

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAKIT DÜZENLEYİCİ CİHAZIN YAKIT TÜKETİMİ VE EGZOZ EMİSYONU
ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak TANYERİ

(08119103)

Anabilim Dalı: Makina Eğitimi

Programı: Otomotiv Eğitimi

AĞUSTOS - 2010

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlamış olduğum bu çalışma, yakıt düzenleyici cihazın yakıt ekonomisi ve egzoz emisyonlarına etkisi üzerine yapılmış bir incelemedir. Çalışmanın, konu üzerinde yapılacak olan araştırmalar için bir temel oluşturmasını temenni ederim.

Çalışma konusunun belirlenmesi, araştırmaların yürütülmesi ve incelenmesi, yüksek lisans tezinin yazımı ve tamamlanmasında büyük emekleri bulunan değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Cengiz ÖNER' e, çalışmam esnasında tecrübe ve bilgilerinden faydalandığım Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde görev yapan Araştırma Görevlilerine ve akademik çalışmalarında desteklerini esirgemeyen değerli aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	X
TABLolar LİSTESİ	XIV
1. GİRİŞ.....	1
1.1.İçten Yanmalı Motorlarda Kullanılan Yakıtlar	5
1.1.1. Sıvı Yakıtlar.....	5
1.2.Benzin'in Genel Özellikleri.....	7
1.1.2.1. Buharlaşıma (Kaynama) Eğrisi	8
1.1.2.2. Buhar Basıncı	8
1.1.2.3. Isıl Değeri	8
1.1.2.4. Alevlenme ve Tutuşma Sıcaklığı.....	9
1.1.2.5. Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı	9
1.1.2.6. Oktan Sayısı.....	9
1.1.3. Gaz Yakıtlar.....	10
1.1.3.1. Lpg'nin Genel Özellikleri.....	11
1.1.3.2. Ticari Propan	12
1.1.3.3. Ticari Bütan	13
1.1.3.4. Ticari Propan – Bütan Karışımı.....	13

1.1.3.5. Özel Hizmet Propanı	13
1.1.3.6. Lpg' Nin Özellikleri	13
1.1.3.7. Buhar Basınç Eğrisi	14
1.1.3.8. Lpg'nin Isıl Değeri	14
1.1.3.9. Buharlaşıma Gizli Isısı	15
1.1.3.10. Kaynama Noktası	15
1.1.3.11. Lpg' Nin Vuruntuya Karşı Mukavemeti	16
1.1.3.12. Lpg'nin Yoğunluğu	17
1.1.3.13. Lpg'nin Çevreye Etkisi Ve Egzoz Emisyonları	17
1.1.3.14. Lpg Nin Fiziksel Özellikleri	18
1.2.Lpg'nin Benzinli Motorlarda Kullanımı	19
1.2.1. Otomotiv Sektöründe Lpg'nin Kullanımı	19
1.2.2. Lpg Dönüşüm Sistemleri	21
1.2.2.1. Birinci Kuşak Basit Karıştırıcı Sistemler	21
1.2.2.2. İkinci Kuşak Elektronik Kontrollü Sistemler	22
1.2.2.3. Üçüncü Kuşak Lpg Püskürtmeli Sistemler	23
1.2.2.4. Dördüncü Kuşak Sıralı Sistem Lpg Püskürtmeli Sistemler	24
1.2.3. Lpg'ye Geçiş Şartları	27
1.3. Benzinli Motorlarda Yanma	27

1.3.1. Yanmanın Fiziksel İncelenmesi.....	27
1.3. 2. Yanmanın Kimyasal İncelenmesi.....	31
1.3.3. Eksik Yanma Sebepleri	33
1.4.Yanmayı Etkileyen Temel Faktörler	34
1.4.1. Sıkıştırma Oranı.....	35
1.4.2. Karışımın Yapısı ve Karışım Oranı	35
1.4.3 Yanma Odası Şekli ve Hava Hareketleri.....	38
1.4.4. Motor Devir Sayısı	38
1.5. Araç Teknolojilerindeki Gelişmelerin Yakıt Tüketimi ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi	39
1.5.1.Otomobillerde Sera Gazı Emisyon Kontrol Teknolojileri.....	50
1.6. Manyetik Etki İle Yakıt Yapısının Değiştirilmesi.....	61
1.6.1.Mıknatıslanma ve Manyetik Alan	61
1.6.2.Yakıtın Atomik Yapısı.....	63
1.6.3. Rezonans.....	65
1.6.4. Kimyasal Kayma	69
1.7. Yakıt Düzenleyici Cihaz.....	71
1.7.1. Yakıt Düzenleyici Cihazın Çalışma Prensibi	71
1.7.2. Yakıt Düzenleyici Cihaz Takılı Olan Bir Araçta Maksimum Yakıt Tasarrufu Sağlamak İçin Alınması Gereken Tedbirler.....	73

Sayfa No

1.7.3. Yakıt Düzenleyici Cihaz Takılmış Bir Aracın Verime Ulaşma Süresi	73
1.7.4. Yakıt Düzenleyici Cihazın Emisyonlara Tesiri	75
1.7.5. Yakıt Düzenleyici Cihazın Avantajları.....	76
2. MATERYAL VE METOD	78
2.1. Deney Seti	79
2.2. Dinamometre Ve Deney Motoru	79
2.3. Dinamometrede Kullanılan Suyun Soğutulması	82
2.4. Sıcaklık Ölçümleri.....	86
2.5. Emilen Hava Debisinin Ölçülmesi	86
2.6. Motorun Yüklenmesi.....	87
2.7. Yakıt Tüketiminin Ölçülmesi	88
2.8. Egzoz Emisyonlarının Ölçülmesi	89
2.9. Lpg Dönüşüm Sistemi ve Ekipmanları.....	90
3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA.....	93
3.1. Özgül Yakıt Tüketimi.....	93
3.1.1. 25Nm Yükte Özgül Yakıt Tüketimi	94
3.1.2. 50Nm Yüklü Özgül Yakıt Tüketimi.....	96
3.1.3. 75Nm Yüklü Özgül Yakıt Tüketimi.....	97
3.2. Egzoz Emisyonu	99

Sayfa No

3.2.1. Benzin Yakıtlı Yüksüz Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri.....	99
3.2.2. Benzin Yakıtlı 25Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri.....	101
3.2.3. Benzin Yakıtlı 50Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri.....	103
3.2.4. Benzin Yakıtlı 75Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri.....	105
3.2.5. Lpg Yakıtlı Yüksüz Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri.....	107
3.2.6.Lpg Yakıtlı 25Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri.....	109
3.2.7. Lpg Yakıtlı 50Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimler	111
3.2.8. Lpg Yakıtlı 75Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri.....	113
4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA	115
5. ÖNERİLER	117
6. KAYNAKLAR.....	118
7. EKLER	123
ÖZGEÇMİŞ.....	131

ÖZET

Bu çalışmada, içten yanmalı motorlarda yakıt tasarruf cihazı kullanılarak yakıt tüketimi ve egzoz emisyonunun azaltılması amaçlanmıştır. Deneysel çalışmalar sonucu elde edilen veriler, geleneksel motor performans değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma, 4 zamanlı, 4 silindirli, içten yanmalı, direk enjeksiyonlu, buji ile ateşlemeli bir benzin motoru kullanılarak, yakıt hattı üzerine Yakıt Düzenleyici cihaz bağlanarak cihazın etkileri gözlenmiştir. Deneylerde benzin ve LPG yakıtları kullanılmıştır. Sonuç olarak kullanılan cihazın, yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları üzerinde olumlu etkilerinin olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde konuya giriş yapılarak konu ile ilgili mevcut literatür çalışmalarından örnekler verilmiştir. İkinci bölümde, deneysel yöntem tanıtılmış, üçüncü bölümde elde edilen veriler sunulmuştur. Dördüncü bölümde, elde edilen sonuçlar tartışılarak yorumlanmış ve ilgili literatür ile ilişkilendirilmiştir. Beşinci ve son bölümde öneriler verilerek çalışma tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Manyetik alan, Manyetik alan etki cihazı, yakıt ekonomisi, emisyon

SUMMARY

Experimental Investigation Of The Effects Of Fuel Regulating Device On The Fuel Consumption and Exhaust Emission

In this study, it is aimed to reduce the fuel consumption and exhaust emission for inner combustion motors using fuel consumption device. The experimental findings were compared with conventional motor performance values. In the experiments, a gasoline engine with 4 chicle, 4 cylinders, inner combustion, direct injection, spark plug was used in which the fuel consumption device was fixed on the direct fuel line. The LPG and gasoline were used as fuel. As a consequence, it was observed that the fuel consumption device was beneficial on fuel consumption and exhaust emission.

In the first chapter of the study, the subject was introduced and novel literature samples with relation to the subject were given. In the second chapter, the experimental method was described while the third chapter tells us the experimental findings. In the fourth chapter, the gathered experimental results were discussed deeply and associated with literature. In the fifth and final chapter, the study was completed with giving the recommendations.

Keywords: Magnetic field, Magnetic field influence device, fuel economy, emission.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Benzinin Buharlaşıma Eğrisi	8
Şekil 1.2. Propan, Normal Bütan ve İzobütanın Sıcaklığa Bağımlı Buharlaşıma Basınç Değişimi	14
Şekil 1.3. Propan ve Bütan Tanklarında Kaynamanın Mukayesesi	16
Şekil 1.4. Birinci Kuşak Basit Karıştırıcı Sistem	22
Şekil 1.5. İkinci Kuşak Elektronik Kontrollü Sistemler	23
Şekil 1.6. Üçüncü Kuşak Lpg Püskürtmeli Sistemler	24
Şekil 1.7. Sıralı Sistem Lpg Dönüşüm Prensibi	25
Şekil 1.8. Silindir İçi Basıncın Krank Konumuna Göre Değişimi	28
Şekil 1.9. Karışım Oranı İle Ateşleme ve Zaman Arasındaki İlişki	34
Şekil 1.10. Sıkıştırma Oranının Reaksiyon Süresine Etkisi	35
Şekil 1.11. Emme Havası Sıcaklığının Reaksiyon Süresine Etkisi	36
Şekil 1.12. Hava Fazlalık Kat Sayısına Bağlı Olarak Reaksiyon Süresi ve Yanma Hızının Değişimi	37
Şekil 1.13. Değişik Yakıtların DeneySEL Olarak Bulunmuş Laminer Yanma Hızları ...	37
Şekil 1.14. Motor Hızının Fonksiyonu Olarak Ortalama Yanma Odası Alev Hızı.....	38
Şekil 1.15. Taşıma Sektöründe CO ₂ Emisyonları.	44
Şekil 1.16. Süper Sonik Buji ve Ses Dalgası Etkisi	50
Şekil 1.17. Motor ve Ön Süspansiyon Siteminde Ağırlık Kazancı	51

Sayfa No

Şekil 1.18. Valvetronic Sistem	52
Şekil 1.19. Katalizörlerin İçyapısı	53
Şekil 1.20. Katalizör Malzemesi Şekil Değişikliği	54
Şekil 1.21. Egzoz Sistemindeki Katalizörler	54
Şekil 1.22. HC-NO _x Yakalama Katalizörünün Yapısı ve Çalışması	55
Şekil 1.23. SCR Sisteminin Parçaları	55
Şekil 1.24. Açık ve Kapalı Karbon Döngüsü	59
Şekil 1.25. Yakıt Ekonomisinde Etkili Olan Faktörler	59
Şekil 1.26. Stern-Gerlach Deneyinin Tasviri.....	62
Şekil 1.27. A- Rezonansa Giren Proton Bağının Küresel Gruba B ₀ Yönünde Paralel Olması	71
B- Rezonansa Giren Proton Bağının Küresel Gruba B ₀ Yönünde Dik Olması Hali	71
Şekil 1.28. Yakıt düzenleyici cihazın Çalışma Prensibi.....	72
Şekil 1.29. Km' Ye Göre Yakıt Tasarrufundaki Değişim	74
Şekil 1.30. Km' Ye Göre Karbonmonoksit Değerlerindeki Değişim.....	74
Şekil 1.31. Sağlığa Zararlı Gazlar ve Hidrokarbonlar	76
Şekil 2.1. Yakıt Tasarruf Cihazının Montajlı Görüntüsü	79
Şekil 2.3. Deney Düzenekinin Genel Görünümü	81
Şekil 2.4. Soğutma Kulesi Hava Emiş Fanı İmalat Görüntüsü	84
Şekil 2.5. Su Kulesinin İçerine Yerleştirilen Çita ve Kalasın Görüntüsü.....	84

Şekil 2.6. Soğutma Kulesinin Genel Görünüşü	85
Şekil 2.7. Hava Debisinin Belirlenmesinde Kullanılan Durultma Tankı ve Eğik Manometre	87
Şekil 2.8. Dinamometrenin Hidrolik Kavraması	88
Şekil 2.9. Lpg ve Benzin İçin Yakıt Tüketim Miktarlarının Belirlenmesinde Kullanılan Düzenekler.	89
Şekil 2.10. Deneylerde Kullanılan Sun 1500 Emisyon Test Cihazı	90
Şekil 2.11. Lpg Regülatörü.....	91
Şekil 2.12. Lpg Enjektörleri	91
Şekil 2.13. Lpg Ecu'su	92
Şekil 3.1. 25Nm Yükte Özgül Yakıt Tüketiminin Değişimi	94
Şekil 3.2. 50Nm Yükte Özgül Yakıt Tüketiminin Değişimi	96
Şekil 3.3. 75Nm Yükte Özgül Yakıt Tüketimindeki Değişim	97
Şekil 3.4. Yüksüz Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri	99
Şekil 3.5. 25Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri	101
Şekil 3.6. 50Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyonu Değişimleri	103
Şekil 3.7. 75Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri	105
Şekil 3.8. Yüksüz Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri	107
Şekil 3.9. 25Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri	109
Şekil 3.10. 50Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyonu Değişimleri	111

Şekil 3.11. 75Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri	113
--	-----

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Ham Petrol Ürünleri	6
Tablo 1.2. Benzinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	7
Tablo 1.4. Bazı Gazların Alt Isıl Değerleri	15
Tablo 1.5. Propan ve Bütanın Buharlaştırma Gizli Isıları	15
Tablo 1.6. Lpg'nin Fiziksel Özellikleri	18
Tablo 1.7. Lpg ve Benzinin Karşılaştırılması.....	19
Tablo 1.8. AB Egzoz Emisyonu Standartları (G/Km).....	45
Tablo 1.9. AB- Yolcu ve Hafif Ticari Araçlar İçin Teklif Edilen Euro 5 (G/Km).....	46
Tablo 1.10. 4 Kaliforniya Hava Kaynak Kurulu (Carb) Egzoz Emisyon Sınırları (G/Km)	47
Tablo 1.11. ABD Federal (Epa) Egzoz Emisyon Sınırları (G/Km).....	48
Tablo 1.12. Japonya Egzoz Emisyon Standardı (Benzinli/Lpg)	49
Tablo 1.13. Japonya Egzoz Emisyon Standardı (Motorin)	49
Tablo 1.14. B20 Ve B100 Yakıtların Motorinle Karşılaştırılması	58
Tablo 2.1. Deney Motorunun Teknik Özellikleri	82

SEMBOLLER LİSTESİ

α	Bağlama katsayısı
γ	Frekans
α	Giromanyetik oran
λ	Hava yakıt karışım oranı
σ	Perdeleme değişmezi
μ_B	BM (Bhor Manyetonu) cinsinden manyetik moment
σ_d	Diyamanyetik perdeleme
ΔE	Enerji sapması
σ_s	Elektronik manyetik momenti
B_0	Manyetik alan yük şiddeti (Tesla)
b_e	Özgül yakıt tüketimi
B_r	Akıntı yoğunluğu
C	Curie sabiti
e	Elektron yükü
$E_1 E_2$	Enerji seviyeleri
K	Boltzman sabiti
M	Mol ağırlığı
m	Elektron kütlesi
M_a	Manometrede okunan emme havası basınç farkı
M_d	Tork
n	Devir/dakika
N_e	Efektif güç
T	Sıcaklık
t	Zaman
X	Manyetik suseptibilite (manyetik geçirgenlik)
X_m	Molar geçirgenlik

KISALTMALAR

BM	: Bohr manyetonu
CO	: Karbonmonoksit
CO₂	: Karbondioksit
EPR	: Elektronik paramanyetik rezonans
HC	: Hidrokarbon
Hz	: Hertz
NMHC	: Metansız hidrokarbon
NMR	: Nükleer Manyetik Rezonans
NO_x	: Azot oksitler
RPM	: Dakikadaki devir sayısı
ECU	: Elektronik Kontrol Ünitesi

1. GİRİŞ

Yıllardır gerek ülkemizde gerekse dünyanın diğer ülkelerinde yeni ve alternatif enerji kaynakları ile mevcut enerji kaynaklarından maksimum istifade yolları araştırılmaktadır. Çünkü yakın bir gelecekte dünyamız ciddi bir petrole dayalı enerji sıkıntısı içine düşecek, ihtiyaçlarımıza cevap veremez hale gelecektir. Bütün bu sıkıntılar, insanların tek bir beyinle düşünüp hemen her alanda tasarruf ve sahip olunan değerlere daha saygılı bir yaşam tarzını tercih etme sürecini başlatmıştır. Gelişen bu olaylar, bu arayışların bir sektör haline gelmesine yol açmış ve son derece ciddi, bir o kadar da önemli bilimsel çalışmaların ortaya çıkmasına vesile olmuştur [1].

Yaşadığımız çağ açısından, insan hayatının en önemli ihtiyaçlarından birisinin ulaşım olduğu herkes tarafından kabul edilmektedir. Her geçen gün artan dünya nüfusu, teknolojinin ortaya çıkardığı motorlu taşıtlara duyulan ilgi nedeniyle tüketimin artmasından dolayı ulaşım maliyetleri büyük bir ivmeyle artmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalara verilen değer, insanların son yüzyıl içinde tasarruf adına gösterilen gayretlere ve eylemlere duyduğu ilgiyi ve saygıyı ifade etmesi bakımından önemlidir. Her gün trafiğe çıkan binlerce aracın artan yakıt tüketimi ve buna paralel olarak artış gösteren yakıt fiyatları araç kullanıcılarını ve sistem üreticilerini yeni arayışlara sevk ettiği için tüm araçlarda kullanılmak üzere geliştirilen ve yakıt tüketimini azaltan sistemlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar daha fazla önem kazanmıştır. Bunun yanında dünyada çevre kirliliği konusundaki endişe de günden güne artmaktadır. Yaşam şartları ve ekonomik koşullar, çevre kirliliğiyle birlikte düşünülünce daha büyük bir sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle yapılan çalışmalarda bu tarz problemleri en aza indirmek esas alınmıştır. Benzer olarak otomobil endüstrisinde, yapılan çalışmalardan düşük emisyon, daha az yakıt tüketimi ve yüksek motor verimi gibi beklentiler söz konusudur. Bu beklentiler çerçevesinde bilim adamları tarafından birçok proje yapılmıştır. İçten yanmalı motorlarda yüksek performans, yakıt ekonomisi ve düşük emisyon değerleri; yakıt enjeksiyon sistemleri, değişken supap zamanlaması, egzoz gaz resirkülasyonu sistemleri, turbo şarj, emisyon kontrolü gibi kontrol edilebilir motor parametrelerinin geliştirilmesi ile optimize edilebilir [2].

Hidrokarbon (HC) ve karbon monoksit (CO) emisyonları katalizör kullanılarak azaltılabilmektedir. Nitrojen oksit (NO_x) emisyonlarını azaltmak için hem aktive edilmiş radikal yanma hem de homojen sıkıştırma ile ateşleme için çok fakir karışimli yanma, yakın gelecek için ümit verici görülmektedir [3].

Motorlarda, yakıt ekonomisi ve motor gücünün artırılması, egzoz emisyonlarının azaltılması için birçok kontrol stratejisi bulunmaktadır. Bunlar; benzin motorlarında, değişken supap zamanlaması, gelişmiş ateşleme sistemleri, de-aktive silindir, kademeli dolgulu direkt enjeksiyon, kademeli dolgulu bölünmüş yanma odası, dizel motorlarda; direkt enjeksiyon turbo şarj, aşırı fakir karışım yanma motorları (homojen sıkıştırma ile ateşlemeli veya aktive edilmiş radikal yanma) [4].

Yanma performansının optimizasyon parametreleri genellikle yanma veriminin artırılması veya kirletici emisyon miktarının azaltılmasına yöneliktir. Her durumda, yanma parametrelerinin incelenmesi, geliştirilmek istenilen parametre ile direkt ilişkilidir. Örneğin, kirletici emisyon miktarının azaltılmasında NO_x , CO ve duman gibi önemli kirleticiler üzerinde dikkatle durulmalıdır [4].

Standart enjeksiyon sistemi uygulamalarında geri dönüt bilgisi olmaksızın açık döngülü sistemler kullanılmaktadır. Açık döngülü yanma sistemleri, yanma prosesini optimize etmekte yetersiz kaldığından dolayı günümüzde terk edilmiştir. Bu nedenle yeni nesil yanma teknolojileri bütünsel geri dönüt kontrol sistemleri olarak üretilmektedir [5].

İçten yanmalı motorlarda, kapalı döngü kontrol sisteminin amacı yanma prosesini düzenlemektir. Hava debisi ve sıcaklığı, manifold basıncı, motor hızı, egzoz gaz karakteristikleri gibi parametreler yanma prosesinin düzenlenmesinde kullanılan kontrol sistemi parametreleridir. Ateşleme avansı, püskürtme avansı ve miktarı motor kontrol ünitesi tarafından optimum değerleri tespit edilen giriş değişkenleridir. Motor kontrol ünitesi, hava-yakıt karışım oranını tüm motor çalışma şartlarında optimum değer olan stokiometrik değere yaklaştırır. Bunun anlamı, yanma olayına katılan yanmamış veya kısmen yanmış yakıt partikül oluşumunu engellemek ve motor performansının artırılmasıdır [6].

Günümüz otomotiv motorlarında optimum çalışma şartları, hava ölçümü ve yakıt karıştırıcıları için elektronik yakıt enjeksiyonu, katalik dönüştürücüler ve geri dönüt kontrolünün kombinasyonundan oluşmaktadır [7].

Bir algılama tekniğinin seçimi, sadece tasarlanmak istenen kontrol sistemine değil aynı zamanda algılama tekniğinin uygulanabilirliğine bağlıdır. Temelde algılayıcıların montaj yeri, akışın sıcaklık ve basıncının doğru ölçümünü desteklemek durumundadır.

İçten yanmalı motorlarda, yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarını en az düzeye indirme çabaları, çift yakıtla çalışan motorlar üzerine yapılan çalışmaların başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Yapılan bilimsel çalışmalarda, çift yakıt (benzin+LPG)'nin performans ve emisyonlara etkisi incelenmiştir. Sonuçta, çift yakıtlı çalışma ile özgül yakıt tüketiminde %4, CO'da %13, partikül'de ise %5 azalma sağlandığı gözlemlenmiştir [8].

Tasarruf amacıyla, enerji tüketim alanlarında uygulanan iki önemli faktör vardır: Bunlardan birincisi, mevcut sistemin işletme koşullarının değiştirilmesidir. İkinci ve daha önemli olanı ise, enerji sisteminin veriminin artırılmasıdır. Motorlu taşıtların yakıt tasarrufu bu açıdan ele alındığında gerek taşıt tasarımı sırasında gerekse taşıt kullanımı sırasında tasarruf için gereken gayret gösterilmelidir [9].

Yakıt fiyatlarının değişken olması ve artan taşıt sayıları ile birlikte çevre kirliliğinin insan sağlığını tehdit edecek seviyeye gelmesi, yakıt ekonomisi ve egzoz emisyonları konusunda yapılan araştırmaların hızlanmasına sebep olmuştur. İyi bir yakıt ekonomisi ve emisyon için, motorun değişik çalışma şartlarında maksimum seviyede tutulması gerekmektedir. Her bir işletme parametresinin yanma üzerinde etkisi farklıdır. Dolayısıyla mümkün olan çok sayıda parametreden, yakıtın en verimli biçimde enerjiye dönüşümünü sağlayacak şekilde yararlanılmalıdır [10].

Bilim ve teknolojiye yenilik ve gelişmelerle, motorların tasarım ve işletme parametrelerinin iyileştirilmesine ve yakıtın en verimli şekilde yakılmasına çalışılmaktadır [11].

Enerji tüketimi göz önüne alındığında, otomotiv sektörü ilk sırada yer almaktadır. Günümüz ekonomik şartları müşteri talebinin yakıt sarfıyatı az olan taşıtlara yönelimini artırmıştır. Bu günün taşıtları, emniyet, seyir özellikleri, iç gürültü, konfor, emisyon özellikleri ve en önemlisi yakıt sarfıyatı açısından kıyaslandığında bu yönelimin sonuçları kolayca görülebilmektedir.

Yakıt ekonomisinin iyileşmesinde etkili olan bir çok etken mevcuttur. Bu etkenler, lastik özelliklerinin geliştirilmesi, taşıt boyutlarının küçültülmesi, hafif malzemelerin kullanılması, aerodinamik direnç, daha verimli taşıtların tasarımı ve imalatı, geliştirilmiş motor ve aktarma organları özellikleri olarak sıralanabilir [9].

Tarik DENİZ' in 2009 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tezi çalışmalarında, buji ile ateşlemeli, dört zamanlı, tek silindirli ve sıkıştırma oranı 8,5/1 olan bir motorun sıkıştırma oranını değiştirerek sıkıştırma oranı değişiminin motor performansı ve egzoz emisyonları üzerine etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Standart motoru, değişken sıkıştırma oranlı motora dönüştürmek için silindir kapağı 0,5mm aralıklarla beş kez taşlanmıştır. Sıkıştırma oranı değiştirilen motorun sıkıştırma oranı 8,5/1 ile 12,72/1 değerleri arasında değiştirilebilmektedir. Sıkıştırma oranının 8,5/1'den 11,28/1'e yükseltilmesiyle tam yükte özgül yakıt tüketiminde %14,5'e kadar iyileşme elde edilmiştir. Aynı sıkıştırma oranı aralığında CO emisyonlarında %27'e kadar azalma elde edilirken, HC emisyonlarında maksimum %18 artış olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma ile motor tasarımının emisyon ve performans üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

Fazıl AKGÜN' ün 2006 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmalarında buji ile ateşlemeli, dört zamanlı, tek silindirli bir motorda emme supabı kapanma zamanının standart zamanlamadan farklı olarak 10° krank mili açısı (KMA) avans ve 10° – 20° – 30° KMA rötar olmak üzere beş farklı zamanlama değerinde değişimini sağlayacak bir değişken supap zamanlaması mekanizmasının tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Egzoz supabı açılma ve kapanma zamanları ile emme supabı açılma zamanı ve kalkma miktarı sabit tutulmuştur. Beş farklı emme supabı kapanma zamanlaması için yapılan deneylerde, motor devrine bağlı olarak, moment, volümetrik verim, motor gücü, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarının değişimi incelenmiştir. Değişken emme supabı zamanlaması ile motor momenti düşük motor devirlerinde %10, yüksek devirlerde %4,6 artmıştır. Özgül yakıt tüketimi ise düşük ve yüksek motor devirlerinde %6 azalmıştır. Ayrıca, HC emisyonlarında azalma sağlanmıştır. Bu çalışma motorun işletme şartlarının optimizasyonunun emisyon ve performans üzerindeki etkisini göstermektedir.

Figen BALO' nun 2002 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında yakıt düzenleyici cihazın yakıt tasarrufu ve egzoz emisyonları üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemiş ve sonuç olarak demir- bor-noedmium alaşımlı yakıt düzenleyici cihazın yaklaşık %2-5 arasında emisyonlarda ve yakıt tüketiminde iyileşme sağladığını sunmuştur.

Mahmut ÜNALDI' nın 2006 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, benzinli motorlarda manyetik alan etkisi altındaki yakıt hava karışımının yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Deneyi piyasada kullanılan bir aracı aynı koşullarda cihazsız ve cihazlı olarak kullanarak yapmıştır.

Sonuç olarak yakıt düzenleyici cihazın yaklaşık %2 civarında yakıt tasarrufunda ve emisyonlarda iyileşme yaptığını sunmuştur.

Yapmış olduğumuz yüksek lisans tez çalışmasında ise motor işletme şartlarında yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarını azaltmaya yönelik, her araca kolaylıkla takılabilen düşük maliyetli yakıt düzenleyici cihazın etkileri literatür ışığında incelenmiş ve deneysel olarak yapılan çalışmanın bulguları tartışılmıştır.

1.1.İçten Yanmalı Motorlarda Kullanılan Yakıtlar

Yakıtlar; katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç gruba ayrılırlar. İçten yanmalı motorlarda sıvı yakıtlar ve sıvılaştırılmış gaz yakıtlar kullanılmaktadır. Bu yakıtların tamamı petrolden elde edilmektedir. Petrol rezervlerindeki azalma sonucu petrol fiyatlarının artması ve çevrecilik bilincinin yaygınlaşması petrol dışı alternatif yakıt veya enerji arama konusunu gündeme getirmiştir. Biyogaz, bitkisel yağlar, sıvılaştırılmış hidrojen gazı ilgi odağı haline gelmiştir.

1.1.1. Sıvı Yakıtlar

Motorlarda kullanılan yakıtların büyük bir kısmını sıvı yakıtlar oluşturmaktadır. Bu yakıtlar hidrojen ve karbon içeren moleküllerden meydana gelmektedir. Ham petrolün damıtılması, hidrokarbonların kimyasal parçalanması (kraking) ve kömürün sıvılaştırılması yoluyla elde edilmektedirler. Rafineri işlemlerinin başlangıcı ham petrolün distilasyonudur. Ham petrolün rafinerilerde önce buhar fazına çıkartılıp, sonra kademeli yoğunlaştırılmasıyla çeşitli petrol türevlerine ayrıştırılmasına damıtma (distilasyon, fraksiyon) işlemi denilmektedir. Damıtma işlemi iki aşamada meydana gelmektedir. Birinci aşamada ham petrolün buhar fazına çıkabilen yüzdesine bakılır. Bu dönüştürme yeterli olmaz ise vakum altında ikinci bir damıtma işlemi uygulanır. Kuyudan çıkarılan petrol önce dinlenme havuzlarına alınır, petrol gazlarından ve pisliklerden arındırılan sıvı petrol, pompalama istasyonları aracılığıyla rafineriye taşınır. Rafineride yaklaşık olarak 350-400 °C' ye kadar ısıtılan ham petrol fraksiyon kulesine gönderilir. Kulenin içerisindeki sıcaklık alt kısımlarda fazla, yukarıya doğru çıkıldıkça azalmaktadır. Bunun sonucunda yüksek buharlaşma noktalı yakıtlar alt katlarda, düşük buharlaşma noktalı yakıtlar üst katlarda yoğunlaşır. Tablo 1.1 de ham petrolün sıcaklık değişimine göre ayrışması gösterilmektedir.

Tablo 1.1. Ham petrol ürünleri [12]

Sıcaklık (C)	Açığa çıkan ürün
35 C kadar	Petrol gazları
35-150	Hafif benzin
35-200	Benzin
150-250	Gazyağı
165-370	Dizel yakıtları
250-400	Makine yağları
400 ve yukarısı	Artıklar

Azami damıtma şartlarında elde edilen sıvı yakıtların miktarını arttırmak için damıtma sonucu elde edilen yüksek orandaki büyük moleküller, parçalanmak suretiyle küçük ve tutuşma yetenekleri iyi moleküllere dönüşürler. Bu işleme kimyasal parçalanma veya kraking işlemi denilmektedir. Kimyasal parçalanma işlemi de iki aşamada gerçekleşir. Birincisi, düşük sıcaklıkta ve katalizör eşliğinde gerçekleştirilen katalitik parçalanma, ikincisi yaklaşık 770 °K ve 25-30 bar basınçta yapılan termik parçalanmadır.

Ayrıca, kömürden benzin ve gaz üretimi üzerinde araştırmalarda bulunmaktadır. Gelecekte benzinin ve evlerde kullanılan gazın kısmen kömürden üretilmesi yönünde çalışmalar devam etmektedir. Kömürün özellikle yer altında gazlaştırılması ekonomik olduğundan bu konuya yönelik araştırmalar önem kazanmıştır [12].

Yukarıda anlatılan işlemlerin gerçekleştirilmesi sonucu elde edilen sıvı yakıtlar kullanım alanlarına, özgül ağırlıklarına ve deniz seviyesindeki atmosfer koşullarında damıtılmaları halinde gösterdikleri buharlaşma özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Rafineride sırasıyla elde edilen temel ürünler aşağıda belirtilmiştir.

Benzin; günümüzde buji ile ateşlemeli motorlarda kullanılmaktadırlar.

Kerozen; benzinden sonra en yaygın kullanılan yakıttır. Lamba, ısıtıcı, soba vb. yerlerde kullanılırlar. Jet yakıtı olarak bilinen sıvı yakıt, bileşim olarak kerozenin bileşik yapısına çok yakındır. Aromatik kısmı azaltılmıştır. Özgül ağırlığı 0,78-0,85 arasındadır.

Gaz yağı; kerozenden biraz daha ağır ancak onunla aynı kullanım alanına sahiptir.

Dizel yakıtı; ülkemizde mazot olarak bilinen yakıt dizel motorlarında kullanılmaktadır.

Fueloil (yakıt yağı); dizel yakıtı gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ülkemizde özellikle kalorifer donanımlarında kullanılır.

Yağlama yağları; kısmen de olsa damıtma işleminde son ürünler arasında yer alır. Yağlama yağlarından sonra ise katran ve asfalt gibi katı veya yarı katı ürünler gelmektedir.

1.2.Benzin'in Genel Özellikleri

Benzin buji ile ateşlemeli motorların temel yakıtıdır. Ham petrolün damıtılması sırasında, damıtma kulesinde, petrol gazlarının altında ve 40-200 °C sıcaklık arasında elde edilir. Genel yapı olarak, dört grup HC'lerin karışımından oluşmaktadır. Ham petrolün damıtılması sırasında ve rafineride uygulanan yöntemlerle benzin miktarını ve kalitesini ayarlamak mümkün olmaktadır. Petrolden daha fazla benzin elde etmek için kraking, polimerizasyon ve hidrojenlenme gibi yöntemler kullanılmaktadır.

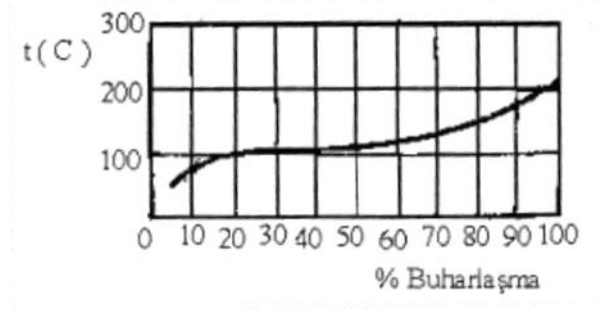
Değişik kimyasal yapıya sahip olan çok sayıda ürünün karışımı olan benzinin önemli özellikleri şöyledir.

Tablo 1.2. Benzinin fiziksel ve kimyasal özellikleri [13]

Özellik	Değer
Kimyasal Formül	C ₄ -C ₁₂
Molekül Ağırlığı	105
Bileşimi (Ağırlık % si)	C %88-H%15
Yoğunluk (kg/m ³)	780
Özgül Ağırlık	0,78
Akma Noktası (°C)	-40
Kaynama Noktası (°C)	30-220
Buhar Basıncı (kPa)	48-103
Viskozite (cSt)	-
Buharlaşma Gizli Isısı (kJ/kg)	350
Parlama Noktası (°C)	-43
Alt Isıl Değeri (kJ/kg)	43,890
Kendiliğinden tutuşma Sıcaklığı (°C)	300-450
Alevlenme Sınırı (% hacim)	1,4

1.1.2.1. Buharlaşma (Kaynama) Eğrisi

Benzin bir kaba konulup ısıtıldığında buharlaşmaya 40 °C civarında başlamakta ve tümünün buharlaşması için 200 °C nin üzerindeki bir sıcaklığa ulaşması gerekmektedir.



şekil 1.1. Benzinin Buharlaşma Eğrisi[14]

şekil 1.1.'de görüldüğu gibi benzinin buharlaşma eğrisinde %10 buharlaşmanın olduğu noktadaki sıcaklığın düşük olması, soğukta ilk harekete geçişte kolaylık sağlar. %50'sinin buharlaştığu sıcaklığın çok düşük olması, karbüratör memesinde buzlanma veya motorun ısınma süresinin daha az olacağının bir göstergesidir. %90 noktası sıcaklığu yakıtın sıvı halde kartere inme özelliğinin bir ifadesidir. Bu sıcaklığın düşük olması karter yağının daha az inceleeğini belirtir.

1.1.2.2. Buhar Basıncı

Benzinin kaynama başlangıcında 37,8 °C deki buhar basıncıdır. Benzinli motorlarda depodan en sona yakıt elemanına kadar olan donanımda buharlaşmadan dolayı meydana gelen tıkanmalar buhar basıncının etkisiyle olmaktadır. Bu nedenle sıcak ölkelerde düşük buhar basıncılı benzinler, soğuk ölkelerde ise yüksek buhar basıncılı benzinler tercih edilmektedir.

1.1.2.3. Isıl Değer

Birim ağırlılığının tümünün yanması sonucu açığa çıkan enerji yakıtın ısıl değerini vermektedir. Ayrıca yakıtların ısıl değerleri kimyasal yapılarından da belirlenebilmektedir. Ancak; içten yanmalı motorların yakıtları çok sayıda HC'ler tarafından meydana geldiğinden ısıl değerin kalorimetre kabıyla ölçölmesi daha doğru sonuçlar vermektedir. HC'lerden oluşan yakıtlarda yanma sonucu su açığa çıkmaktadır.

Ölçme sırasında, su buhar halinde ise, ölçülen değer alt ısı değeridir. Su buharının tümünün yoğunlaşarak buharlaşma ısını geri vermesi durumunda ölçülen değer ise üst ısı değeri olmaktadır. Hesaplamalarda genellikle yakıtların alt ısı değeri kullanılmaktadır. Kurşunsuz benzinin alt ısı değeri 43000 kJ/kg [14].

1.1.2.4. Alevlenme ve Tutuşma Sıcaklığı

Tutuşma sıcaklığının altındaki bir sıcaklıkta, yakıt alev yaklaştırıldığında, alevin parladığı fakat yanmanın devam etmediği sıcaklık alevlenme noktasıdır. Benzinin üzerinde birikmiş olan benzin buharı, bir anda parlar ve yanma devam etmez. Alev alma sıcaklığına kadar ısınmış yakıt, ısıtmaya devam edilirse, belirli bir sıcaklığa erişildiğinde, alev çekildikten sonra da yanmaya devam eder. Bu noktaya tutuşma sıcaklığı denir. Alevlenme (parlama) sıcaklığı, yağ ve yakıtın alev alma tehlike sınırı açısından çok önemlidir. Tutuşma sıcaklığı, alevlenme sıcaklığından yaklaşık olarak 30-40 °C daha yüksek olmaktadır.

1.1.2.5. Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı

İçten yanmalı motor yakıtlarının en önemli özelliklerinden olan kendiliğinden tutuşma sıcaklığı, yakıtın kendi kendine tutuştuğu sıcaklıktır. Kendiliğinden tutuşma sıcaklığının benzinli motorlarda yüksek, dizel motorlarda düşük olması istenmektedir. Normal benzinin parlama sıcaklığı 13°C, kendiliğinden tutuşma sıcaklığı 220 °C dir.

1.1.2.6. Oktan Sayısı

Oktan sayısı, benzinin kendiliğinden tutuşmaya dayanıklılığının bir göstergesidir. İzo oktan C_8H_{18} 'in oktan sayısı 100, normal heptan C_7H_{16} 'in ise oktan sayısı 0'dır. Benzin içerisindeki izoktan miktarı arttıkça oktan sayısı yükselir. Örneğin bir benzin içerisinde % 95 izo oktan, % 5'de normal heptan varsa bu benzinin oktan sayısı 95 olur yani izo oktan miktarı aynı zamanda oktan sayısını da vermektedir. Yüksek oktanlı benzinler, düşük oktanlı benzinlere göre daha yüksek sıkıştırma oranlı motorlarda kullanılırlar.

Benzinin oktan sayısının tespiti, sıkıştırma oranı değiştirilebilen özel test motorları yardımı ile yapılır. Oktan sayısı saptanacak yakıt test motorunun deposuna doldurulur ve motor çalıştırılır. Sıkıştırma oranı değiştirilerek motorda vuruntu meydana getirilir.

Knockmetre ile vuruntu miktarı belirlenir ve motor durdurulur. Depodaki oktan sayısı tayin edilmeye çalışılan yakıt boşaltılır.

Bunun yerine değişik oranlarda hazırlanmış olan izo oktan + normal heptan karışımı doldurulur. Motor çalıştırılır. Bir önceki denemeden sıkıştırma oranı sabit kaldığı için aynı miktarda vuruntu elde edilinceye kadar farklı karışımlarla denemelere devam edilir. Oktan sayısı saptanacak benzinin vuruntusuna eşit vuruntuyu veren karışım içerisindeki izo oktan yüzdesi o benzinin oktan sayısıdır.

1.1.3. Gaz Yakıtlar

Motorlarda kullanılan gaz yakıtlar çok çeşitli olmakla birlikte elde edilebilirlikleri, pratik kullanıma uygunlukları itibariyle doğal gaz ve sıvı petrol gazı (LPG) en önemli olanlarıdır. Bununla beraber biyogaz vb. diğer gaz yakıtlarda gelecekte geniş kullanım alanları bulacaklardır.

Doğal gaz; % 85-95'e yakın kısmı metan gazından ibarettir. Doğal gaz içerisinde ayrıca etan, propan, ve bütan da bulunmaktadır. Doğal gazdan sentez yoluyla benzin ve yakıt yağı üreten bazı tesislerde bulunmaktadır. Doğal gazlar günümüzde ağırlıklı olarak ısıtma ve muhtelif endüstriyel alanlarında kullanılmaktadır. En zengin doğal gaz yatakları Kuzey ve Güney Amerika, İran, Azerbaycan ve Kazakistan'da bulunmaktadır.

Jeneratör gazı; karbon esaslı odun, kömür, taş kömürü, kok, linyit gibi katı yakıtların eksik yanması sonucu elde edilen gaz ürünlerinin karışımından ibarettir. % 90'dan fazlası CO, H₂ve N₂'dir. Sıvı yakıtların bulunamadığı savaş yıllarında bolca kullanılmıştır. Günümüzde artık kullanılmamaktadır.

Yüksek fırın gazı; kok'un hava eşliğinde gazlaşmasıyla açığa çıkan yanıcı bir üründür. Metal oksitlerin indirgenmesi sonucu yan ürün olarak açığa çıkan gazlarda bol miktarda mevcuttur. Bu bakımdan söz konusu işlemlerin gerçekleştirildiği demir çelik fabrikalarında kullanılması uygun görülmektedir.

Suni gaz; kömür veya petrolün muhtelif metotlarla CO oluşturacak şekilde gazlaştırılması ile birlikte suyun hidrojen gazı verecek şekilde distilasyasyonu sonucu elde edilir. Teknik özellikleri itibariyle son derece kaliteli fakat pahalı bir gazdır.

Kok fırın gazı; uçucu kısmı % 20-25 olan metalürjik kok'a elverişli gazsız taş kömürünün havasız olarak gazlaştırılması esnasında sıcaklık 1300 K'ne kadar çıkarılarak metan teşekkül ettirilmektedir. Metanın ayrışması sonucu kok fırını gazı açığa çıkar.

Linyit gazı; linyitin 870 K'nin altında kuru damıtılması sonucu elde edilir.

Ayrışma gazı; yakıt yağı, benzin vs. gibi sıvı yakıtlar, artık gazlar ve LPG gibi gazların su buharı ve bol hava eşliğinde termik veya katalitik olarak ayrışması ile elde edilir.

Şehir gazı; kok fırını gazı ile jeneratör gazı veya suni gazın karışımıdır. Ayrışma gazı kalitesindedir.

Rafineri gazı; petrolün damıtılmasında ve hazırlanmasında art gaz olarak ortaya çıkar. Hidrokarbonlar ile hidrojenlerden oluşur. Kimyasal yapısı çok değişik olduğundan kullanımında dikkatli olmak gerekir.

Hava gazı; içerisinde % 30-35 oranında uçucu madde ihtiva eden taşkömürlerinin kuru damıtılmasından elde edilir. Kok fırını gazının aynısıdır. Ancak buradaki amaç gaz üretimidir ve çıkan kok metalürjik kok değildir [12].

1.1.3.1. LPG'nin Genel Özellikleri

LPG (Likit Petroleum Gas) Sıvılaştırılmış Petrol Gazı anlamına gelir. LPG hidrokarbon olup, temel olarak propan ve bütan karışımıdır. LPG petrolün işlenmesinden, ya da petrol yataklarında karışmış biçimde bulunan petrol veya CNG (Compressing National Gas)'den ayrıştırılarak elde edilir. Ticari şekliyle Bütanın kimyasal formülü C_4H_{10} , Propanın ise C_3H_8 'dir. Türkiye'de %30 propan ve %70 bütan'dan oluşan LPG kullanılmaktadır.

Türk Standartları Enstitüsü, ülkemiz iklim ve kullanım şartlarına göre üretilen LPG yakıtı bileşiminde bulunması gereken ana hidrokarbon oranına göre dört gruba ayırmıştır. Sınıflandırılması yapılan gazlara ait özellikler Tablo 1.3.'de verilmiştir.

Tablo 1.3. LPG'nin Yaklaşık Özellikleri [15].

ÖZELLİKLER	TİCARİ PROPAN	TİCARİ BÜTAN	TİCARİ PROPAN TİCARİBÜTAN KARIŞIMI	ÖZEL HİZMET PROPANI
Buhar Basıncı, en yüksek, kPa				
20°C	930	103	1-)	950
40°C	1550	285		1550
45°C	1720	245		1720
55°C	2070	462		2070
Uçucu Kalıntı : % 95' inin buharlaştığı Sıcaklık, en yüksek °C	-38,3	2,2	2,2	-38,3
Bütan veya daha Ağır Moleküllü Ürün % Hacimce en çok	2,5	*****	*****	2,5
Pentan veya daha Ağır Moleküllü Ürün % Hacimce en çok	*****	2,0	2,0	*****
Propilen Miktarı, % hacimce en çok	*****	*****	*****	5,0
Artık Miktarı : 100 ml Numunenin Buharlaştırılmasıyla, ml, en çok	0,05	0,05	0,05	0,05
Sıvı Haldeki LPG'nin Nisbi Yoğunluğu (Suya Göre) (15,6 / 15,6 °C)	0,592 ⁽²⁾	0,582 ⁽²⁾	0,547 Minimum 0,573 Maksimum	0,509 ⁽³⁾
Sıvı Haldeki LPG'nin 1 m ³ ' ünün Kütlesi (15,6 °C), kg	509	582	*****	509 ⁽³⁾
Gaz Haldeki LPG'nin Nisbi Yoğunluğu (Havaya Göre) (15,6 °C)	1,52 ⁽²⁾	2,01 ⁽²⁾	*****	1,52
Tutuşma Sıcaklığı (Havada) °C	493 – 549	482 – 538	*****	493 - 549
Buharlaştırmadan sonraki toplam ısıtma Değeri: a) kJ / m ³ (Gaz Fazında)	93470 ⁽²⁾	121280 ⁽²⁾	*****	93470 ⁽²⁾
b) kJ / m ³ (Sıvı Fazında)	50020 ⁽²⁾	49140 ⁽²⁾	*****	50020 ⁽²⁾
c) kJ / l (Sıvı Fazında)	25430 ⁽²⁾	28100 ⁽²⁾	*****	25430 ⁽²⁾
Korozyon (Bakır şerit üzerinde en çok)	No.1	No.1	No.1	No.1
Kükürt, mg / kg, Kütlege en çok	185	140	140	123
Rutubet Miktarı	Bulunmamalı	Bulunmamalı	Bulunmamalı	Bulunmamalı
Serbest Su Miktarı	Bulunmamalı	Bulunmamalı	Bulunmamalı	Bulunmamalı
(1) – Ticari Propan – Bütan karışımının buhar basıncı 1430 kPa'ı geçmemelidir. Bu değer ayrıca gözlenen buhar basıncı ile deneyde elde edilen nisbi yoğunluk arasında aşağıdaki ile hesaplanan değerden fazlası olmamalıdır. Buhar Basıncı (en çok) = 1167 – 1880 kPa (15,6 °C sıcaklıkta nisbi yoğunluk)				
(2) Tolerans ± % 5 'dir.				
(3) Tolerans ± % 2 'dir.				

1.1.3.2. Ticari Propan

Esas olan propan ve propilenden meydana gelen fiziki metotlarla sıvılaştırılabilen gaz karışımıdır. Uçuculuğu yüksek olan bir hidrokarbondur. Soğuk iklimli bölgelerde daha homojen bir karışım oluşturur. Evlerde, ticari ve endüstriyel amaçlı yerlerde kullanılan ticari propan, kütlege % 95 saflıktadır.

1.1.3.3. Ticari Bütan

Esas olarak bütan ve bütilenden meydana gelen fiziki metotlarla sıvılaştırılabilen gaz karışımıdır. Uçuculuğu düşük olan bir hidrokarbondur. Ilıman iklimli bölgelerde yakıt olarak kullanılan ticari bütan kütlege % 95 saflıktadır (TSE 1991).

1.1.3.4. Ticari Propan – Bütan Karışımı

Ticari propan – bütan karışımının uçuculuğu orta seviyededir. Karışım oranları geniş aralıklarda olabileceğinden belirli ihtiyaçları karşılayabilecek özellikte yakıt elde edilmesi mümkündür. Bu karışım evlerde, ticari ve endüstriyel amaçlı kullanımlarda geniş bir alanda uygulanır. Türkiye’de TÜPRAŞ rafineri işletmelerinde LPG ürünü % 30 propan % 70 bütan olarak üretilmekte, ancak propan artırıcı yönde iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır [16].

1.1.3.5. Özel Hizmet Propanı

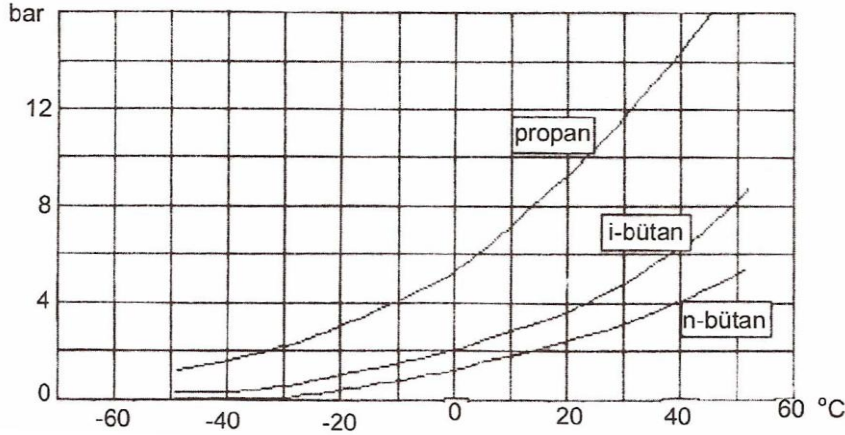
Propandan meydana gelen, içten yanmalı motorlarda vurutusuz çalışmayı sağlayan hidrokarbondur. Kütlege % 98 saflıktadır. Orta süratte ve vurutusuz çalışması gereken içten yanmalı motorlar için elde edilen özel sıvılaştırılmış bir petrol gazıdır [16].

1.1.3.6. LPG’ nin Özellikleri

- ❖ Havadan ağırdır. Bu sebepten dolayı zemine çökerek yayılma yapar.
- ❖ Havasızlıktan boğulmaya sebep olur.
- ❖ Renksiz ve kokusuzdur.
- ❖ Parlayıcı ve patlayıcıdır.
- ❖ Benzine göre buhar basıncı yüksektir.
- ❖ % 100 temiz yanar. Kurum bırakmaz.
- ❖ Sıvı haldeki LPG, deri temasında soğuk yanmaya sebep olur.
- ❖ Bileşiminde asgari miktarda kükürt ihtiva eder. (20 – 100 mg/m³)
- ❖ Silindir içinde daha homojen bir yakıt - hava karışımı sağlar.
- ❖ Atmosferik basınçta propan – 430 °C, bütan 00 °C sıcaklıkta sıvı fazına geçer.
- ❖ LPG’nin kısa sürede ve düşük oranda solunması, insanlarda zehirlenme belirtisi göstermez [17].

1.1.3.7. Buhar Basınç Eğrisi

Bütan ve propanın belirleyici özelliklerinden biri de buhar basıncıdır. Yani, sıvının kapalı hacimdeki buhar ile dengede olduğu basınçtır. LPG Şekil 1.2.'de görüldüğü gibi, buhar basınç eğrisi altındaki şartlarda (basınç, sıcaklık) gaz halindedir. Bu eğrinin üzerindeki şartlarda sıvı haldedir [17].



Şekil 1.2. Propan, Normal Bütan ve İzobütanın Sıcaklığa Bağımlı Buharlaşma Basınç Değişimi [18]

Buhar basınç eğrisine göre bütanın 0 °C'deki buhar basıncı 0,0005 bar ve 15 °C'de 0,8 bar; propanın aynı derecelerdeki buhar basıncı sırasıyla 4 bar ve 6,5 bar'dır. Bu nedenle propan ve bütan karışımının oranlarının değişmesi basınç üzerinde belirgin farklılıklara neden olur. Isı arttıkça basınç artar ve LPG'nin sıvı halindeki hacminde büyük değişikliklere neden olur. Basınç çok artarsa içinde bulunduğu tankın patlamasına neden olur. Tank hiçbir zaman LPG ile tam doldurulmamalıdır [19].

Propan ve bütan arasındaki diğer ayırıcı özellik ise kaynama noktasıdır. Propanın – 43 °C'de gaz faza geçmesi durup, sıvı fazda kalırken, bu olay bütanda 0 °C'dir. Özellikle soğuk havalarda daha yüksek oranlarda propan gerektiren karışımların gereksinimini ortaya çıkarır. Böylece gaz fazına dönüşüm kolaylaşır.

1.1.3.8. LPG'nin Isıl Değeri

Muhtelif gazların ısı değerleri karşılaştırıldığında propan ve bütanın ısı değeri gaz yakıtlardan oldukça yüksektir. Bu özelliğinden dolayı propan ve bütana yüksek kalorili gazlar denir. Tablo 1.4'de çeşitli gazlara ait ısı değerleri verilmiştir.

Tablo 1.4. Bazı gazların alt ısı değerleri [20].

Yakıt Cinsi	Alt Isıl değeri (Kj/Kg)
Hidrojen	120.000
Etanol	26.900
Propan	46.400
Bütan	45.600

1.1.3.9. Buharlaşma Gizli Isısı

Buharlaşma gizli ısısı 1kg yakıtı sıvı durumdan buhar durumuna geçirmek için gerekli olan ısıyı ifade eder. LPG yakıtını oluşturan gazların buharlaşma gizli ısıları Tablo 1.5.'de görüldüğü gibi yüksektir. İçten yanmalı motorlarda LPG'nin gerekli olan buharlaşma gizli ısısı, motor soğutma suyunun regülatörden geçen sıvısı, LPG'nin etrafında dolaştırılmasıyla temin edilir.

Tablo 1.5. Propan ve Bütanın Buharlaşma Gizli Isıları [20].

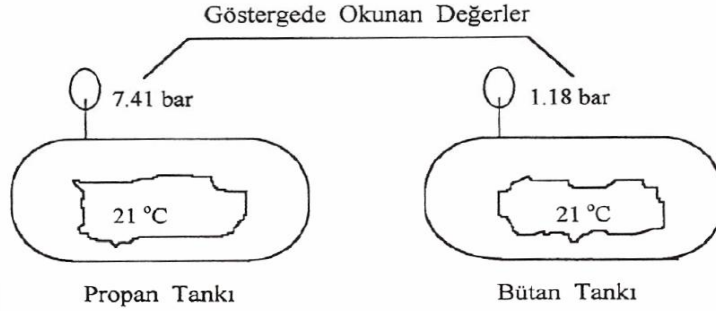
Sıvı LPG Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Buharlaşma Gizli Isısı (kJ/ kg)	
	Propan	Bütan
- 28,9	410,8	-----
- 17,8	399	-----
- 12,2	392	-----
- 6,7	385,1	389,8
+ 1,7	373,4	382,6
+ 7,2	-----	378

1.1.3.10. Kaynama Noktası

Bir sıvının kaynama noktası, sıvının üzerinde 1,013 bar mutlak, yani atmosfer basıncı mevcut olduğu zaman, kaynama olayının meydana geldiği sıcaklıktır. Şekil 1.3.'de propan ve bütanın kaynama noktaları karşılaştırılmıştır.

Yakıt deposunun içinde tamamen propan bulunursa, propan depo çevresindeki atmosfer sıcaklığı etkisiyle + 21 $^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar ısınır. Sıvının üstündeki buhar basıncı 7,41 bar olur. Bu durumda depo sıcaklığı artırılırsa içindeki propanın buhar basıncı fazlalaşır ve kaynama noktası yükselir. Eğer sıcaklık azaltılacak olursa, örneğin - 34,4 $^{\circ}\text{C}$ 'de buhar

basıncı 0,34 – 0,41 bar arasında olur. Şekil 1.3.'deki yakıt deposunda sadece bütan bulunursa, atmosfer sıcaklığı etkisiyle + 21 °C'ye kadar ısınan bütan 1,18 bar'lık buhar basıncı meydana getirir. 1,18 bar'lık basınç çalışması için yeterlidir. –34 °C'de bütanın buhar basıncı 0,205 bar'a kadar düşer.



Şekil 1.3. Propan ve Bütan Tanklarında Kaynamanın Mukayesesi [21].

Propan ve bütanın kullanım alanları ile ilgili coğrafi dağılışı, en kesin rol oynayan fiziki faktör kaynama noktaları arasındaki farktır. Bütanın kaynama noktası (0 °C), propana (-43 °C) göre yüksek olduğu için sıcak iklimlerde kullanılır veya karışım içindeki oranı arttırılır.

Farklı karışımlardan meydana gelen yakıt kullanıldığı zaman, kaynama noktası düşük olan diğerinden daha çabuk buharlaşır ve karışım içindeki oranları önemli ölçüde değişir.

1.1.3.11. LPG' nin Vuruntuya Karşı Mukavemeti

LPG'nin vuruntuya karşı direnci karışımındaki propan ve bütan miktarına bağlı olarak oktan sayısı değişmektedir. Ancak, gerek propanın gerekse bütanın oktan sayısı benzinden yüksek olduğu için LPG'nin oktan sayısı daha yüksektir. Bu nedenle alternatif yakıt olarak kullanıldığında motorun sıkıştırma oranı değişmediğinden vuruntusuz olarak çalışır [22]. Benzinin oktan sayısı LPG ye göre düşüktür. İçerisine çeşitli metotlarla katılan katkı maddeleriyle (kurşun tetraetil, aromatikler) oktan sayısı yükseltilir. LPG'nin ise oktan sayısı yüksektir. Bundan dolayı LPG, yüksek sıkıştırma oranlı motorlarda kullanımıyla motor gücünü artırır. LPG yakıtını meydana getiren propan, bütan ve diğer gazların karışım içindeki oranları LPG'nin oktan sayısını belirler [23].

1.1.3.12. LPG'nin Yoğunluğu

LPG'nin sıvı olarak yoğunluğu, propan 0,508 kg / m³ normal bütan için 0,584 kg / m³ tür. Depoların maksimum doldurma oranını tayin edebilmek için sıvının yoğunluğu dikkate alınır. LPG'nin gaz olarak yoğunluğu, yakıtı meydana getiren karışım oranlarının değerine ve gazın sıcaklığına göre farklılık gösterebilir. Depolama tanklarının oranına dikkat etmek gerekir. Çünkü karışım içindeki oranlar LPG yakıtının yoğunluğunu belirler [20].

1.1.3.13. LPG'nin Çevreye Etkisi ve Egzoz Emisyonları

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirleticilerin en önemlileri; azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), hidrokarbonlar (HC), kükürt (S), kurşun (Pb) ve partiküller olarak sıralanabilir. Çevre ve insan sağlığına zararlı olan bu kirleticiler, egzoz gazlarının hacimsel olarak % 1'ini oluşturmakta olup, motorun çalışma şartlarına bağlı olarak değişik davranışlar göstermektedir. Ülkemizde yapılan çalışmalarda, Ankara ili için egzoz gazlarının hava kirliliğindeki etkisi partikül emisyonlarında % 42, hidrokarbon emisyonlarında % 86, azot oksit emisyonlarında % 73, karbon monoksit emisyonlarında % 87 ve toplam hava kirliliğinde % 74 olarak belirlenmiştir [22].

Dünyanın en önemli sorunlarından birisi, artan hava kirliliği ve sera etkisinden kaynaklanan küresel ısınmanın önlenmesidir. Bunun için teknolojik önlemler alınırken, otomotiv sanayide de alternatif yakıtlar üzerinde büyük araştırmalar yapılmaktadır.

LPG, hem benzin hem de motorine göre daha temiz bir yakıttır. İçinde kükürt, kurşun bileşiği, aromatik hidrokarbonlar ve polimer yoktur. Karbon birikintisi oluşturmamaktadır. Diğer kirleticiler de önemli ölçüde azalmaktadır.

1.1.3.14. LPG nin Fiziksel Özellikleri

Türkiye’ de kullanılan ve %30 Propan ile %70 Bütan karışımından meydana gelen LPG’nin fiziksel özellikleri Tablo 1.6’deki gibidir.

Tablo 1.6. LPG’nin Fiziksel Özellikleri [24].

Fiziksel Özellik	Sayısal Değer-Birim
Özgül Ağırlık (Likit halde)	0.560 Kg/dm ³
Özgül Ağırlık (Gaz halinde)	1.860 Kg/dm ³
Kaynama Noktası	13°C
Gaz Hacminin Sıvı Hacme Oranı	250
En Düşük Tutuşma Limiti (Havada)	% 2
En Büyük Tutuşma Limiti (Havada)	% 8.70
Yanma İçin Gerekli Hava Miktarı	28.80 m ³ h/m ³ y
Yanma İçin Gerekli Hava Miktarı	15,7 kg/kg
Yanma İçin Gerekli Hava Miktarı	12 m ³ /kg
Buharlaştırma Isısı (15 °C’ de)	85 Cal/Kg
Buhar Basıncı (15 °C’ de)	3 Bar
Alt Isıl Değeri	10900 Kcal/Kg

LPG’nin fiziksel özellikleri incelendiğinde, gaz haldeki LPG havadan daha ağır olduğu için LPG kaçakları aşağı doğru çöker. Sıvı haldeki LPG ise sudan daha hafiftir ve bu nedenle tankların dibinde su birikimlerine rastlanabilir. Sıvı haldeki LPG kaçağı; aynı hacimdeki gaza göre daha büyük bir madde akışına neden olduğundan, gaz halindeki bir kaçaktan çok daha tehlikelidir. Bir hacim sıvı LPG, yaklaşık olarak kendisinin 250 katı hacimde gaz LPG oluşturur.

LPG; gres, yağlar ve boya gibi maddeleri eritir. Doğal kauçukta şişmelere neden olur. Yaygın olarak kullanılan metallerde ise korozyona yol açmaz. Bu nedenlerle LPG taşıyıcı hortumları sentetik kauçuk ve bakır, ayrıca tank üretiminde ise çelik kullanılır.

Propan ve bütan; hava ile % 2 ila % 8.7 oranlarındaki LPG karışımı, kapalı ortamlarda yanıcı ve patlayıcı bir karışım oluşturur. Söz konusu yanma aralığı diğer gazlara göre daha düşüktür. Bu özelliği ise LPG’ nin önemli avantajlarından bir tanesidir.

1.2.LPG’NİN BENZİNLİ MOTORLARDA KULLANIMI

1.2.1. Otomotiv Sektöründe LPG’nin Kullanımı

LPG yüksek kaliteli bir enerji kaynağıdır; ısınmada, endüstride, tarımda ve bunlar ile ilişkili alanlarda olduğu kadar, otomotiv sektöründe de yaygın olarak kullanılmaktadır. LPG benzine karşı uygun bir alternatiftir.

Tablo 1.7. LPG ve Benzinin Karşılaştırılması [24].

Özellikler	Propan	Bütan	Benzin
15 °C Volümik Kütle (Kg/dm ³)	0,508	0,584	0,73-0,78
37,8 °C’de Buhar Basıncı (Bar)	12,1	2,6	0,5-0,9
Kaynama Sıcaklığı	-42	-0,5	30-225
R.O.N (Araştırma Oktan Sayısı)	111	103	96-98
M.O.N (Motor Oktan Sayısı)	97	89	85-87
Alt ısı değer(Mj/Kg)	46,1	45,46	44,03
Stokiyometrik Oran	15,8	15,6	14,7

Tablo 1.7.’de benzin ve LPG’nin özellikleri incelendiğinde benzinin kaynama noktası ortam sıcaklığının üzerinde olduğu için daha geç buharlaşacağı ve dolayısı ile karışım oluşturulması LPG’ye göre daha zor olacağı söylenebilir. Araştırma Oktan Sayısı (R.O.N) ve Motor Oktan Sayısı (M.O.N.) değerlerine bakılacak olursa vuruntu mehilinin azalmasında önemli bir etken olan oktan sayısı kıyaslandığında benzinin düşük kaldığı görülmektedir. Buna bağlı olarak LPG’nin benzine göre vuruntu oluşumuna daha mukavim olduğu söylenebilir.

Isıl değer, yanma sonu ürünleri içindeki H₂O’nun bulunduğu faza bağlıdır. Yanma sonu ürünleri içindeki H₂O buhar fazındaysa alt ısı değer adını alır. Sıvı fazda ise üst ısı değer adını alır. Yanma sonucunda açığa çıkan ısının bir miktarını H₂O molekülü kendi üzerine çekerek buhar fazına geçmiş ise yanma sonucu açığa çıkan ısı azalmıştır.

Bu nedenle hesaplanan bu ısı değer alt ısı değer denir. Yanma sonucunda açığa çıkan ısı olduğu gibi kalıp H₂O molekülleri sıvı halde açığa çıkarsa oluşan ısı miktarı yüksektir ve bu ısı değer de üst ısı değer denir. Yakıtın kalitesini belirleyen bir özelliktir.

Tablo 1.7. de benzinin ve LPG yakıtının ihtiva ettiği propan ve bütan yakıtlarının alt ısı değerleri verilmiştir. Tabloda benzin yakıtının alt ısı değeri LPG yakıtından düşük olduğu görülmektedir. Bu da yanma sonucunda LPG yakıtından daha fazla ısı açığa çıktığını göstermektedir.

Ülkemizde LPG'nin taşıtlarda yakıt olarak kullanımı ile ilgili Sanayi Bakanlığınca 29/6/1995 tarih ve 22328 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan bir yönetmelik ile araçlarda alternatif yakıt olarak LPG kullanımına izin verilmiştir. Bu yönetmelikten sonra, 28/5/1996 tarih ve 22649 sayılı Resmi Gazete' de söz konusu yönetmeliğin "Uygulama Usul ve Esaslarını" belirleyen bir tebliğ yayınlanmıştır. Bu tebliğ, günün ihtiyaçlarına uygun olarak 28/11/1998 tarih ve 23184 sayılı Resmi Gazete' de yayınlanan bir tebliğ ile yeniden düzenlemiş ve dönüşüm yapan firmaların TSE'den (Türk Standartları Enstitüsü) "Hizmet Yeterlik Belgesi" almaları koşulu getirilmiştir. Ayrıca, TSE tarafından konuyla ilgili standartlarda hazırlanarak mecburi olarak yürürlüğe konmak üzere Sanayi Bakanlığı onayına sunulmuştur. TSE tarafından konuyla ilgili yayınlanmış olan standartlar şunlardır;

- ❖ TS 11939- LPG-İkmal İstasyonu-Karayolu Taşıtları İçin-Emniyet Kuralları
- ❖ TS 12095- Motorlu Taşıtlar-Yanma Sistemleri-LPG Kullanılan-Donanımlar (Bölüm1)
- ❖ TS 12305- MotorluTaşıtlar-Yakıt Sistemleri-LPG Kullanılan-Yerleştirilmesi (Bölüm2)

Sanayi Bakanlığı 2004 yılında almış olduğu bir kararla, LPG dönüşümü yapan firmalara "İmalat Yeterlik Belgesi" verilmesi yetkisini TSE'ye devretmiştir. TSE İmalat Yeterlik Belgesi alacak firmaların sözleşmeli mühendisleri tarafından hazırlanacak proje ve teknik belgeler ile araçların trafiğe kayıt ve tescili için gerekli evrakların onaylanması işlemlerinin de yerine getirmektedir.

1.2.2. LPG Dönüşüm Sistemleri

Benzinli motorların LPG sistemine dönüşümü bazı özel parçaların sisteme ilave edilmesiyle gerçekleştirilir. Aracın mevcut yakıt ve ateşleme sistemi aynen muhafaza edilir.

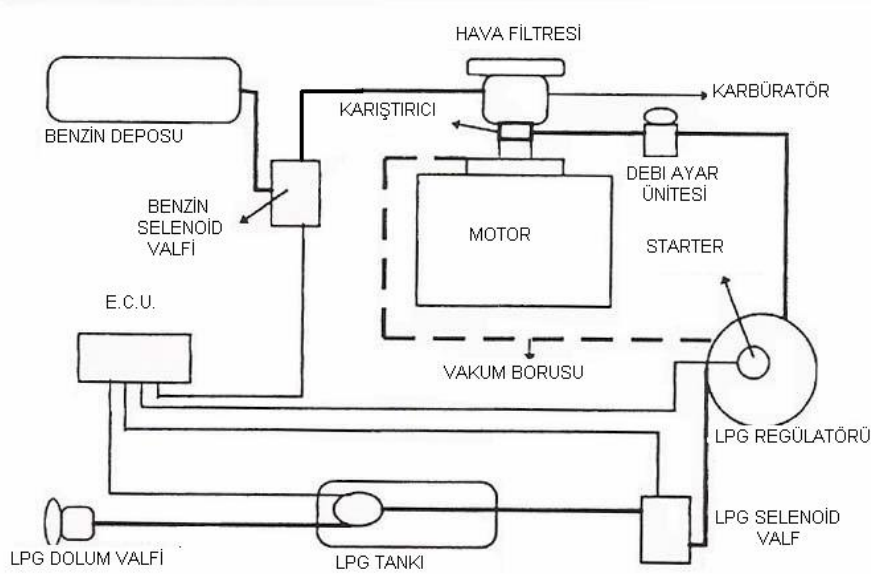
Teknolojinin gelişimi ile birlikte benzinli motorlarda kullanılan LPG dönüşüm sistemleri, performans değerlerinin iyileştirilmesi, yakıt tüketiminin azaltılması ve egzoz emisyon değerlerinin güncel sınırların içerisinde kalabilmesi için sürekli yenilenmektedir. Sistemdeki gelişmeleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

1. Birinci kuşak basit karıştırıcı sistemler
2. İkinci kuşak elektronik kontrollü sistemler
3. Üçüncü kuşak LPG püskürtmeli sistemler
4. Dördüncü kuşak sıralı sistem LPG püskürtmeli sistemler

1.2.2.1. Birinci Kuşak Basit Karıştırıcı Sistemler

Birinci nesil LPG dönüşüm sistemleri en basit olan sistemlerdir. Şekil 1.4.'de görüldüğü gibi sistem; yakıt deposu, LPG selenoid valf, LPG regülatörü, vakum borusu, debi ayar ünitesi ve karıştırıcıdan oluşmaktadır. Yakıt deposundan sıvı halde çıkan yakıt, regülatör ve buharlaştırıcı yardımıyla emme manifoldunda yer alan gaz karıştırıcıya gönderilerek hava ile karıştırıldıktan sonra silindirlere yollanmaktadır. Bu sistem karbüratörlü motorların dönüşümünde kullanılmaktadır. Birinci nesil LPG sistemleri regülatörün, diyaframı ayarlamak için aldığı sinyale göre vakumlu veya elektronik olarak ikiye ayrılmaktadır.

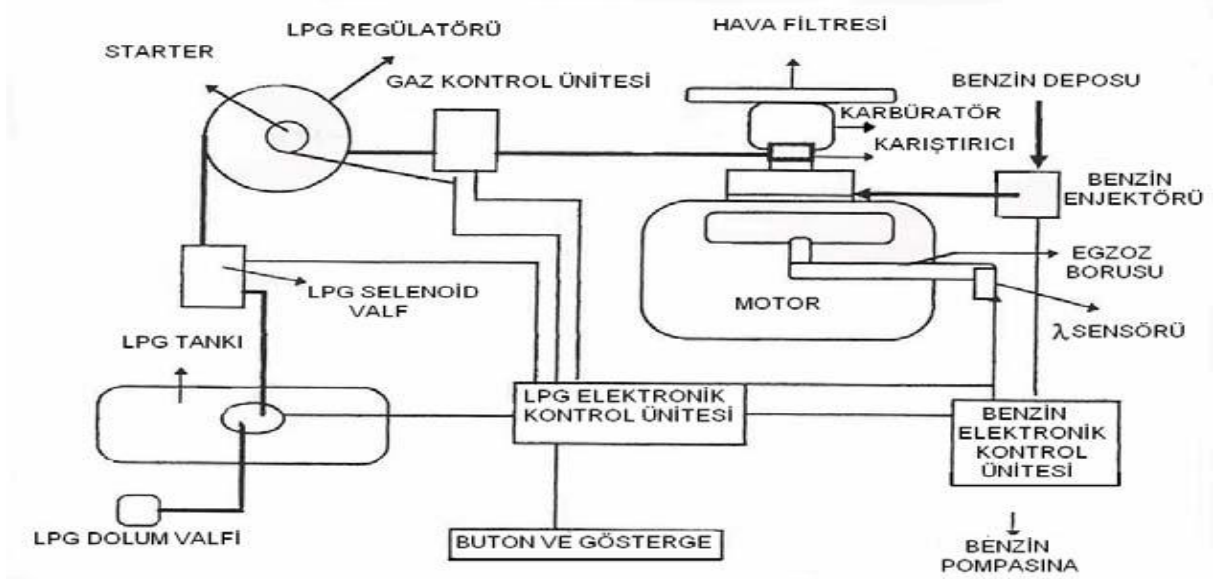
Sistemde; rölanti, kısmi yük ve tam yük için ayar vidaları bulunmaktadır. Bu sistemin, yetersiz sürüş performansı ve karışımın fakire ayarlanması durumunda geri tepme eğilimi vardır. Sürüş performansını iyileştirmek ve geri tepme eğilimini azaltmak üzere karışım zenginleştirildiğinde ise, emisyonlar ve LPG tüketimi artmakta, gaz kullanımının avantajları azalmaktadır.



Şekil 1.4. Birinci Kuşak Basit Karıştırıcılı Sistem [26].

1.2.2.2. İkinci Kuşak Elektronik Kontrollü Sistemler

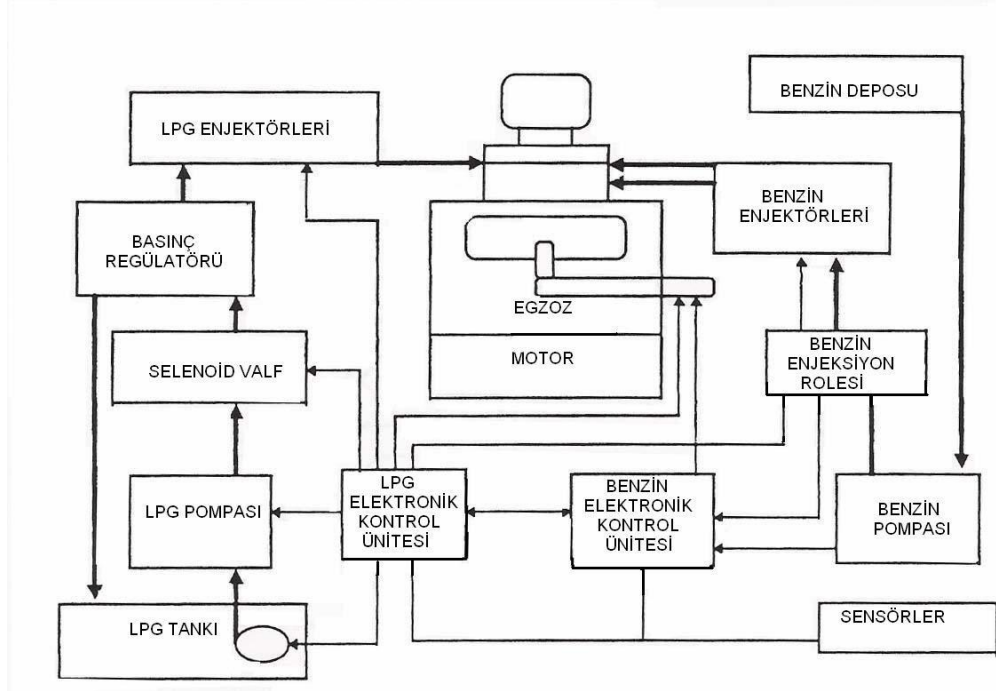
İkinci nesil LPG dönüşüm sistemleri şekil 1.5’de görüldüğü gibi sistem LPG tankı, LPG selenoid valfi, starter, LPG regülatörü, karıştırıcı, gaz kontrol ünitesi, oksijen sensörü, LPG elektronik kontrol ünitesi ve gösterge den oluşmaktadır. İkinci nesil LPG dönüşüm sistemlerinde oksijen sensörü tarafından egzoz gazı içinde bulunan oksijen miktarı ölçülerek, elektronik kontrol ünitesi yardımıyla yakıt miktarı, regülatörde uygun şekilde düzeltilmektedir. Böylece hava fazlalık katsayısı stokiometrik değerde tutabilmekte ve egzoz sisteminde katalitik konvertör yardımıyla düşürülen emisyon şartları sağlanabilmektedir [26].



Şekil 1.5. İkinci Kuşak Elektronik Kontrollü Sistemler [26].

1.2.2.3. Üçüncü Kuşak LPG Püskürtmeli Sistemler

Üçüncü nesil elektronik kontrollü sistemler Şekil 1.6.'da görüldüğü gibi LPG tankı, LPG pompası, selenoid valf, basınç regülatörü, LPG enjektörleri, sensorlar ve LPG elektronik kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Birinci ve ikinci nesil sistemlere göre daha karışık sistemlerdir. Motorun ilk çalıştırılması benzin enjeksiyonu ile yapılır, daha sonra motor devri 2000 d/d ye ulaştığında sistem otomatik olarak LPG enjeksiyonlu çalışmaya geçer. Çok yeni model araçlara takılmaları halinde yine de geri tepme riski bulunmaktadır [26].

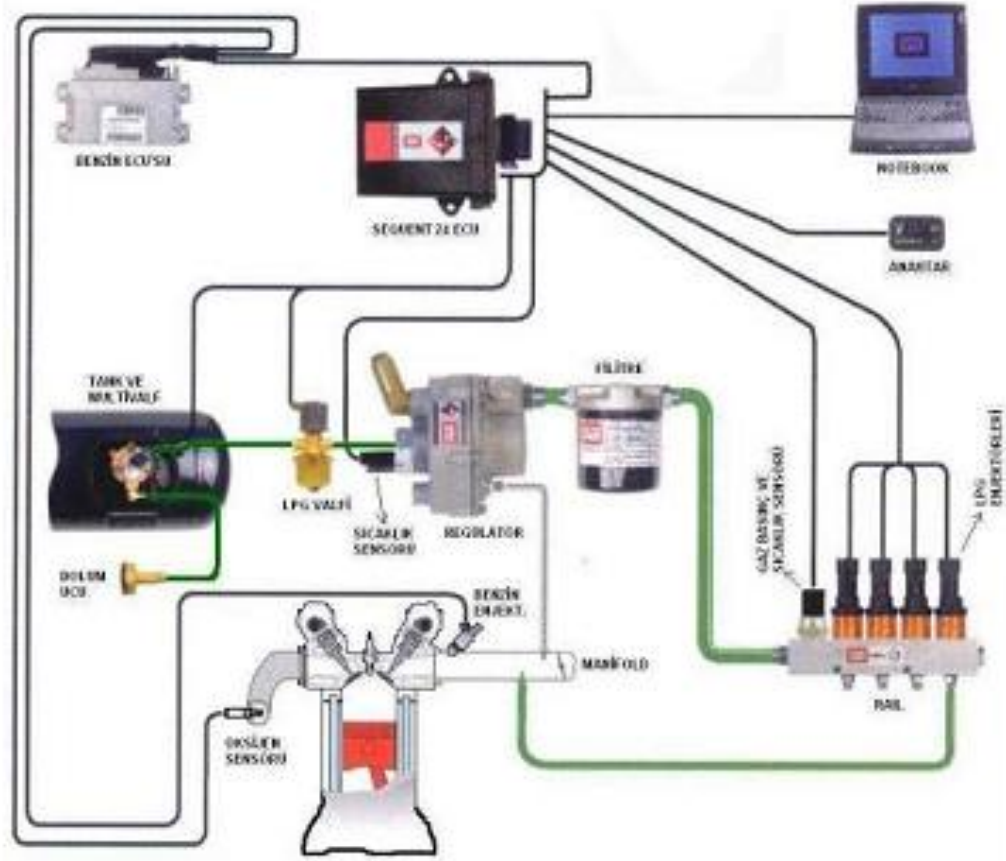


Şekil 1.6. Üçüncü Kuşak Lpg Püskürtmeli Sistemler[26]

1.2.2.4. Dördüncü Kuşak Sıralı Sistem LPG Püskürtmeli Sistemler

Şekil 1.7.'de LPG dönüşümü yapılmış bir morta eklenmiş olan dördüncü kuşak sıralı tip LPG püskürtmeli sisteminin şematik görünümü verilmiştir. Bu sistemlere sıralı tip LPG dönüşüm sistemi adı verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi sistem: LPG dolum başlığı, LPG tankı, multivalf, LPG valfi, ECU (Elektronik Kontrol Ünitesi), regülatör, regülatör sıcaklık sensörü, filtre, gaz basınç ve sıcaklık sensörü, LPG enjektörleri, yakıt manifoldu (rail), bakır borular, kablo setleri ve geçiş anahtarından oluşmaktadır.

LPG dönüşüm kiti tasarımı yapılırken sistemin çalışma güvenliği yüksek seviyede tutulmuştur. Aracın bagajına yerleştirilen tank üzerine bağlanan multivalfin gaz giriş ve çıkışlarında, aşırı bir akış durumunda kendiliğinden kapanan aşırı akım vanaları vardır. Buharlaştırıcı-Regülatör üzerinde bir elektrovalf vardır. Elektrovalf, motorun ateşleme sisteminden aldığı komutla açılır veya kapanır. Kontak açılır fakat motor çalışmazsa, bu valfler 5 saniye içerisinde elektronik sistemden aldığı komutla otomatik olarak kapanır. Bu durumda motorun yeniden çalıştırılabilmesi için, kontağın kapatılıp açılması gerekir. Ayrıca kullanım emniyeti için, aracın kontağı kapatılıp motor stop edildiğinde, bu valfler otomatik olarak kapanmaktadır.



Şekil 1.7. Sıralı sistem LPG dönüşüm prensibi [12].

LPG dönüşümü yapılmış bir motorun ihtiyacı olan gaz, özel tasarlanarak imal edilmiş LPG tankından, kalın etli ve mekanik tesirlere karşı izoleli bir bakır boru ile motor bölümüne sıvı halde iletilir. Öncelikle LPG elektrovalfine oradan da buharlaştırıcı-regülatöre ulaşır. Buharlaştırıcı-Regülatör, sıvı haldeki LPG'yi motorun soğutma suyu devresinden aldığı ısı ile gaz haline çevirmektedir. LPG, buharlaştırıcı-regülatör çıkışında 1200-1500 milibar basınca sahiptir. Motor devrine göre ihtiyaç duyulan LPG miktarı, emme manifoldunda oluşan vakuma bağlı olarak buharlaştırıcı-regülatör'de bulunan bir meme-diyafram-yay kombinasyonu ile otomatik olarak ayarlanmaktadır. Buharlaştırıcı-Regülatörden çıkan LPG, esnek bir hortumla gaz filtresine, oradan da üzerinde gaz enjektörlerinin sıralandığı ortak yakıt manifolduna gelir. Enjektörlerin püskürtme zamanını ve her bir silindir için püskürtülecek gaz miktarını Gaz Elektronik Kontrol Ünitesi (ECU) belirler.

ECU gerek kendi sistemine ait sensorlardan aldığı sinyaller gerekse benzin püskürtme sistemine ait sensorlardan aldığı sinyaller doğrultusunda bir tespit yaparak enjektörlere püskürtme sinyali gönderir. Böylelikle emme supabının açık olduğu anda gaz, emme supabının arkasına püskürtülür. Bu işlem her bir silindir için ayrı ayrı yapılmaktadır.

Sıralı sistemleri, klasik dönüşüm sistemlerinden ayıran en önemli parçalar; Benzinli araçlarda kullanılan ECU benzeri bir kontrol ünitesi, LPG buharlaştırıcı/Regülatör, Gaz Enjektörleri, Enjektörlerin sıralandığı bir kollektör ve özel kablo gruplarıdır.

Eski nesil sistemlerde kullanılan ve motorun hava girişinde engel teşkil eden mikser sıralı sistemlerde olmadığından aşağıdaki avantajlar elde edilmektedir:

- ❖ Benzinle çalışırken mikserin neden olduğu performans kaybı yaşanmamaktadır.
- ❖ Motor LPG ile çalışırken benzine yakın performans sağlanmaktadır.
- ❖ Motorun hava girişindeki mikser montajının yarattığı olumsuzluklar ortadan kalkmaktadır.
- ❖ Gaz enjektörleri her silindir için emme sübaplarının yakınına monte edildiğinden ve püskürtme emme valfinin açık olduğu bir sırada hassasiyetle gerçekleştirildiğinden çok noktalı (multipoint) enjeksiyon sistemlerinde görülen “back fire” manifold içerisinde tutuşma riski hiçbir zaman oluşmamaktadır.
- ❖ Benzin enjektörlerinin uyutulması için ilave emülatörlere ihtiyaç duyulmamakta, bu görev sıralı LPG sisteminin ECU’su tarafından yerine getirilmektedir.
- ❖ Benzin ECU’sunda hiçbir zaman hata kodları oluşmamaktadır.
- ❖ Eski nesil dönüşüm sistemlerinde OBD’ li araçlara takılan “MEMORY” cihazına ihtiyaç duyulmamaktadır.
- ❖ Benzin ECU’ sunun fonksiyonları araç gazla çalışırken aynen devam etmekte ve araçla ilgili tüm sensorlar devrede kalmaktadır[12].

1.2.3. LPG'ye Geçiş Şartları

Benzinli motorlarda LPG dönüşümü benzine alternatif olarak tasarlanmıştır. Bu tip dönüşüm yapılmış motorlar hem benzin hemde LPG ile çalışabilmektedirler. Piyasada kullanılan farklı tip dönüşüm sistemleri vardır. Yakıt püskürmeli tip motorlarda kullanılan dönüşüm sistemlerinde motor ilk olarak benzinle çalışır şartlar uygun olduğunda LPG ye geçilir. LPG ye geçiş şartları aşağıda belirtildiğı gibidir.

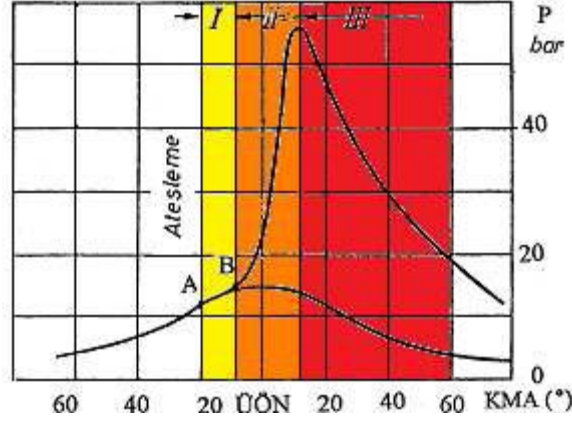
- ❖ Motor ilk olarak benzin ile çalışır, LPG seviye ışıkları yanmaz. Bu arada LPG'ye geçiş için istenen uygun şartlar olduğunda motor benzinli çalışmadan, LPG'li çalışmaya geçer ve yakıt göstergesindeki LPG seviye ışıkları 30 saniye içerisinde yanmaya başlar.
- ❖ Soğutma suyu sıcaklığı, normal çalışma sıcaklığında (yaklaşık 50 °C) iken motor çalıştırılır ise, motor başlangıçta benzinle çalışır ve yaklaşık 5 sn sonra otomatik olarak LPG'ye geçer.
- ❖ Motor çalıştırıldığında soğutma suyu sıcaklığı LPG'ye geçiş sıcaklığına yakın bir değerde ise motor benzin ile çalışır ve yaklaşık 2.5 dakika sonra LPG'li çalışmaya geçer.
- ❖ Yakıt seçici anahtar B konumunda yani benzinle çalışırken ve motor normal çalışma sıcaklığında ise, yakıt seçici anahtar G konumuna alınırsa, yaklaşık 5 sn sonra otomatik LPG'ye geçer[12].

1.3. Benzinli Motorlarda Yanma

En basit tanım olarak yanma bir molekülün ısı ve ışık açığa çıkararak oksijenle reaksiyona girmesidir. Bir başka tanımı ise, yakıt ile havadaki oksijenin reaksiyonu sonucunda ısı enerjisinin serbest bırakılması olayına yanma denilmektedir. Yanma olayı yakıt ile oksijen moleküllerinin elektron bağlantı düzenlerinde meydana gelen değişimin sonucunda gerçekleşmektedir.

1.3.1. Yanmanın Fiziksel İncelenmesi

Benzinli motorlarda karışımın yanması, teorik çevrimde olduğu gibi sabit hacimde olmayıp, 0,001-0,002 saniye gibi bir süre içerisinde gerçekleştiğinden, maksimum yanma sonu basınçlarına ulaşabilmek için, ateşlemenin Ü.Ö.N. 'dan önce yapılması zorunludur. Deneysel gözlemler; maksimum motor gücünün, maksimum motor basıncına Ü.Ö.N.'dan 5-10° sonra ulaşılması durumunda elde edildiğini göstermektedir.



Şekil 1.8. Silindir içi basıncın krank konumuna göre değişimi [28]

Şekil 1.8.'de bir otto motorunun P-KMA diyagramı görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi benzinli motorlardaki yanma, üç bölümde incelenmektedir.

A-B noktaları arasındaki 1. bölüm yanmanın başlangıç bölümü olarak bilinir. Bu bölgede, alevlenme öncesi oksitlenmeler olur ve fazla bir basınç artışı olmaksızın, sıcaklıkta küçük bir artış görülür. Birinci bölüm, krank milinin 4-6°'lik bir dönüşüne rastlamakta ve karışımın % 6-8 kadarı yanmaktadır. Bu bölümün genişliği, yakıtın özellikleri, karışımın yapısı gibi fiziksel faktörlere bağlıdır.

II aralığındaki bölüm etkili yanma bölümü olarak bilinir. İkinci bölüm, krank milinin 20-30°'lik bir dönüşüne rastlamakta ve bu bölümde karışımın % 90 kadarı yanarak hızlı bir basınç artışı sağlamaktadır. Bu bölümdeki yanma hızı egzotermik reaksiyonların hızına bağlıdır. Benzinli motorlardaki maksimum basınç, 40-60 bar kadardır. Bu bölümün bir derecelik krank dönmesi ile oluşan basınç artışı, "Basınç artış oranı" olarak ifade edilir.

Basınç artış oranı $= \frac{\text{Basınç Farkı (AP)}}{\text{Açı Farkı (AO)}}$ dir. Burada;

$$AP = P_3 - P_2 \quad (\text{bar}) \text{ ve}$$

$$AO = \alpha_3 - \alpha_2 \quad (^\circ) \text{ dir.}$$

Basınç artış oranı, normal bir çalışma sırasında 1,2-2,6 bar/derecedir. Bu sınırın altındaki değerlerde yanma genişleme kursuna sarkar, maksimum yanma sonu basınçlarına ulaşamaz ve yakıt ekonomisi kötüleşir. Üstündeki değerlerde ise, basıncın çok hızlı yükselmesine bağlı olarak motor sert veya vuruntulu çalışır. Krank-biyel mekanizmasına etki eden yükleri artırarak, aşırı aşınma ve hasara neden olabilir.

III noktasının başlangıcından sonraki bölüm ise sonradan yanma bölümü olarak bilinir. Bu bölümün bitiş noktası IV noktasının belirlenmesi, yanmanın tamamlandığı noktanın bilinmesine bağlı olduğundan, çok zordur. Üçüncü bölümün genişliği esas olarak, karışımın yapısına, silindirdeki türbülansa ve ateşleme avansına bağlıdır.

Yanma ve genişleme (iş) zamanında, egzoz ve emme supapları kapalıdır. Sıkıştırılan hava-yakıt karışımının yanması, bir buji kıvılcımı aracılığıyla sağlanır. Hava-yakıt karışımının tamamıyla yanması için yaklaşık olarak 1/1000 saniyelik bir zaman gereklidir. Buradan karışımın Ü.Ö.N'dan daha önce ateşlenmesi zorunluluğu doğar. Böylece Ü.Ö.N'dan kısa bir süre sonra basınç 40-60 bar 'a, sıcaklık 2000-2500°C'ye yükselir. Alev cephesi normal yanma sırasında ortalama 25-30 m/s 'lik bir hızla yanma hacmine yayılır.

Yanma fiziksel ve kimyasal etkileşimden oluşan karmaşık bir olaydır. Yanmayı oluşturan fiziksel olaylar genellikle kütle ve enerji iletimi ile ilgilidir. Kimyasal reaksiyonlar ise yakıt ile oksidant arasındaki moleküler seviyedeki etkileşimlerdir.

Yanma olayı; yakıtın buharlaşarak hava ile karışma koşullarına, kimyasal reaksiyonların hızına, yanma bölgesindeki ısı ve kütle iletim koşullarına bağlı olarak başlar, gelişir ve tamamlanır. Benzinli motorlarda buharlaşma ve karışma yanmadan önce genellikle silindir dışında emme kanalında sağlandığından, homojen bir karışımın sağlanması söz konusudur. Burada yanmayı fiziksel olaylardan çok kimyasal olaylar etkilemektedir.

Benzin motorlarında normal yanma bujiden başlayıp çevreye doğru gelişmektedir. Ancak motorda yanma olayı bazı koşullardan dolayı istenmeyen farklı şekillerde de oluşmaktadır. Bunlardan en önemlisi vuruntulu yanmadır. Ayrıca ender olarak, kendi kendine tutuşma ile başlayan anormal yanma şekilleri de bulunmaktadır.

Benzin motorlarında hava ve yakıt karışımı, silindir dışında yakıt moleküllerinin hava molekülleri içerisinde düzgün dağıldığı, homojen bir karışım oluşturacak şekilde hazırlanmaktadır. Yanma olayı genellikle üç faza bölünerek incelenebilir. Ancak fazlar çok belirgin bir şekilde bir birinden ayrılamazlar. Birinci faz bujiden kıvılcım çıktığı nokta ile basıncın artmaya başladığı nokta arasındaki zamandır.

Piston üst ölü noktaya (ÜÖN) gelmeden buji elektrotları arasında çıkan kıvılcımın enerjisi nedeniyle, bu bölgedeki karışım, belli bir tutuşma gecikmesi sonucunda, ilk alev cephesi patlama şeklinde oluşmaktadır. Tutuşma gecikme süresi,

- ❖ Buji kıvılcım enerjisine
- ❖ Kıvılcım uygulama süresine
- ❖ Buji elektrotları arasındaki ısınan bölgenin hacmine (Buji tırnak aralığına)
- ❖ Karışım oranına (kimyasal reaksiyon hızına)
- ❖ Buji önündeki akış hızına (ilk ısınan bölgenin hızlı taşınım sonucu enerji seviyesinin düşmesine) bağlıdır. Bu fazda yanan karışımın miktarı az olup toplam miktarın %1'i kadardır.

Ana faz ile tutuşma gecikmesi sonunda basıncın artmaya başlaması anında başlamakta ve ÜÖN dan sonra maksimum basınç oluşuncaya kadar devam etmektedir. Ana fazın süresi 25-30° krank mili açısı (KMA) civarındadır. Tutuşma gecikmesi süresi sonunda basınç, sıcaklık ve karışım oranın belirlediği bir yanma hızı ile alev cephesi sürekli şekilde ilerler. Motordaki yanma hızı, karışım sıcaklığına, basıncına, hava fazlalık katsayısına (HFK) ve yanma odasındaki türbülans şiddetine bağlıdır.

Türbülanssız karışımındaki laminar yanma hızı 3-4 m/s iken, türbülans nedeni ile bu hız 3-15 kat artmaktadır. Yanma hızı bu fazda oldukça yüksek ve dolayısı ile yanan karışımın miktarı fazladır.

Yanma hızı yanma odasında en az 10-15 m/s civarında, yüksek devirli motorlarda ise 50-60 m/s kadar olmaktadır. Yanma hızı silindir ve yanma odası çeperlerine yaklaştıkça soğuma nedeni ile azalmaktadır.

Motor performansına, alev yolu ile basınç artışı arasındaki ilişki etki etmektedir. Bu ilişki motorda maksimum basıncın yaklaşık %80 inin, yolun son %30 unda yükselmesi şeklindedir. Maksimum basınç ÜÖN dan 12-15 KMA sonra oluştuğu zaman en büyük verim elde edilmektedir.

Son faz ise maksimum basıncın oluşmasından sonra başlamakta ve genişleme sırasında yakıtın tümü yanıncaya kadar devam etmektedir. Gazların sıcaklığı ise maksimum basınçtan belli bir süre sonra maksimuma ulaşır.

Sonuç olarak normal yanma koşullarında yanma sırasında yakıtın toplam enerjisinin %70-75'i maksimum basınca ulaşıncaya kadar, %80-90 kadarı maksimum sıcaklığa ulaşıncaya kadar açığa çıkar. Kısmi yüklerde ise yanma hızının düşük olması nedeniyle maksimum basınç noktasına kadar toplam yakıt enerjisinin ancak %50 si kullanılmış olur. Dolayısıyla yanma genişleme zamanı süresince devam eder, çok kötü koşullarda genişleme süresinin sonunda da yanma sona ermemiş olabilir. Bu durumda ise motorun verimi dolayısı ile gücü oldukça azalır.

Benzin motorlarında silindir içerisinde bulunan yakıt-hava karışımı yanma başlamadan önce sis halindedir. Buji tırnakları arasından çıkan kıvılcım tarafından ısıtılan yakıt-hava molekülerinin enerji seviyesi yükselir. Isınan moleküllerin hızları artarak diğer moleküllere çarpması sonucunda diğer molekülleri de ısıtırlar. Bu ısınma, moleküllerin kinetik enerjilerinin artması ile meydana gelmektedir. Yakıt moleküllerinin çarpma işlemine benzer şekilde O_2 molekülleri de bir kinetik enerjiye sahip olur. Hızı çok artmış olan bu moleküller egzoterm reaksiyon meydana getirerek tutuşmayı başlatırlar. Bu tutuşma, reaksiyon hızına bağlı olarak diğer moleküllere de geçer. Silindir içinde Azot ve egzoz gazları bulunduğu için, çarpma işlemi egzoterm reaksiyon verecek moleküllerle olmayabilir. Bu durum hızı artmış olan moleküllerin enerjisini düşürür. Egzotermik reaksiyon hızı;

1. Moleküllerin enerji seviyesine
2. Çarpışmaların sıklığına
3. Reaksiyon meydana getirecek çarpışma sayısına bağlıdır.

Bunlardan birincisi moleküllerin sıcaklığının tespit edilmesine yarar. Elde edilen sıcaklık ne kadar yüksek ise moleküllerin enerjisi de o kadar fazladır. Çarpışmaların sıklığı karışımın yoğunluğu ile verilir. Yoğunluk arttıkça moleküllerin iki çarpışma arasındaki serbest yolları kısalır. Çarpışma sıcaklığı hava fazlalık katsayısı ile değişmektedir. Havadaki N_2 ve yanma odasında bir önceki çevrimden kalan egzoz gazları ise yanmayı kötü yönde etkilemektedir. Bunlara ilave olarak hava hareketi fazlalığı yani kuvvetli bir türbülans yanmayı iyileştir. Benzin motorlarında yanma bujiden başlar ve küresel biçimde yanma odasının diğer kısımlarına doğru ilerler. Pratik olarak bujiden başlayan yanma olayının meydana getirdiği alev yüzeyinin, devamlı olarak şişirilen bir balon gibi yanma odası içerisinde yanmamış karışıma doğru ilerlediği kabul edilir [27].

1.3. 2. Yanmanın Kimyasal İncelenmesi

Benzinli motorlarda yakıt olarak kullanılan benzin, çoğunlukla oktanla (C_8H_{18}) temsil etmektedir. Benzin çok sayıda sıvı haldeki karbonlu hidrojenden meydana gelir.

Yanma sürecinde gerekli oksijen havadan alınır. Kuru hava hacimsel olarak %78,09 Azot, %20,95 oksijen, %0,93 argon, %0,03 karbondioksitten oluşur. Molekül ağırlığı 28,964'tür. Yanma süreci incelenirken argon ve karbondioksit dikkate alınmaz.

Havanın hacimsel olarak %79 azot %21 oksijenden oluştuğu varsayılır. Bu bileşimde olan havanın molekül ağırlığı 28,851dir ve içerisinde bir mol oksijene karşılık 3,76 mol azot bulunur.

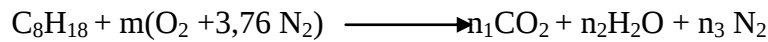
1 kmol H_k=0,21 kmol O₂ + 0,79 kmol N₂ havanın içerisinde 1 kmol O₂ bulunması istendiğinde gereken hava miktarı mol olarak aşağıdaki şekilde bulunur.

$$4,76 \text{ kmol H}_k = 1 \text{ kmol O}_2 + 3,76 \text{ kmol N}_2$$

1 m³ O₂ için gerekli hava miktarı:

$$4,762 \text{ m}^3 \text{ H}_k = 1 \text{ m}^3 \text{ O}_2 + 3,76 \text{ m}^3 \text{ N}_2$$

Oktanın tam yanması için oktan ile havanın stokiyometrik karışım oranı aşağıdaki gibi bulunur.

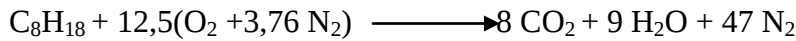


Karbon molekül dengesinden $n_1=8$

Hidrojen molekül dengesinden $n_2=9$

Oksijen molekül dengesinden $m=12,5$

Azotun molekül dengesinden $n_3=47$



$$\left(\frac{H}{Y}\right) = \frac{12,5 \cdot 32 + 12,5 \cdot 3,76 \cdot 28}{12 \cdot 8 + 18}$$

$$\left(\frac{H}{Y}\right) = 15,05 \text{ kgH}_k/\text{kgY}$$

Motorlarda bütün çalışma şartlarında stokiyometrik karışım hazırlamak mümkün değildir. Motorun çalışma şartlarında karışım zenginleşebilir veya fakirleşebilir. Benzin motorlarında HFK $\lambda=0,95-1,05$ arasında seçilmesine rağmen, motorun çalışma şartlarına bağlı olarak geniş sınırlar arasında değişebilir.

Teorik hava miktarından daha az hava miktarları ile gerçekleştirilen yanma süreçlerinde, yanma ürünleri içerisinde karbon monoksit, hidrojen tabanlı karbonlu bileşenler ve karbon bulunur.

Gerçek yanma süreçlerinde teorik hava miktarından daha fazla hava kullanılmasında bile yakıtın hava ile iyi bir şekilde karıştırılmaması, yanma odası içerisindeki türbülans düzeyinin yeterli olamaması ve yanmanın çok kısa bir zaman aralığında gerçekleştirilmesi gibi nedenlerle, yanma ürünleri içerisinde genellikle karbon monoksit ve diğer yanıcı ürünler bulunabilir.

Bu durumda yakıt enerjisinden bir kısmı kaybediliyor demektir. 1 kg yakıttan çıkan egzoz gazları içindeki elemanların yanmasıyla Q_e kadar ısı çıkarsa yanma verimi aşağıdaki şekilde bulunur.

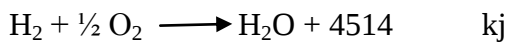
$$\eta_y = \frac{H_u - Q_e}{H_u}$$

H_u = Yakıt alt ısı değeri kJ/kg

1.3.3. Eksik Yanma Sebepleri

- ❖ $\lambda < 1$ yani yakıt yeterli derecede oksijen bulamıyordur veya yeterli oksijen vardır fakat yanma odasında dağılımı iyi değildir.
- ❖ Karışımın bir kısmı soğuk cidarlara çarparak soğumuş ve yoğuşmuş olabilir.
- ❖ Yanma için yeterli zaman yoktur.

1m^3 kuru havanın yanmaya iştiraki ile aşağıdaki ısılar elde edilmektedir.

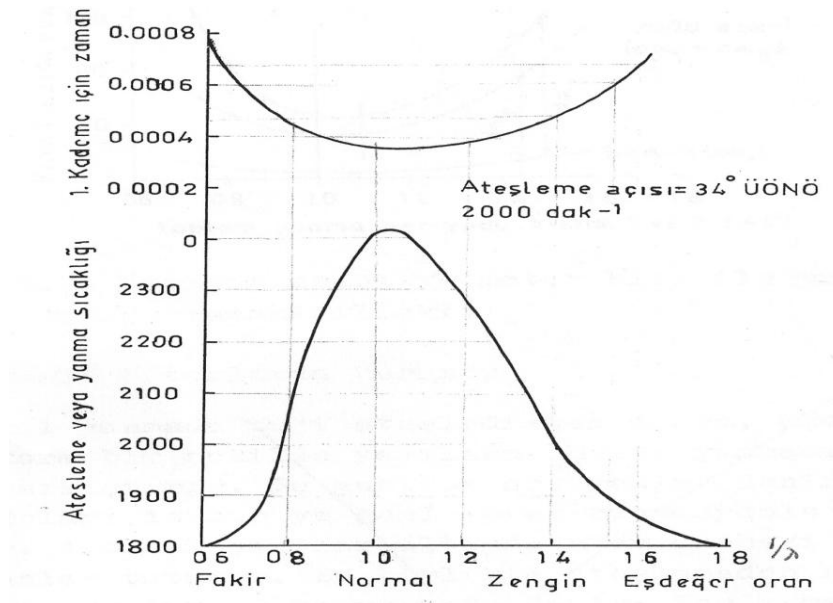


Burada en az ısıyı bir eksik yanma ürünü olan CO oluşumundaki reaksiyon vermektedir. Görüldüğü gibi yanma sürecinde CO teşekkülü enerji kaybına sebep olduğundan motorlarda istenilmez.

Alev yüzeyinin ilerleme hızına yanma hızı denir. Yanma odasının cidarlarına yakın olan noktalarda hava hareketi az olduğundan buradaki yanma hızı devir sayısının değişimi ile fazla etkilenmez. Fakat yanma odası cidarına uzak olan noktalarda hava hareketi devir sayısının artmasıyla hızla yükselir. Buna bağlı olarak yanma hızı da artar. Benzin motorlarında normal yanma hızı 25-30 m/s kadardır.

Yanma hızı hava fazlalık katsayısı λ 'nın bir fonksiyonudur. Hava-yakıt karışımının homojen bir durumda olduğu kabul edilirse, yanma hızı sabit devir sayısında $\lambda=1$ iken yani

stokiyometrik karışım oranında en büyüktür. Gerçek şartlarda yanma hızının karışım oranına bağıllığı Şekil 1.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Karışım oranı ile ateşleme ve zaman arasındaki ilişki

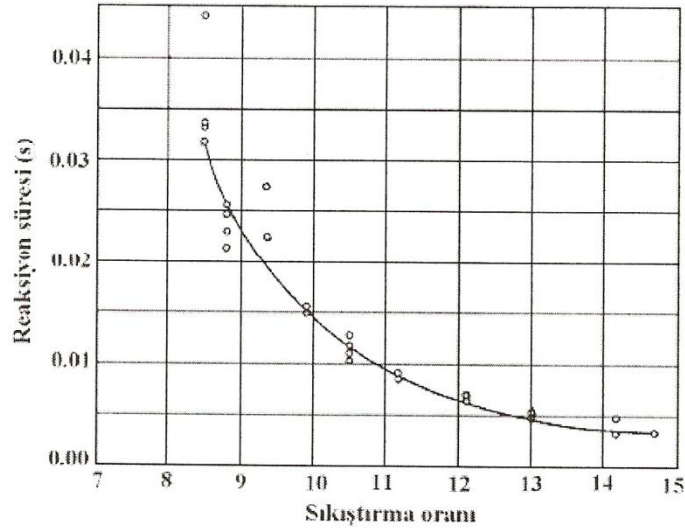
Şekilde görüldüğü gibi stokiyometrik karışım oranında yanma hızı maksimum değildir. Bunun sebebi, karışımın mükemmel olmaması nedeni ile yanmanın eksik kalması ve bütün yakıt moleküllerinin enerji seviyeleri kısa zamanda kritik düzeye yükselememesidir. Yanma hızının maksimum değeri stokiyometrik değerden daha zengin olan karışım oranındadır. Gerçekten bu durumda mevcut bütün oksijen harcandığından karışımdan en büyük enerji alınabilmekte ve yanma odasındaki karışımın sıcaklığı en yüksek değeri almaktadır [12].

1.4. Yanmayı Etkileyen Temel Faktörler

Motorun her türlü çalışma şartlarında maksimum verimin elde edilebilmesi için ateşleme zamanlamasının uygun seçilmesi gerekmektedir. Avansın seçimini etkileyen temel faktörler yanma hızı ve tutuşma gecikmesidir. Bunlara etki eden faktörlerde genellikle sıcaklık, basınç, karışım oranı ve türbülans şiddetidir. Dolayısıyla sıcaklık, basınç ve türbülansı etkileyen her parametre yanma hızına da etki etmektedir.

1.4.1. Sıkıştırma oranı

Sıkıştırma oranı ateşleme anındaki karışımın basınç ve sıcaklığını arttırmakta, atık gaz miktarını azaltmaktadır. Dolayısıyla karışım daha kolay ateşlenebilmektedir. Yanma olayının başlangıç safhasının süresi kısalmakta ve ikinci safhadaki yanma hızı artmaktadır (Şekil 1.10.). Ancak sıkıştırma oranının yüksek değerlere ulaşması vurutuya sebep olmakta, verimi azaltmaktadır. Yine yanma odası yüzey/hacim oranını artırdığından hidrokarbon emisyonlarını artırmaktadır [29].



Şekil 1.10. Sıkıştırma Oranının reaksiyon süresine etkisi[28]

1.4.2. Karışımın Yapısı ve Karışım Oranı

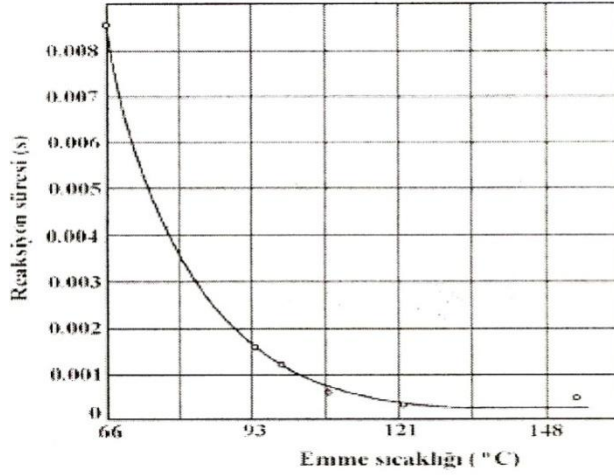
Silindire alınan hava-yakıt karışımının basıncı artarsa, alev cephesinin ilerleme hızı azalmakla beraber sıkıştırma sonu sıcaklığı da artacağından alev hızı ve yanma hızı artmaktadır. Şekil 1.11.'de emme havası sıcaklığının reaksiyon süresine etkisi görülmektedir. Bunu karşılamak için ateşleme avansını arttırmak gerekmektedir.

Belirli bir yakıt için emme sıcaklığının artması reaksiyon süresini kısaltmaktadır. Hava-yakıt oranı değişken olduğunda, en kısa reaksiyon süresi kimyasal olarak stokiometrik oran civarında gerçekleşmektedir (şekil 1.9.). Aynı zamanda bu hava-yakıt oranı vurutu eğilimi en yüksek olan karışım oranıdır. Benzinli motorlarda reaksiyon süresi uzun ve reaksiyon hızı yavaş olan yakıtların vurutu direnci daha yüksektir[29].

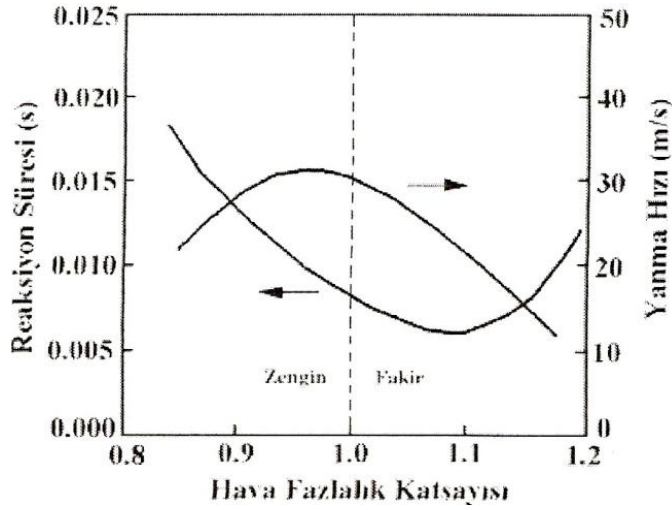
Hava fazlalık katsayısı (λ), yanma hızını, dolayısıyla açığa çıkan ısı miktarını, basınç ve sıcaklığın değişimini etkiler. $\lambda = 0.9-0.95$ değerleri arasında yanma hızı maksimumdur.

$\lambda = 0.7$ gibi bir değerin altına düşürüldüğünde, çalışma şartlarına bağlı olarak kolaylıkla tutuşma sınırı dışına çıkılmaktadır. Hava fazlalık katsayısının 0.8-0.9 gibi değerlerinde birinci ve ikinci safha süresi kısalmakta ve basınç artma hızı büyükmektedir. Fakir karışımlarda ($\lambda = 1.1-1.2$) ise, tutuşabilmenin üst sınırına yaklaşıldığından motorun yapısına bağlı olarak ateşleme ve yanma, çevrimden çevrime değişim gösterir. Karışım fakirleştikçe ateşlemenin sağlanmadığı çevrimlerin sayısı giderek artmaktadır.

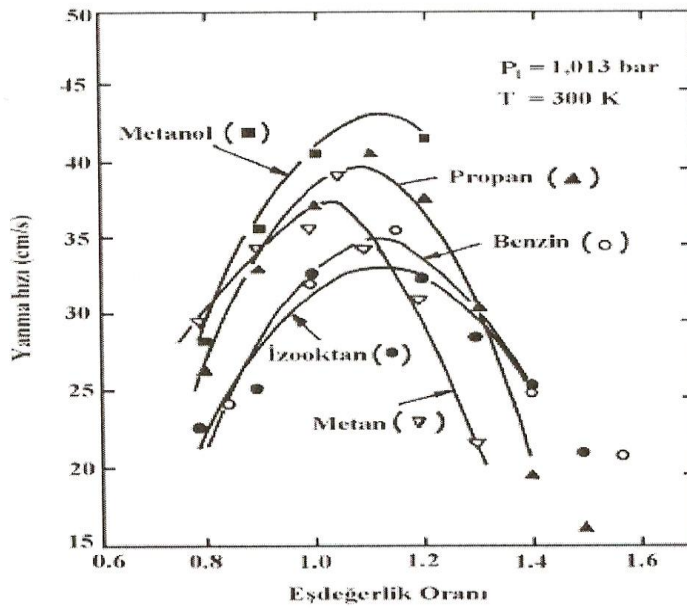
Şekil 1.12.' de görüldüğü gibi $\lambda = 1.05$ olduğunda ön reaksiyon süresi maksimum iken zengin ve fakir karışımlarda bu süre uzamaktadır. Yine $\lambda = 1.05$ iken ön reaksiyonlar çok hızlı fakat yanma hızı düşük olduğu için bu noktada vuruntunun ortaya çıkma olasılığı çok fazladır. Çünkü vuruntu eğilimini yanma hızı ve ön reaksiyon süresi birlikte belirlemektedir. Karışım zenginleştikçe vuruntu eğilimi azalmaktadır.



Şekil 1.11. Emme havası sıcaklığının reaksiyon süresine etkisi[29]



Şekil 1.12. Hava fazlalık kat sayısına bağlı olarak reaksiyon süresi ve yanma hızının değişimi [29].



Şekil 1.13. Değişik yakıtların deneysel olarak bulunmuş laminar yanma hızları [29].

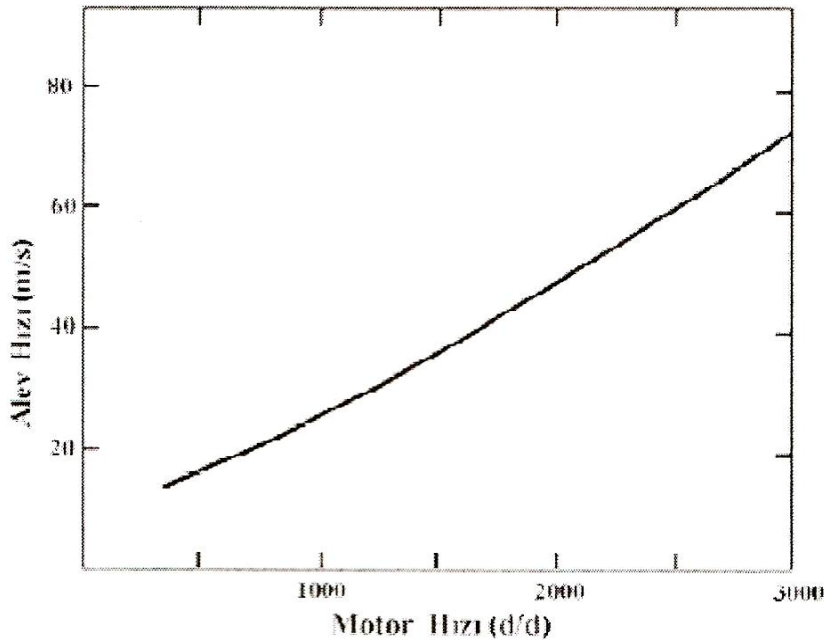
Karışımın belirli basınç ve sıcaklıklardaki laminar yanma hızları genellikle kapalı kap içerisinde merkezden dışarı doğru yayılan alev ile ölçülür. Çeşitli yakıtların deneysel olarak bulunmuş laminar alev hızları şekil 1.13.'de verilmiştir.

1.4.3 Yanma Odası Şekli ve Hava Hareketleri

Türbülans şiddeti emme manifoldunun ve yanma odasının şekline bağlı olarak değişmektedir. Yanma odasının şekli küresel veya küresele yakın ise toplam alev yolu kısalacağından yanma için gerekli krank mili açısı daha küçük, basınç artma hızı daha yüksek olacaktır. Ayrıca yanma odasında bujinin konumu ve buji sayısı da yanma süresini etkilemektedir.

1.4.4. Motor Devir Sayısı

Motor hızı arttıkça yanma için gerekli süre azalmakta, ancak silindirdeki karışımın türbülansının artması nedeniyle yanma hızı da artmaktadır. Yanmanın verimli olması için ateşleme avansı motor hızına bağlı olarak değiştirilmelidir. Fakir karışımlar daha düşük alev hızına ve hafif zengin karışımlar en yüksek alev hızına sahiptir. Çoğu yakıt için 1.2 civarında bir eşdeğerlik oranında alev hızı maksimum olmaktadır. Art egzoz gazları ve çevrime yeniden alınan egzoz gazları alev hızını yavaşlatmaktadır. Ancak alev hızı yüksek türbülans, girdap ve ezilmeden dolayı motor hızı ile birlikte artmaktadır (Şekil 1.14).



Şekil 1.14. Motor hızının fonksiyonu olarak ortalama yanma odası alev hızı [14].

Karışımın yanma hızı, motor hızından kuvvetle etkilenmektedir. Hız artışıyla birlikte yanma odası içerisindeki karışımın türbülansı artmakta ve yanma süresi kısalmaktadır. Hires ve Tabaczynsik yaptıkları araştırmalarda motor hızı ile yanma süresi arasındaki bağıntıyı krank mili açısı cinsinden ölçmüşlerdir. Bu çalışmada motor hızının dört kat artmasıyla yanma hızını 1.6 kat arttığı belirlenmiştir.

1.5. Araç Teknolojilerindeki Gelişmelerin Yakıt Tüketimi ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi

Günümüz otomotiv sektöründe motor teknolojisi üzerindeki gelişmeler büyük ölçüde motor hızını, gücünü ve performansını arttırmak amacıyla yapılan çalışmalarla sınırlıdır [30]. Bu tip çalışmalar beraberinde birçok sorunu da ortaya çıkarmaktadır. Motorlu taşıtların hepsi fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için gerekli olan enerjiyi büyük ölçüde petrolden almaktadır. Dünyadaki petrol rezervlerinin sınırlı olması ve günümüz motorlarının petrole bağımlı olarak çalışmasından dolayı motor teknolojisinde yakıt ekonomisi çok önem kazanmaktadır. Bu yüzden bütün motor üretici firmalar motordan en yüksek verimi alabilmek için araştırmaya ve gelişmeye büyük yatırımlar yapmaktadırlar.

Bunu yanı sıra motordan dışarıya atılan egzoz gazları havanın kirlenmesine ve ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmaktadır. Bu kirliliğin insan sağlığını ciddi boyutlarda etkilediğini göz önünde bulundurulursa motor üreticilerinin ne kadar ciddi sorunlarla karşı karşıya kaldığını görülebilir.

Benzin motorlarında yakıt, emme zamanı sırasında emme havasına karıştırılmakta ve yakıt karışımından oluşan dolgu, pistonun yer değiştirmesi sırasında silindirlerde 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 [12].

Emilen hava ile yakıtın karbüratörde karışımı esnasında her noktada homojenlik sağlanamaz. Emme manifoldunda yakıt, hava içinde optimum şartlarda atomize olmadığından çok silindirli motorlarda 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. Bu eksiklik çok noktalı enjeksiyon sistemleri ile büyük ölçüde giderilmiştir.

Günümüz benzin motorlarında motor performansı üzerine yapılan çalışmalarda, emme manifoldu ve yanma odasındaki türbülansın artırılması ümit verici sonuçlar ortaya koymaktadır. Tannaka ve Ktayamo deneysel çalışmalarında, emme supabı arkasına yakıtın püskürtülmesiyle sağlanan türbülansın % 15-20 oranında yakıt ekonomisi sağladığını belirtmişlerdir [12].

Hamamoto ve arkadaşları, aynı test motoru üzerinde farklı yanma odası tipleri kullanarak türbülans değişimini incelemiştir. Belli bir sınıra kadar türbülans artırımının motor performansını olumlu yönde etkilediğini, aşırı türbülans oluşumunda ise yakıtın hava içerisinde farklı noktalarda tekrar yoğunlaşarak homojenliğini kaybetmesi ile performansı olumsuz olarak etkilediğini belirtmişlerdir [12].

İçten yanmalı motorlarda hava-yakıt karışımının hazırlanması tutuşması ve yanması, motor performansı ve egzoz emisyonu üzerinde oldukça etkilidir. Yakıtın hava ile kısa sürede karışabilmesi ve birim hacimde yüksek enerji sağlayabilmesinin yanmada karışımın tutuşma özellikleri, laminar yanma hızının uygunluğu vb. özellikler önemlidir. Karbüratörlü motorlarda homojen karışım sağlamak ve yakıtı daha iyi atomize etmek için emme manifoldundaki türbülansın artırılması gerekir.

İyi ve kontrollü yanmanın ekonomiklik ve motor performansını artırmasının yanında getireceği önemli faydalardan birisi de egzoz gazları emisyonunun daha düşük seviyede kalmasıdır. Motorlu taşıtların egzozlarından kaynaklanan kirleticilerin en önemlileri azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO) ve hidrokarbonlar (HC) ile partiküllerdir. Çevre ve insan sağlığına zararlı olan bu kirleticiler motorun çalışma şartlarına bağlı olarak değişik davranışlar göstermektedirler [12].

Motor silindiri içerisindeki gaz hareketi; diesel motorlarında hava yakıt karışımı ve yanma işlemini, buji ateşlemeli motorlarda yanma hızını kontrol eden önemli faktörlerden biridir. Ayrıca ısı transferi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Artık egzoz gazları ve taze dolgunun hareketi ve akışın türbülans karakteristiği, tutuşma ve yanma olayında önemlidir. Silindir içerisindeki ilk akım modeli emme işlemi ile kurulabilir ve sıkıştırma esnasındaki hareket değiştirilebilir.

Motorlardaki emme işlemi silindir içerisindeki akım dolgu miktarının maksimum değerlere ulaşmasını düzenler. 4 zamanlı motorlarda giriş ya da emme supabı akım için minimum bölgedir ve supap açılma kesitinden geçişteki gaz hızı, emme işlemi sürecindeki en yüksek değerdedir. Gaz silindir içersine konik bir püskürtme şeklinde akar ve dağılır. Bu kesitteki eksenel ve radyal hız, piston hızından yaklaşık 10 kat daha fazladır [12]. Özellikle jikle benzeri karakterlere sahip akım, piston hareket ederken silindir duvarları ile etkileşerek silindirde büyük ölçüde rotasyon akım modelleri oluşturur. Bu akımların detayları, silindir kafası geometrisi, supap ve giriş borusundan önemli ölçüde etkileşir. Bu akımlar hem sıkıştırma işlemi hem de emme işlemi sırasında değişikliğe uğrar ve üç boyutlu türbülans hareketine dönüşerek bozulurlar. Bu tür sirkülasyon akımları, akımdaki

küçük varyasyonlara karşı duyarlılık gösterirler böylece farklı devirlerde akım varyasyonları oluşur.

Türbülans akımlarda, karışım ve transfer oranı, moleküler yayılıma bağlı olarak oluşan oranlarda birkaç kat daha büyüktür. Türbülanslı difüzyon ya da yayılım, akım sahası içerisindeki yerel dalgalanmaların sonucudur. Bu durum momentum, ısı ve kütle transferinin artan oranlarına yol açar. Bu; sıkıştırma ateşleme (diesel) ve kıvılcım ateşleme operasyonları için gereklidir. Türbülans akımlar sürekli olarak hava içerisinde yakıtın dağılmasını sağlar. Yakıt huzmesi ve taneciklerde deformasyon oluşumları ile türbülansın kinetik enerjisi tüketilir, enerji verilmezse türbülans bozulur. Ana akımdaki kesiklik; türbülans hız dalgaları için enerjinin ortak kaynağıdır. Türbülans rasyonel olup yüksek girdap kuvveti ile karakterize edilir, nitelendirilir. Girdap kuvvetinin dalgalanmaları hız dalgalanmalarının üç boyutlu olması halinde devam eder.

Türbülanslı bir akımın karakteri onun çevresine bağlıdır. Motor silindiriindeki akım; sınır katmanlar, yeniden sirkülasyona uğrayan bölgeler ve türbülanslı kesik katmanların karmaşık bir bileşimini gerektirir. Devirden devire önemli dalgalanmalar gösterebilir. Silindire dolgunun girişi sırasında her bir krank açısında giren havanın açısal momentumu, arta kalan giriş işlemleri boyunca azalmaktadır. Bunun sebebi duvarlarda meydana gelen sürtünme ve akışkan içerisindeki aşırı kayıplardır. Yanma odası tarafından sağlanan basınçla anafor hızları arttırılabilir. Diesel motorunda anaforun oluşmasından önceki karışımdan daha hızlı karışım sağlamak için hava anaforu kullanılır.

Türbülanslı gaz karışımları; alev hızını laminar akış haline kıyasla önemli ölçüde artırır. Laminar alev hızı 1-2 m/s mertebesinde iken türbülanslı alev hızı 15-20 m/s civarında olabilmektedir. Bu artış; türbülans olayında alev cephesinin şeklini girintili çıkıntılı şekilde bir görünüm vermesine bağlanmaktadır. Böylece alev cephesi yanmamış gaz temas yüzeyi laminar duruma göre çok daha fazla artacaktır, yanmamış gazlar ile yanmış gazlar arasındaki ısı değişimi ve difüzyon olayı daha yoğun hale gelecektir. Dolayısı ile her iki durumla ilgili temas alanları oranı arttıkça alev hızı da artacaktır. Özellikle benzin motorlarında alev cephesinin bütün karışıma sirayet etme süresini ifade eden yanma süresi, yanma verimi bakımından son derece önemlidir.

Benzinli motorlarda karışım hazırlama sistemlerinin yanı sıra alternatif yakıt kullanımı da araştırma konularında yerini almıştır. Bunlardan en yaygın olanları; LPG, CNG, Biobenzin dir. İlk olarak A.B.D. San Diego Gas-Electric Company tarafından denenilen LPG, benzine alternatif bir yakıt olarak kullanılmaya başlanmış ve tüm dünyada

kullanımı çok hızlı bir şekilde yayılmıştır. 1975 yılında Rusya da LPG ile çalışan ilk aracı piyasaya sürmüştür. Halen A.B.D ve Avrupa ülkelerinde kullanımı teşvik edilen ve benzinin alternatifi bir yakıttır. Başta A.B.D, Hollanda, İtalya, Japonya, Fransa, Belçika olmak üzere birçok gelişmiş ülkede milyonlarca araç LPG oto gaz sistemine sahiptir [31].

Benzinli motorlarda kullanılan yakıtın fiyatı LPG ile kıyaslandığında ekonomik değildir, egzoz gazı emisyon değerleri de yüksektir. Emisyon değerlerini düşürmek ve Avrupa standartlarına çekebilmek için üç yollu katalizörler (katalitik konverter) kullanılması zorunluluğu vardır. Kullanılan dönüştürücü sistemler hem taşıt fiyatını arttırmakta hem de işletme koşullarında daha fazla probleme sebep olmaktadır. Bunun yanı sıra motorların bütün çalışma koşullarında egzoz gazı emisyonunun belirtilen sınırlar içerisinde kalabilmesi için performans düşüklüğüne sebep olan birtakım düzenlemeler yapılmaktadır.

Bu nedenle otomotiv sektörü egzoz emisyonlarını aşağıya çekecek alternatif yakıtları kullanabilecek motorlar üretmeye yönelmiştir. LPG li araçlarda silindirlere gönderilen gazın yanmasından sonra motor içerisinde asit ve karbon kalıntıları azaldığından aracın motor yağı daha uzun ömürlü olmaktadır. Motor yağının azalması ya da kirlenmesi silindirlerdeki aşınmayı hızlandırdığından LPG li araçlarda temiz kalan motor yağı motor ömrünü uzatmaktadır.

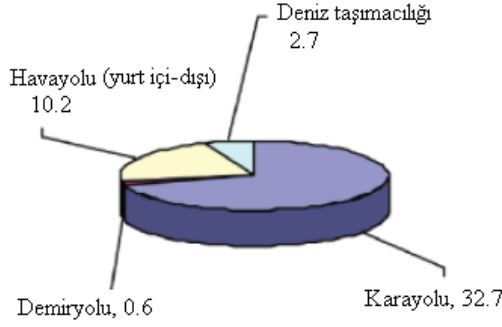
LPG'nin yakıt olarak benzinli motorlarda etkin olarak kullanılması ülkemizde de yaygınlaşmıştır. LPG yakıtı egzoz emisyonları yönünden diğer yakıtlara göre daha temizdir. Özellikle CO emisyonları benzine göre daha düşük değerlere inerken HC ve CO₂ miktarındaki düşüş az olmaktadır. Benzinli motorlarda kullanılan yakıtın oktan sayısını artırmak için bir takım kimyevi maddeler katılmaktadır. Bunlar çevre ve insan sağlığı açısından zararlı bileşiklerdir. LPG'nin oktan sayısının yüksek olması nedeniyle uygulamada çoğu kez oktan sayısını artırıcı, kimyasal madde katılmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu, egzozdaki kirlenici emisyonlarının azalmasını sağlamaktadır. Yakıt içerisinde kükürt olmaması nedeniyle, kükürt oksit emisyonu da söz konusu değildir. Ayrıca is ve partikül emisyonları da oluşmamaktadır. Bunların yanı sıra LPG dönüşüm sistemindeki teknolojik gelişmeler; LPG kullanımının motor performansı üzerindeki olumsuz etkisini azaltmaktadır. Yakıt püskürtmeli benzin motorlarında kullanılan sıralı tip LPG oto gaz sistemleri ile motor performans değerleri benzin kullanımına çok yakın çıkmaktadır.

Performans arttırmak için yakıt sistemlerinde yapılan değişiklikler ve kullanılan farklı yakıtların dışında dolgu yapısıyla ilgili farklılıklar da görülmektedir. Bunlar homojen dolgu sistemler ve kademeli dolgu sistemler diye ikiye ayrılmaktadır. Homojen dolgu sistemlerde karışım emme manifoldunda hazırlanarak motor içerisine alınır. Burada esas olan karışımın stokiometrik olması ve silindir içerisindeki her noktada homojenliği korumasıdır. Günümüz benzinli motorlarının tamamına yakını homojen dolgu yöntemi ile doldurularak çalışacak şekilde tasarlanmıştır [3].

Kademeli dolgulu benzin motoru konusundaki çalışmalar çok önceleri başlamış olup, birbirinden farklı çeşitli tasarımlar geliştirilmiştir. Kademeli dolgulu benzin motorunda karışım buji etrafında stokiometrik, bujiden uzaklaştıkça fakirleşen bir karışım hazırlanmaktadır. Yanma odasındaki karışımın toplam hava fazlalık katsayısı ise fakir bölgededir.

Böylece, dizel motorlarında olduğu gibi, kademeli dolgulu benzin motorunda yük ayarı kısmen gaz kelebeği olmaksızın karışımın kalitesi değiştirilerek ayarlanmaktadır (yük azaldıkça karışım fakirleştirilmektedir). Bu ise dolgu değişimi sırasındaki gaz kelebeğinin kısılmasından kaynaklanan kayıpları ortadan kaldırmakta ve kısmi yüklerdeki verimi arttırmaktadır. Kademeli dolgulu motorlar kendi içlerinde iki sınıfa ayrılır. Kademeli dolgulu motorlarda karışım ya silindir dışında hazırlanır ya da diesel motoruna benzer olarak karışım silindir içinde hazırlanır [32].

Sera etkisi yapan gazların en önemlilerinden biri olan CO₂ gazı özellikle içten yanmalı motorlardan, elektrik jeneratörlerinden, Petrokimyasal, çelik ve günlük sanayilerden kaynaklanmaktadır. 2005 yılında yapılan araştırmalara göre AB ülkeleri içerisinde taşıtlardan salınan CO₂ gazının yaklaşık %27'si taşıma sektöründen kaynaklanmaktadır [33-34]. Taşıma sektöründe ise CO₂ emisyonlarının %0.6'sı demiryolu taşımacılığı, %2.7'si deniz taşımacılığı, %10.2'si havayolu taşımacılığı ve %32.7'si de karayolu taşımacılığından kaynaklanmaktadır [35].



Şekil 1.15. Taşıma sektöründe CO₂ emisyonları [35].

Araçlardan kaynaklanan sera gazlarının yoğunluğunun azaltılabilmesi için alınabilecek önlemler;

- Fosil yakıtların tüketiminin azaltılması,
- Yakıtların yüksek verimle yanmalarının sağlanması,
- Yanma sırasında oluşan CO₂'nin absorpsiyon gibi yöntemlerle tutulması ve
- Karbon sayısı düşük veya hiç karbon içermeyen yakıtların kullanılmasıdır.

Özellikle CO₂ emisyonlarında önemli artışa sebep olan ulaşım sektöründe bu emisyonların azaltılması için yakıt tüketimi azaltılmalı (motor veriminin artırılmasıyla), petrol türevi yakıtlara göre emisyon değerleri düşük olan alternatif yakıtlar veya düşük karbonlu yakıtlar kullanılmalı, ulaşımın planlanması ve trafiğin düzenlenmesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Hava kirliliği ile ilgili kısıtlamalar ilk olarak, dumanlı sis oluşumuna müsait coğrafik yapısı dolayısıyla Kaliforniya'da başlamıştır. Sorun sadece araçlardan yayılan kirletici maddelerden değil, binaların konumu ve yüksekliği (yüksek binalar hava değişimini engeller), hava koşulları ve trafik yoğunluğu gibi unsurlar da havada kirletici madde yoğunluğu oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle 1968 yılında yine kirliliğin yoğun olduğu Kaliforniya'da otomobillerden kaynaklanan emisyonların da azaltılması konusunda ilk adımlar atılmaya başlamıştır. Günümüzde farklı egzoz emisyonları standartları geliştiren üç ülke (grup) bulunmaktadır; ABD, Avrupa ve Japonya egzoz emisyonu standartlarıdır. ABD'de uygulanan standartlar CARB (Kaliforniya Hava Kaynak Kurulu) ve EPA (Amerika Çevre Koruma Örgütü) standartlarıdır. Tablo 1.8' de AB'nin egzoz emisyonları standardı, CARB ve EPA'nın egzoz emisyonları için belirlediği sınır değerleri ve standartların yürürlüğe giriş tarihleri tablo 1.10 ve 1.11'de görülmektedir.

Tablo 1.12 ve 1.13’de ise Japonya’nın egzoz emisyonları standardı sınır değerleri ve uygulama tarihleri gösterilmektedir [36].

Tablo 1.8. AB egzoz emisyonu standartları (g/km)

Kirletici Madde (g/km)	EURO–1 (1992)		EURO –2 (1997)	EURO –3	EURO –4
	Tip Onay ı	Üreti m		(2001)	(2006)
Benzin					
CO	2,72	3,16	2,2	2,3	1
HC	-	-	-	0,2	0,1
NO _x	-	-	-	0,15	0,08
HC+NO _x	0,97	1,13	0,5	-	-
Diesel(Motori n)					
CO	2,72	3,16	1	0,4	0,5
NO _x	-	-	-	0,5	0, 25
HC+NO _x	-	1,13	0,7	0,56	0,3
PM	0,14	0,18	0,08	0,05	0,025
Buharlaşmış HC Emisyonu (g/test)	2				
EOBD	Hayır	Benzin (Diesel 2003)			Benzin / Diesel
Dayanıklılık Testi	80,000 km / 5 yıl				100,00 0 km / 5 yıl
Bozulma Faktörü (DF)	A/B				
7 ⁰ C’de Düşük Sıcaklık Testi	Hayır				

EOBD ; Avrupa araç üzerinde arıza teşhisi

A; Aşağıdaki toplam bozulma faktörleri dayanıklılık testi yapmayan üreticiler için geçerlidir:

Benzinli motorlar: CO = 1.2, HC + NO_x = 1.2

Diesel motorlar: CO = 1.1, HC + NO_x = 1.0, PM = 1.2

B; Dayanıklılık testi yapmayan üreticiler için geçerli bozulma faktörleri.

Tablo 1.9. AB- Yolcu ve hafif ticari araçlar için teklif edilen EURO 5 (g/km)

Başlangıç Tarihi	Araç Sınıf/Grup		Referans Ağırlık (kg)	CO	HC	NO _x	Partikül kütlesi
	Sınıf	Grup		Benzin Motorin	Benzin Motorin	Benzin Motorin	
01.01.2010	Yolcu Araçları	-	Tümü	1,0	0,05	0,08	0,0025
01.01.2010	Hafif Ticari Araçlar	I	$RW \leq 1305$	1,0	0,08	0,08	0,0025
		II	$1305 < RW \leq 1760$	1,0	-	0,08	0,0025
		III	$1760 < RW$	1,25	-	0,10	0,0032

Tablo 1.10. 4 Kaliforniya Hava Kaynak Kurulu (CARB) egzoz emisyon sınırları (g/km)

Standart (geçerlilik)	Benzin/Metan/Etanol/CNG/LPG				Motorin				- ¹⁾
	NMHC	NMOG	CO	NO _x	NMHC	CO	NO _x	PM	HCHO
Aşama 1 (1995-1997)	0,15 0,19	-	2,11 (2,6)	0,25 (0,37)	(0,19)	(2,6)	(0,62)	0,05	0,009
TLEV (1997-2002)	-	0,078 (0,097)	2,11 (2,6)	0,25 (0,37)	0,078 (0,097)	2,11 (2,6)	0,25 (0,37)	(0,05)	0,009 (0,011)
LEV (2002-2004)	-	0,047 (0,056)	2,11 (2,6)	0,12 (0,19)	2,11 (2,6)	2,11 (2,6)	0,12 (0,19)	(0,05)	0,009 (0,011)
ULEV (2004-)	-	0,25 (0,034)	1,056 (1,3)	0,12 (0,19)	1,056 (1,3)	1,056 (1,3)	0,12 (0,19)	(0,025)	0,005 (0,007)
SULEV	0,01	-	1	0,02	-	-	-	0,01	-

TLEV (Geçiş Dönemi Düşük Emisyonlu Araçlar), SULEV (Süper Ultra Düşük Emisyonlu Araçlar),

LEV (Düşük Emisyonlu Araçlar), ULEV (Son Derece Düşük Emisyonlu Araçlar), HEV (Karma Elektrikli Araç)

ZEV (Sıfır Emisyonlu Araçlar) için uzun vadede hedef, sıfır emisyonlu araçlar için kullanılacak standardın hazırlanması çalışmalarıdır.

NMHC (Metan İçermeyen Hidrokarbonlar) : Metan içermeyen hidrokarbon emisyon standardı

NMOG (Metan İçermeyen Organik Gazlar) : Egzoz gazındaki oksijen içermeyen ve oksijen içeren toplam hidrokarbonlar

HCHO (Formaldehitler) : Sınır değeri alkol ile çalışan araçlar ve TLEV, LEV, ULEV ve HEV kategorilerindeki tüm araçlar için geçerlidir.

THC (Toplam Hidrokarbon) : Toplam HC emisyon standardı.

Tablo 1.11. ABD Federal (EPA) egzoz emisyon sınırları (g/km)

Standart (geçerlilik)	Benzin/Doğal Gaz/Metanol/Etanol²⁾/ Motorin /LPG							Motorin	
	HC	NMHC	NMO G	O	NO_x³⁾	PM³⁾	HCH O	NO_x	PM
Aşama 1 (1995-1997)	0,25	0,15 (0,193)	-	0,11 (2,6)	0,25 (0,37)	0,05 (0,062)	-	0,62 (0,78)	0,05 (0,062)
TLEV (1997–2002)	0,25	-	0,078 (0,097)	0,11 (2,6)	0,25 (0,37)	0,05 (0,062)	0,009 (0,011)	0,25 (0,37)	0,05
LEV (2002–2004)	0,25	-	0,047 (0,056)		0,12 (0,19)	0,05 (0,062)	0,009 (0,011)	0,12 (0,19)	0,05
ULEV (2004 -...)	0,25	-	0,025 0,034		0,12 (0,19)	0,05 (0,062)	0,009 (0,007)	0,12 (0,19)	0,025

1) Sadece alkol ile çalışan araçlar

2) Aşama 1 araçları için standart etanol değeri yoktur

3) Diesel araçlar hariç (Parantez içindeki değerler: 10 yıl / 100,000 mil dayanıklılık testi, diğerleri 5 yıl / 50,000 mil.).

Tablo 1.12. Japonya egzoz emisyon standardı (Benzinli/LPG)

Araç Sınıfı	Kirletici Madde	Geçerli Yasa ¹⁾ (g/km)	Yeni Yasa ²⁾ (g/km)
Brüt ağırlığı 1.7 tona kadar olan binek otomobiller ve kamyonetler	CO	2,10	0,67
	HC	0,25	0,08
	NO _x	0,25	0,08
		Geçerli Yasa (g/test)	Yeni Yasa ³⁾ (g/test)
Binek otomobiller	CO	60,0	19,0
	HC	7,0	2,20
	NO _x	4,40	1,40

1) Yürürlüğe giriş tarihi: Yeni modeller(01.10.1998), Mevcut modeller (01.09.1999), İthal araçlar (2000)

2) Yürürlüğe giriş tarihi: Yerli (01.10.2000), İthal (01.09.2000).

3) Binek otomobiller: Yerli (01.10.2000), İthal (01.09.2000) Kamyonetler/Otobüsler: Yerli (01.10.2000) , İthal (01.09.2002).

Tablo 1.13. Japonya egzoz emisyon standardı (Motorin)

Araç Sınıfı	Geçerli Yasa ⁴⁾ (g/km)					Önerilen ⁵⁾ (g/km)				
	CO	HC	NO _x	PM	Duman	CO	HC	NO _x	PM	Duman
1265 kg'a kadar binek otomobiller	2,1	0,4	0,5(0,4)	0,2(0,08)	%40 (%25)	0,63	0,12	0,28	0,052	25%
1265 kg'ın üstünde binek otomobiller	2,1	0,4	0,5(0,4)	0,2(0,08)	%40 (%25)	0,03	0,12	0,3	0,052	25%
1.7 tona kadar binek otomobiller	2,1	0,4	0,5(0,4)	0,2(0,08)	%40 (%25)	0,63	0,12	0,28	0,052	25%

Parantez içindeki değerler: yeni yerli Pazar modelleri için mevcut standartlar

4) Binek otomobiller 1265 kg'a kadar, düz vites kutulu kamyonetler: yeni modeller 01.10.1997, mevcut modeller 01.07.1999, ithaller 01.04.2000.

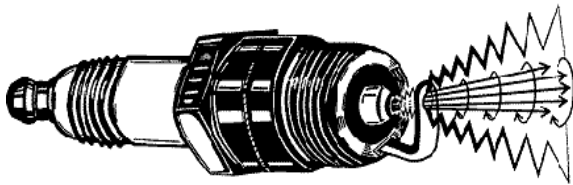
Otomatik vites kutulu otomobiller (1265 kg'ın üstünde): yeni modeller 01.10.1998, mevcut modeller 01.09.1999, ithaller 01.04.2000.

5) Binek otomobiller ve kamyonetler için 01.10.2002 (tahmini).

1.5.1.Otomobillerde Sera Gazı Emisyon Kontrol Teknolojileri

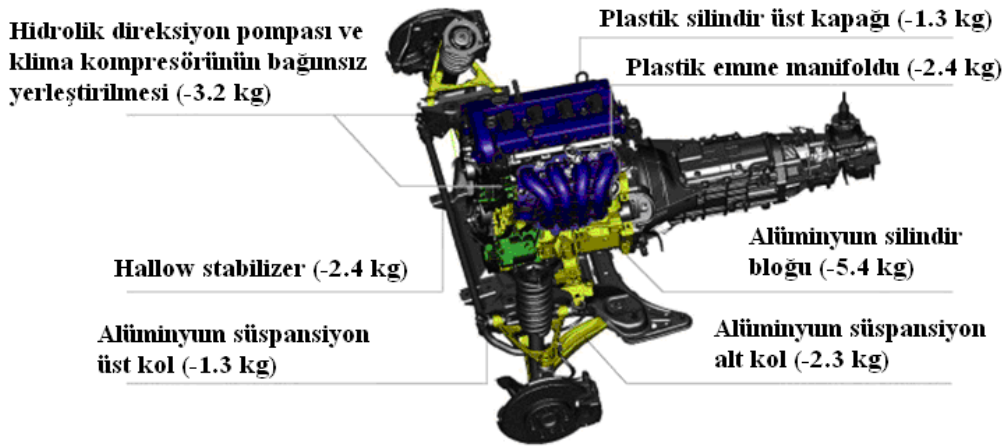
Otomotiv endüstrisi taşıt kaynaklı emisyonları azaltabilmek için uğraşırken en çok küresel ısınmaya sebep olan CO₂ gazını engellemek için teknolojik uğraş vermektedir. Çünkü diğer atık gazların aksine CO₂ gazı normalde de yanma sonunda egzozdan çıkan bir gazdır, yani bu gaz olmadan içten yanmalı motorlarda yanma olayı gerçekleşmez. Bu sebeple bu atık gazın yok edilebilmesi için teknolojik imkanların daha fazla kullanılması gerekmektedir [37].

Yakıt tüketiminin azaltılmasında otomobil üreticileri ve diğer kuruluşlar otomobilin farklı kısımları üzerinde fakat aynı amaç doğrultusunda yaptıkları çalışmalarda, tek buji yerine çift buji veya çok tırnaklı buji kullanılmasıyla yanma odasında gerçekleşen yanma reaksiyonunun hızlı ve tama yakın olarak gerçekleşebilmesi sağlanmıştır. Bu sayede emisyonlardaki iyileşmenin yanında yakıt ekonomisi ve taşıt performansında artış sağlanmıştır. Ayrıca içten yanmalı motorlarda standart buji yerine ses hızından daha hızlı ateşleme tekniğine sahip süper sonik bujiler kullanılmaktadır. Süper sonik bujiden çıkan ses dalgaları (şekil 1.16) yanma odasındaki yakıt zerreciklerini daha küçük parçalarına ayırarak daha iyi bir yanma olayı gerçekleşmesini sağlar, emisyonlarda ve yakıt tüketiminde azalma gerçekleşir [40].



Şekil 1.16. Süper sonik buji ve ses dalgası etkisi [40]

Taşıtta yakıt tüketiminin azaltılabilmesinin diğer bir yöntemi de toplam ağırlık ve sürtünmelerinin azaltılmasıdır. Taşıtta ağırlık azaltılması için alüminyum, kompozit ve katı biyokütle benzeri hafif malzemeler kullanılmaktadır. Bir otomotbil üreticisi sadece motor ve ön süspansiyon sistemlerinde malzeme değişikliği yaparak (Şekil 1.17) yaklaşık 20 kiloluk ağırlık kazancı olmuştur. Mekanik sürtünmelerin azaltılması için motor parçalarındaki şekil ve malzeme değişiklikleri yanında mineral esaslı yağlara sentetik katkı maddeleri eklenerek daha iyi özelliklere sahip yeni tip yağların kullanılmasıyla da yaklaşık %2-3 yakıt ekonomisi sağlanmıştır [41].

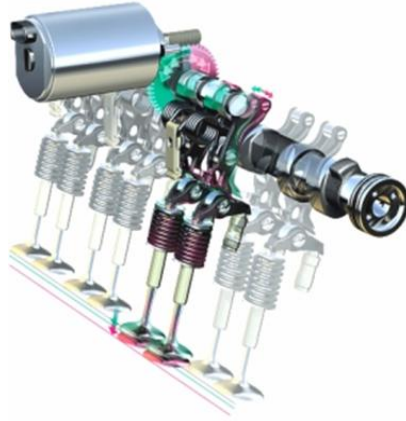


Şekil 1.17. Motor ve ön süspansiyon sisteminde ağırlık kazancı [30].

Emme ve egzoz supaplarıyla kam milinin çalışma durumlarının kontrol edilmesiyle yakıt ekonomisinde önemli gelişmeler sağlamıştır. Farklı firmalar tarafından keşfi yapılan fakat birbirine benzer isimlerle anılan bu sistemlerden biri olan ve emme supabının tam değişken zamanlaması olarak tanımlanan Valvetronic sistemi sayesinde yakıt tüketiminde % 10'luk düşüş sağlanmıştır [42]. Basit bir ifadeyle Valvetronic, insan gibi nefes alarak çalışan bir sistem olarak açıklanabilir. Büyük bir çaba sarf edeceğimiz durumlarda derin, uzun süreli nefes alırız. Daha az havaya ihtiyacımız olduğunda da basitçe burnumuzu veya ağzımızı (gaz kelebeğini) kapatarak hava girişini kısımlarız. Normal durumlarda ise hava ihtiyacımızı sıradan nefes alma işlemiyle yapabiliriz. Valvetronic sistemde bu durum emme supaplarının açıklık oranları değiştirilerek ayarlanmaktadır. Kam mili, hareketini V kayışı yerine bir elektrik motorundan almaktadır ve bu sayede supapların açık kalma seviyeleri ECU (Elektronik Kontrol Ünitesi) tarafından istenen seviyede tutulabilmektedir. Yakıt tüketimi ve emisyonlarının azaltılmasında yakıtın yanma odasına direkt olarak püskürtülmesinin de etkisi olduğu unutulmamalıdır. Ayrıca bu sistemde içten yanmalı motorun icadından beri kullanılan gaz kelebeği kaldırılmıştır. İcadı gerçekleştiren firmanın

85 kW'lık (115 HP) bir motora sahip araçla Avrupa test çevrimine uygun olarak yaptığı deneylerde 100 kilometredeki yakıt tüketimi 6.9 litre ile sınırlı kalmıştır. Bu değer kendi sınıfındaki araçların verilerine göre bir litre daha azdır. Bu sistem sayesinde AB'nin istediği düşük emisyon değerlerini sağlayan araçlar üretmeyi mümkün kılmaktadır.

Valvetronic sistemi, yakıt ekonomisi yanında soğutmayla kaybolan ısı miktarında %60 azalma, su pompasının küçültülmesiyle güç tüketiminde %60 tasarruf, direksiyonun hidrolik sıvısının hızlı bir şekilde ısıtılmasıyla hidrolik pompa tarafından kullanılan gücün azaltılması ve soğutucu akışkan ile motor yağı sıcaklığında %30 düşüş sağlanmıştır.



Şekil 1.18. Valvetronic sistem[30]

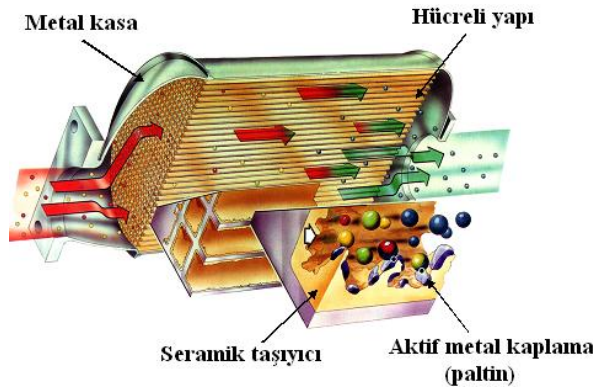
Otomobil üreticisi firma, Valvetronic kullandığı araçla yaptığı deneylerinde önceki modele göre 0'dan 100 km'ye ulaşma hızında 1.8 saniyelik gelişme ve maksimum hızda 11 km'lik bir artış elde etmiştir [42]. VTEC (Değişken Valf Zamanlaması ve Elektronik Kontrol Sistemi) olarak isimlendirilen diğer teknoloji sayesinde %13'den fazla yakıt tasarrufu sağlandığı bildirilmiştir.

Yine büyük bir otomobil firması tarafından 2008 yılından itibaren yollarda kam mili olmayan araçların dolaşacağı duyurulmuş, fakat sistem hakkında henüz bilgi verilmemiştir. Sadece yeni sistemle yakıt tüketimi ve emisyonlarda %20'ye yakın düşüş sağlanması için çalışmaların devam ettiğini bildirmiştir [43].

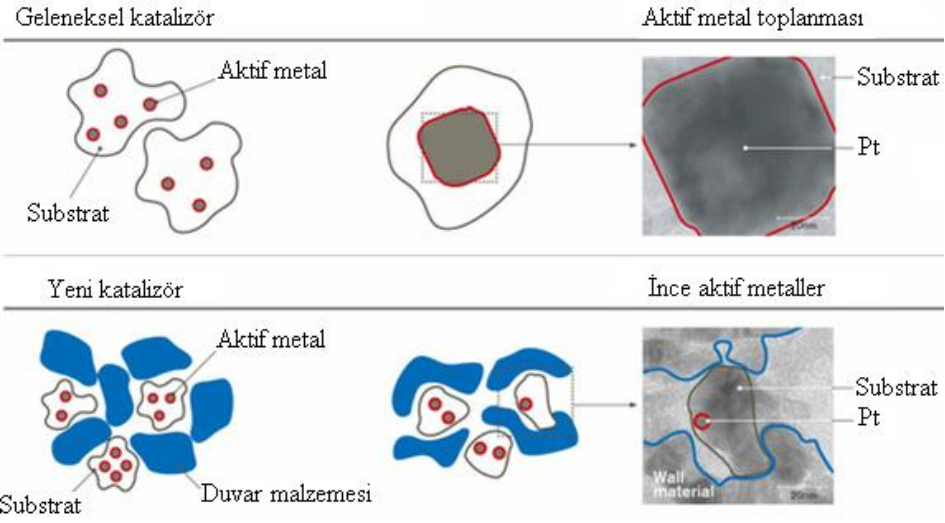
Yakıt tüketimi ve egzoz emisyonunu azaltmaya yönelik motorda yapılan tasarım ve geliştirme çalışmalarının yanı sıra egzoz çıkışında da emisyon azaltmaya yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan biriside katalitik konvertörlerdir. Egzoz sistemine eklenen katalitik konvertör ünitesi zararlı emisyonların atmosfere bırakılmadan önce

kimyasal olarak temizlemekte kullanılmaktadır. Eski konvertörlerde, sıkıca kapatılmış bir muhafaza içerisinde katalist kaplı bir malzeme kullanılırken yeni tiplerde, bal peteği (monolit tasarım) şeklinde katalist eleman bulunmaktadır. Her ikisi de aynı prensiple çalışsa da monolit tasarım daha az egzoz gazı geri basıncına neden olmakta ve çıkan zararlı gazlar geniş yüzey alanında daha verimli bir şekilde zararsız hale dönüştürülmektedir [22].

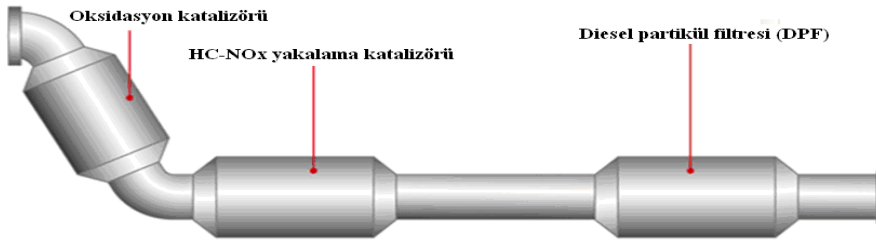
Gelişmiş olan 3-yollu Katalitik konvertörlerin yapısında Platin (Pt), Rodyum (Rh) ve Paladyum (Pd) malzemeleri kullanılmaktadır. Geleneksel katalizörlerdeki aktif maddelerin çalışır duruma geçerek zararlı emisyonları zararsız hale dönüştürmesi için katalizör içerisindeki sıcaklığın aşırı derecede yükselmesi gerekmektedir. Firma aktif metal partikülleri incelterek katalizör içerisindeki sıcaklığın aşırı yükseltilmesi zorunluluğunu ortadan kaldırmış ve ayrıca kullanılan aktif metal miktarında da %50 düşüş sağlamıştır [44].



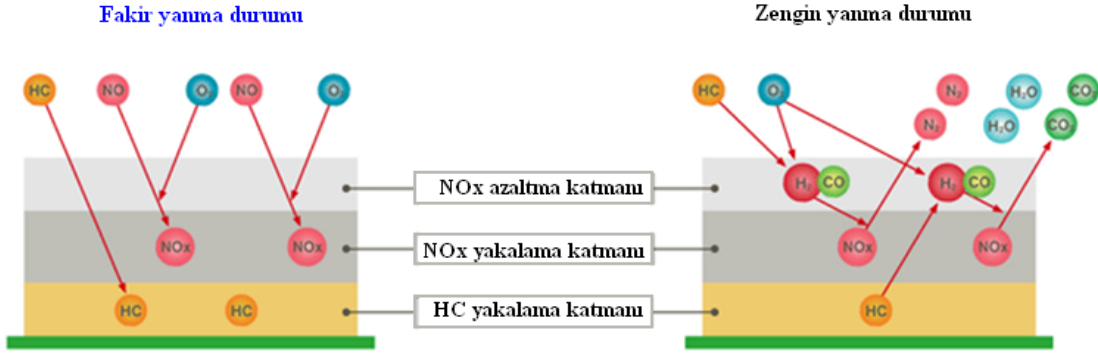
Şekil 1.19. Katalizörlerin içyapısı [45]



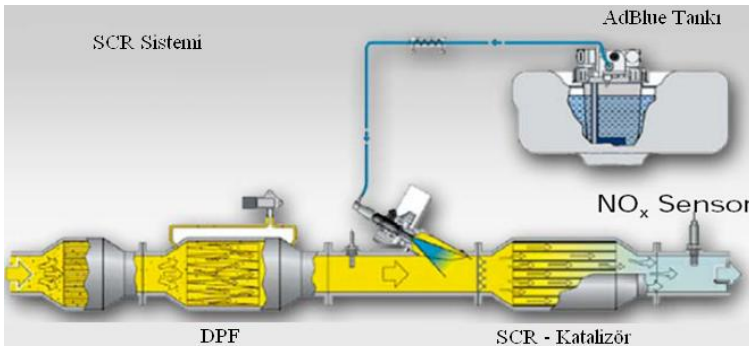
Şekil 1.20. Katalizör malzemesi şekil değişikliği [44]



Şekil 1.21. Egzoz sistemindeki katalizörler [46]



Şekil 1.22. HC-NOx yakalama katalizörünün yapısı ve çalışması [46]



Şekil 1.23. SCR sisteminin parçaları [42]

2 litrelik TDI motorun ürettiği NOx'lerin azaltılması üzerine yoğunlaşan mühendisler, oksitlenme katalitik konvertörü ve egzoz sistemi içindeki parçacık filtresiyle bağlantılı iki sistem geliştirerek çözüme ulaştılar. Ayrıca nitrojen oksidi depolayan katalitik konvertör teknolojisi sayesinde % 90 oranında daha düşük emisyon normu elde edilebilirken, bu gazın bir sünger andıran depolama sistemiyle emilimin gerçekleşmesi sağlanıyor. Parçacık filtresi ise sürücü fark etmeden düzenli olarak temizlenirken, motor yönetim sistemi de çalışma durumlarını birkaç saniye içinde değiştirebilme özelliği gösteriyor [47].

Bir başka otomobil üreticisi diesel araç teknolojileri üzerine yoğunlaşmıştır. Bu firma ar-ge çalışmalarının üç farklı alanda yapıldığını duyurmuştur; ayarlanmış-kinetik (MK) yanma, yüksek performanslı katalizörler ve ileri motor kontrol sistemleri. Firma, geliştirdiği katalizör teknolojisiyle HC ve NOx emisyonlarını tek konvertör içerisinde yakalanabilmesi imkanını sağlamıştır. Konvertörün iç kısmı üç katmandan oluşmaktadır; en üstte NOx azaltılan katman, orta kısımda NOx yakalama katmanı ve en alt kısımda HC

yakalama katmanından oluşmaktadır. HC yakalama katmanında HC oksitlendirilerek H₂ ve CO emisyonları oluşturulur. Bu katmanın ürünleri NO_x yakalama katmanında N₂, CO₂ ve H₂O gazlarına dönüştürülürler. NO gazı NO_x'e okside edilir ve NO_x yakalama katmanı tarafından emilir. Bu sayede egzoz çıkışındaki HC ve NO_x emisyonlarında önemli düşüş sağlanır. Firma HC-NO_x yakalama katalizör teknolojisi sayesinde gelecekte diesel taşıtların SULEV standartlarını sağlayabileceğini bildirmişlerdir [46].

Başka bir firma ise diesel partikül filtresi (DPF) sonrasına yerleştirdiği AdBlue tankı, katalizör (DeNO_x) ve NO_x sensöründen oluşan SCR sistemiyle emisyonlarda %90'lık bir azalma sağlandığını duyurmuştur. AdBlue olarak isimlendirilen biyolojik olarak bozunabilir özellikteki kimyasal solüsyon, DeNO_x katalizör girişine enjekte edilerek NO_x emisyonlarında önemli oranda azalma sağlamaktadır. AdBlue karışımı -11°C sıcaklıkta donduğu için soğuk hava koşullarında otomatik ısıtıcı tarafından ısıtılır [42].

Diesel taşıtlardaki emisyon azaltma çalışmaları sonucunda bulunan diğer bir sistem ise Blutech'dir. 3 litrelik V6 motora monte edilen bu sistemle 2011'de yürürlüğe girecek olan Euro-5 emisyon standardına ulaşıldığı bildirilmiştir. Aracın yapılan diğer deneylerinde elde edilen sonuçlar; 155 kW güç, 540 Nm tork ve 244 km/h hız değerlerine ulaşılmış, 0'dan 100 km'ye ulaşma hızı 7.2 saniye olarak belirlenmiştir [48].

Avrupa çevre organizasyonlarından biri olan 'Transport and Environment' tarafından 2006 yılında yapılan çalışmaya göre bir otomobil firmasının araç filolarındaki ortalama CO₂ emisyonu 1997 yılında 190 g/km iken 2005 yılında 177 g/km değerine düşmüştür. Ayrıca firma yetkilileri diesel motorlardaki TDI ile TFSI (turbo şarjlı direkt enjeksiyonlu) sistemlerinde yapacakları yeniliklerin taşıt mimarisine ve hibrit sistemlere uygulanmasıyla emisyonlardaki düşüşün daha fazla olmasını planladıklarını bildirmişlerdir [49].

Otomobil üreticisi firmanın daha önce geliştirdiği Hyper VTEC teknolojisinin yeni bir uygulamasında, motosikletler için bir değişken silindir yönetimi (VCM) sistemi geliştirildi. Yeni VCM mükemmel performans ve düşük yakıt tüketimi sağlayacak şekilde tasarlandı. Ayrıca VCM, aktif silindir sayısının 2 silindirden 4 silindire kadar üç aşamalı olarak kontrol edilebilmesine imkan vermektedir [43].

Karayolu taşıtlarından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması için değişiklik yapılan alanlardan biri de yakıtlardır. İçten yanmalı motorlarda petrol türevi yakıtlardan fazla miktarda sera etkisi yapan gaz salımı gerçekleştiğinden bu yakıtların yerine yine petrol türevi olan fakat daha az kirletici emisyon yayan LPG, LNG, CNG veya kimyasal yapısı yeniden düzenlenmiş yakıtlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu yakıtlar benzin ve motorin yakıtlarla birlikte kullanılabildiği gibi motorda tek yakıt olarak da kullanılmaktadırlar. Ayrıca içten yanmalı motorlarda yakıt hücreleri ve hidrojenin kullanımıyla emisyon değerleri sıfıra kadar indirilebilmektedir [50].

Biyokütleden elde edilen etanol (biyoetanol) ve metanol (biyometanol) farklı oranlarda benzinle karıştırılarak buji ateşlemeli motorlarda kullanılabilmektedirler. Biyoetanolin %5'e kadar olan oranlarında benzinle karıştırıldığı durumlarda motorda herhangi bir değişiklik yapmaya gerek yokken, bu değerden fazla oranlardaki karışımlarda motoru (Esnek Yakıtlı Araç (FFV), BioFlex vb. gibi isimlendirilmektedirler), etanolle çalışmaya uygun hale getirecek modifikasyonlar yapılarak emisyonlarda yeterli miktarda düşüş sağlanabilmektedir. Önümüzdeki yıllarda özellikle doğal gazdan metanol üretiminin ve kullanılmasının yaygınlaşması beklenmektedir. Metanol gibi araştırma oktan sayısı (AOS=110) yüksek yakıtlar kullanılmaya başlayınca sıkıştırma oranı da yükseltilecek verim ve yakıt ekonomisinde artış temin edilebilmektedir. Bir araştırmada benzin yerine metanol kullanılmasıyla motor gücünde % 10'luk bir artış elde edilmiştir [51]. Bir otomobil firması araç modellerinden birini %85 biyoetanol (E85) yakıtla çalışabilecek duruma getireceğini bildirmiş ve geliştirilen 1.6 litrelik motordan 82 kW'lık güç ve karma çevrimde 100 km'de 9.8 litre yakıt tüketimi elde edilmiştir. Yalnızca benzin kullanıldığında elde edilen tüketim miktarı 7.1 l/100 km'dir [52,53,54].

Bitkisel veya hayvansal kullanılmış/kullanılmamış yağların bir dizi reaksiyon ve işlemler sonucunda petrolden elde edilen motorine benzer özelliklere sahip biyomotorin yakıtı da biyoetanolda olduğu gibi motorinle karıştırılarak veya tek yakıt olarak kullanılabilir. Biyomotorinde otomobil üreticileri araçlarının motorlarına belli bir karışım oranına kadar garanti vermektedirler. Karışım oranı belirlenen değeri geçince motorun modifiye edilmesi gerekmektedir. Yapılan bir çalışmada %20 biyomotorin-motorin (B20) ve %100 biyomotorin (B100) (soya metil esteri) yakıt kullanılan bir diesel motorda yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir [39].

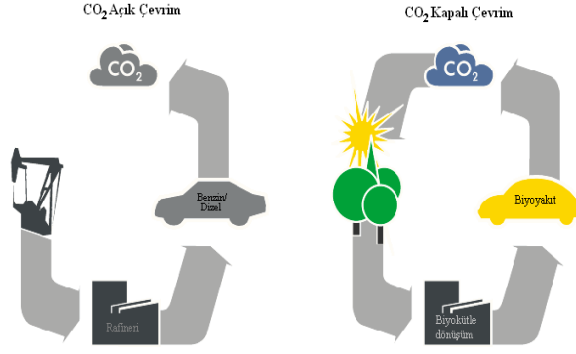
Tablo 1.14. B20 ve B100 yakıtların motorinle karşılaştırılması

Motorine göre değişim (%)	B100	B20
Karbonmonoksit	-50	-10
Partikül Madde	-70	-15
Toplam Hidrokarbon	-40	-10
Sülfat Emisyonları	-100	-20
Azotoksitler	+9	+2

Biyoyakıt olarak kullanım için biyokütleden elde edilen gaz yakıtlar; biyo-DME (Dimetileter), biyogaz ve biyohidrojen yakıtlarıdır. Bu yakıtlarda petrol türevi yakıtlarda olduğu gibi sıkıştırılmış gaz veya sıvılaştırılmış yakıt olarak kullanılma imkânları vardır. Bu tür yakıtların en büyük dezavantajları teknolojik olarak yapılacak araştırmaların başlangıç aşamasında olması ve yakıt olarak üretilebilirliğinin kısıtlı olmasıdır.

Taşıtlardaki yakıt tüketimini azaltarak egzozdan çıkan sera gazı emisyonlarını azaltabileceğimiz için içten yanmalı motorlarda fosil kökenli yakıtlar yerine biyolojik kökenli yakıt kullanımı da CO₂ üretimini azaltabilir. Çünkü biyoyakıtların yanması sonucu oluşan karbondioksit gazı petrol türevi yakıtlardan oluşan CO₂'ye oranla daha hızlı bir şekilde doğal döngüye katılır.

Şekil 1.24'de de görüldüğü gibi biyoyakıtın yakılmasıyla oluşan CO₂ gazı bitkiler tarafından kolaylıkla fotosentez döngüsünde kullanılabilir. Ayrıca Karbon-nötr döngüsünde günümüzde bir çok araç malzemesi bitkisel kaynaklardan yapılmaktadır. [47, 55].



Şekil 1.24. Açık ve kapalı karbon döngüsü [47].

Son yıllarda, her sektördeki ilerlemeye paralel, taşıt sektöründe de teknolojinin gelişimiyle verimli hibrit motorlu otomobillerin pazara girişi, GDI – direkt püskürtmeli benzin motorları (fakir karışım), HCCI – homojen karışimli sıkıştırılmalı ateşlemeli motorlar (düşük NOx emisyonları, doğal gaz kullanımı, verim artışı), çift yakıtlı motorlar, taşıt boyutunun ve kütlesinin azaltılması (hafif malzeme), aerodinamik özelliklerin iyileştirilmesi, transmisyon–motor uyumunun sağlanması, yakıt hücresi teknolojisi, fosil ve biyolojik yakıtlardan fiziksel karbon uzaklaştırılması ve CO₂'nin yeraltında depolanması ile taşıt kaynaklı sera gazı emisyonları salınımlarının kısmen azaltılması sağlanmıştır.



Şekil 1.25. Yakıt ekonomisinde etkili olan faktörler [56].

Otomobil kaynaklı sera gazlarını azaltmakta gelişen araç teknolojisi kendi başına belirleyici değildir. Çünkü otomobil kaynaklı sera gazı emisyonlarının fazla olmasında araç teknolojisi yanında yol durumu (trafik) ve araç sürücüsünün de önemli etkileri olmaktadır. Zararlı emisyonların azaltılabilmesi için gelişen teknolojiyle birlikte sürücünün de aracı hem yakıt tüketimi bakımından hem de egzoz emisyonları bakımından trafiğe

uygun olarak en ekonomik şekilde kullanabilme kabiliyetine sahip olmalıdır. Örneğin aracı olması gerekenden düşük viteste kullanma yakıt tüketimini oldukça fazla artırır, soğuk havalarda aracı hareket ettirmeden önce yapılması gereken, motorun (rölantide) ısınma sürecini 1–2 dakikalık bir periyotta sınırlı tutarak CO₂ emisyonu azaltılabilir. Yine gereksiz durumlarda klima çalıştırılması aracın her 100 km’de 1–2 litre daha yakıt tüketmesine sebep olur. Ayrıca sürücü aracının bakımını düzenli olarak uzman kişilere yaptırmalı ve mümkünse düşük emisyonlu yakıtları ve/veya biyoyakıt karışımı yakıtları tercih etmelidir.

Yol şartlarının geliştirilmesinde ise öncelikli sırayı karayolu altyapısının geliştirilmesi, yakıt tüketimi açısından ideal trafik hızlarının sağlanması, trafik ışıklarının minimuma indirgenmesi ve trafiğin yoğun olduğu zaman aralıklarında gerekli düzenlemelerin yapılmasıdır. Şehir merkezlerinde ve şehirlerarası yollarda ulaşımın toplu taşıma araçlarıyla yapılması sağlanmalı ve toplu taşıma sektöründe demiryolu ile denizyolu taşımacılıklarının paylarının arttırılması sağlanmalıdır.

Başka bir yöntem olarak yanmayı iyileştirmek için, kullanılan yakıt özelliklerinin değiştirilmesi çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalarda deney motorunda yakıt olarak kullanılan LPG ve benzin’in hidrokarbon bağ ve zincir yapısı değiştirilip yanmanın sonucu olarak yakıt tüketimi ve egzoz emisyonu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışmaların sonucuna göre yakıtların hidrokarbon bağ yapısının ve zincir yapısının değiştirilebileceği ve bunun motorlarda olumlu sonuçlar verebileceği anlaşılmıştır.

Kullanılan yakıtın hidrokarbon bağ yapısını değiştirme yöntemlerinden birisi de manyetik alan etkisinin yakıt üzerine uygulanmasıdır.

1.6. Manyetik Etki İle Yakıt Yapısının Değiştirilmesi

1.6.1. Mıknatıslanma ve Manyetik Alan

Hareket halinde bulunan yükler, Coulomb kanununun verdiği “elektrik” veya “elektrostatik” kuvvetlerin yanında manyetik kuvvetlerden dolayı da birbirlerini etkilerler. Atomların içinde bulunan elektronlar hem atom çekirdeklerinin etrafında bir dönme hareketi yaparlar hem de kendi eksenleri üzerinde dönerler. Bu sebeple bütün atomların mıknatıslık özellikleri göstermeleri beklenebilir. Buna bağlı olarak maddelerin mıknatıslık özellikleri, atomlar ölçüsünde küçük akımlardan meydana gelir.

Mıknatıslık kuvvetlerine, elektrostatik kuvvetlerin etkisi ile yüklerin içinde hareket halinde bulundukları ortamında etkisi vardır.

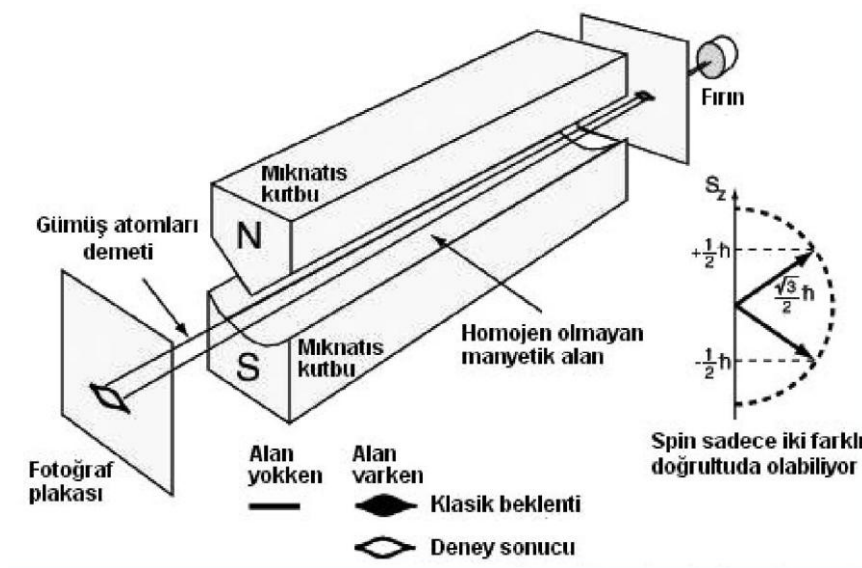
Mıknatıslık kuvvetlerinin incelenmesinde hareket halindeki yüklerin karşılıklı etkilerini incelemektense, yüklerden birinin, çevresinde bir mıknatıslık alanı meydana getirdiğini ve bu alan vasıtasıyla öteki hareketli yükü etkilediğini kabul etmek çalışmalar açısından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Hareketli yükün meydana getirdiği bu mıknatıslık alan, yük hareket halinde bulunsun veya bulunmasın her zaman meydana gelen elektrostatik alandan farklıdır.

Çünkü mıknatıslık alan, elektrostatik alan hesap edilerek hesaplanır. Böylece her iki alanında bulunduğu bir bölge içinde hareket eden yüklü bir parçacık, hareket halinde olsa da olmasa da elektrik alanının etkisi altında kalacaktır. Manyetik alan ise ancak yüklü parçacık hareket halinde bulunduğu zaman kendini gösterir. O halde bir yerde (elektrostatik kuvvetlerden başka ve onlara katılan) hareket halinde bulunan elektrik yüklerine etkiyen kuvvetler varsa orada bir manyetik alan vardır denir. Çoğu zaman hareket halinde bulunan yükler veya akımlar tarafından meydana getirilen elektrik alanı o kadar küçüktür ki, hareket halinde bulunan bir yüke etkiyen elektrostatik kuvvet manyetik kuvvetin yanında tamamen ihmal edilebilir.

Bir maddeye ait spektrum çizgilerinin ince yapılarının ayrıntılı incelenmesi yapıldığında elektron spininin belirlenmesi mümkündür. Her elektronun σ_s manyetik momentine sahip olduğunu farz edilerek bu manyetik momentin değeri bulunabilir. Manyetik momentin mevcudiyetinin ve bir manyetik alan içindeki yönelmelerinin doğrudan doğruya ortaya konulması Stern-Gerlach deneyi ile ispatlanmıştır. Deney için temel seviyede yörünge momentini sıfır olan (yani hareketsiz) atomlar seçilmiştir. Böylece atomun bütün manyetik momentini elektronlarından birinin spinine eşdeğerdir. Deneyde hidrojen, lityum, sodyum, potasyum, bakır, gümüş ve altın atomları kullanılmıştır. Bu

atomlarda elektronların hareketi dairesel bir iletken içindeki akıma denktir ve manyetik momentleri de bu halka akımının manyetik momentine eşittir. Bilhassa üniform bir manyetik alan içinde kutuplarına eşit fakat zıt yönde kuvvetler etki eden bir manyetik dipol gibi davranır. Bu sebeple bileşke kuvvet sıfırdır ve atom hareket etmez. Bununla birlikte böyle bir atom üniform olmayan bir manyetik alan içerisine konulursa manyetik alan gradyenti ile orantılı bir kuvvet etkisinde kalır. Orijinal deneyde; gümüş, bir fırında ısıtılmış ve fırın sıcaklığına tekabül eden hızlara sahip gümüş atomları huzmesi elde edilmiştir. Bu gümüş atomları huzmesi çok dar bir demet haline getirilmiş sonra bir mıknatısın kutupları arasından geçirilmiştir. Mıknatısın kutup parçalarına gayet büyük bir manyetik alan gradyeni meydana getirebilecek bir şekil verilmiştir. Aletin içi gümüş atomlarının hiçbir çarpışmaya uğramadan geçebileceği derecede alçak basınçlara kadar boşatılmıştır. Böylece gümüş atomlarının alet içindeki ortalama serbest yolları aletin uzunluğundan daha büyüktür. Başlangıçta gümüş atomlarının momentleri Şekil 1.26 da görüldüğü gibi geliş güzel doğrultudadır. Manyetik alana girdiklerinde manyetik momentler manyetik alan doğrultusuna paralel veya anti paralel olarak yönelirler.

Manyetik alan doğrultusuna göre zıt yönlerde yönelmiş olan atomlara etkiyen kuvvetlerde zıt yönde olacağından birbirinden uzaklaşarak iki plak üzerinde iki ayrı depo yaparlar [52].



Şekil 1.26. Stern-Gerlach deneyinin tasviri[53]

1.6.2.Yakıtın Atomik Yapısı

Simon Ruskin adlı bir roket bilim adamı parahidrojenin sahip olduğu hidrojen moleküllerinin eğriliklerini değiştirmek için uygun bir manyetik alanı yakıt üzerinde uygulamıştır. Bu manyetik alan sayesinde yakıtı uyararak, parahidrojen yapısının manyetik rezonansın içinden geçen daha yüksek enerjili orthohidrojen yapısına dönüşmesini sağlamıştır. Bu olayın sağlanmasıyla pek çok yüksek atom enerjisi ile genel yakıt hareketliliği elde edilmiştir. Buna bağlı olarak yanma verimliliği konusunda daha iyi sonuçlar gözlemlenmiştir. Ruskin gerçeği, bu icatla, Amerika’da 328.868 no’lu bir patentle garanti altına alınmıştır. Bilimselliği ve işlerliği ispatlandıktan sonra patentlenmiştir[54].

1952 yılında Stanford Üniversite’nden Dr. Felix Block ve Harward Üniversitesi’nden Dr. Edward Purcell, manyetik rezonansla ilgili çalışmasıyla Nobel ödülü kazanmıştır.

Daha sonra Dr. Robert Kane yakıttaki hidrokarbon moleküllerinin parçalanmasını kolaylaştıran, özel bir Neodmium bileşiği sayesinde manyetik rezonans teorisini gerçekleştirilmiştir.

Yukarıda bahsettiğimiz bu dört bilim adamı moleküler yapıyı etkileyebilen manyetik gücü ispatlamıştır. Yakıt düzenleyici cihazın bünyesinde bulunan Neodmium bileşiği “para” durumundan, daha yüksek enerjili “ortho” durumuna hidrojen moleküllerinin geçmesini sağlayarak güçlü bir akım yoğunluğunun oluşmasını sağlar. Dolayısıyla daha verimli bir yanmanın meydana gelmesine zemin hazırlar.

Yakıt moleküllerinin eğriliklerinin etkisiyle, sıvı yakıt içinden geçen ışık ışınlarının parahidrojen durumundan orthohidrojene kırıldığı infrared kameraları kullanılarak bilim adamlarınca optik çalışmalarla ispat edilmiştir.

Önemsiz ve çok basit bir element olarak bilinen hidrojen, yakıttaki hidrokarbonun bir elemanı olarak önemli bir yere sahiptir. Yakıt hidrojen dışında karbon, az miktarda kükürt ve ağır gazları içerir.

Hidrojen, pozitif protona, negatif bir elektrona ve bir dipol (dik) momente sahiptir. Çekirdek eğrilerinin doğru yönelmelerine bağlı olarak ya paramanyetik (manyetik akım için daha zayıf ya da daha güçlü) yada dia manyetik olabilir. Hidrojen bütün elementler içinde en basiti olmasına karşılık, değişik çekirdeklerin karşı eğrilikleri olarak tanınan para ve ortho isimli iki belirgin izometrik formdan oluşmuştur.

Bunlardan birincisi iki atomunda da aynı yönelimde paralel eğrileri olan (saat yönünde, aynı yönde her ikisi de yukarıda) ve düzensiz devir seviyesinde bulunan orthohidrojen molekülüdür. İkincisi ise diğerleri ile bağlantılı bir atomun eğrilerinin diametrik sunumunda birbirine zıt (saat yönünün tersine, antiparalel, biri aşağıda-biri yukarıda) ve düzenli devir seviyesinde bulunan parahidrojen molekülüdür. Bu yüzden hidrojen birçok tepkimeler için kolaylaştırıcı ve paramanayettir. Sunulan eğriler çok değişken parahidrojeni oluştururlar. Gerçekte orthohidrojen, az enerjili, uçucu ve tepkili parahidrojenen daha tepkilidir. Yanma süresince, yoğunlaşma sağladığından yakıt, yararlı olan ortho hidrojen formuna geri döner. Parahidrojen durumundan, orthohidrojen durumuna geçiş optik çalışmalarla ispat edilmiştir.

Hidrokarbonlar aslında benzer kafes yapıya sahiptir. Hidrokarbonlardan oluşan yakıtın engelli yanma işlemi, yakıtın yapısı içerisindeki karbon atomlarının oksitlenmesine bağlı olarak meydana gelir. Hidrojen, karbon ve oksijen atomlarının daha büyük sahet zincirlerden oluşan bileşik gruplarının içine doğru sarılması molekül gruplarının içine istenilen miktarda oksijen geçişini engeller. Manifoldtan girerek yakıt ile karışacak havanın aşırı olmasına rağmen tam bir yanma önlenir. Bu nedenle zincirlere doğru uzanan oksijen eksikliği giderilemez.

İhtiyaç duyulan hidrokarbon-oksijen bağlarının oluşumu engellenir. Bu konuda yapılacak hiçbir şey yoktur. Yakıtın yanması için yanma merkezini oksitlemek amacıyla havadan bir miktar oksijen alınması gerekir. Örneğin 1 kg benzinin tamamen yanması için yaklaşık olarak 15 kg havaya ihtiyaç duyulur. Yanma sonucu dışarıya atılan egzoz gazının içerisinde bulunan CO, H₂, HC, NO_x ve O₂ gibi gazlar yukarıda bahsedilen eksik yanma ürünüdür.

Motor tasarımcıları yıllarca, yakıttaki hidrokarbon-molekül ilişkilerinin etkisini karşılaştırmışlardır. Amaçları bu ilişkilerden olabildiğince iyi sonuçlar elde ederek yanma sürecini optimize etmektir. Silindirdeki sıcaklığı arttırarak yanma odasındaki bütün hidrokarbonların tam olarak yanmasını sağlamak adına yaptıkları çalışmalar, hava kirliliğini önlemek için tasarlanan motorlardaki yanma problemine çözüm olamamıştır. Daha eski motorlar, büyük miktarda yanmamış hidrokarbon ve karbon monoksit üretirken düşük miktarda da NO_x üretirler. Ancak motor performansını yükseltmek için devri ve sıkıştırma oranını arttırmak azot oksitinin daha yüksek seviyelere çıkmasına sebep olmuştur. Elektronik ateşleme sistemleri ve enjeksiyon sistemlerinin kullanılması emisyonlar açısından olumlu sonuçlar vermiştir.

Araç üreticileri egzozdan çıkan emisyonu daha da azaltmak için katalitik değiştirici kullanmışlardır. Katalitik değiştiricilerin kullanıldığı motorlarda yakıt parçaları veya CO formundaki oksitli karbon atomlarının tam yanmayan parçaları tekrar yakılır. Yanama odasında kalan siyah karbon atıkları, motorun iç yanma odasında birikir veya katalitik değiştirici yoksa kirlilik emisyonu (HC, CO, NO_x) olarak çevreye atılırlar.

Yakıttaki hidrokarbonların (metan molekülleri) yanması sırasında, ilk önce oksitlenmiş olan hidrojen atomları (yani dışta bulunan elektronlar) yanar. Sonra yalnızca karbon atomları yakılır. Yüksek hızlı bir iç yanma sürecinde, hidrojen atomlarının oksitlenmesi daha az zaman aldığından, normal şartlarda tam yanmamasından sorumlu tutulan karbonlar, yalnızca oksitlenen karbonlar olacaktır. Karbon oksijen reaksiyonu daha enerjik olmasına rağmen oksijen, hazır olan hidrojenle birleşir. Çünkü oksijen miktarı yeterli değilse hidrojen karbondan önce yanar ve karbonun bir bölümü parlak bir alev vererek is karası veya karbon siyahı biçiminde birikir.

Yakıt düzenleyici cihaz negatif yüklü hava moleküllerinin çekimini arttırarak yakıt moleküllerini pozitif yüke dönüştürür ve onları toplar. Karbondioksit sonradan oksitlendiği için, en yüksek yanma verimliliği, en yüksek karbondioksit seviyesinde gerçekleşir.

Dıştaki elektron yüklerinin eğrilik özelliklerinin değişimi, yakıtın tekrar çalıştırılmasıyla ve yanma süreciyle bağlantılı olarak yükselir. Hidrojen molekülleri daha yüksek enerjili olduğu için açık olan oksijenin eklenmesiyle yüksek elektriksel bir potansiyel gösterir. Yanma motorlarında sisteme eklenen oksijen yanma verimliliğini arttırır. H₂ molekülünün eğrilik değişim özelliğinden dolayı, yanma süreciyle bağlı olarak yakıttaki hidrokarbonun yeniden faaliyete geçmesiyle oluşan artış ve manyetik moment yanmanın seviyesinde artış sağlar. Yakıt düzenleyici cihaz parahidrojen durumundan, oksijen eklenmesiyle oluşan çekimle çok uçucu, daha yüksek enerjili “ortho” durumuna doğru hidrojen atomlarının izometrik formunu bir miktar değiştirir. Böylelikle yanma için daha verimli hale getirmiş olur.

1.6.3. Rezonans

Atomların uzun süre, atom çekirdeği çevresinde salınan elektronlardan oluştuğu sanıldı. Bu görüş pekte yanlış değildi ama atomun içinde olup bitenler konusunda yanlışlığı ifade ediyordu. Kuantum kuramı ortaya çıktıktan sonra bu konudaki çalışmalar daha doğru bir şekilde ilerlemiştir. Bir elektronun çekirdek çevresinde salındığını düşünülürse, elektron, içinde bulunduğu atoma özgü bir öz salınım frekansına sahip olacaktır.

Çok yüksek olan bu frekans, ışığı oluşturan elektro manyetik dalgaların frekansı düzeyindedir. Bu atom üzerine herhangi bir frekans gönderildiğinde, her frekans atomun elektronunu kendi frekansında titreştirme imkanına sahip olacaktır. Sonuçta gönderilen frekans, söz konusu atomdaki elektronun öz salınım frekansına eşit olduğundan “rezonans” meydana gelecektir [1]. O halde kendine özgü bir salınım frekansına sahip olan böyle bir sistemin rezonans olayı göstermesi için salınan bir dış kuvvetin yani farklı bir salınım sebepli olacak sistemin etkisinde kalması gerekir. Bu durumda oluşan rezonans sistemi önce denge konumundan uzaklaştırır sonra tekrar denge konumuna yaklaştırır. Bu durumda sistemin bir sürtünme kuvvetiyle karşılaşması ve bu kuvvetin sistemin enerjisinin bir kısmını soğurarak salınım hareketini frenlemesi gerekir. Bu koşullar gerçekleştiğinde sistemin salınım genliğinin “uyarıcı” kuvvetin frekansına bağlı olduğu görülür ve uyarıcı frekans sistemin öz salınım frekansına eşitse genlik maksimumdan geçer. Sürtünme kuvvetleri, uyarıcı kuvvet yanında ne kadar küçük kalırsa, bu maksimum değer o kadar büyür. Yalnız mekanik sistemlere değil aynı zamanda elektrik ve atom sistemlerine de uygulanan rezonans olayının temeli bu şekilde açıklanmaktadır.

Düzgün impulsların etkisiyle, salınım genliğinin artması olarak tanımlanan rezonans, rezonans çizgileriyle optik olarak tespit edilebilir. Burada bahsedilen rezonans çizgileri herhangi bir uyarılmış halden doğrudan doğruya temel hale geçerken atomun yaydığı tayf çizgilerine verilen addır. Bu adlandırma, bir rezonans çizgisine tekabül eden ışığın, optik rezonans deneyini kolayca gözetlemek imkanı vermesinden ileri gelir. Rezonans çizgilerine karşılık olarak, bir atomun uyarılmış bir ara duruma geçtiği zaman yaydığı tayf çizgilerine flüorışın çizgileri denir. Rezonansı atom bazında incelediğimizde atomlar ve elektromanyetik ışınlar arasında, ancak ışınların γ frekansı bazı belirli değerler aldığı zaman meydana gelebilen etkileşme olayının atom rezonansı oluşturduğunu söylenebilir (atom elektromanyetik ışınlar yayarak veya soğurarak bir enerji seviyesinden öbürüne geçer).

Yapılan konunun temeli olan manyetik rezonans veya paramanyetik rezonans, atom rezonansının iki Zeeman alt seviyesi arasında yani atom ancak bir manyetik alanın etkisindeyken var olabilen iki enerji seviyesi arasında meydana geldiği özel durumdur. (laboratuvarlarda yaratılabilen manyetik alanların etkisiyle meydana gelen manyetik rezonansın frekansları daima Hertz dalgaları bölgesindedir).

Bir atom bir H manyetik alanın etkisinde kaldığı zaman bir E_1 enerji seviyesinin yerine bu seviyenin manyetik momentinin alabileceği çeşitli yönlerde tekabül eden ve Zeeman alt seviyeleri denen birçok yakın enerji seviyesi geçer. Ayrıca, Zeeman alt seviyeleri birbirine eşit uzaklıktadır ve aralarındaki enerji sapması $\Delta E = E_2 - E_1$ kadardır [1].

Genel halde bir atomun manyetik momenti atomlarına bağlıdır. $\propto/2\pi$ büyüklüğü gauss olarak saniyede 1 megasikl derecesindedir. Bu durumda elektronik paramanyetik rezonans (EPR) söz konusu olur.

Bazı özel hallerde atom elektronlarının bileşke manyetizması sıfırdır (atom paramanyetiğin aksine diamanyetik halledir denir). Moleküllerin çoğunda farklı atomların elektronları, bileşke manyetizmaları sıfır olacak şekilde sıralanır. Bazı varsayımlara göre atom çekirdeklerinin manyetizma büyüklüğünün seviyesi 1000 defa daha küçük olsa da gözlenebilir. Bu halde büyüklüğün seviyesi gauss cinsinden saniyede 1 kilosikl olur ne nükleer manyetik rezonans (NMR) adını alır.

Laboratuarlarda üretilen manyetik alanlarla EPR ve NMR söz konusu olduğunda, manyetik rezonansın frekansı daima Hertz dalgaları bölgesine düşer. Hertz rezonanslarını bölgesindeki güçlülere manyetik rezonansta da rastlanır. Zeeman alt seviyeleri arasındaki enerji sapmaları ne kadar büyük olursa gözlem o kadar kolay olur.

Yani güçlüğü önlemek için frekans büyük olmalıdır. Bundan dolayı gözlem kuvvetli manyetik alandan zayıf manyetik alana oranla daha da basitleşir. Ayrıca NMR' da, EPR' ye oranlar daha kolay gözlem yapabilir. Fakat burada bazı şartlar söz konusu olur. Nükleer manyetik momentler atomun veya molekülün elektron tabakalarında korunur ve parazitlere karşı elektronik manyetik momentlerden daha az duyarlıdır.

NMR ile normal sıcaklık ve normal şartlarda atom huzmesi üzerinde manyetik rezonans olayı gözlenebilir. Çok zayıf manyetik alanlar veya seyreltik ortamlarda gözlem çift rezonans metoduyla Zeeman alt seviyeleri arasındaki toplama farkı büyütülerek yapılabilir. Bu olay bizim konumuzun dışındadır.

Manyetik rezonans frekansının duyarlı ölçümü şu imkanları sağlar.

- 1-) H manyetik alanı kesinlikle bilinirse üstünde işlem yapılan atom veya çekirdeğin $\propto$ giromanyetik oranı belirlenebilir.
- 2-) Giromanyetik oranı bilinen bir atom veya çekirdekle işlem yapılırsa, H manyetik alanın değeri kesinlikle bulunabilir. Bundan dolayı manyetik rezonansın başlıca uygulamaları ya manyetometre ya da kimya laboratuvarlarında faydalanmak için geliştirilmiştir.

Bir atom çekirdeğinin etkisi altında bulunduğu gerçek manyetik alanı belirlemek ancak NMR sayesinde mümkün olur. Bir manyetik alanda doğrulacak yeni bir manyetik alan arasındaki küçük bir fark, molekülün çekirdek seviyesinde meydana getirdiği küçük bir yerele manyetik alanın varlığını gösterir ve yerel alan bilinirse molekülün yapısı hakkında bilgi elde etmek mümkün olur. Buna karşılık belli manyetik alan değerlerinin belli molekül yapılarının karşılık olacağı bilinirse bir cismin yerel manyetik alanının gözlemi yapılarak molekül yapısı bulunabilir.

Rezonans bazı kuvanta sayılarıyla (elektrik yükü, spin, izotop spin) ve kendi kütleleriyle belirlenir.

Bütün bu bilgilerin ışığında sistemdeki yakıtı inceleyelim. Normal şartlar altında, hidrojen atomunun elektronu protona sıkıca sarılır. Atom hareketleri kuantum mekaniğinin kuralları tarafından yönetilirler. Atomlar kendi enerjileriyle hareket etmekte özgür değildirler. Yalnızca farklı kuantumlu enerjiye sahiptirler. Düşük enerjide verilen değerler dolayısıyla atomlar farklı uzaklıklara yayılırlar atom enerjisi, yakıt düzenleyici cihazın alan enerjisi ve akım yoğunluğu (kinetik) enerjisi sayesinde arttırılır. Elektronlar protonlardan biraz daha uzaklaşır ve enerjilerini birleştirirler. Enerjilerini birleştirmeleri sonucunda atomlar daha da büyürler.

Çok yüksek olmamakla birlikte, elektronlardan arınmış durumda bulunacağı kadar ve yeterli düzeyde bir yüksek enerji sayesinde atomlar süreklilik içinde birbirine çok yakın enerji seviyesinde düzelir [1].

Spektrum (tayf) veya dağılım aşamasında görülen rezonans davul gibi sert bir düzlem üzerine gerilen titreşimli bir zar modeline oldukça yakın benzerliktedir. Yani burada bir çeşit akustik rezonans söz konusudur. Buna akustik rezonanstan atom rezonansına bağlantı kuracak bir örnekle açıklanabilir. Bir trampetin derisi üzerine pudra dökülerek rezonans kiplerini görmek mümkündür. Titreşen kesimin belirli bazı frekansları için geometrik şekiller ortaya çıkar. Bunlar trampetin derisinin salınım genliği sıfır olan bölgelerinde görülür. Bir atomun elektronlarının “olası genliğine” aynı olayın uygulanması ve hesabını kuantum fiziğiyle yapılması elektronların iyice belirlenmiş enerji düzeylerinde dağıldıkları olgusuna dayanmaktadır [1].

Işınları emen atom enerjileri gerçekten rastgele olarak dağılmışlardır. Rezonansın seyrek süreçte gerçekleşmesi bir kaos ortamı meydana getirir. Kaos durumunu dolayısıyla rezonansı arttırmak, olağan yörünge numarasının yoluna ait mesafenin artmasıyla sağlanabilir.

Yakıt düzenleyici cihaz, yakıtın içindeki moleküllerin yukarıda belirtilen reaksiyonlarının kolaylaşmasını sağlar.

Kısaca; Nükleer manyetik rezonans, molekül akımı içindeki atom çekirdeğinde kuantum zerrelerini oluşturur. Dönüşümlü zerreler çok küçük mıknatıs parçaları gibi hareket ederler ve dışarıdan sağlanan manyetik alanla sıraya dizilirler. Fakat onların yörüngesinin çevresindeki elektronlar dağıldıklarında, bir tek manyetik çekirdek bazı molekülleri farklı etkileyebilir [1].

1.6.4. Kimyasal Kayma

Elektronik çevre etkisiyle rezonansın değişmesine *kimyasal kayma* denir. Rezonans ve kimyasal kayma birçok durumda aynı anlamda kullanılır.

Bir bileşiğin bünyesinde meydana gelen kimyasal kayma bileşiğin ortho, mega ve para protonlarının yeteri kadar ayrılmasına sebep olabilir.

Bu durum protonların önemli değişikliğe sebep olacak bir elektronik çevreye sahip olmaması durumunda bileşiğin protonları iyi bir şekilde kaymış olsa bile ortho, mega ve para protonları yeteri kadar güzel ayrılamamıştır [55].

$1/2$ spinli çekirdekler ya uygulanan alan yönünde ya da alana zıt yönde yönelirler. Bununla beraber uygulanan alan, tam olarak bütün çekirdekleri bu alan doğrultusunda yönlendirmez ve bazı çekirdekler alan yönünde bazıları da alana zıt yönde topaç hareketi yaparlar. İzole edilmiş bir atomu çevreleyen elektronlar da yüke sahiptir ve B_0 alanında topaç hareketi yaparlar. Lenz yasasına göre elektronlardan gelen manyetik alan B_0 alanına zıttır. Bu zıt manyetik alan çekirdekte fark edilir. Bu durum kimyasal kaymaya ve perdelemeye neden olur. Herhangi bir manyetik alan, örneğin elektron bulutu, B_0 alanına zıt alan yaratıyorsa buna diyamanyetik etki denir. Diyamanyetik perdeleme σ^d ile ifade edilir.

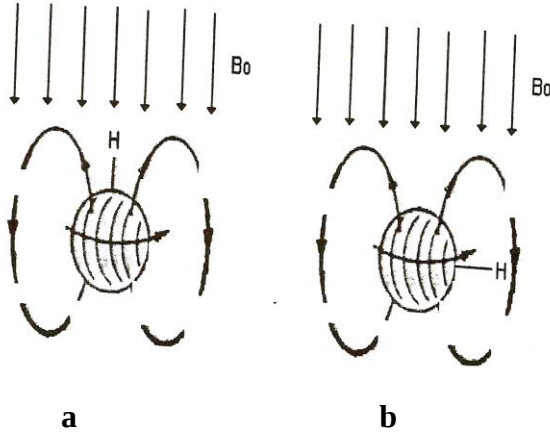
Hidrojen atomunun sadece s elektronları ve bunların oldukça küresel bir dağılım olduğundan proton kimyasal kayması diyamanyetik perdelemenin etkisi altındadır. Diyamanyetik perdeleme etkisini dengelemek ve çekirdeği rezonansa getirmek için B_0 alanı yükseltilmelidir. Bu da sabit frekansta, normal spektrumda sağa doğru kayarak yüksek alanda sinyal alınmasına neden olacaktır. Sabit B_0 alanında rezonans şartı yakalandığında çekirdeği perdeleyen elektronlar, uygulanan alanın daha az hissedilmesine neden olur.

Diyamanyetik perdeleme, çekirdeğin çevresindeki elektron bulutlarının yoğunlukları ile ilgilidir. Elektronegatif gruplar, yani elektron bulutlarını kendilerine çekenler, o proton için σ^d değerini düşürürler ve rezonans pozisyonlarını düşük alana doğru (yüksek frekans) kaydırırlar. Böylece fiziksel organik kavramda, protonun kimyasal kaymasında elektron çekenlerin ve elektron verenlerin katkısı önemlidir. Bileşik grupları elektronegatiflik kuvvetlerine bağlı olarak kimyasal kaymaya neden olurlar. Diğer taraftan elektro pozitif grup veya atomlar diyamanyetik perdelemeyi arttırarak, yüksek alan kaymasına neden olurlar.

Elektron vermekle veya çekmekle protonların çevresindeki elektron bulutlarının etkilenmesi sonucu rezonansa değişiklikler ortaya çıkar. İkinci önemli faktör ise geçirgen grupların manyetik özelliklerinden gelir.

Küresel ve izotropik grupların kimyasal kaydırma etkisi olmadığı halde, elektron yoğunluğu etkisi olmaksızın bile, silindirik ve elipsoidal gruplar kendi başlarına kimyasal kaymaları etkilerler.

Örneğin küresel dağılıma sahip olan bir grubun protona bağlı olduğunu düşünelim. Gruptaki elektronlar topaç hareketi ile B_0 'a zıt bir alan yaratırlar. Bu alan kuvvet çizgileri şeklinde gösterilebilir. Eğer rezonansa giren protonun bağlı küresel gruba B_0 yönünde paralel ise (Şekil 1.27.a) protonda, yaratılmış alanın kuvvet çizgileri uygulanan alana zıt olacaktır. Sabit frekansta protonun yüksek frekansla rezonansa geçebilmesi için B_0 frekansı yükseltilmelidir. Eğer bağ protondan gruba dik ise o zaman etkilenmiş olan B_0 'ı arttırmış olacaktır (Şekil 1.27.b). Şekil 1.27.a da yaratılmış olan çizgi kuvvetleri paralel olduğundan protonlar daha az perdelenmiş olacak ve daha düşük alanda rezonansa geçeceklerdir. Sonuç olarak bu grubun izotropik ve bütün yönlerde bulunma olasılığı aynı olduğundan net etki aynı olacaktır.



Şekil 1.27. a- Rezonansa giren proton bağının küresel gruba B_0 yönünde paralel olması

b- Rezonansa giren proton bağının küresel gruba B_0 yönünde dik olması hali [55]

Elektron çekme ve elektron verme etkilerinin dışında, küresel simetriye sahip olan grupları, çözelti içerisinde molekülün serbestçe dönmesi ile bütün yönlerde bulunabildiklerinden diğer bir diyişle perdelemesi veya perde aralama olasılığı aynı olduğundan, etkiler birbirlerini yok edeceklerdir [55].

1.7. Yakıt Düzenleyici Cihaz

1.7.1. Yakıt Düzenleyici Cihazın Çalışma Prensibi

Yakıt düzenleyici cihaz yakıt borusu üzerine bağlandıktan sonra cihazın oluşturduğu dinamik manyetik rezonans sayesinde yakıt üzerinde manyetik alan oluşturur. Bu manyetik alan, yakıtın bünyesindeki hidrokarbon bağlarını manyetik etkiyle gevşetir. Bu sayede hidrokarbon bünyesindeki C ve H' nin oksijen ile daha fazla temasa geçmesi, dolayısıyla tam yanmaya zemin hazırlaması olayı gerçekleşmiş olur. Yakıt düzenleyici cihaz yanmayı hızlandırdığı için, normal duruma göre yakıtın daha iyi yanmasına zemin hazırlar. Ayrıca yakıt düzenleyici cihaz takıldıktan hemen sonra yakıt içerisindeki hidrokarbon zincirinin daha küçük parçalara ayrılması sağlanır. Dolayısıyla tam ve daha temiz yanma yakıt düzenleyici cihaz takılmasıyla birlikte başlamış olur. Hem karbüratörlü hem de enjeksiyonlu motorlarda kullanılabilen yakıt düzenleyici cihaz verimin artması ve daha az yakıt kullanımıyla birlikte daha yüksek performans elde edilmesini sağlar.

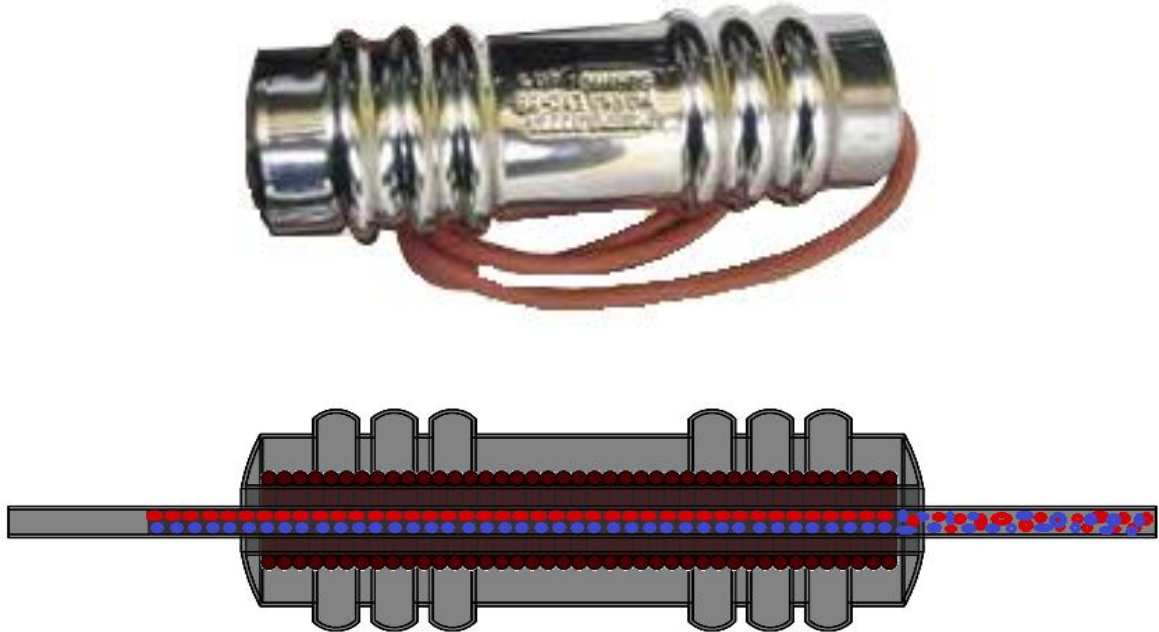
Bu arada karbon, kir vb. depozitlerin silindire yapışmasını engeller ve çevreye atılan emisyon miktarını da azalttığı için çevre kirlenmesini önlemiş olur.

Bir manyetik frekans rezonatörü olan yakıt düzenleyici cihaz çok güçlü çekim özelliğine sahiptir. Rezonansı yaratan, bir seramik mandren üzerine sarılmış iletken tel şeklindeki bobindir.

Bobinler, makara, mandren, veya karkas olarak adlandırılan, spiral, helezon, düz, petek şeklinde sarılı tellerden oluşan devre elemanıdır. Bir bobinin değeri tel kesitine, sarım sayısına, karkas boyuna, mandren çapına ve kullanılan nüveye(çekirdeğe) göre değişir. Akü akımıyla çalışabilen ve gerekli akımı aküden alarak manyetik alan oluşturan bir elektromanyetik cihazdır. Akım kaldırıldığında manyetizma etkisi de kaldırılmış olur.

Yakıt düzenleyici cihaz, mıknatıs olmadığı için büyüklüğü önemli değildir. İstenen akım modelini üretebilecek ve takıldığı borunun çapında aktif olmaya yetecek büyüklükte bir boyuta sahip yakıt düzenleyici cihaz ile verimli çalışma sonucunun elde edilebilmesi mümkündür.

Yakıt düzenleyici cihaz kullanılan araçta motor çalıştığı andan itibaren cihaz aktif olur. Çünkü yakıt düzenleyici cihazın tesiri yakıtın harekete geçtiği anda başlar ve etki alanına gelen yakıt üzerinde yukarıda bahsedilen tesirlerin elde edilmesini sağlar [56]



Şekil 1.28. Yakıt düzenleyici cihazın Çalışma Prensibi

1.7.2. Yakıt Düzenleyici Cihaz Takılı Olan Bir Araçta Maksimum Yakıt Tasarrufu Sağlamak İçin Alınması Gereken Tedbirler

Yakıt düzenleyici cihaz yakıt sisteminde uygun bir rezonans oluşturarak yakıtın daha kolay yanmasını ve buharlaşmasını sağlamaya yarayan bir cihaz olduğu için, yakıt düzenleyici cihazın takıldığı araca ait diğer teknik bakımlarının da yapılmış olması, yakıt tasarrufundan istenen verimin elde edilmesi için gereklidir. Bu nedenle yakıt düzenleyici cihaz araca takılmadan önce araç aşağıdaki bakımlardan geçirilmelidir.

- Yakıt sisteminin ayarları yapılmalıdır.
- Ateşleme sisteminin ayarları yapılmalıdır.
- Yakıt, yağ ve hava filtresi değiştirilmelidir.
- Motor yağı değiştirilmelidir.
- Lastik basınçları üretici firmanın tavsiye ettiği biçimde ayarlanmalıdır.

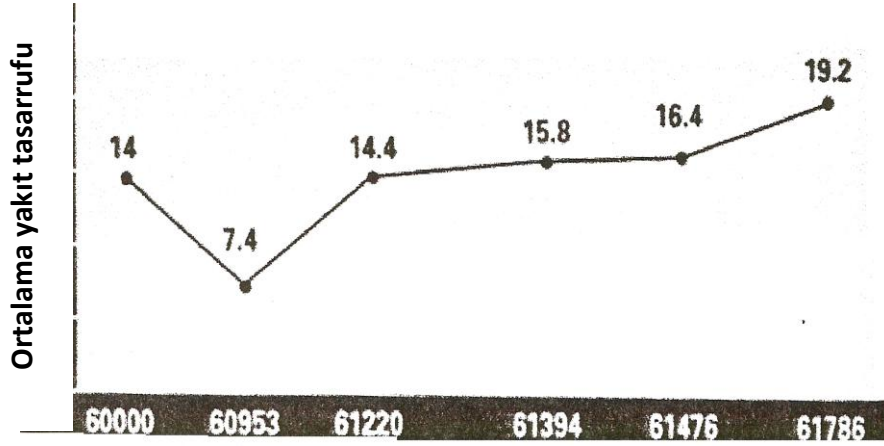
1.7.3. Yakıt Düzenleyici Cihaz Takılmış Bir Aracın Verime Ulaşma Süresi

Bir aracın motorunda, aracın kullanılmaya başlamasıyla birlikte biriken karbon depozitleri, yakıt düzenleyici cihazın takıldığı andan itibaren yakıtın daha düzenli ve istenen ideal şartlara yakın bir şekilde yanma olayına girmesiyle birlikte temizlenmeye başlar.

Bu nedenle yakıt düzenleyici cihaz araca takıldıktan sonra belli bir müddet araç için harcanan yakıttan ve yanma sonucu elde edilen emisyon değerlerinden beklenen verim alınamaz. Karbon depozitlerinin temizlenmeye başlamasıyla birlikte daha düzensiz bir yanma ve buna bağlı olarak beklenilenden daha yüksek emisyon değerleri elde edilir. Ayrıca egzozdan çıkan dumanın daha yüksek olduğu görülür. Bu istenmeyen sonuçların ortadan kalkması ve optimum verime ulaşabilmek için 3 depo yakıt tüketilmesi gerekmektedir [56]. Şekil 1.29.'da aracın kullanılma süresine bağlı olarak yakıt tüketimindeki değişim % olarak verilmiştir.

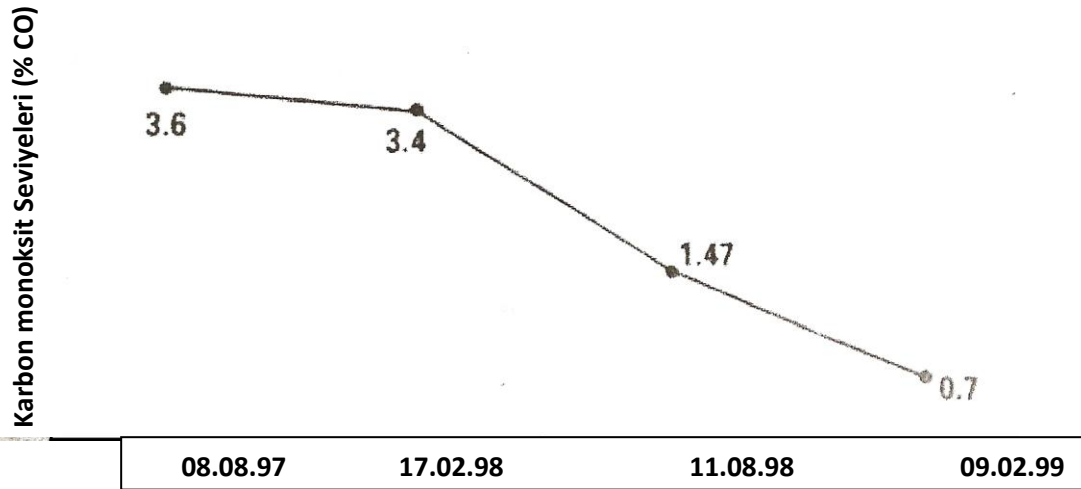
Şekil 1.29.'a bakıldığında Yakıt düzenleyici cihazın taşıt 60.000 km iken takıldığı görülmektedir. Cihaz takıldığı anda yapılan ölçümde cihazın %14 yakıt tasarrufu sağladığı görülmektedir. Cihaz takıldıktan sonra taşıt 1000 km yapıncaya kadar, yani taşıtın yaptığı toplam yolu 61.000 km oluncaya kadar, cihazın etkinliğinin azaldığı görülmektedir. Cihaz takıldıktan 1000 km sonra cihazın yakıt tasarrufuna etkisini %7,4 olduğu daha sonra yapılan km'ye bağlı olarak cihazın etkinliğinin arttığı ve daha fazla yakıt ekonomisi sağladığı görülmektedir.

Cihaz takıldıktan yaklaşık 1800 km sonra cihaz etkinliğinin maksimum seviyeye ulaştığı ve %20 ler civarında bir yakıt ekonomisi sağladığı görülmektedir.



Şekil 1.29. Km' ye göre yakıt tasarrufundaki değişim [56].

KM



Şekil 1.30. Km' ye göre karbonmonoksit değerlerindeki değişim [56].

Yakıt düzenleyici cihaz takılan araçta muhtelif zaman aralıklarında egzoz emisyonlarındaki %CO oranları ölçülmüştür.

İlk ölçüm cihazın takıldığı 08.08.1997 tarihinde yapılmış ve karbonmonoksit (CO) %3.6 ölçülmüştür. 09.02.1999 tarihleri arasında CO ölçümleri tekrarlanmış, süreye bağlı olarak her ölçümde CO yüzdesinin azaldığı görülmüştür.

Şekil 1.30.' a bakıldığında cihazın %CO üzerindeki etkinliğinin ilk önceleri düşük kaldığı belirli bir kullanımdan sonra arttığı görülmektedir. Katalik konvertör kullanılmayan bir deney aracında söz konusu cihaz takılmasıyla CO oranının %0,7 seviyesine kadar düştüğü görülmektedir.

Sonuç olarak cihazın tam verimli konuma gelerek yakıt ekonomisi ve egzoz emisyonu üzerindeki olumlu etkinliğe ulaşması için taşıtın yaklaşık 2000 km kullanılması gerekmektedir.

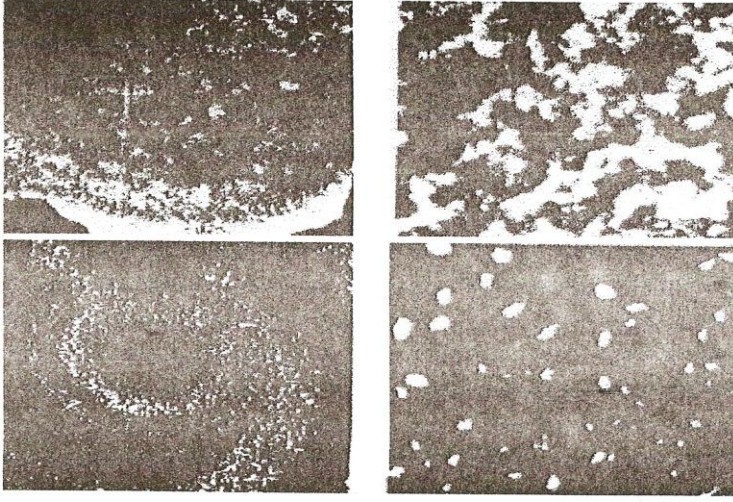
1.7.4. Yakıt düzenleyici cihazın Emisyonlara Tesiri

Yakıt düzenleyici cihaz yerleştirmenin emisyonlar üzerinde önemli etkiler yaptığı bildirilmiştir. Hidrokarbonların yüzdesindeki azalma dikkat çekicidir. Ancak manyetik alan eki cihazı takıldıktan sonra bile yanmamış halde kalan hidrokarbonlar göze çarpar. Bunlar yakıtın yanmasından sonra bile hala ayrışmamış halde bulunan her bir iyonu gösterir.

Yakıt düzenleyici cihazın emisyonlar üzerindeki etkisini belirlemek için 1995 yılında A.G Heinze Precision mikro optik laboratuvarı tarafında aşağıdaki şekilde bir test yapılmıştır. Test ölçümleri için 30247 km' de 1994 model 3.1 lt V6 motora sahip bir Chevrolet Cavalier marka araç kullanılmıştır.

- Veriler 87 oktan kurşunsuz benzin kullanılan araçtan 800 d/d civarında ve normal çalışma sıcaklığında alınmıştır.
- Numuneler 30 sn içinde egzoz borusundan 25.4 mm²'lik cam bir plakaya alınarak elde edilmiştir.
- Daha sonra yakıt borusu üzerine yakıt düzenleyici cihaz yerleştirilmiştir.
- Motorun çalışma sıcaklığının normal çalışma şartlarındaki sıcaklığa yakın olmasını sağlamak için motor 2000 d/d civarında yaklaşık 10 dakika çalıştırılmıştır.
- Egzoz borusundan çıkan emisyonlar 25.4mm²'lik cam plakaya 30 sn süreyle alınmıştır.

Test sonucunda cam plaka üzerindeki egzoz emisyonu kirleticilerinin görüntüsü 1.33.' de verilmiştir.



Şekil 1.31. Sağlığa zararlı gazlar ve hidrokarbonlar[1]

1.7.5. Yakıt Düzenleyici Cihazın Avantajları

Manyetik alan etki cihazlarının motorlu taşıtlarda kullanılmasının olumlu yönleri aşağıda sıralanmıştır.

- Yakıt sarfiyatını önemli ölçüde azaltmaktadır.
- Dizel motorlarda, benzinli motorlara göre daha fazla yakıt ekonomisi sağlanmaktadır.
- Zararlı çevre kirlenmesi ve insan sağlığına olumlu katkı sağlanmaktadır.
- Daha fazla tam yanma oluşturarak yanma verimi ve motor performansını artırır.
- Hızlı yanma reaksiyonları ile egzoz çıkışındaki ve motordaki karbon ve reçine birikintilerini temizleyerek motoru rahatlatır.
- Petrol ile çalışan tüm araçlarda (benzinli, dizel araçlar vb.) kullanılabilir.
- Motorun çalışmasını rahatlatır ve daha düzenli çalışmasına zemin hazırlar.
- Katalitik değişirgeçleri korur.
- Bujilerin dayanma süresini arttırır.
- Motorun ömrünü uzatır.
- Araçlarda yanma neticesinde motorda biriken asit ve karbon atıkları minimum seviyeye indirildiğinden motor yağının korunmasına yardımcı olur ve motor yağının ömrünü uzatır.
- Motorun çalışma sıcaklığını düşürür.

- Normal motor sıcaklığı yakıt düzenleyici cihazın performansını düşürmez. Yakıt düzenleyici cihaz 310⁰C sıcaklığa kadar olan ortamlarda çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

- Vuruntusuz çalışmayı sağlar.

- Motorun hararetinin düşmesini sağlar.

- Manyetik alan etkisiyle çalışan bölümleri etkilemeyecek şekilde montajı yapılırsa sisteme karşı herhangi bir dezavantajı yoktur.

- Hem karbüratörlü hem de enjeksiyonlu araçlarda kullanılabilir.

- Araç değiştirilirse cihaz sökölüp yeni araca monte edilebilir.

- Montajı pratik ve kolaydır.

- Sınırsız kullanım ömrü vardır.

- Herhangi bir bakım gerektirmez.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmanın temel amacını oluşturan yakıt düzenleyici cihazın yakıtın kimyasal bağ yapısı üzerinde etki oluşturmaları için motor yakıt hattı üzerinde enjektörlere en yakın noktaya takılmıştır. Takılan yakıt tasarruf cihazının, yakıt tüketimi ve egzoz gazları emisyon değerleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve farklı motor tiplerine uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Deneyisel çalışma pek çok temel araştırma ve ürün geliştirmede gerekli olan ve belirli bir sistematığa dayanan bir metottur. Deneyisel çalışmada ölçülen fiziksel parametrelerin hedeflenen amaca etkisi önem arz etmektedir. Bu nedenle deneyler tasarlanırken hedeflenen amaca etki eden parametreler öncelikle belirlenmiştir. Böylece motor performansı ve egzoz emisyonuna etkisi olmayan parametreler ölçülerek zaman ve mali kayıpların önlenmesine çalışılmıştır.

Orijinal deney motoru homojen yakıt/hava karışımı sağlama üzerine çalışmaktadır. Bu motorda, sıralı tip LPG dönüşümü yapılmış, motor hem benzin hem de LPG ile çalıştırılıp homojen dolgu sağlama şartlarında yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları belirlenmiştir. Sonra yakıt tasarruf cihazı motorda en uygun yere monte edilip orijinal motorda yapılan ölçümler tekrarlanmıştır. Ölçülen parametrelerle ilgili grafikler Matlab programında çizilip, cihaz montajsız çalışma grafikleri ile cihaz montajlı çalışma grafikleri karşılaştırılıp yorumlanmıştır.

Çalışmanın amacı, benzinli bir motorun LPG dönüşüm sistemleriyle çift yakıtlı bir motora dönüştürüldükten sonra manyetik alan etkisini benzin ve LPG üzerine uygulayıp orijinal motora göre yakıt tüketimi ve egzoz emisyon değerlerindeki değişimleri belirlemektir.



Şekil 2.1. yakıt tasarruf cihazının montajlı görüntüsü

2.1. Deney Seti

Bir motorun gerçek çevrimini analiz edebilmek için, o motorun hızını ve yükünü kontrol edebilen bir dinamometreye bağlanması gerekir. Bu amaçla deneylerde 4 silindirli, 4 zamanlı çok noktadan enjeksiyonlu FORD Zetek tipi motor ve Cussons P8602 marka motor dinamometre (bremze) tezgahı ile SUN 1500 marka egzoz gaz analiz cihazı kullanılmıştır.

Çalışmada yakıt miktarı, hava debisi, silindir basıncı, silindir hacmi, soğutma suyu sıcaklığı, yağ sıcaklığı gibi parametreleri ölçmek için de gerekli cihazlar motora bağlanmıştır.

2.2. Dinamometre ve Deney Motoru

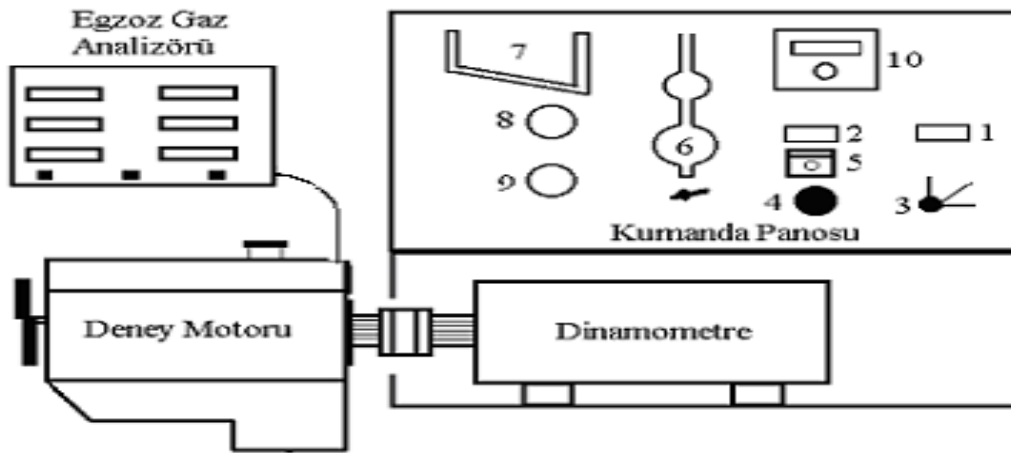
Motor dinamometreleri hidrolik ve elektrik yüklemeli olarak yapılmaktadır. Her iki dinamometrede motor momenti ve devir sayısı dijital olarak ölçülmektedir. Motor-dinamometre kontrol panelinden motor hızı ve motor yükü kontrollü olarak değiştirilebilmektedir. Sabit hız kontrolü seçildiğinde, dinamometre o hızı sabit tutabilecek bir yükü uygular. Tork kontrolü seçildiğinde, dinamometre sabit bir yük uygulamaktadır.

Çalışmada motorun yüklenmesi hidrolik dinamometre ile yapılmıştır. Dinamometre içerisinde bulunan pompa türbin sisteminde motor dönüşünün tersi yönünde basınçlı su püskürtülerek motor frenlenmektedir. Oluşan frenleme momenti bir baskül sistemi

yardımla direk moment olarak okunmaktadır. Yüklemede basınçlı su vasıtasıyla absorbe edilen güç, akışkan sürtünmesi nedeni ile ısı enerjisine dönüşür ve bremzede kullanılan su ısınır.

Hidrolik dinamometrelere su freni de denilmektedir. Hidrolik dinamometre, basit olarak, yataklanmış, bir dış muhafaza ve bir rotordan oluşmaktadır. Muhafaza ve rotor üzerinde aksi yönlerde karşılıklı kanatlar vardır. Bu kanatlar arasında sürekli olarak suyun dolaşması sağlanır. Tork, dinamometre içindeki suyun momentum değişiminden ve kesme kuvvetlerinden elde edilmektedir [12].

Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Otomotiv Bölümü atölyesinde bulunan deney seti Şekil 2.2.'de ve Şekil 2.3.'de şematik olarak gösterilmiştir.



1-Kuvvet Göstergesi

6- Yakıt Ölçme Tüpü

2- Devir Göstergesi

7-Eğit Manometre

3- Kontak Anahtarı

8- Yağ Basınç Göstergesi

4- Acil Stop Düğmesi

9- Manifold Vakum Göstergesi

5- Yükleme Düğmesi

10-Sıcaklık göstergesi

Şekil 2.2. Test düzeneğinin basit şematik gösterimi



Şekil 2.3. Deney düzeneğinin genel görünümü

Deney seti, eğitim amaçlı bremze-motor standı olarak yapılmıştır. Bu stant çalışmanın amacını tam olarak karşılamadığı için, deney standına bir takım yeni ilaveler yapılmıştır. Bunun için öncelikle standın orijinal motoru değiştirilmiştir. Deney standına orijinalden daha güçlü ve büyük silindir hacimli motor bağlanmıştır. Deney motorunun özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 2.1. Deney motorunun teknik özellikleri

Motor tipi	4 zamanlı, Benzin Motoru
Silindir sayısı	4
Silindir çapı x strok (mm)	89 x 95
Silindir hacmi (cm ³)	1600
Sıkıştırma oranı	11:1
Maksimum güç	3000 d/d' da 55 kW
Maksimum moment	2200 d/d'da Nm
Yakıt Sistemi	Çok Noktadan Enjeksiyonlu
LPG Sistemi	Sıralı Çok Nokta Enjeksiyon
Kullanılan Yakıt	Benzin/LPG
Enjektör püskürtme basıncı (bar)	5
Ateşleme sistemi	Elektronik Ateşleme

Ayrıca motorun LPG ile çalışabilmesi için piyasada bulunan mevcut enjeksiyonlu sistemlere uygun sıralı tip LPG dönüşüm kiti ile LPG dönüşümü yapılmıştır.

Motoru yüklemek için kullanılan hidrolik dinamometre ile motor 6000 dak⁻¹ da 500 Nm'ye kadar yüklenebilmektedir. Dinamometreli test standında, motor devir sayısı analog ve dijital olarak okunabilmektedir.

Hava giriş sıcaklığı, egzoz gazı sıcaklığı, soğutma suyu sıcaklığı gibi muhtelif yerlerdeki sıcaklıkları ölçmek için K tipi Kromel-Alumel ısıl çiftler kullanılmıştır. Bu ısıl çiftler ile dijital göstergeden sıcaklıklar direk °C olarak okunabilmektedir. Hava debisini ölçmek için durultma tankı, hava girişine yerleştirilmiş orifis ve eğik manometreden oluşan sistem kullanılmıştır.

2.3. Dinamometrede Kullanılan Suyun Soğutulması

Motor dinamometresinin hidrolik yükleme ünitesinin düzenli çalışabilmesi için statora girecek olan suyun sıcaklığı maksimum 60 °C olmalıdır [Cussons P8602 Instruction Manual]. Motor-dinamometre standındaki motor değiştirilerek daha büyük hacimli ve daha

büyük güçlü motor adapte edilmiştir. Bu motor maksimum kapasite ile yüklendiğinde dinamometre su sıcaklığı 80-90°C yi bulmaktadır. Deney standının, dinamometreyi yükleyen su sıcaklığını kabul edilebilir maksimum sıcaklığın altında tutabilecek bir soğutma sistemi bulunmadığından yeni adapte edilen motorun yükleme kapasitesine uygun bir soğutma sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem kule şeklinde olup soğutma fanı, suyun süzülerek aktığı kule, durultma havuzu ve depodan oluşmaktadır.

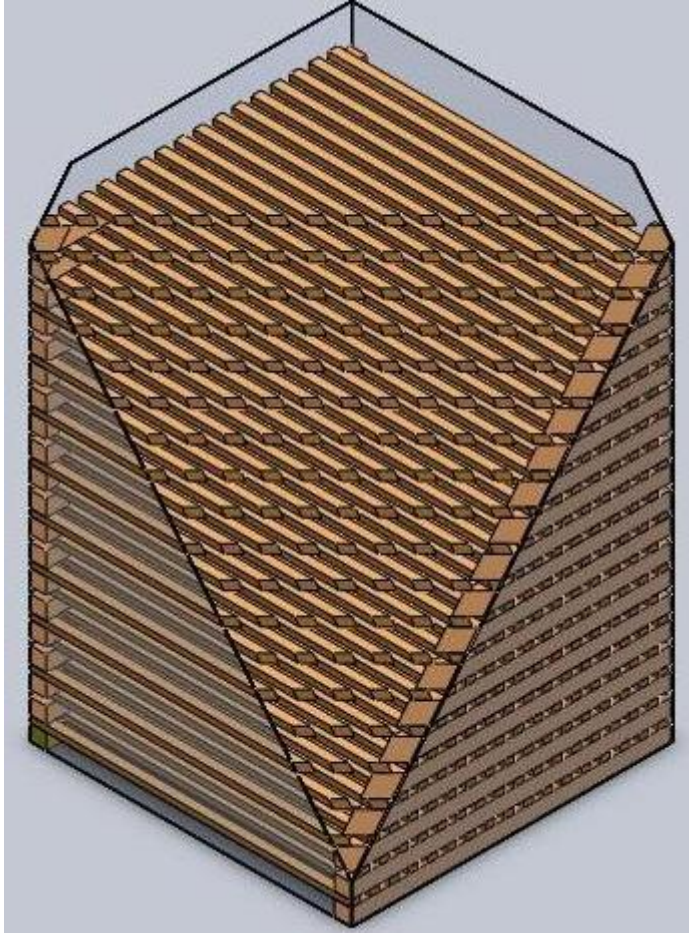
Soğutma kulesi, durultma havuzu ve depo saç malzemedен yapılmıştır. Soğutma kulesi için 3 mm kalınlığında 150x100 cm ölçülerinde saç kullanılmıştır. Bu malzemeler dikdörtgen prizma şeklinde kaynakla birleştirilmiştir.

Durultma havuzu ve depo içinde aynı malzemeler kullanılarak kaynak ile birleştirilmiştir. Kulenin içerisine suyu zerreciklere ayıran çam ağacından 2x3 cm ve 5x5 cm boyutlarında hazırlanan ızgaralar ve ızgaralar arası ayaklar yerleştirilmiştir. Şekil 2.5’de görüldüğü gibi 2x3 cm’lik çıtalar bir boş bir dolu olacak şekilde 5x5 cm’lik kalasların üzerine dizilmiştir. Üst sırada ise çıtalar boş olan kısımlara yerleştirilerek suyun eşit bir şekilde dağıtılması sağlanmıştır. Ayrıca kullanılan ağaçların suyun etkisiyle çürüyüp deforme olmaması için hazırlanan malzeme yanmış motor yağı içerisine atılarak 24 saat süre ile bekletilip yağ emdirilmiştir.

Son olarak kulenin üzerine yapılan saç kapak üzerine 60 cm ve 6000 m³/dak hava emiş kapasitesine sahip fan Şekil 2.4.’de görüldüğü şekilde yerleştirilmiştir. İmal edilen parçaların tümü şekil 2.6.’da görüldüğü gibi montajı yapılmıştır.



Şekil 2.4. Soğutma kulesi hava emiş fanı imalat görüntüsü



Şekil 2.5. Su kulesinin içine yerleştirilen çıta ve kalasın görünüşü



Şekil 2.6. Soğutma kulesinin genel görünüşü.

Dinamometreden çıkan sıcak su soğutma kulesinin üst kısmından tahta ızgaraların üzerine dökülür. Bu şekilde sıcak su ahşap petekler arasından dağılarak aşağıya doğru süzülür. Su aşağı doğru süzülürken kulenin tavanına yerleştirilen fan kule içerisinde yukarıya doğru hava emer. Emilen hava ile süzülen su kule içerisinde çarpışır. Çarpışma sonucunda hava, su üzerinde bulunan ısıyı alarak dışarıya taşır. Böylece ısıнын büyük bir kısmı atılmış olur. Kuleden dökülen su durultma havuzunda belirli bir süre bekletilir. Bekleme sürecinde hem suyun yüzeyinden atmosfere doğal bir ısı akışı olur, hem de kule üzerindeki fanın emdiği hava durultma havuzunda bekleyen suyun yüzeyini yalayarak geçtiği için bir miktar ısıda buradan atılarak soğutma işi birkaç aşamada gerçekleşir. Yapılan yeni soğutma sistemi ile dinamometre yükleme suyu sıcaklığı en zor çalışma koşullarında 60 °C'nin altında tutabilmektedir.

2.4. Sıcaklık Ölçümleri

Sıcaklık ölçümünde dinamometre standı üzerinde bulunan dijital göstergeli ölçme cihazı kullanılmıştır. Termal eleman olarak K tipi Kromel-Alumel ısı çiftler kullanılmıştır. Egzoz gazlarının çıkış sıcaklığının ölçülmesi için egzoz manifoldu çıkışından 1 m uzaklığa bir delik açılıp, uygun bir boru yerleştirilmiştir. Termal elemanın sıcaklık ölçme ucu buraya yerleştirilip, diğer ucu ise ölçüm sonucunun alınabilmesi için dijital göstergeli PLC'ye bağlanmıştır.

2.5. Emilen Hava Debisinin Ölçülmesi

Emilen hava debisinin belirlenmesi motor deneylerinin en çok dikkat edilmesi gereken ölçümlerden birisidir. Ölçüm sırasında atmosfer şartları, sistem geometrisi ve motorun çalışmasına kadar pek çok faktör ölçme ve hesaplama için önemlidir. Hava debisi, şekil 2.7'de görüldüğü gibi durultma tankı, durultma tankının hava girişine yerleştirilmiş orifis ve eğik manometreden oluşan sistem aracılığı ile ölçülüp emilen hava debisi aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

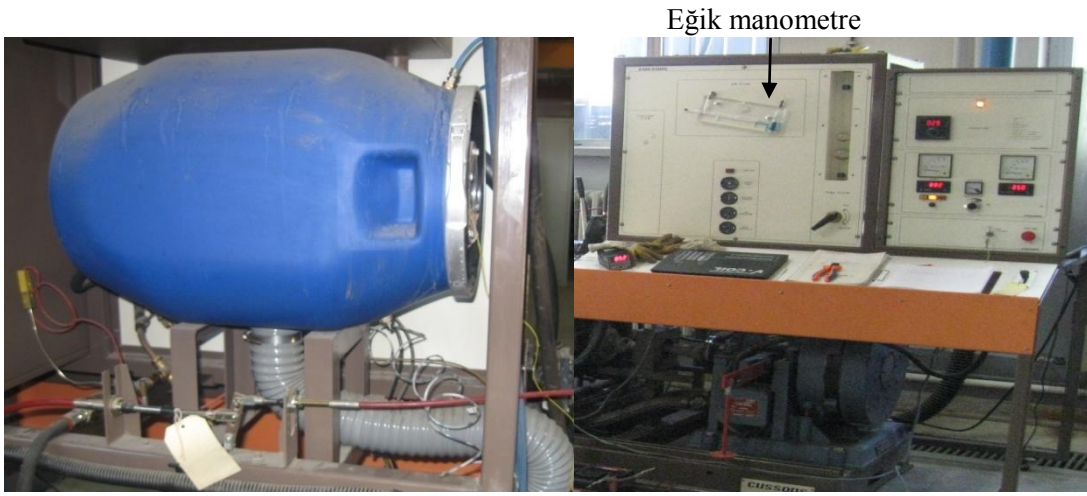
$$Q = 25,905.(h)^{0.5} \text{ m}^3/\text{saat} \quad (2)$$

Burada;

Q = Hava debisi (m^3/Saat)

h = Manometrede okunan manometre sıvısının yükselme miktarı

25,905 = Genişleme katsayısı, orifis çapı, hız düzeltme faktörü, reynold düzeltme faktörü değişkenlerine bağlı cihaz sabitidir.

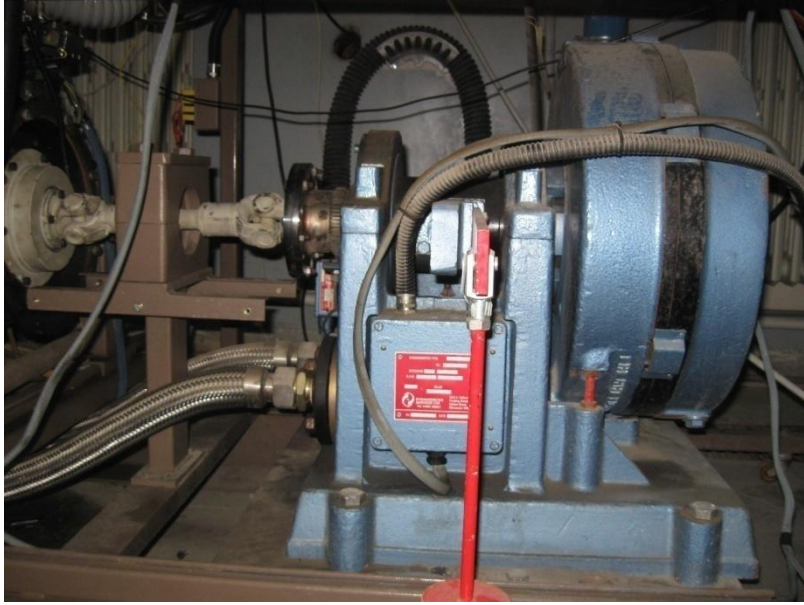


Şekil 2.7. Hava debisinin belirlenmesinde kullanılan durultma tankı ve eğik manometre

2.6. Motorun Yüklenmesi

Motorun yüklenmesi Şekil 2.8.'de görülen ve deney düzeneğine ait olan hidrolik kavramalı dinamometre ile yapıldı. Hidrolik dinamometreye su devridaim pompası ile depodan emilerek gönderilmektedir. Hidrolik frenlemeli bir dinamometre rotor, stator, moment kolu ve teraziden oluşmaktadır. Rotor motorun çıkış miline bağlı olarak serbest yataklanmıştır. Stator ve rotor arasına giren basınçlı su, rotor ve stator arasında sıkışarak motora bir direnç oluşturur. Böylelikle motor yüklenmiş olur. Statorda oluşan direnç kuvveti moment kolu ile teraziye aktarılır, terazinin gösterge panelinden, yüklemenin yapıldığı moment kolu sabit olduğundan direk moment değeri okunmaktadır. Ayrıca dinamometreye giren su sıkışmaların etkisiyle ısınarak sistemden çıkar.

Sistemden çıkan su görüldüğü gibi depoya dönmektedir. Sürekli ısınan suyu soğutmak için uygun bir soğutma kulesi tasarlanarak imal edilmiştir.



Şekil 2.8. Dinamometrenin hidrolik kavraması

2.7. Yakıt Tüketiminin Ölçülmesi

Motorun değişik çalışma şartlarında tükettiği yakıt miktarı belirlemek için bremze tezgahına ait ve yakıt sistemi üzerine yerleştirilmiş, şekil 2.9.'da görülen kalibrasyonlu cam pipet tüp kullanılmıştır. Test süresini belirlemek için 10^{-2} saniye hassasiyetli kronometre kullanılmıştır. Ölçüm sırasında motor kararlı rejime ulaştıktan sonra kronometre ile cam pipet tüp üzerinde belirlenen iki referans nokta arasındaki benzin bitinceye kadar geçen süre belirlenmiştir. Hacimsel debi olarak belirlenen değerler, her bir yakıtın yoğunluğu ile çarpılarak kütleli debiye (kg/saat) dönüştürülmüştür.

LPG kütleli olarak ölçülmüştür, bunun için 1/10 gr hassasiyetli MARKASINI BELİRT dijital terazi kullanılmıştır. LPG tankı şekil 2.9.'da görüldüğü gibi terazi üzerine yerleştirilmiş ve motor kararlı rejime ulaştıktan sonra kronometre ile terazideki ağırlık farkı zamana bağlı olarak belirlenmiştir. Bu şekilde elde edilen veriler ışığında her iki yakıt için özgül yakıt tüketimi aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$be = \frac{3600 \cdot m_y}{P_e \cdot \Delta t} \quad (3)$$

Burada;

be = Özgöl yakıt tüketimi (gr/kWh)

P_e = Motor efektif gücü (kW)

Δt = Ölçüm zaman aralığı (s)

m_y = Yakıt debisi (kg)



Şekil 2.9. LPG ve Benzin için yakıt tüketim miktarlarının belirlenmesinde kullanılan düzenekler.

2.8. Egzoz Emisyonlarının Ölçülmesi

Deneylerde, egzoz gazındaki emisyonların ölçülebilmesi için şekil 2.10’da görülen SUN 1500 marka egzoz emisyon test cihazı kullanılmıştır. Her çalışma koşulu ve yakıt türü için emisyon değerleri ölçülmüştür. Bu cihaz hacimsel olarak CO_2 ve O_2 , % ve ppm olarak CO , ppm cinsinden HC emisyonları ölçülebilmektedir. Bu cihaz ile ayrıca $HFK (\lambda)$ ve motor devir sayısı okunabilmektedir. Gaz analiz cihazına bağlı olan yazıcı vasıtasıyla ölçüm anındaki değerler yazıcıdan çıktı olarak alınabilmektedir.



Şekil 2.10. deneylerde kullanılan Sun 1500 emisyon test cihazı

2.9. LPG Dönüşüm Sistemi ve Ekipmanları

Taşıtların LPG ile çalışabilir şekle dönüştürülmesi ile ilgili ve ülkeler tarafından resmen kabul edilmiş olan standartlar mevcuttur.

Ancak her ülkenin kabul ettiği standartlar % 80-90'a varan birçok Avrupa ülkesinde dönüşüm sistemleri ile ilgili olarak ya E/ECE/324 R-67 standardı veya bu standardın yalnızca birkaç maddesinin değiştirilmesi ile oluşturulan ulusal standartlar uygulanmaktadır. Konu ile ilgili standartları iki kısımda ele almak mümkündür. Birinci tür standartlar dönüşüm sisteminin tanımı ve elemanlarının taşıması gereken özelliklerle ilgili standartlardır. İkinci tür standartlar ise dönüşümün taşıta uygulanması sırasında dikkat edilmesi gereken hususları içermektedir [12].

Deneylerde kullanılan 4 zamanlı, 4 silindirli, çok nokta enjeksiyonlu, elektronik ateşlemeli motor ATİKER marka sıralı tip dönüşüm sistemi kullanılarak LPG ile çalışabilecek duruma getirilmiştir. LPG sistemi; elektronik kontrol ünitesi, regülatör, enjektörler, depo, yakıt boruları ve kademeli dolgulu motora uyumlu olması için hazırlanan LPG dağıtıcılarından oluşmaktadır.

LPG depodan, dolum basıncıyla regülatöre kadar gelir. Motorun soğutma suyu sıcaklığından faydalanılarak şekil 2.11.' de görülen regülatörde buharlaştırılarak enjektörlere gönderilmektedir.



Şekil 2.11. LPG regülatörü

Şekil 2.12.'de görülen enjektörler ECU'dan gelen sinyaller doğrultusunda LPG dağıtımını yapmaktadır. Yakıt püskürtme miktarları, emme manifold basıncını kontrol eden sensor, motor devrini algılayan sensor ve ateşleme sisteminden aldığı bilgiler doğrultusunda ayarlanmaktadır. Sistemin kalibrasyonu atiker firmasının geliştirdiği paket programı ile yapılabilmektedir. Paket program ile enjektörlerin püskürtme aralıkları manifold basıncına göre püskürtme haritası menüsünden değiştirilebilmektedir. Ayrıca benzinden LPG ye geçiş sıcaklığı ve devirleri değiştirilebilmektedir.



Şekil 2.12. LPG enjektörleri

LPG ECU'suna motorun çalışma programı, motora ait ECU'sinden montaj sırasında transfer edilmiştir. Şekil 2.13'de görülen ECU motora yakın bir noktaya monte edilmiştir.



Şekil 2.13. LPG ECU'su

3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, orijinal deney motoru benzin ve LPG ile yüksüz, kısmi yük, yarım yük, ve tam yükte çalıştırılarak yakıt tüketimi ve egzoz emisyon değerleri ölçülmüştür. Daha sonra çalışmanın temasını oluşturan yakıt düzenleyici cihaz motorda yakıt sistemi üzerinde en uygun yere monte edilip, deneyler tekrarlanmıştır. Her iki çalışmada alınan ölçüm sonuçları yeterli sayıda grafik çizilerek yorumlanmıştır. Manyetik alan etkisinin benzin ve LPG üzerindeki etkileri karşılaştırılarak incelenmiştir.

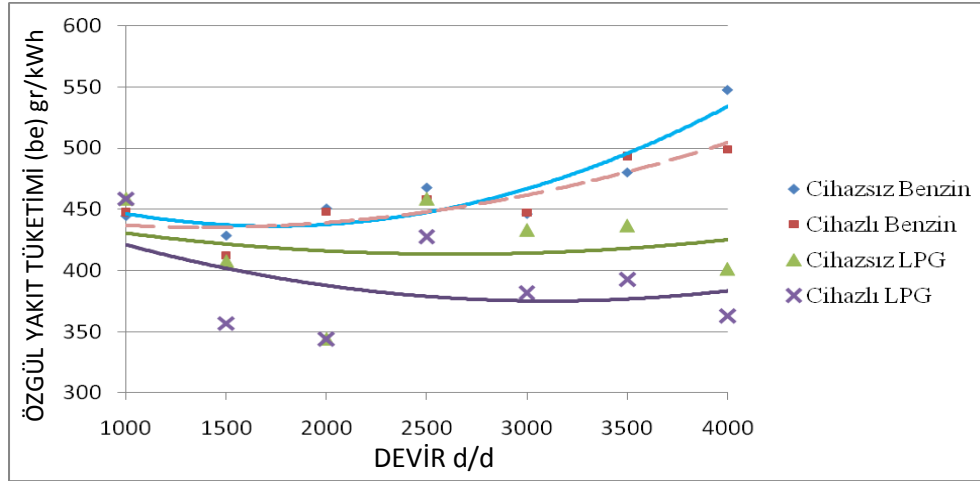
3.1. Özgül Yakıt Tüketimi

Özgül yakıt tüketimi, birim güç başına tüketilen yakıtın miktarını gösteren değerdir. Özgül yakıt tüketimini belirlemek için yapılan deneylerde, deney motoru, 25Nm, 50Nm ve 75Nm yükte çalıştırılmıştır. Motor her yük durumunda 1000-4000 devirleri arasında 500 devir aralıklı 6 farklı devirde çalıştırılmıştır. Deneylerde benzin ve LPG için yakıt tüketiminin yanı sıra egzoz emisyon değerleri de ölçülmüştür. Özgül yakıt tüketimi; tüketilen yakıtın miktarı ve efektif güç değerlerine göre hesaplanmıştır. Özgül yakıt tüketiminin tüketilen yakıt miktarı ile doğru orantılı efektif güç ile ters orantılı değişim gösterdiği bilinmektedir. Yapılan ölçümlerin bu karakteristiğe uygun olduğu görülmüştür (ekler tablo1,2,3).

Bilindiği üzere yakıtlar katı, sıvı ve gaz halinde bulunabilmektedirler. Bir yakıtın moleküllerinin arasındaki bağ yapısı kuvvetliyse o yakıt katı halde bulunur ve şekil değiştiremez. Moleküllerinin arasındaki bağ yapısı katı duruma göre daha zayıf ise yakıt sıvı halde bulunur ve konulduğu kabın hacmini veya şeklini alır. Moleküllerinin arasındaki bağ güçsüz ise o yakıt gaz halinde bulunur ve kapalı kapların şeklini alır. Bu itibarla benzin sıvı halde olduğundan moleküllerinin arasındaki bağ yapısı gaz halinde bulunan LPG' ye göre daha güçlüdür. Yanma işlemi sırasında yakıtın oksijenle reaksiyona girmesi sonucunda HC molekülleri arasındaki bağlar kopar ve yakıtı oluşturan elementler oksijenle yeni bileşikler oluştururlar. Yakıtın molekülleri arasındaki bağların kuvveti ne kadar fazla ise yanma sırasında kopabilmesi için o kadar fazla enerji gereklidir. Aynı zamanda bağlar arası kuvvet ne kadar fazla ise yanma sırasında o kadar fazla ısı açığa çıkar. Sabit yükte yapılan deneylerde her iki yakıt türü için, artan devir sayısı ile özgül yakıt tüketiminde büyük değişimler olmadığı görülmüştür. Sabit yük değeri arttıkça her iki yakıt için özgül yakıt tüketiminde azalma olduğu görülmektedir. Düşük motor

yüklerinde (25Nm) LPG ve benzin birbirlerine yakın özgül yakıt tüketimi sonuçları verirken, yük arttıkça LPG kullanıldığında özgül yakıt tüketiminin daha düşük olduğu görülmektedir. Yakıt düzenleme cihazı kullanıldığında da benzer karakteristikler görülmüştür.

3.1.1. 25Nm Yükte Özgül Yakıt Tüketimi



Şekil 3.1. 25Nm yükte özgül yakıt tüketiminin değişimi

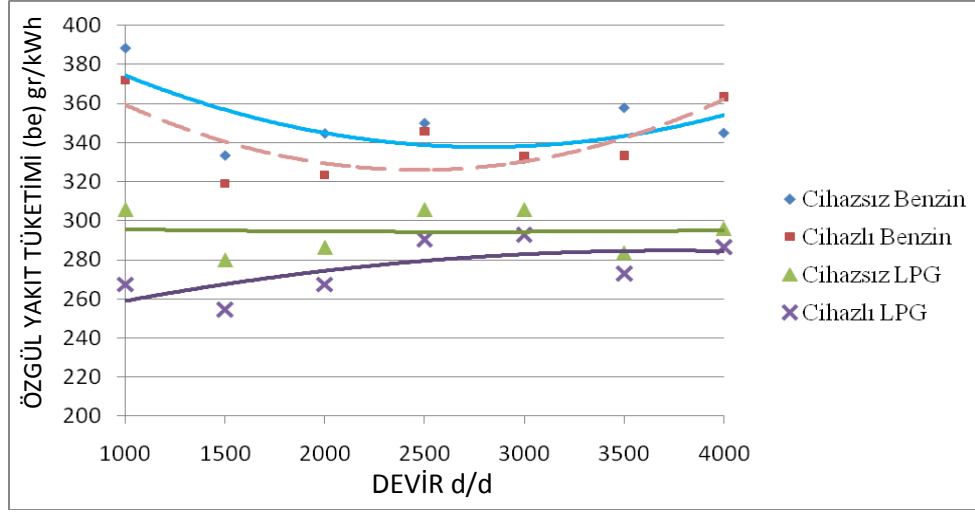
Şekil 3.1.' e bakıldığında benzin için yakıt düzenleme cihazı takılı ve cihazsız değerlerin düşük devirlerde yüksek olduğu, devir arttıkça özgül yakıt tüketiminin azaldığı, 2000 d/d civarında bir minimum değerden geçtiği, daha yüksek devirlerde tekrar yükseldiği görülmektedir. LPG için de benzer özellik eğilimde olduğu görülmektedir. Yakıt düzenleme cihazı kullanıldığında hem benzin hem de LPG' li çalışmalarda özgül yakıt tüketiminde iyileşme olduğu görülmektedir. Yakıt tasarruf cihazı benzinli çalışmadaki özgül yakıt tüketiminde yaklaşık %2 civarında azalma sağlamıştır.

LPG kullanıldığında devir arttıkça cihazlı çalışmada cihazsız çalışmaya göre özgül yakıt tüketimindeki azalmanın daha hızlı olduğu, 3000 devirde her iki durum içinde minimum değere ulaşıldığı görülmektedir. 3000 devirden sonra özgül yakıt tüketiminin az miktarda tekrar artmaya başladığı görülmektedir. Yakıt tasarruf cihazı kullanıldığında her iki yakıt türü için özgül yakıt tüketiminin düşmesi; cihazın oluşturduğu elektro manyetik alan etkisinin yakıta etki ettiği, yakıtın moleküler yapısını değiştirdiği bunun sonucunda yanmanın iyileştiği düşüncesini güçlendirmektedir. LPG yakıtı ile yapılan deneylerde cihaz

montajlı durumla cihaz montajsız durum karşılaştırılmış olup, manyetik alan etkisinin LPG yakıtlı motorun özgül yakıt tüketiminde yaklaşık %7 iyileşme sağladığı görülmüştür.

LPG tankından çıkan yakıt, yakıt hattından geçtikten sonra enjektörlere gelerek motor silindirlerine püskürtülmektedir. Motorun yük durumuna uygun olarak püskürtülen yakıt miktarı artmaktadır. Motorun her çalışma koşulu için tükettiği LPG, yakıt düzenleme cihazından geçtikten sonra silindirlere gönderilmektedir. Benzin ile çalışma durumunda ise motorun ihtiyaç duyduğu yakıttan çok daha fazlası yakıt düzenleme cihazından geçtikten sonra yakıt rampasına gelmektedir. Bu yakıtın çok az bir kısmı motor silindirlerine püskürtülmekte, büyük miktarı ise yakıt rampasından tekrar yakıt deposuna dönmektedir. LPG' li çalışmada, sadece motorda tüketilen yakıt miktarı yakıt düzenleme cihazından geçerken, benzinli çalışmada motorda tüketilen yakıttan çok daha fazla miktar, yakıt düzenleme cihazından geçmektedir. Diğer bir deyişle benzinle çalışma durumunda yakıt düzenleme cihazından geçen yakıt debisi LPG' li çalışmaya göre çok yüksek olmaktadır. Bu durumda yakıt düzenleme cihazının LPG üzerindeki etkisi benzin üzerindeki etkisinden yüksek olmaktadır. Özetle LPG yakıtlı durumda geri dönüş hattı bulunmadığı için kullanılan bütün yakıt manyetik alan etkisine maruz kalarak düzenli yapıya dönüşmektedir. Bu sebepten dolayı yakıt düzenleyici cihazın LPG yakıtı üzerinde daha fazla etki sağladığı düşünülmektedir. Motor devir sayısı arttıkça yakıt düzenleme cihazından geçen yakıt debisi de artmaktadır. Benzinli çalışma durumunda devire bağlı olarak artan yakıt debisi LPG' li duruma göre çok daha fazla olmaktadır. Şekil 3.1' de görülen, yüksek devirlerdeki özgül yakıt tüketimindeki artış hızının benzinli çalışmada LPG' li çalışmaya göre daha yüksek olmasının bir nedeni olarak görülebilir.

3.1.2. 50Nm Yüklü Özgöl Yakıt Tüketimi



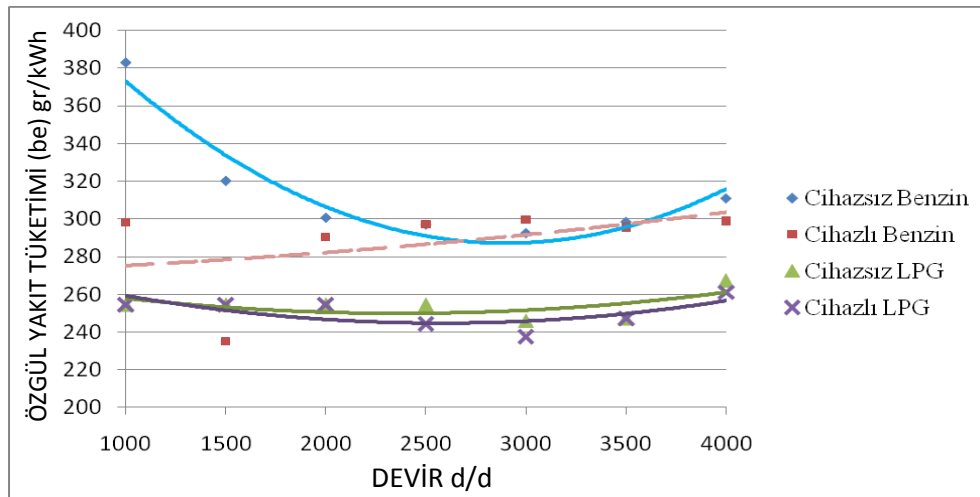
Şekil 3.2. 50Nm yükte özgöl yakıt tüketiminin değişimi

Şekil 3.2' ye bakıldığında 50 Nm yüklü durumda hem benzinli hem de LPG' li çalışmada özgöl yakıt tüketimi yakıt düzenleme cihazı montajlı iken daha düşük değerler verdiği görülmektedir. Cihaz kullanılmış ve kullanılmamış durumda her iki yakıt türü için yapılan çalışmalarda özgöl yakıt tüketimindeki değişim 25Nm'lik yük altındaki çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzer özellik göstermektedir. Bu nedenle 25Nm'lik çalışmadaki özgöl yakıt tüketimi değişim trendi için yapılan açıklamalar 50Nm'lik çalışmalar içinde geçerli olduğu söylenebilir. Motor rölanti devrinde çalışırken yüklenerek krank milinden güç alınması mümkün değildir. Bu devir motorun düzenli olarak çalışabildiği en düşük devir olup motora gönderilen yakıt enerjisi sürtünme, egzoz, soğutma ve diğer kayıplara harcanmaktadır. Bu nedenle yüksüz durumda rölanti devrinde özgöl yakıt tüketiminden bahsedilemez.

Motorların yükü arttırıldıkça yükü karşılamak için tüketilen yakıt miktarı da artar. Yükleme arttıkça yakıt tüketimindeki artış hızı, yük artış hızından daha düşük bir eğilimle gerçekleşir. Bu nedenle yük (motor gücü) arttıkça özgöl yakıt tüketimi düşer. 50Nm'lik yüklemedeki özgöl yakıt tüketiminin de 25Nm'lik yüklemedeki özgöl yakıt tüketiminden daha düşük çıkması yük-özgül yakıt tüketiminin genel karakteristiğini yansıtmaktadır. 75Nm'lik yüklemede özgöl yakıt tüketiminin daha da düşmesi beklenen bir sonuçtur. Motor maksimum yüklendiğinde (maksimum motor gücünde) her iki yakıt türü için özgöl

yakıt tüketimi minimum olacaktır. Aşırı yüklemelerde motorun zarar göreceği düşüncesi ile maksimum yükleme yapılamamıştır. 50Nm’lik sabit yükte yakıt düzenleme cihazı montajsız durumda motor LPG ile çalışırken devire bağlı özgül yakıt tüketimi değişimi kayda değer bir değişim göstermezken cihaz takılı durumda düşük devirlerde özgül yakıt tüketiminde %15’ e varan bir azalma olduğu görülmüştür. ancak devir arttıkça özgül yakıt tüketimindeki azalmanın düştüğü görülmektedir.

3.1.3. 75Nm Yüklü Özgül Yakıt Tüketimi



Şekil 3.3. 75Nm yükte özgül yakıt tüketimindeki değişim

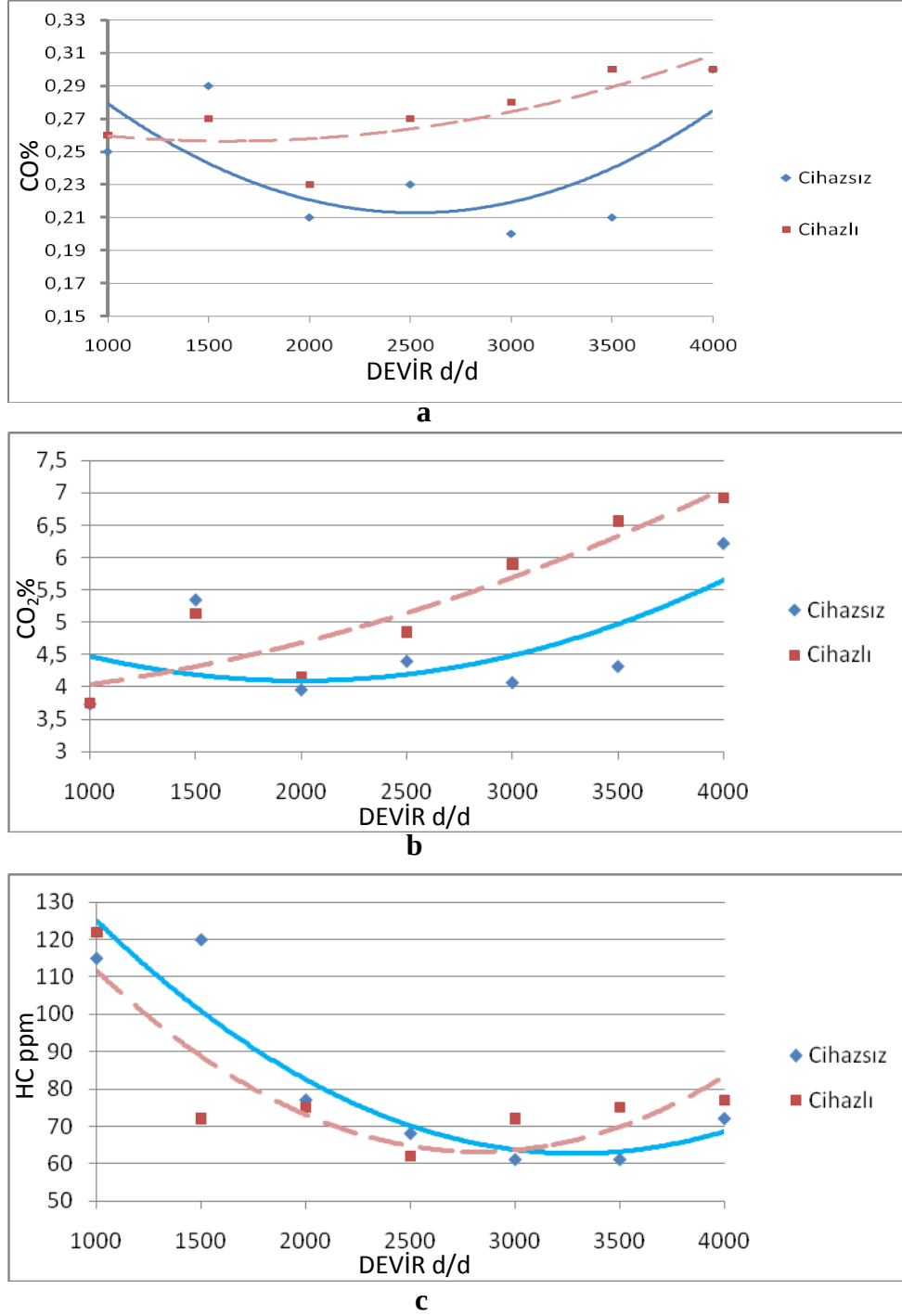
Şekil 3.3.’ e bakıldığında düşük devirlerde özgül yakıt tüketiminin yüksek olduğu her iki durum içinde gözlemlenmektedir. Cihaz montajsız durumda özgül yakıt tüketiminde ki değişim trendinin teorik bilgiyi destekler nitelikte olduğu gözlenirken cihazlı durumda sabit değere yakın sonuçların çıktığı görülmektedir. Cihaz montajlı durumdaki yakıtın farklı bir yakıt karakteristiği gösterdiği, yakıt yanma karakteristiğinin motor devir sayısından fazlaca etkilenmediği düşünülmektedir. Bu nedenle cihaz montajlı durum için elektronik motor yönetim sisteminin yeniden programlanması ile daha iyi sonuçlar alınabileceği düşünülmektedir. Benzin ile çalışmada yakıt düzenleme cihazının düşük devirlerde daha etkili, yüksek devirlerde ise etkisinin azaldığı görülmektedir. LPG’li çalışmada ise yakıt düzenleme cihazı orta devirlerde (2500-3000 d/d) daha etkili olmaktadır.

İçten yanmalı motorlarda düşük devirlerde özgül yakıt tüketiminin yüksek olduğu, devir arttıkça düştüğü, belirli bir devirde minimum değer aldığı, ancak daha yüksek devirlere çıkıldığında tekrar yükseldiği bilinmektedir. Özgül yakıt tüketiminin minimum olduğu devir sayısında motor gücü de maksimum olmaktadır. Yapılan deneylerde yük sabit tutulup devir değiştirilerek yakıt tüketimi ölçülmüştür. Yüksek motor güçlerinde yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketiminin motor yükü sabit kaldığı halde değişim göstermesi yanma üzerinde motor devrinin de oldukça etkili olduğunun bir göstergesidir.

3.2. Egzoz Emisyonu

3.2.1. Benzin Yakıtlı Yüksüz Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri

Manyetik alan etkili yakıt tasarruf cihazıyla yapılan deneyin egzoz emisyon sonuçları her yük durumuna göre grafikler halinde verilmiştir.



Şekil 3.4. Yüksüz Motorda egzoz emisyon değişimleri

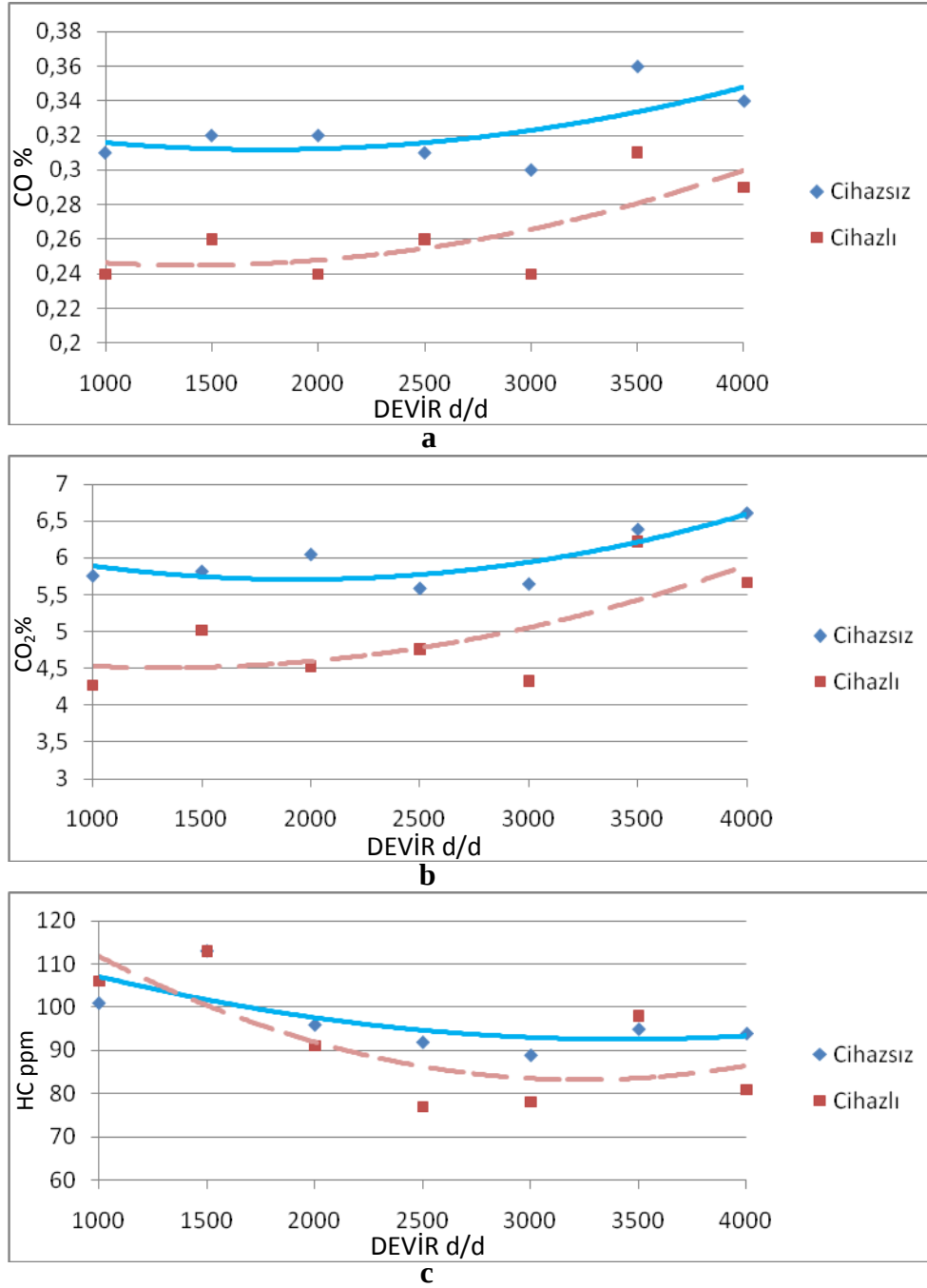
Şekil 3.4. incelendiğinde yüksüz motora ait egzoz emisyon değerlerindeki değişimler görülmektedir. Şekil 3.4.(a) yüksüz motordaki CO emisyonlarının yakıt tasarruf cihazı montajlı ve montajsız durumuna göre meydana gelen değişimleri göstermektedir. Şekil 3.4.(b) aynı durumda CO₂, şekil 3.4.(c) HC emisyonlarını göstermektedir.

Yakıt tasarruf cihazı montajlı durumdaki CO emisyonlarına bakıldığında, düşük devirlerde CO emisyonlarının yüksek olduğu devir arttıkça düştüğü ve 2000-2500 d/d arasındaki bir değerde minimumdan geçtikten sonra tekrar devirle beraber artmaya başladığı görülmektedir. Yakıt tasarruf cihazı montajlı durumdaki CO emisyonlarının 1000 devirde cihazsız duruma göre düşük çıktığı görülmektedir. Devir arttıkça CO emisyonlarındaki azalma hızına bakıldığında cihazsız durumdaki emisyonların daha hızlı azaldığı görülmüştür. Yani sadece 1000 devirde cihazlı durumdaki CO emisyonları cihazsız duruma göre düşük çıkmıştır.

İçten yanmalı motorlarda, egzoz emisyonları arasında bulunan CO bileşikleri eksik yanma sebebiyle oluşan kirleticileri oluşturur. Egzoz gazları içerisindeki miktarı yanma verimi hakkında bilgi vermektedir. Teorik olarak düşünüldüğünde CO miktarının azalması CO₂ miktarının artması anlamına gelmektedir. Fakat yanma olayının sadece bir parametreye bağlı olmadığı birçok parametreden etkilendiği bilinmektedir. Bu etkenler, yakıt özellikleri, motor konstrüksiyon özellikleri ve çevre şartları başlıkları altında sıralanabilir. Bu itibarla şekil 3.4.(b) incelendiğinde yüksüz motora ait cihazlı CO₂ emisyonlarında artış olduğu görülmektedir. Yakıt tasarruf cihazının yakıt üzerinde etkili olduğu şekil 3.4.(c) grafiğindeki HC emisyonlarına bakılarak görülebilir. Yakıtın kimyasal yapısını meydana getiren hidrokarbonlar (HC), yanma işlemi sırasında oksijenle reaksiyona girerek ısı enerjisi meydana getirirler. Teorik yanmada yanma sonu ürünleri arasında HC bulunmaz. Bu durum yanmanın %100 verimle gerçekleştiğini göstermektedir. Fakat pratikte yanma verimi %100 olmadığından dolayı yanma sonu ürünleri arasında HC'ye rastlamak mümkündür. Yani yanma odasına giren yakıt moleküllerinin oksijenle reaksiyona girmeden egzozdan atılması HC emisyonlarını oluşturur. Yakıt tasarruf cihazı montajlı durumda HC emisyonlarının 1000-3000 d/d devirleri arasında cihazsız duruma göre düşük çıkmıştır. Bu durum cihazlı durumda daha fazla yakıt molekülünün yanma olayına katıldığını göstermektedir. CO₂ emisyonlarının yüksek çıkması da bu düşüncüyü güçlendirmektedir. CO emisyonlarının yakıt tasarruf cihazı montajlı durumda yüksek olması da daha önceden silindir içerisinde birikmiş olan eksik yanma ürünlerinin manyetik

alan etkisinde tekrar reaktif hale geçerek yanma sonu ürünleri arasında bulunması CO emisyonlarında artışa neden olmuştur[1].

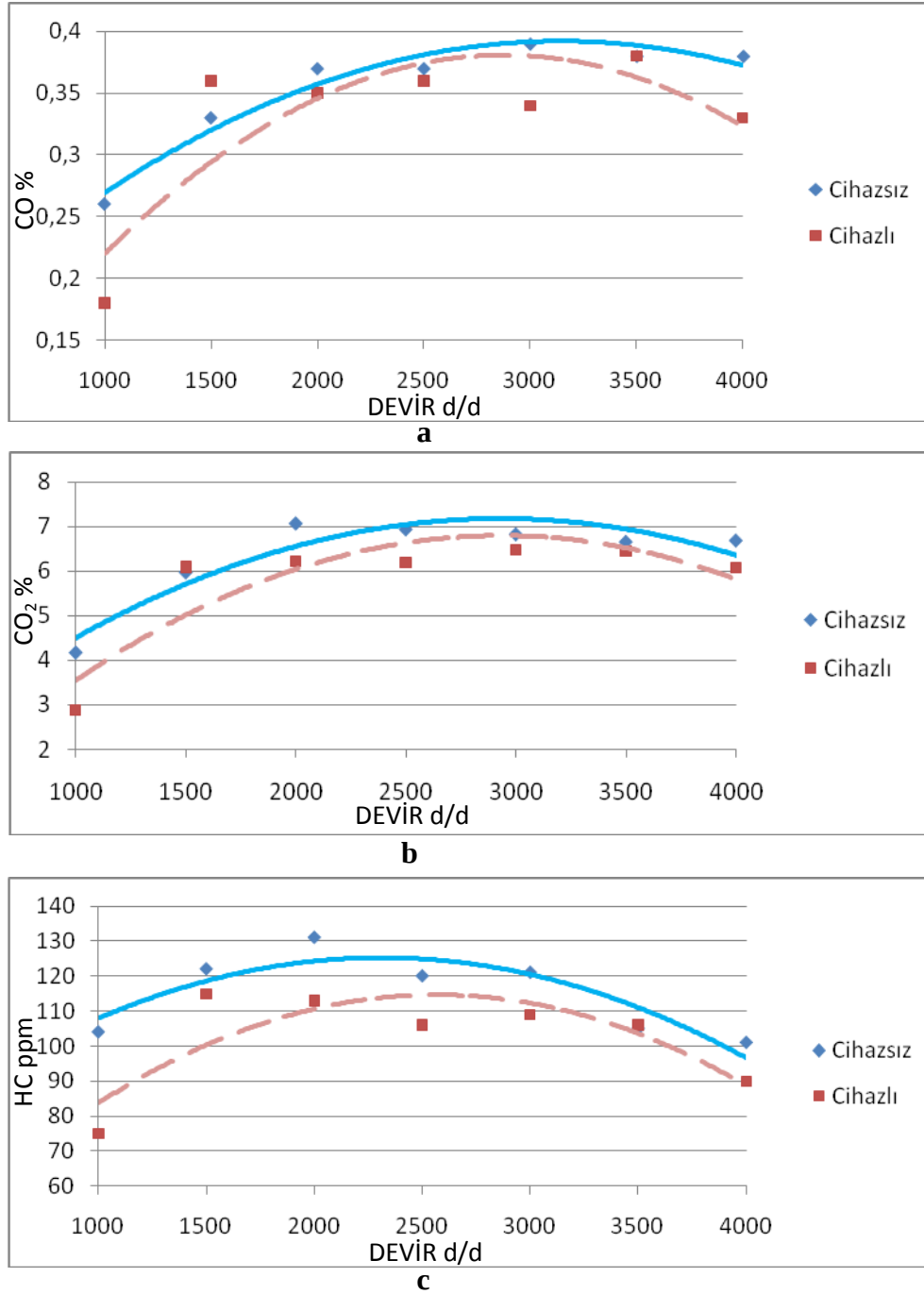
3.2.2. Benzin Yakıtlı 25Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri



Şekil 3.5. 25Nm yüklü motorda egzoz emisyon değişimleri

Şekil 3.5 de 25Nm yüklü motorun benzin yakıtıyla yapılan deneylerdeki yakıt tasarruf cihazının egzoz emisyonu üzerinde meydana getirdiği değişimleri gösteren grafik görülmektedir. Şekil 3.5.(a) ya bakıldığında cihazsız durumdaki CO emisyonlarının cihazlı durumdaki CO emisyonlarına göre tüm devirlerde yüksek çıktığı görülmüştür. her iki durumda da düşük devirlerde CO emisyonlarının düşük çıktığı, orta devirlerde çok az bir miktar daha düşmenin olduğu görülmektedir. Sonra artan devirle beraber CO emisyonlarının tekrar artmaya başlayarak 4000 d/d de maksimum olduğu görülmüştür. Şekil 3.5.(b) de ki CO₂ emisyonlarının CO emisyonlarına benzer bir eğilim gösterdiği görülmüştür. Yani yakıt tasarruf cihazı montajlı durumdaki CO₂ emisyonlarının da cihazsız duruma göre düşük olduğu görülmektedir. Şekil 3.5 (c) de ise HC emisyonlarındaki değişim incelendiğinde cihazlı durumdaki HC miktarının azalmış olması şekil 3.1.' de verilen 25Nm yüklü motorun özgül yakıt tüketimi değişimi grafiğindeki sonuçları destekler nitelikte olduğu düşünülmektedir. HC emisyonlarının düşük devirlerde yüksek olduğu, devir arttıkça azalarak 2500-3000d/d arasında minimum bir değerden geçtikten sonra tekrar devirle beraber arttığı görülmektedir. 25Nm yüklü motorun emisyon grafikleri incelendiğinde CO ve HC emisyonlarının düşük çıkması yakıt tasarruf cihazının olumlu etkileri arasında sayılabilir. CO₂ emisyonları ise her ne kadar cihazsız duruma göre düşük çıkmışsa da, şekil 3.4.(b) deki yüksüz motordaki CO₂ emisyonlarıyla kıyaslandığında yaklaşık olarak aynı miktarda CO₂ emisyonun atmosfere bırakıldığı görülebilmektedir. Yani değişkenlik gösteren durumun cihazsız durumdaki emisyonlar olduğu görülmüştür. Motorun yüklenme durumuna göre elektronik kontrol ünitesi üzerindeki epronlara kayıtlı olan motor ayar bilgileri devreye girerek yanma verimini 25Nm yüklü durumda arttırdığından dolayı şekil 3.5. (b) deki CO₂ emisyonlarının cihazsız durumda yüksek çıktığı düşünülmektedir. Yakıt tasarruf cihazının meydana getirdiği manyetik alan etkisinden dolayı yakıtın bağ yapısında gevşeme, zayıflama meydana geldiği düşünülmektedir. Bu nedenle yakıt tasarruf cihazının kullanılmaya başlanmasıyla beraber elektronik kontrol ünitesindeki programında yenilenmesinin gerektiği düşünülmektedir.

3.2.3. Benzin Yakıtlı 50Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri



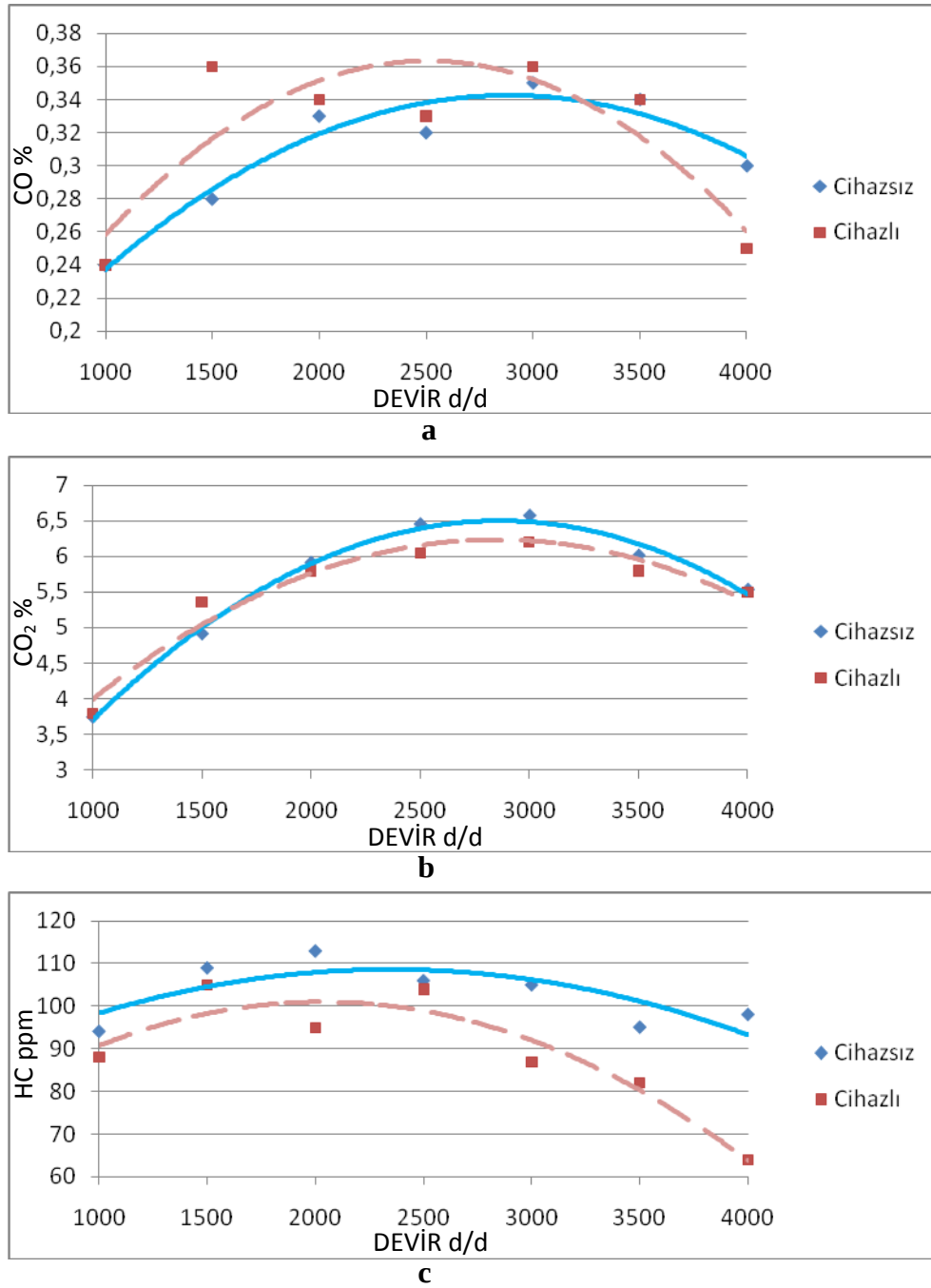
Şekil 3.6. 50Nm yüklü motorda egzoz emisyonu değişimleri

Şekil 3.6. da 50Nm yüklü motordaki egzoz emisyonları değişimleri gösterilmektedir. Şekil 3.6.(a) da 50Nm yüklü motorun CO emisyonlarını gösteren grafik görülmektedir. Grafik incelendiğinde düşük devirlerde CO emisyonlarının düşük çıktığı devir arttıkça CO emisyonlarının da arttığı 3000 d/d de maksimuma ulaştıktan sonra tekrar

azalmaya başladığı görülmektedir. Şekil 3.4. ve şekil 3.5. e bakıldığında CO emisyonlarının düşük devirlerde yüksek, orta devirlerde düşük, yüksek devirlerde tekrar yükseldiği gözlenirken şekil 3.6 da bu durumun tam tersi karakteristik gösterdiği görülmüştür. Bu durumun verilen yük miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir. 75Nm yüklü durumdaki egzoz emisyon değerlerinin de şekil 3.6. ya benzer bir karakteristik göstermesi beklenen bir sonuçtur.

Şekil 3.6.(a) da yakıt tasarruf cihazı montajlı durumdaki CO emisyonlarının cihazsız duruma göre düşük çıktığı görülmüştür. Şekil 3.6.(b) de CO₂ emisyonlarında CO emisyonlarına benzer şekilde cihazsız duruma göre düşük çıktığı görülmüştür. Şekil 3.6.(c) de ise HC emisyonlarının grafiği görülmektedir. Bu durumda da cihaz montajlı sonuçların tüm devirlerde düşük çıktığı görülmektedir. 50Nm yüklü motorun egzoz emisyonları 25Nm yüklü motorun egzoz emisyonlarıyla kıyaslandığında, atmosfere bırakılan emisyon miktarının daha az olduğu görülmektedir. Bu sonuç verilen yük miktarının yanma üzerindeki etkilerini göstermektedir. 50Nm yüklü motorda ölçülen deney sonuçlarından elde edilen değerlerle oluşturulan grafikteki çizgi eğilimlerinin yüksüz ve kısmi yüktekine göre farklı çıkmasının nedeninin elektronik kontrol ünitesi tarafından yönetilebilen ayarlardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.2.4. Benzin Yakıtlı 75Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri



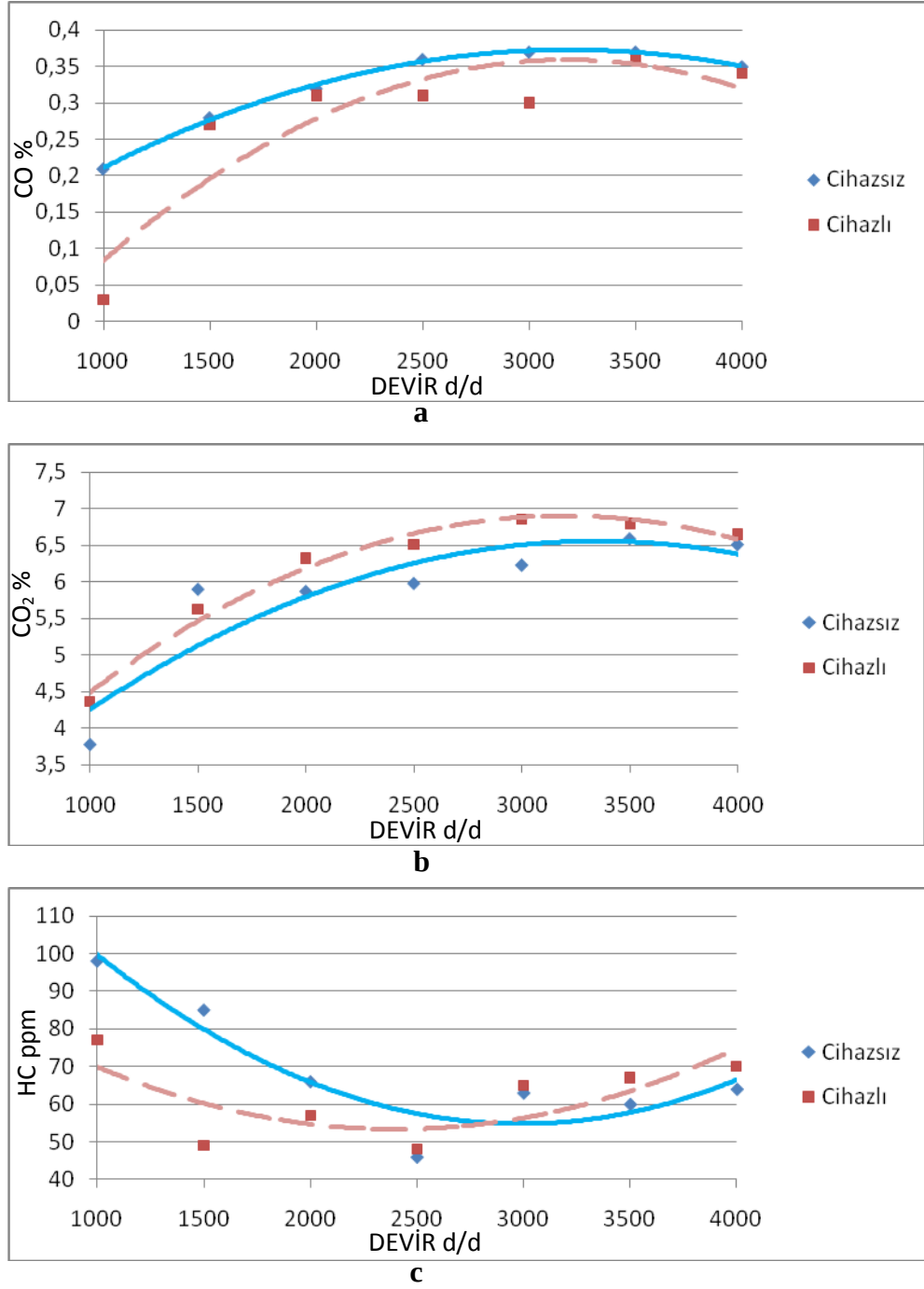
Şekil 3.7. 75Nm yüklü motorda egzoz emisyon değişimleri

Şekil 3.7. de 75Nm yüklü motordaki egzoz emisyonlarının değişimini gösteren grafikler görülmektedir. Şekil 3.7.(a) da 75Nm yüklü motorun CO emisyonları görülmektedir. Grafik incelendiğinde 1000-3000d/d arasında cihazlı durumdaki CO emisyonlarının cihazsız durumdaki CO emisyonlarında yüksek çıktığı görülmektedir. 3000

d/d den sonra cihazlı durumdaki CO emisyonlarının hızlı bir şekilde düşüş göstererek 3500 d/d ve 4000d/d de cihazsız duruma göre düşük olduğu görülmüştür.

Şekil 3.7.(b) grafiği 75Nm yüklü motorun CO₂ emisyonlarını göstermektedir. Yakıt tasarruf cihazı montajlı ve montajsız sonuçların birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Çizgi eğiliminin yüksüz ve kısmi yüklü durumdakine ters, yarım yüklü durumdakine paralel çıktığı görülmektedir. Bu durum değişen yük miktarının yanma üzerindeki etkilerinin bir sonucu olarak açıklanabilir. Cihaz montajlı durumdaki CO₂ emisyonlarının şekil 3.6.(b) deki 50Nm yüklü motorun CO₂ emisyonlarına yakın miktarda sonuçlar vermesi değişkenlik gösteren emisyonun cihazsız durumdaki emisyonlar olduğunu göstermektedir. Bu durumun yukarıda açıklandığı gibi motor kontrol ünitesi tarafından yönetildiği düşünülmektedir. Şekil 3.7.(c) de ise 75Nm yüklü motorun HC emisyon değişimlerini gösteren grafik görülmektedir. HC emisyonlarının her iki durumda da düşük devirlerde düşük emisyon değerleri verdiği, devir arttıkça az miktarda arttığı, sonra devirin artmasıyla beraber hızlı bir düşüş yaptığı görülmüştür. yakıt tasarruf cihazı montajlı durumdaki HC emisyonlarının cihazsız duruma göre düşük çıkması yakıt tasarruf cihazının 75Nm yük durumunda da etkili olduğu düşüncesini desteklemektedir. Egzoz emisyonları içerisinde yanmamış yakıt molekülü olarak bulunan HC ler, manyetik alan etkisinin göstergesi durumundadır. Çünkü manyetik alan etkisinin yakıtın molekülleri üzerinde etkili olduğu ve çekirdek spinlerini değiştirerek oksijeni daha fazla çektiklerinden dolayı daha fazla yakıt molekülünün yanma olayına katıldığını göstermektedir. Benzin yakıtıyla yapılan deneylerin tamamı incelendiğinde HC emisyonların her yük durumunda cihaz montajlı durumun cihaz montajsız duruma göre düşük çıktığı kolaylıkla görülebilmektedir. Diğer emisyonların teorik bilgiye ters olmasının da bu durumla alakalı olduğu düşünülebilir. Yakıt moleküllerinin oksijeni çekmesi sonucunda daha fazla yakıt molekülünün yanmaya katılmasıyla oksijen yetersizliğinin meydana geldiği bu nedenle kısmi eksik yanma olmasından dolayı emisyonların etkilendiği düşünülebilir.

3.2.5. LPG Yakıtlı Yüksüz Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri

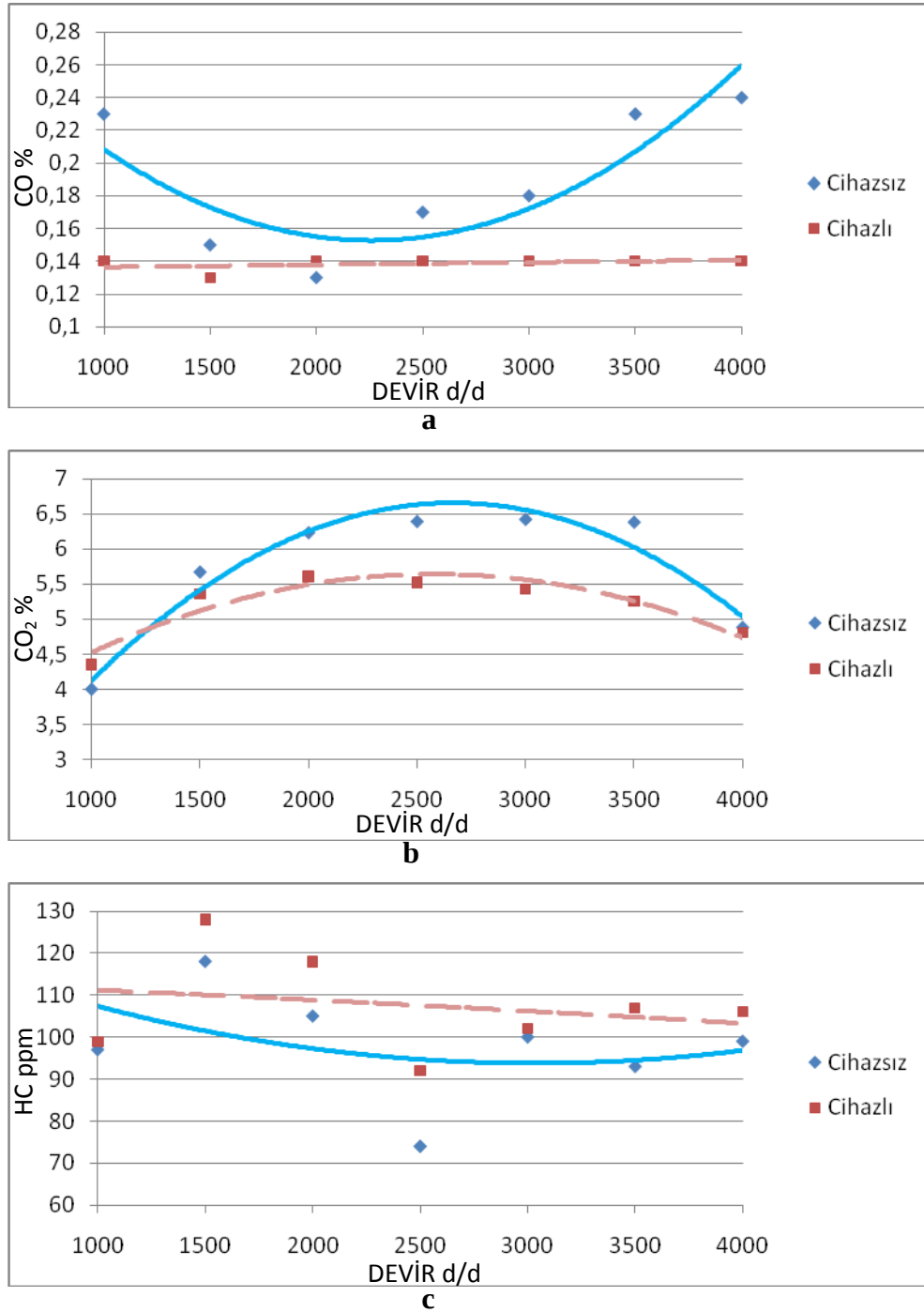


Şekil 3.8. Yüksüz motorda egzoz emisyon değişimleri

Şekil 3.8.de LPG yakıtlı yüksüz motorun egzoz emisyonu değişimleri görülmektedir. Şekil 3.8.(a) da ki CO emisyonları incelendiğinde cihazsız durumdaki CO emisyonlarının cihazlı durumdaki emisyonlara göre yüksek olduğu görülmektedir. Cihazlı durumdaki CO emisyonlarının düşük çıkması yakıt tasarruf cihazının LPG yakıtı üzerinde de etkili olduğunun bir göstergesi olarak düşünülebilir. Şekil 3.8.(b) deki CO₂ emisyonları grafiği incelendiğinde yakıt tasarruf cihazı montajlı durumdaki CO₂ emisyonlarının yüksek çıkması da şekil 3.8.(a) da ki CO emisyon sonuçlarıyla birlikte düşünüldüğünde yakıt tasarruf cihazının yanma verimini arttırdığı sonucu çıkarılabilir. Şekil 3.8.(c) grafiği de LPG yakıtlı yüksüz motordaki HC emisyon değişimlerini göstermektedir. Yakıt tasarruf cihazı montajlı durumda HC emisyonlarının cihazsız duruma göre düşük olduğu 3000d/d den sonra cihazlı durumdaki HC emisyonlarının yüksek olduğu görülmektedir. Grafikler genel olarak incelendiğinde yakıt tasarruf cihazının yanma üzerinde olumlu etkilerini olduğu söylenebilir.

Araçlarda kullanılan LPG dönüşüm sistemlerinde yakıt rampasından geri dönüş hattı bulunmadığından dolayı devir ve yükleme miktarına göre LPG tankından çekilen yakıtın tamamı silindirlere gönderilmektedir. Yakıt tasarruf cihazı LPG yakıt hattı üzerine montajlı durumdayken yakıt hattından geçen silindirlere gönderilen yakıtın tamamı manyetik alan etkisine maruz kaldığından dolayı, yakıt tasarruf cihazının LPG üzerindeki etkilerinin daha fazla olduğu görülmüştür. Fakat yük durumuna göre yakıt debisinden dolayı bu etkinin azalıp artabileceği düşünülmektedir. Manyetik alana maruz kalan yakıt moleküllerinin bağ yapısı zayıfladığından dolayı farklı bir gaz yakıtmış gibi değerlendirilebilir. Bu nedenle LPG ECU' su üzerinde yeni kalibrasyonlar yapılması gerektiği söylenebilir.

3.2.6.LPG Yakıtlı 25Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri

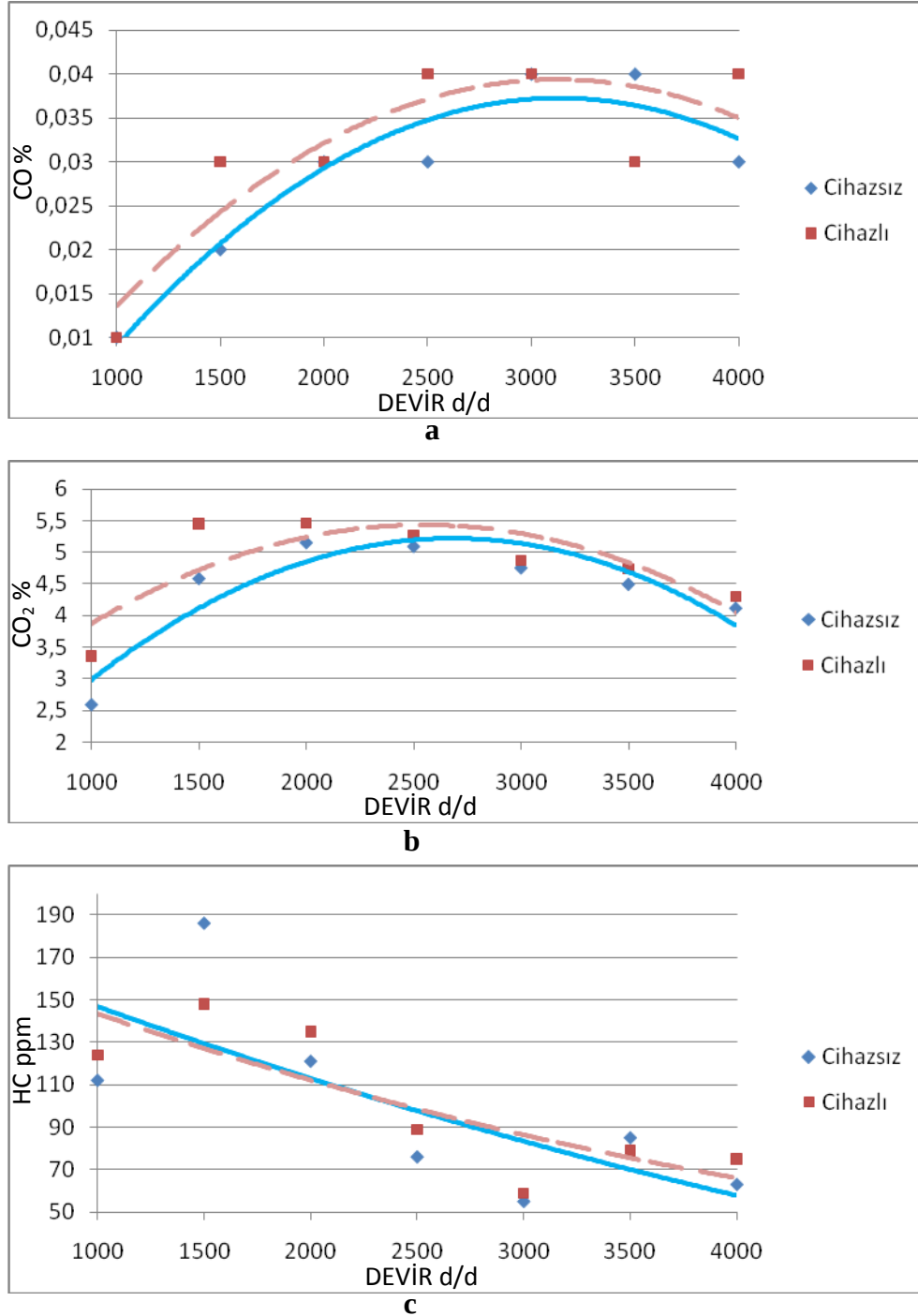


Şekil 3.9. 25Nm yüklü motorda egzoz emisyon değişimleri

Şekil 3.9 LPG yakıtlı motorun 25Nm yük altındaki egzoz emisyon değişimlerini gösteren grafikleri içermektedir. Şekil 3.9.(a) 25Nm yüklü motorun CO emisyonlarındaki değişimi göstermektedir. Grafik incelendiğinde yakıt tasarruf cihazı montajsız durumdaki

CO emisyonlarının düşük devirlerde yüksek olduğu, devir arttıkça azalma eğilimi göstererek orta devirlerde minimum bir değerden geçtikten sonra tekrar devire paralel olarak yükseldiği görülmektedir. Yakıt tasarruf cihazı montajlı durumda ise CO emisyon trendinin neredeyse doğrusal bir trend izlendiği gözlenmektedir. Bu durum yük durumlarında da yakıt tasarruf cihazının yakıta etki ettiği görüşünü desteklemektedir. Şekil 3.9.(b) de 25Nm yüklü motorun CO₂ emisyonlarının değişimini veren grafik görülmektedir. CO₂ miktarının düşük devirlerde düşük olduğu devir arttıkça artmaya başlayarak orta devirlerde maksimumu bulduğu görülmüştür. Sonra devrin artmaya devam etmesiyle beraber tekrar düştüğü görülmüştür. Şekil 3.9.(c) de ise 25Nm yüklü motorun HC emisyonlarını gösteren grafik görülmektedir. Grafik incelendiğinde benzinli değerlere göre LPG' li sonuçlarda HC emisyonlarının cihazlı durumda yüksek çıktığı görülmektedir. Bu durumda şekil 3.8 altında yapılan açıklamalara dayandırılabilir.

3.2.7. LPG Yakıtlı 50Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimler



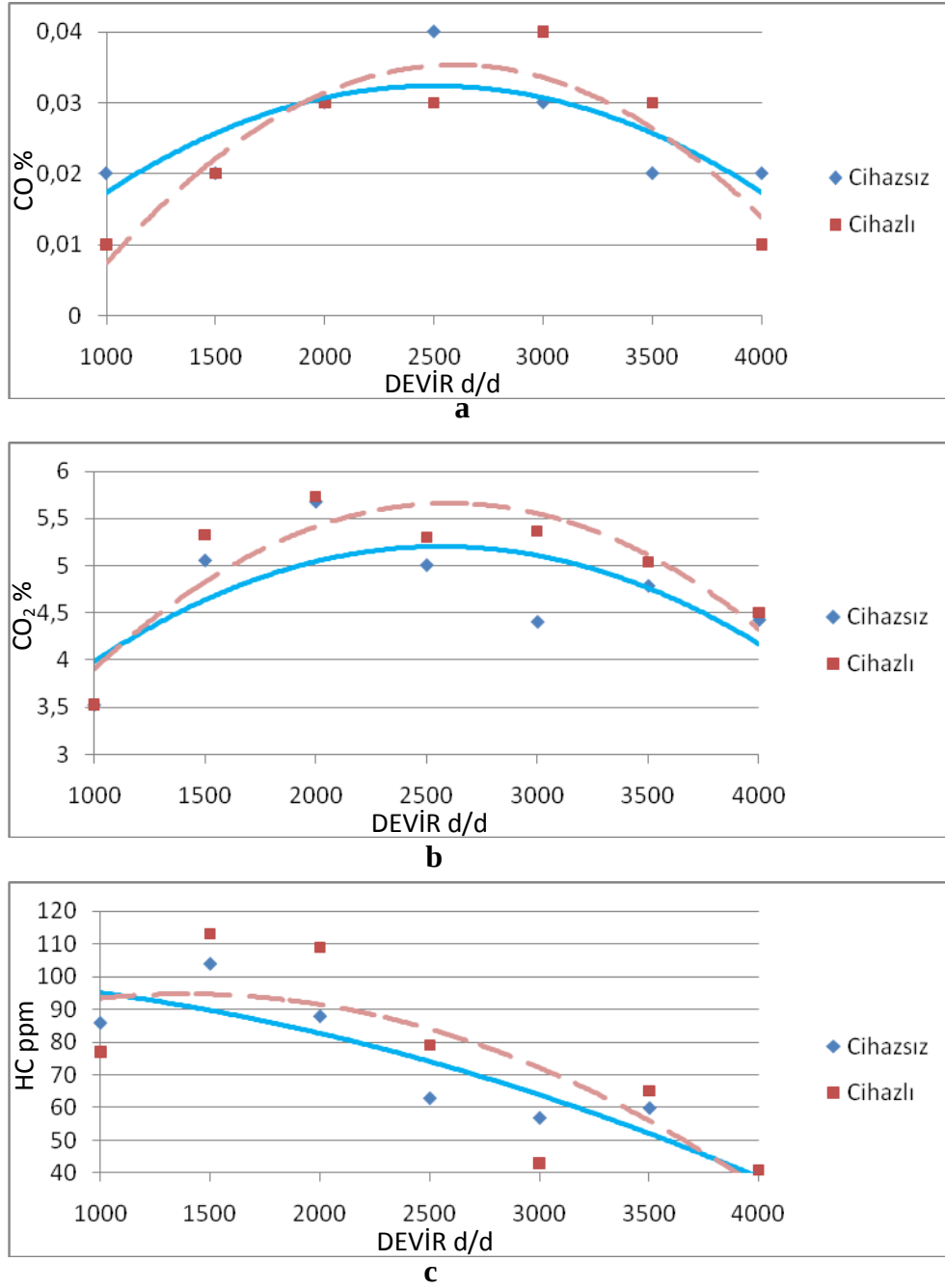
Şekil 3.10. 50Nm yüklü motorda egzoz emisyonu değişimleri

Şekil 3.10. LPG yakıtlı 50Nm yüklü motorun egzoz emisyonlarındaki değişimleri göstermektedir. Şekil 3.10.(a) da 50Nm yüklü motorun CO emisyonlarının değişimi görülmektedir. Grafik incelendiğinde emisyon değerlerinin yüksüz ve 25Nm yüklü duruma

göre çok düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Yakıt tasarruf cihazı montajlı durumdaki CO emisyonunun cihazsız duruma göre yüksek olduğu görülmüştür. Her iki durumda da düşük devirlerde minimum değerlerin olduğu görülmektedir. Devir arttıkça CO emisyonu değerlerinin de arttığı, orta devirlerde maksimum değere ulaştıktan sonra yüksek devirlerde tekrar azalma eğilimi gösterdiği görülmüştür. Şekil 3.10.(b) grafiği 50Nm yüklü motorun CO₂ emisyonlarındaki değişimleri göstermektedir. Grafik incelendiğinde cihaz montajlı durumdaki CO₂ emisyonlarının yüksek çıktığı görülmüştür. Her iki durum da CO emisyonlarına benzer karakteristik gözlemlenmiştir. Şekil 3.10.(c) deki grafik incelendiğinde ise 50Nm yüklü motorun HC emisyonlarındaki değişimler görülmektedir. Grafik incelendiğinde cihazlı ve cihazsız sonuçların neredeyse birbiriyle aynı sonuçlar verdiği görülmektedir. 3000 devirden sonra cihazlı durumdaki HC emisyonlarının cihazsız durumdaki HC emisyonlarına çok az bir miktar daha yüksek olduğu görülmektedir.

50Nm yüklü motorun hem benzinli hem de LPG li sonuçları kıyaslandığında yarım yüklü durumun bir aşama özelliği taşıdığı dikkatleri çekmektedir. Benzin yakıtlı motorun 50Nm yüklü durumdaki emisyon değerleri yüksüz ve 25Nm yüklü emisyon değerlerine tam ters bir karakteristik sergilediği, LPG yakıtlı motorun 50Nm yüklü durumunda ise CO emisyon değerlerinin minimum seviyelere indiği görülmüştür. Bu durumun sebebinin, 50Nm yüklü durumda motorun gerçek çalışma şartlarına en yakın çalışma şartlarında olmasından dolayı motor ayarlarının bu duruma göre şekillendirilmiş olduğu düşünülmektedir.

3.2.8. LPG Yakıtlı 75Nm Yüklü Motorda Egzoz Emisyon Değişimleri



Şekil 3.11. 75Nm yüklü motorda egzoz emisyon değişimleri

Şekil 3.11.' e bakıldığında LPG yakıtlı 75Nm yüklü motorun egzoz emisyonlarındaki değişimi veren grafikler görülmektedir. Şekil 3.11.(a) 75Nm yüklü motorun CO emisyonlarını göstermektedir. Grafik incelendiğinde CO değerlerinin çok düşük miktarlarda olduğu görülmüştür. Yakıt tasarruf cihazı montajlı durumda CO emisyonlarının cihazsız duruma göre düşük olduğu görülmektedir. Devirle beraber her iki

durumda da artış görülmüştür. Orta devirlerde cihazlı durumdaki CO emisyon değerlerinin cihazsız duruma göre yüksek çıktığı görülmüştür. Devir arttıkça CO emisyonlarında tekrar azalma eğilimi görülmektedir. 3500 devirden sonra cihaz montajlı durumun cihazsız duruma göre tekrar düşük çıktığı görülmüştür. Şekil 3.11.(b) ye bakıldığında 75Nm yüklü motorun CO₂ emisyonları görülmektedir. Grafik incelendiğinde yakıt tasarruf cihazı montajlı durumdaki CO₂ emisyonlarının cihazsız durumdaki CO₂ emisyonlarına göre yüksek çıkması yanmanın veriminin arttığının bir göstergesidir şeklinde yorumlanabilir. Şekil 3.11.(c) de ise 75Nm yüklü motorun HC emisyon değişimlerini gösteren grafik görülmektedir. Yakıt tasarruf cihazı montajlı durumdaki HC emisyonlarının cihazsız durumdaki HC emisyonlarına göre yüksek çıktığı görülmüştür. Düşük devirlerde her iki durumda da maksimum olan HC emisyonlarının devir arttıkça azaldığı görülmektedir. 4000 d/d de minimum değerlerde olduğu görülmüştür.

LPG yakıtlı bütün deney sonuçları karşılaştırılarak incelendiğinde yakıt tasarruf cihazının, yakıtın kimyasal yapısı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Fakat yanma veriminin daha fazla artması için LPG kalibrasyonunun cihaz montajlı durumdayken tekrar yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

4.SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde LPG dönüşümü yapılmış olan benzinli motora yakıt düzenleyici cihaz takılarak manyetik alanın LPG ve benzin üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre motorun özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonu değerleri karşılaştırmalı olarak etkin ve etkin olmayan yönleri tartışılmıştır. Aşağıda tartışma sonuçları ve sistemin eksik görülen, çalışılması gereken yönleri belirtilmiştir.

1. Yapılan çalışmanın sonuçları incelendiğinde, özgül yakıt tüketiminin cihazlı ve cihazsız durumlarının her ikisinde de 2500-3000 devirler arasında minimuma ulaştığı görülmektedir. Özgül yakıt tüketimi düşükten fazlaya doğru; cihazlı LPG, cihazsız LPG, cihazlı benzin, cihazsız benzin olarak sıralanmaktadır.
2. Cihaz montajlı durumda benzin yakıtlı 25Nm yüklü motorun özgül yakıt tüketimindeki iyileşme yaklaşık % 2 olduğu saptanmıştır. İyileşme hesabı 1000 ile 4000 devirleri arasında 500 devir aralıklı her devirin özgül yakıt tüketimi toplanıp ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bütün grafiklerin sonuçları bu hesaba göre hesaplanmıştır.
3. Cihaz montajlı durumda benzin yakıtlı 50Nm yüklü motorun özgül yakıt tüketimindeki iyileşmenin yaklaşık %3 civarında oldu görülmüştür.
4. Cihaz montajlı durumda benzin yakıtlı 75Nm yüklü motorun özgül yakıt tüketiminde yaklaşık %10 civarında iyileşme olduğu sonucuna varılmıştır.
5. Cihaz montajlı durumda LPG yakıtlı 25Nm yüklü motorun özgül yakıt tüketiminde yaklaşık %7 civarında iyileşme olduğu sonucuna varılmıştır.
6. Cihaz montajlı durumda LPG yakıtlı 50Nm yüklü motorun özgül yakıt tüketiminde yaklaşık %6 civarında iyileşme olduğu sonucuna varılmıştır.
7. Cihaz montajlı durumda LPG yakıtlı 75Nm yüklü motorun özgül yakıt tüketiminde yaklaşık %3 civarında iyileşme olduğu sonucuna varılmıştır.
8. Cihaz montajlı durumda benzin yakıtlı motorun her yük durumu için üretilen bütün devirlerdeki emisyon değerleri toplanıp ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bu

hesaplamalara göre CO emisyonlarında ortalama %6 civarında bir azalma olduğu gözlenmiştir.

9. Cihaz montajlı durumda benzin yakıtlı motorun CO₂ emisyonlarında yaklaşık %4 azalma meydana gelmiştir.

10. Cihaz montajlı durumda benzin yakıtlı motorun HC emisyonlarında yaklaşık %7,5 azalma meydana geldiği görülmüştür.

11. Cihaz montajlı durumda LPG yakıtlı motorun CO emisyonlarında yaklaşık %12 azalma meydana gelmiştir.

12. Cihaz montajlı durumda LPG yakıtlı motorun CO₂ emisyonlarında yaklaşık %4 artma meydana gelmiştir.

13. Cihaz montajlı durumda LPG yakıtlı motorun HC emisyonlarında yaklaşık %1,5 oranında azalma meydana geldiği gözlenmiştir.

Sonuç olarak yakıt düzenleyici cihazın yakıtın moleküler yapısında değişiklikler meydana getirdiği gözleniş olup LPG yakıtı üzerindeki etkilerinin daha fazla olduğu gözlenmiştir. Fakat manyetik alan etkisinden geçen yakıtın bağ yapısında zayıfla meydana geldiğinden dolayı farklı bir yakıtmış gibi davranmakta olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenden dolayı ayarlanabilir motor ayarlarının yakıt düzenleyici cihazın montajından sonra yakıtı göre tekrar modifikasyonunun yapılması gerektiği düşünülmektedir.

5. ÖNERİLER

Yapılan çalışma içten yanmalı motorların, azalan petrol rezervlerine karşın daha az yakıt tüketimini sağlamak ve zararlı emisyonların azaltılmasına farklı bir bakış açısından çözüm önerisi getirmektedir. Yüksek lisans için ayrılan süre ve eldeki imkanlarla yapılan çalışmanın sonuçları tez bütünlüğü içerisinde sunulmuş olup, konunun geliştirilmesi adına aşağıdaki önerilerde bulunulabilir.

manyetik alan etkisinin yakıtın moleküler yapısı üzerinde fiziksel etki yapmasından dolayı, etkinin yakıt üzerinden kalkmasıyla tekrar düzensiz yapıya geçme eğilimi gösterdiği saptanmıştır. Bu nedenle manyetik alan etkisini daimi hale getirebilecek modifikasyonlar yapılabilir.

Manyetik alan etkisinin sonuçlarının daha net gözlenebilmesi için kızıl ötesi kameralar veya infraret tekniğinde gözlemler yapılabilir.

Manyetik alan etkisi motor konstrüksiyonu içerisinde düşünülebilir.

Çalışma sayısal olarak çözümlenip deneysel bulguların geçerliliği kontrol edilebilir.

Yakıt düzenleyici cihaz farklı gaaos güçlerinde denenip en uygun değer bulunabilir.

6. KAYNAKLAR

- [1] **Balo, F.**, 2002. İçten yanmalı motorlarda manyetik alanın yakıt ekonomisine ve egzoz emisyonlarına etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [2] **Gürbüz, H., Akçay, İ.H., Öz, A.**, 2009. İçten yanmalı motorlarda çalışma nokta kontrol metodu ile yanma kontrolü, *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1,2, 31-49.
- [3] **Ohoma, Y.**, 2001. Engine Control Using Combustion Model, *International Journal of Automotive Technology*, 2, 2, 53-62.
- [4] **Jackson, MD., Akrawal, AK.**, 1999. Active control of combustion for optimal performance, *Journal of Engineering Gas Turb Power*, 121, 37-43.
- [5] **Davis, NT., Samuelsen, GS.**, 1996. Optimization of Gas Turbine Combustor Performance Throughout The Duty Cycle, *Proc Combust Inst.*, 26.
- [6] **Rodrigo J., Castells F.**, 2003. Integrated Assessment of Automotive EES, *Deliverable D1 (WP 1 Report)*, SEES TST3-CT-506075.
- [7] **Docquier N., Lacas F., Candel S.**, 2001 Operating Point Control of Gas Turbine Combustor, *AIAA 39th Aerospace Sciences Meeting*, Paper 2001-0485, Reno.
- [8] **Sayın, C., Çanakçı, M., Kılıçarslan, İ.**, 2005, Benzinli Bir Motorda Benzin+Lpg Kullanımının performans ve emisyonlara etkisi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21, 117-127.
- [9] **Sekmen, Y.**, 2003. Buji ile Ateşlemeli Bir Motorda Sıkıştırma Oranının Değiştirilebilir Hale Getirilmesi ve Performansa Etkisinin Araştırılması, *Doktora Tezi*, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [10] **Çelik, M.B., Balcı, M.**, 2002. Sabit Yük ve Hız Şartlarında Sıkıştırma Oranının Motor Karakteristiklerine Etkisi, *Teknoloji*, Sayı3-4, 39-45.
- [11] **Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A.**, 1994, İçten Yanmalı Motorlar, Cilt 1 T.E.V. Yayını, Ankara.
- [12] **Can, İ.**, 2009. LPG ile çalışan benzinli bir motora kademeli dolgu yapılmasının performans üzerindeki etkisinin deneysel olarak incelenmesi, *Doktora Tezi*, F.Ü Fen bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [13] **Baydır, Ş.A., Aksoy, F., Bayrakçeken, H.**, 2009, Farklı Yük Koşullarında Buji İle Ateşlemeli Motora Terebentin İlavesinin Motor Performans ve

Emisyonlarına Etkisi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük.

- [14] **Özdamar, İ., Yelken, B.** 1996. Benzin Motorları, *Milli Eğitim Basımevi*, İstanbul.
- [15] **Mehdiyev, R., Wolanski, P.**, 2000, Bi-Modal Combustion Chamber for a Stratified Charge Engine, *Society of Automotive Engineers*, SAE,01-196.
- [16] **J. Kim, D.S., Kim, M.Y, Lee, C.S.**, 2005, Combustion and Emission Characteristics of Partial Homogeneous Charge Compression Ignition Engine, *Combustion Science and Technology*, Cilt 177, 107-125.
- [17] **İçingür, Y., Haksever, R.**, Benzinli Motorlarda Sıvılaştırılmış Petrol Gazının performans ve Emisyonlara Etkisinin Deneysel Analizi, *Politeknik Dergisi*, Cilt: Sayı:3, 27-35.
- [18] **Dinler, N.**, 2001. Benzinli Motorlarda Yakıt Olarak Lpg Kullanılması ve Katalitik Konvertör Uygulamasının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Olan Etkisinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [19] **Iwamoto, Y., Noma, K., Nakayama, O., Yamauchi, T. and Ando, H.**, 1997, Development of Gasoline Direct Injection Engine, SAE Paper 970541, *Society of Automotive Engineers*, Warrendale, Pa..
- [20] **Çetinkaya, S.**, 2004. Benzin ve Dizel Motorların Doğal Gaz Motoruna Dönüştürülmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı:81, 14-31.
- [21] **Mikulic, L., Schommers, J., Geringer, B., Wolf, K. and Enderle, C.**, 1992. Variable Gas Exchange Systems for S.I. Engines-Layout and Experimental Data, SAE Paper 920296, *Society of Automotive Engineers*, Warrendale, Pa..
- [22] **Shell Türkiye**, 2006. *Modern Otomotiv Teknolojisi*, www.shell.com.tr
- [23] **Doğaner, S., Öztürk, Z.**, 1998. Motorlu Araçlar İçin Alternatif Bir Yakıt Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG), II. Ulaşım ve Trafik Kongresi-Sergisi, 162-170.
- [24] **Batmaz, İ., İçingür, Y.**, 1998. Motorlu Taşıtlarda LPG Kullanımı ve Birinci Kuşak LPG Sistemlerinin Performans ve Emisyonlarının Analizi, *Teknoloji Dergisi Zonguldak K.Ü. Karabük Tek. Eğt. Fak. Dergisi*, Sayı 1, Karabük.
- [25] **J. Kim, D.S., Kim, M.Y, Lee, C.S.**, 2005. Combustion and Emission Characteristics of Partial Homogeneous Charge Compression Ignition Engine, *Combustion Science and Technology*, Cilt 177, 107-125.

- [26] **Kato, S., Onishi, S. and Kobayashi, S.,** 1990. Direct Injection Stratified Charge Engine by Impingement of Fuel Jet (OSKA) - Performance and Combustion Characteristics, SAE Paper 900608, *Society of Automotive Engineers*, Warrendale, Pa.
- [27] **Çelik, M.B.,** 1999, Buji ile Ateslemeli Bir Motorun Sıkıştırma Oranının Degisken Hale Dönüştürülmesi ve Performansa Etkisinin Arastırılması, G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü., Doktora Tezi, Ankara.
- [28] **Deniz, T.,** 2009. Buji İle Ateşlemeli Motorda Sıkıştırma Oranı Değişikliğinin Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, A.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- [29] **Safgönül, B.,**1989. Pistonlu Motorlar, *İ.T.Ü. Yayını*, İstanbul.
- [30] **Ünaldı, M., Özçelik, A.E.,** 2007. Araç Teknolojilerindeki Gelişmelerin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi, S.Ü. *Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv A.B.D.*, Konya.
- [31] www.atiker.com.tr LPG sistemleri 2009.
- [32] **Kutlar, O.A., Arslan, H., Çalık, A.T.,** 2000. Benzin (Otto) Motorunda Kısmi Yükte Yakıt Tüketimini Azaltmaya Yönelik Bir Yöntem: Fakir Karışımli Kademeli Dolgulu Motor, *Mühendis Makine*, sayı 483, Syf.46-51.
- [33] **Report,** “Reducing CO2 emissions from new cars, European Federation for Transport and Environment”, 2007.
- [34] www.iklimnet.org/groups/Transport/gr_t_210406.doc, 01.08.2009.
- [35] <http://www.arup.com>, 09.08.2009.
- [36] **Ünaldı, M.,** 2006. Benzinli Araçlarda Manyetik Alan Etkisindeki Hava/Yakıt Karışımının Emisyonlara Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, S. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [37] **Anonim,** 2000. California Department of Transportation, Transportation Energy Efficiency and Conservation Project, Review of Current Energy Policies, Chapter 6.

- [38] **Durieux, J.Y.**, 2007. Climate change Scientific advances and stakes for society, Paris.
- [39] **Schmidt, L.**, 2004. Biodiesel Vehicle Fuel: GHG Reductions, Air Emissions, Supply and Economic Overview, Discussion Paper C3–015.
- [40] <http://www.enginebrain.com/#work>, 27.08.2009
- [41] <http://www.mazda.com>, 02.09.2009.
- [42] <http://www.bmwworld.com/technology/valvetronic.htm>, 15.08.2009.
- [43] <http://www.honda.com>, 12.09.2009.
- [44] **Anonim**, 2007. Advanced Technology Briefing, Nissan Motor Co., Ltd.
- [45] <http://www.sandiegostc.org/met/science/ps/prate.htm>, 03.09.2009.
- [46] <http://www.audi.com>, 09.08.2009.
- [47] <http://www.volkswagen-environment.de>, 01.09.2009.
- [48] <http://www.mercedes-benz.com>, 09.08.2009.
- [49] <http://www.nissan-global.com/EN/index.html>, 02.09.2009.
- [50] **Soruşbay, C.**, 2002. Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazlarının Kontrolü, II. Türkiye Enerji Forumu, İstanbul.
- [51] **Zeydan, N., Koçer, A.Ü., Tanboğa, L.**, 2005. “*OSD Verileri ve Çalışma Raporu*”, Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltım Çalışma Grubu.
- [52] http://en.wikipedia.org/wiki/Flexible-fuel_vehicle, 09.09.2009
- [53] <http://www.fueleconomy.gov/feg/flextech.shtml>, 09.09.2009.
- [54] <http://www.e85fuel.com/e85101/flexfuelvehicles.php>, 09.09.2009.
- [55] <http://www.toyota.com>, 12.09.2009.
- [56] <http://bioage.typedpad.com/.shared/image.html?/photos/uncategorized/2009/05/09/jama.png>, 02.09.2009.
- [57] **Karadeniz, C., and Yaramış, B.**, 1973. Atom ve çekirdek fiziği, *İ.Ü. yayını*, İstanbul, no:1741, pp.204-216.
- [58] www.tubitak.gov.tr 31.03.2009.
- [59] International Research and Development,1999.
- [60] **Yelekçi, K.**, 1991. Modern nükleer magnetik rezonans spektroskopisi ve uygulamaları,*Marmara Ü. Yayını*, no:516, pp.13-17.

[61] **DKD** 2000.*Ototmotiv Broşürü*

7. EKLER

Yapılan yüksek lisans tez çalışmasının deneylerinde cihaz montajlı ve cihaz montajsız deney sonuçları tablolar halinde aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Benzin yakıtlı 25 Nm yüklü cihazlı ve cihazsız özgül yakıt tüketimi

DEVİR	My (gr)	BİRİM K.S.	Pe (kW)	Cihazsız Zaman (sn)	Cihazlı Zaman (sn)	Cihazsız be (gr/kWh)	Cihazlı be (gr/kWh)
1000	117	3600	2,617	362,08	359,53	444,508	447,661
1500	117	3600	3,926	250,44	260,15	428,385	412,395
2000	117	3600	5,235	178,51	179,57	450,722	448,061
2500	117	3600	6,544	137,61	140,5	467,729	458,108
3000	117	3600	7,853	120,21	119,85	446,182	447,522
3500	117	3600	9,162	95,73	93,14	480,230	493,584
4000	117	3600	10,471	73,42	80,64	547,880	498,826

Tablo 2. LPG yakıtlı 25 Nm yüklü cihazlı ve cihazsız özgül yakıt tüketimi

DEVİR	Cihazsız My(gr)	Cihazlı My(gr)	BİRİM K.S.	Pe (kW)	Zaman (sn)	Cihazsız (be) (gr/kWh)	Cihazlı (be) (gr/kWh)
1000	60	60	3600	2,617	180	458,540	458,540
1500	80	70	3600	3,926	180	407,539	356,597
2000	90	90	3600	5,235	180	343,839	343,839
2500	150	140	3600	6,544	180	458,435	427,872
3000	170	150	3600	7,853	180	432,955	382,019
3500	200	180	3600	9,162	180	436,585	392,927
4000	210	190	3600	10,471	180	401,107	362,907

Tablo 3. Benzin yakıtlı 50 Nm yüklü cihazlı ve cihazsız özgül yakıt tüketimi

DEVİR	My (gr)	BİRİ M K.S.	Pe (kW)	Cihazsız Zaman (sn)	Cihazlı Zaman (sn)	Cihazsız be (gr/kWh)	Cihazlı be (gr/kWh)
1000	117	3600	5,235	207,12	286,32	388,462	371,008
1500	117	3600	7,853	160,94	168,06	333,264	319,145
2000	117	3600	10,471	116,73	124,4	344,601	323,355
2500	117	3600	13,089	91,97	93,09	349,893	345,683
3000	117	3600	15,707	80,87	80,51	331,594	333,077
3500	117	3600	18,325	64,24	68,93	357,798	333,454
4000	117	3600	20,943	58,32	55,34	344,851	363,421

Tablo 4. LPG yakıtlı 50 Nm yüklü cihazlı ve cihazsız özgül yakıt tüketimi

DEVİR	Cihazsız My (gr)	Cihazlı My (gr)	BİRİM K.S.	Pe (kW)	Zaman (sn)	Cihazsız be (gr/kWh)	Cihazlı be (gr/kWh)
1000	80	70	3600	5,235	180	305,635	267,430
1500	110	110	3600	7,853	180	280,147	254,147
2000	150	150	3600	10,471	180	286,505	267,505
2500	200	200	3600	13,089	180	305,600	290,600
3000	240	240	3600	15,707	180	305,596	392,596
3500	260	240	3600	18,325	180	283,765	272,937
4000	310	300	3600	20,943	180	296,041	276,491

Tablo 5. Benzin yakıtlı 75 Nm yüklü cihazlı ve cihazsız özgül yakıt tüketimi

DEVİR	My (gr)	BİRİM K.S.	Pe (kW)	Cihazsız Zaman (sn)	Cihazlı Zaman (sn)	Cihazsız be (gr/kWh)	Cihazlı be (gr/kWh)
1000	117	3600	7,853	140,07	179,85	382,919	298,223
1500	117	3600	11,78	111,62	152,13	320,332	235,032
2000	117	3600	15,707	89,14	92,32	300,830	290,468
2500	117	3600	19,634	72,19	72,2	297,168	297,127
3000	117	3600	23,561	61,08	59,65	292,681	299,698
3500	117	3600	27,488	51,31	51,86	298,636	295,469
4000	117	3600	31,415	43,1	44,86	311,081	298,876

Tablo 6. LPG yakıtlı 75 Nm yüklü cihazlı ve cihazsız özgül yakıt tüketimi

DEVİR	Cihazsız My (gr)	Cihazlı My(gr)	BİRİM K.S.	Pe (kW)	Zaman (sn)	Cihazsız be (gr/kWh)	Cihazlı be (gr/kWh)
1000	100	100	3600	7,853	180	254,679	254,679
1500	150	150	3600	11,78	180	254,668	254,668
2000	200	200	3600	15,707	180	254,663	254,663
2500	240	250	3600	19,634	180	254,473	244,660
3000	280	290	3600	23,561	180	246,680	237,169
3500	340	340	3600	27,488	180	247,380	247,380
4000	410	420	3600	31,415	180	267,021	261,388

Tablo 7. benzin yakıtlı yüksüz motorda cihazsız egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	0,25	3,74	115	0,1	22,2
1500	0,29	5,35	120	0,4	22,5
2000	0,21	3,96	77	0,6	24,9
2500	0,23	4,4	68	1	29,9
3000	0,2	4,07	61	1,2	31,3
3500	0,21	4,32	61	1,5	31,5
4000	0,3	6,22	72	1,7	32,4

Tablo 8. Benzin yakıtlı yüksüz motorda cihazlı egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	0,26	3,75	122	0,1	-
1500	0,27	5,13	72	0,4	-
2000	0,23	4,15	75	0,5	-
2500	0,27	5,85	62	0,9	-
3000	0,28	5,9	72	1,1	-
3500	0,3	6,56	75	1,4	-
4000	0,3	6,92	77	1,7	-

Tablo 9. Benzin yakıtlı 25Nm yüklü motorda cihazsız egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	YAKIT TÜKETİMİ 150ml	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	362.08	0,31	5,76	101	0,1	25,4
1500	250.44	0,32	5,82	113	0,6	28,2
2000	178.51	0,32	6,05	96	0,7	32,6
2500	137.61	0,31	5,59	92	1	33,4
3000	120.21	0,30	5,65	89	3	33,8
3500	95.73	0,36	6,39	95	3,5	32,4
4000	73.42	0,34	6,61	94	7	28,1

Tablo 10. Benzin yakıtlı 25Nm yüklü motorda cihazlı egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	YAKIT TÜKETİMİ 150ml	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	359.53	0,24	4,27	106	0,3	-
1500	260.15	0,26	5,02	113	0,6	-
2000	179.57	0,24	4,53	91	1,1	-
2500	140.50	0,26	4,76	77	1,2	-
3000	119.85	0,24	4,33	78	2,5	-
3500	93.14	0,31	6,22	98	3,5	-
4000	80.64	0,29	5,67	81	7	-

Tablo 11. benzin yakıtlı 50Nm yüklü motorda cihazsız egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	YAKIT TÜKETİMİ 150ml	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	207.12	0.26	4,18	104	0,6	23,1
1500	160.94	0.33	5,97	122	1,1	24,5
2000	116.73	0.37	7,06	131	2,7	25,6
2500	91.97	0.37	6,93	120	4,1	35,2
3000	80.87	0.39	6,82	121	5,2	34,6
3500	64.24	0.38	6,65	105	9	25,9
4000	58.32	0.38	6,68	101	10	36,9

Tablo 12. Benzin yakıtlı 50Nm yüklü motorda cihazlı egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	YAKIT TÜKETİMİ 150ml	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	286.32	0,18	2,88	75	0,5	17,1
1500	168.06	0,36	6,09	115	1	20,5
2000	124.4	0,35	6,22	113	2	22,6
2500	93.09	0,36	6,2	106	4	23,7
3000	80.51	0,34	6,48	109	5	24,4
3500	68.93	0,38	6,44	106	8	27,3
4000	55.34	0,33	6,07	90	11	28,3

Tablo 13. Benzin yakıtlı 50Nm yüklü motorda cihazsız egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	YAKIT TÜKETİMİ 150ml	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	140.07	0,24	3,74	94	0,9	27,1
1500	111.62	0,28	4,91	109	3	26,1
2000	89.14	0,33	5,91	113	5	27,2
2500	72.19	0,32	6,45	106	7	28,1
3000	61.08	0,35	6,57	105	11	33,1
3500	51.31	0,34	6,01	95	14	30,9
4000	43.10	0,3	5,53	98	20	34,6

Tablo 14. Benzin yakıtlı 50Nm yüklü motorda cihazlı egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	YAKIT TÜKETİMİ 150ml	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	179.85	0,24	3,79	88	1	22,5
1500	152.13	0,36	5,36	105	2,5	27,4
2000	92.32	0,34	5,8	95	4	20,8
2500	72.20	0,33	6,05	104	7	20,6
3000	59.65	0,36	6,2	87	10	24,6
3500	51.86	0,34	5,8	82	14,5	26,9
4000	44.86	0,25	5,5	64	19	25,1

Tablo 15. LPG yakıtlı yüksüz motorda cihazsız egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	0,21	3,78	98	0,1	14,5
1500	0,28	5,9	85	0,5	15,7
2000	0,32	5,87	66	0,9	20,8
2500	0,36	5,98	46	1,2	22,8
3000	0,37	6,23	63	1,5	23,9
3500	0,37	6,59	60	1,7	26
4000	0,35	6,51	64	2,5	26,8

Tablo 16. LPG yakıtlı yüksüz motorda cihazlı egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	0,03	4,36	77	0,1	21,6
1500	0,27	5,63	49	0,5	23,2
2000	0,31	6,32	57	0,6	22
2500	0,31	6,51	48	0,7	28,6
3000	0,3	6,85	65	1	24,3
3500	0,36	6,8	67	1,2	26,3
4000	0,34	6,65	70	2	28,9

Tablo 17. LPG 25Nm yüklü motorda cihazsız egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	0,23	4,01	97	0,1	23,4
1500	0,15	5,68	118	0,5	25,1
2000	0,13	6,24	105	0,7	26,4
2500	0,17	6,4	74	2	30,6
3000	0,18	6,43	100	3	30,9
3500	0,23	6,39	93	4	31,4
4000	0,24	4,89	99	8	31,3

Tablo 18. LPG 25Nm yüklü motorda cihazlı egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	0,14	4,35	99	0,1	22,5
1500	0,13	5,36	128	1	25,7
2000	0,14	5,61	118	1,5	25,8
2500	0,14	5,52	92	2,7	25,9
3000	0,14	5,43	102	3,7	36,1
3500	0,14	5,25	107	5	26,9
4000	0,14	4,81	101	7	29,7

Tablo 19. LPG 50Nm yüklü motorda cihazsız egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	0,01	2,59	112	0,5	26,4
1500	0,02	4,59	186	2	29,7
2000	0,03	5,16	121	3,5	36,1
2500	0,03	5,1	76	7	31,4
3000	0,04	4,76	55	11,5	36,6
3500	0,04	4,5	85	14	34,9
4000	0,03	4,12	63	20	36,6

Tablo 20. LPG 50Nm yüklü motorda cihazlı egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	0,01	3,36	124	1	23,9
1500	0,03	5,45	148	1,7	28,5
2000	0,03	5,46	135	4	32
2500	0,04	5,26	89	6,8	33,4
3000	0,04	4,87	59	10	33,7
3500	0,03	4,74	79	13	34,4
4000	0,04	4,3	75	20	36,1

Tablo 21. LPG 75Nm yüklü motorda cihazsız egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	0.02	3,53	86	1,5	22,3
1500	0,02	5,06	104	4,5	28,8
2000	0,03	5,68	88	9	30,2
2500	0,04	5,01	63	11	32,2
3000	0,03	4,41	57	12,5	33
3500	0,02	4,79	60	18	36,4
4000	0,02	4,43	38	30	38,4

Tablo 22. LPG 75Nm yüklü motorda cihazlı egzoz emisyonu değişimleri

DEVİR d/d	CO %	CO2 %	HC ppm	ΔH mm	Em. Hava sıcaklığı
1000	0,01	3,53	77	1,5	23,8
1500	0,02	5,33	113	3	27
2000	0,03	5,73	109	6	28,7
2500	0,03	5,3	79	12	32,4
3000	0,04	5,37	43	14	32,6
3500	0,03	5,04	65	19	33,2
4000	0,01	4,5	41	30	35,9

ÖZGEÇMİŞ

Burak TANYERİ 1987 yılında Elazığ Merkez ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Elazığ'da farklı okullarda tamamladı. 2008 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Otomotiv Öğretmenliğinden mezun oldu. Aynı yıl F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında lisansüstü eğitime başladı. 2010 yılı Şubat ayında Batman Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen Batman Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde görevine devam etmektedir.

İletişim Bilgileri:

Batman Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi
Makine Eğitimi Bölümü / BATMAN

Email: btanyeri23@hotmail.com