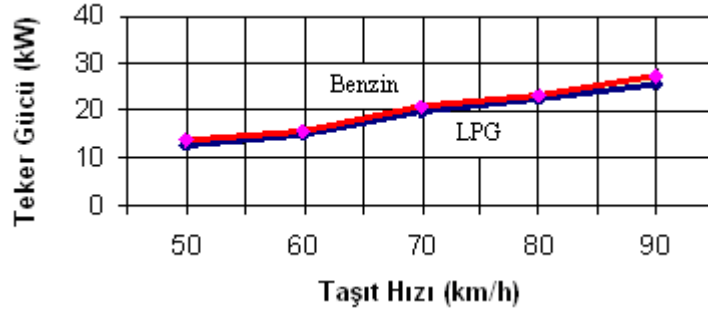
Şekil 2.3 LPG için Taşıt Performans Eğrileri



Şekil 2.4 Benzin için Taşıt Performans Eğrileri

## 2.6.2 Sabit Hızlardaki Tekerlek Gücünün Ölçümü

Taşıt 50-60-70-80-90 km/saat olmak üzere beş farklı hızda, yol şartlarında simüle edilerek bu hızlardaki tekerleklerde oluşan güç ölçülmüştür. Bu deney araç hem benzinle çalışırken hem de LPG ile çalışırken yapılmış, ölçülen değerler ayrı ayrı kaydedilmiştir. Bu deney sonunda Şekil 2.5’de görülen değerler elde edilmiştir.



Şekil 2.5 LPG ve Benzin İçin Sabit Hızlardaki Tekerlek Gücü

## 2.6.3 Takometre Kontrolü

Taşıt 50-60-70-80-90 km/saat olmak üzere beş farklı hızda yol şartlarında simüle edilerek bu hızlardaki “Gerçek anlık hız” değerleri ölçülmüştür. Bu deneyde yakıt türü önemli olmadığı için motor sadece LPG ile çalışırken yapılmıştır. Çizelge 2.4’de gösterilen değerler elde edilmiştir.

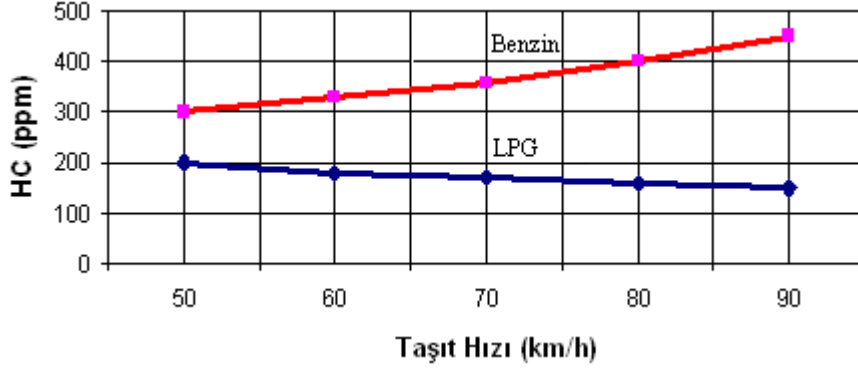
Çizelge 2.4 Takometre Kontrolü

Gerçekleşen Hız (km/h)	Araç Göstergesinde Okunan Hız (km/h)	Fark (km/h)
50	54	-4
60	64.2	-4,2
70	73	-3
80	84	-4
90	92	-2

## 2.6.4 Egzoz Emisyonları

### 2.6.4.1 Hidrokarbon (HC) Emisyonları

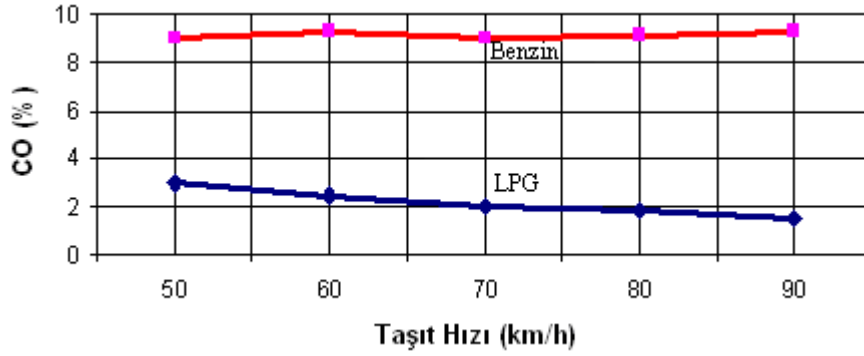
Şekil 2.6'da LPG ve Benzin için değişik taşıt hızlarındaki hidrokarbon emisyon değerleri gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Hidrokarbon Emisyonu

### 2.6.4.2 Karbonmonoksit (CO) Emisyonları

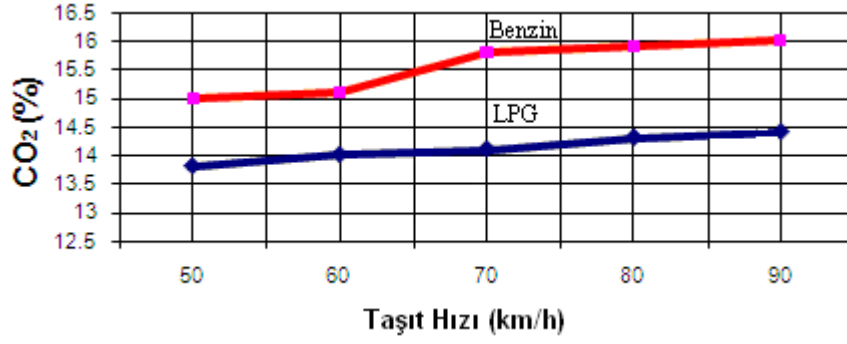
Şekil 2.7'de LPG ve Benzin için Karbonmonoksit emisyon değerleri gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Karbonmonoksit (CO) Emisyonları

### 2.6.4.3 Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) Emisyonları

Şekil 2.8'de LPG ve Benzin için Karbondioksit emisyon değerleri gösterilmiştir.

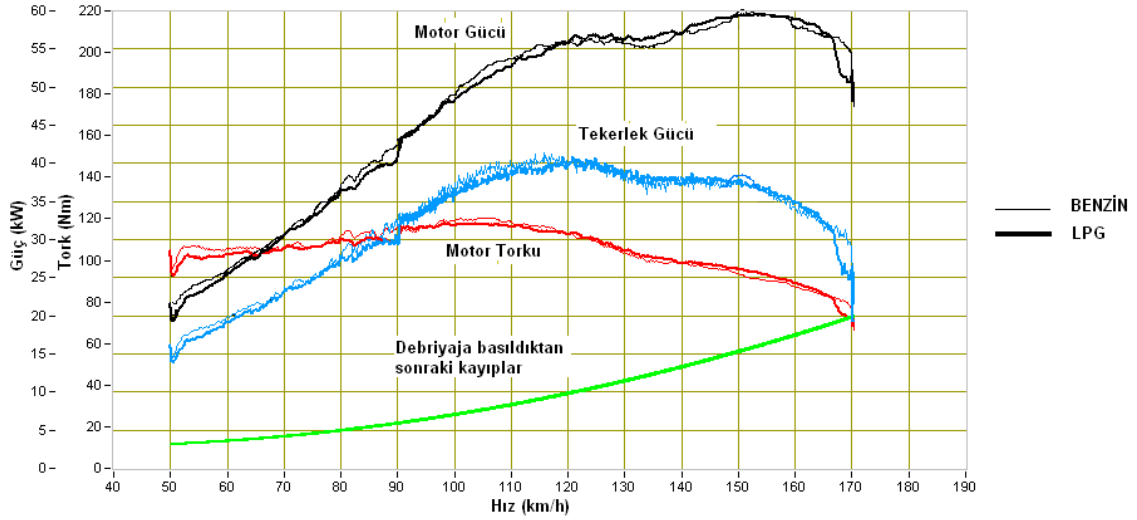


Şekil 2.8 Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) Emisyonları

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1 Taşıt Performans Eğrilerinin Değerlendirilmesi

Yakıt türüne bağlı olarak taşıt performans eğrilerinin değişimi, Şekil 3.1’de grafiksel ve Çizelge 3.1’de ise sayısal değer olarak birlikte verilmiştir.



Şekil 3.1 LPG - Benzin Taşıt Performans Eğrilerinin Karşılaştırılması

Çizelge 3.1 LPG - Benzin Taşıt Performans Eğrilerinin Karşılaştırılması

LPG				BENZİN			
Hız	Devir	Şaft Gücü	Tork	Hız	Devir	Şaft Gücü	Tork
50	1974	21,6	104	50	1974	21,8	105
60	2368	25,4	103	60	2368	26,2	105
70	2763	30,7	106	70	2763	30,7	106
80	3158	36,4	110	80	3158	37,0	112
90	3553	41,0	110	90	3553	43,1	116
100	3947	48,2	117	100	3947	49,1	119
110	4342	52,8	116	110	4342	53,9	119
120	4737	55,8	112	120	4737	55,9	113
130	5132	56,3	105	130	5132	55,7	104
140	5526	57,0	99	140	5526	57,0	98
150	5921	58,0	96	150	5921	60,0	94
160	6316	58,0	89	160	6316	57,7	87
170	6711	51,3	73	170	6711	53,2	76

Şekil 3.1 ve Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi verilen devir aralıklarında ve aynı şartlarda çok noktadan benzin enjeksiyonlu sistem, çok noktadan LPG enjeksiyonlu sisteme göre daha fazla motor gücü üremekte ve tekerleklere daha fazla güç iletmektedir. Ancak 5000 d/d sonra LPG de motor gücü artmakta, tekerleklere daha fazla güç aktarılmakta ve bu değer 5900 d/d ve 155 km/saat’ten sonra düşüşe geçmektedir. Bu sınırdan ise gaz keleşbeği (4/4) açıklık pozisyonunda ve gaz pedalı sonuna kadar basılı durumdadır.

Maksimum güç 5900 d/d benzinde 60 kW, LPG’de ise yine aynı devirde 58 kW olarak ölçülmüştür. Aynı yol şartlarında ortalama değer olarak LPG’de yaklaşık %3 güç kaybı ortaya çıkmıştır.

Motorun momenti ve gücü her çevrimde silindire alınan dolgu miktarı ile doğru orantılıdır. Düşük devirlerde silindir içine alınan dolgu miktarı azdır. Tasarıma bağlı olarak belli bir devire kadar içeri giren dolgu miktarı artmakta ve buna paralel olarak moment ve güç artmaktadır. Belli bir devirden sonra supapların açık kalma süreleri kısalacağından dolayı içeri giren dolgu miktarı azalmaya başlar yani volümetrik verim düşer. Buna bağlı olarak moment ve güçte düşme görülür.

Motorun çalışması esnasında, motor 5000 d/d iken soğutma suyu sıcaklığı 95°C dir (hararet göstergesinden okunan değer). LPG dönüştürücü regülâtörün aşırı ısınmasından dolayı LPG’nin sıvı fazdan gaz fazına geçmesi daha çabuk olması ve hava ile daha iyi karışmış olacağı bunun sonucunda da 5000 d/d’dan sonra LPG’nin benzine göre azda olsa fazla güç üreteceği düşünölmektedir.

Ayrıca, motor gücü ve tekerlekteki faydalı güç; motor momenti ve motor devrindeki artışa bağlı olarak artmaktadır. Motor gücündeki artış karışım oranı ile yakından alakalıdır. Karışım oranı fakirden zengine doğru gittikçe motor gücünde artmaktadır. LPG püskürtme, benzin püskürtmeye göre 5000 d/d’dan sonra gaz keleşbeğinin tam açıklık konumunda daha zengin karışım oluşturduğu ve motor gücünün bu devirden sonra daha yüksek olduğu düşünölmektedir.

### **3.2 Sabit Hızlarda Tekerlek Gücünün Ölçümü**

Çok noktadan benzinli enjeksiyon sistemi ile çok noktadan LPG enjeksiyon sisteminin değişik hızlarda, tekerleklerde meydana gelen güçlere göre kıyaslandığında, benzinli enjeksiyon sisteminin LPG'li enjeksiyon sistemine göre daha fazla güç ilettiği Şekil 2.5 de görülmektedir. Motor gücünün de, benzinli sistemde yüksek çıktığı göz önüne alınırsa, sürtünme ve mekanik kayıpların iki durumda da eşit olduğu bilindiğine göre seçilen değişik hızlardaki tekerlek gücünün daha fazla çıkması mantıksal bir bütünlük içermektedir.

### **3.3 Takometre Kontrolü**

Bu deneyde ise aracımızın gerçek hızının hız göstergesinde okunan değerden biraz daha düşük olduğu ortaya çıkmıştır. Bu ise araçlarda trafik hız toleransı olarak bilinmektedir. Bilindiği gibi şu anda karayollarında şehirlerarası hız sınırı 90 km/saat'dir. Bu sınırı aracımızın hız göstergesine göre geçtiğimiz halde radarla tespit edilmeyişimizin sebebi bizim hız göstergemizde okunan değerlerin trafik hız tolerans aralığında olmasından kaynaklanmaktadır. Çizelge 2.4'de değerler gösterilmiştir.

### **3.4 Egzoz Emisyonları**

Tüm emisyon değerleri incelendiğinde görülmüştür ki LPG enjeksiyon sistemi zararlı emisyonlar bakımından benzinli enjeksiyon sistemine göre daha avantajlıdır. Bu durum bölüm 2.6.4 de görülmektedir.

Zararlı emisyonların LPG'de her zaman düşük çıkması, çevresel ve sağlık sebeplerinden dolayı benzine ciddi bir üstünlük sağlamakta ve diğer bazı olumsuzlukların göz ardı edilmesine sebebiyet vermektedir.



#### 4. SONUÇ

Yapılan deneyler sonucunda çok noktadan enjeksiyonlu benzinli motora, çok noktadan enjeksiyonlu LPG adaptasyonu gerçekleştirilerek yapılan ölçümlerde, aynı yol şartlarında her çevrimde silindir içine alınan karışımın LPG'li sisteme göre daha zengin olması sebebiyle yaklaşık 5000 d/d ve 130 km/saat hıza kadar motor gücünün ve tekerlek gücünün benzinli sistemde daha yüksek çıktığı görülmüştür.

Regülâtörden soğutma suyunun etkisi ile ısınarak gelen LPG, enjektör memesine kadar sıvı fazdadır. LPG enjektör memesinden püskürtüldüğü anda gaz faza geçmektedir. Soğutma suyu sıcaklığının artışı ile regülâtörden geçen LPG daha fazla ısınmaktadır. LPG'nin daha fazla ısınması, LPG enjektör memesinden püskürtüldükten sonra gaz molekülleri arası mesafenin bir miktar daha artmasına, oksijen molekülleri ile daha iyi karışmasına sebep olmakta, böylelikle yanma eğilimi ve yanma hızı artmaktadır. Bundan dolayı ~ 5000 d/d ve 130 km/saat hızdan sonra LPG veriminin, benzin verimini geçtiği düşünülmektedir.

Her iki yakıt sisteminde de motorun her türlü çalışma şartlarında, en iyi yanmanın gerçekleştiği stokiyometrik oran sabit tutulmaya çalışılır. Ancak LPG de belli bir devirden sonra silindir içine alınan yakıtın daha iyi atomize oluşu ve püskürtme basıncının daha iyi olması LPG regülâtörünün ısınması ile 5000 d/d üzerinde LPG'nin daha verimli çalışmasını sağladığı düşünülmektedir.

Egzoz emisyonları benzinli sistemde, LPG ye göre daha yüksektir. LPG'nin kimyasal yapısından dolayı yanma daha iyi olmakta ve tam yanmaya yakın bir yanma gerçekleşmektedir. Dolayısıyla yanma sonu atıkları daha temiz olmaktadır.

Öte yandan, literatür özetinde de belirtildiği gibi ANKET yaptığı çalışmada mikserli LPG sisteminde (birinci ve ikinci kuşak) motor ve tekerlek gücünde %10'luk bir düşüş olduğunu ortaya koymuştur.

Bu çalışmada kullandığımız üçüncü kuşak olarak isimlendirilen LPG enjeksiyon sisteminde ise, hem motor gücünde hem de teker gücünde %3 gibi çok az güç düşüklüğüne sebep olmakta, bu durum ise üçüncü kuşak LPG püskürtme sisteminin diğer LPG sistemlerine göre çok daha verimli çalıştığını göstermektedir.

Sonuç olarak LPG enjeksiyon sistemi, 5000 d/d'ya kadar benzin enjeksiyon sistemine göre %3 güç kaybına sebep olmasına rağmen, temiz emisyon değerleri ve ekonomik olmasından dolayı LPG enjeksiyon sistemi kullanımı daha avantajlı olarak görülmektedir.

Grafiklerde de görüldüğü gibi %3'lük güç kaybı ekonomiklik ile kıyaslandığında çok önemsenmeyecek değerdedir.

## 5. KAYNAKLAR

Anket, O., 1999, “Sıvılaştırılmış petrol gazı ve benzin kullanımının taşıt performansına etkisinin deneysel olarak incelenmesi”,Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Anonim1, Opel Eğitim Merkezi Notları, 2003, İstanbul.

Anonim2, Renault Eğitim Merkezi Notları, 2001, İstanbul.

Anonim3, “Araçlarda LPG dönüşümü”, TMMOB, 1999, Ankara.

Anonim4, Tofaş Eğitim Merkezi Notları, 1997, Bursa.

Anonim5, Toyota Eğitim Merkezi Notları, 2004, İstanbul.

Anonim6, Volkswagen Eğitim Merkezi Notları, 2004, İstanbul.

Bayındır, H., İlkılıç, C., Sarsılmaz, C., 1997, “Yerli otomobillerde SPG kullanımı”, Çukurova Üniversitesi, Otomotiv Teknolojisi Bilim Haftası, Adana.

Bayraktar, H., Durgun, O., 1999, “Buji ile ateşlemeli motorlarda gaz yakıtlarının kullanımının yanma ve motor performansı üzerine etkileri”, 6.Uluslar arası yanma sempozyumu, sayfa 273-280.

Borat, O., Sürmen, A., Balcı, M., 1992, “İçten yanmalı motorlar”, cilt 1, Teknik Eğitim Vakfı Yayınları, Ankara.

Çetinkaya, S., 2004, “İçten yanmalı motorlarda doğalgaz dönüşümü uygulaması” Tesisat Mühendisliği Dergisi, sayı 81, sayfa, 430.

Çeviköz ,M., 1996, “Alternatif motor yakıtları ve sıvılaştırılmış petrol gazının motor yakıtı olarak benzinle deneysel olarak karşılaştırılması”, İ.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Ergeneman, M., Soruşbay, C., 1996, “Benzinli motorlu taşıtların LPG kullanımına dönüşümü”, Mühendis Makine Dergisi. cilt 37, sayı 441, sayfa 25-36.

Gizir, Ö., 1998, “Sıvılaştırılmış petrol gazı ve alkolün otto motorlarında kullanılabilirliğinin ve motor performansına etkilerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

İçingür, Y., Haksever, R., 1998, “Benzinli motorlarda sıvılaştırılmış petrol gazının performans ve emisyonlara etkisinin deneysel analizi”, Politeknik Dergisi.cilt1, sayı 3, sayfa 67-76.

Judge, A., 1960, “Carburettors and fuel Injection systems”. Paper SAE Trans, 602458 U.S.A.

Kaya, Z., 1999, “Benzinli motorlarda LPG/CNG dönüşüm sistemlerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Latusek, P., and Burrahm, R., 1993, “Conversion of two small utility engines to LPG fuel”, Paper SAE Trans, 932447, U.S.A.

Okatan, K., 1998 “Buji ile ateşlemeli motorlarda enjeksiyon sisteminin motor performansına etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Öz, İ.H., 1971, Motorlar , Birsen Kitapevi Yayınları,cilt1, İstanbul.

Sayın, C., Çanakçı, M., Kılıçaslan, İ., 2005, “Benzinli bir motorda benzin + LPG kullanımının performans ve emisyonu etkisi”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, sayı 21, sayfa 117-127, Kayseri.

Staudt, W., 1995, “Motorlu taşıt tekniği”, Ajans-Türk Matbaacılık A.Ş., sayfa 55, Ankara.

Yolaçan, F., 1991, “Otomobil motorlarında yakıt sistemleri”, Teknik Eğitim Vakfı, Ankara.

Yüce, A., 1997, “Günümüzde otomotiv teknolojisi” , Shell Yayınları, Ankara.

#### **İnternet Kaynakları**

#### **Erişim Tarihi**

[1] <a href="http://www.landi.it">www.landi.it</a>	12.02.2008
[2] <a href="http://www.tartariniauto.it">www.tartariniauto.it</a>	15.02.2008
[3] <a href="http://www.zavoli.com">www.zavoli.com</a>	10.03.2008
[4] <a href="http://www.atiker.com">www.atiker.com</a>	15.03.2008
[5] <a href="http://www.olgungrup.com">www.olgungrup.com</a>	22.03.2008
[6] <a href="http://www.bapro.it">www.bapro.it</a>	10.02.2008
[7] <a href="http://www.sangari.com">www.sangari.com</a>	15.02.2008
[9] <a href="http://www.mercar.com">www.mercar.com</a>	10.02.2008
[10] <a href="http://www.2a.com.tr">www.2a.com.tr</a>	18.03.2008

## 6. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Murat NERGİZ  
Doğum Yeri :Sivas  
Doğum Tarihi :17.04.1977  
Medeni Hali :Evli  
Yabancı Dili :Almanca

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise :Sivas Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi, 1994  
Lisans :Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, 1998  
Yüksek Lisans :Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2008

### Çalıştığı Kurum/Yıl aralığı

Salihli Mesleki Eğitim Merkezi 1998 / .....