

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



DİZEL MOTOR İLE ÇALIŞAN BELEDİYE
OTOBÜSLERİNİN İNCELENMESİ VE EMİSYON
ENVANTERLENMESİ

BİTİRME TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Şeref SOYLU

HAZIRLAYANLAR

Deniz DÖNMEZ	0401.12042
Hülya SEMERCİOĞLU	G0401.12037
Ömer Mustafa CÖMERT	G0501.12029
Gökhan ÜZMEZ	G0501.12033

SAKARYA 2009

ÖNSÖZ

Günümüzde gelişmiş şehirlerde ulaşımdan kaynaklanan hava kirliliği önemli oranda artmakta ve ciddi bir boyut kazanmaktadır. Bunun sonucunda hava kalitesinde düşüş gerçekleşmekte, insan ve diğer canlıların sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Hava kirliliğine sebep olan faktörlerin en başında şehir içi trafiği gelmektedir. Bu çalışmada şehir içi trafiğinde önemli bir yer tutan ağır ticari taşıtlardan Sakarya Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı belediye otobüsleri incelenmiştir. Böyle bir çalışmaya yönelmemizi sağlayan ve hazırlanması sırasında büyük anlayış, yardım ve destek gördüğümüz hocamız Sayın Doç. Dr. Şeref SOYLU'ya, fikir ve görüşlerini bizlerle paylaşan değerli Gürkan ŞENTÜRK ve Ayda BAL'a, bilgilerini bizimle paylaşan Ahmet Ersin SEMERCİOĞLU'na ve Ramazan DÖNMEZ'e teşekkürlerimizi bir borç biliriz.

Ayrıca, bizleri bugünlere yetiştiren, her türlü zorluklara rağmen bizlerden sevgilerini ve desteklerini asla esirgemeyen ailelerimize şükranlarımızı sunuyoruz.

Hava Kirliliği konusunda, hem yetkililerin hem de toplumun daha fazla bilinçlenmesini diliyor, çalışmalarımızın bizden sonraki arkadaşlarımıza yardımcı olmasını umut ediyoruz.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
<u>4.1.1. Hidrokarbon (HC) Oluşumu</u>	<u>25</u>
<u>4.1.2. NOx Ölçüm Yöntemi.....</u>	<u>30</u>
<u>4.1.3. HC Ölçüm Yöntemi.....</u>	<u>32</u>
<u>4.1.4. GFA Analizörü.....</u>	<u>33</u>
<u>4.1.5. MPA Analizörü.....</u>	<u>33</u>
<u>4.1.6. Katalitik Konvektör'ün Çalışma Prensibi.....</u>	<u>35</u>

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İlk Dizel Motor.....	3
Şekil 2.2. Dört Zamanlı Motorun Çalışma Aşamaları.....	5
Şekil 3.1. Motorlu Taşıtların İçerisindeki Batarya Sistemi.....	8
Şekil 3.2. Faaliyet Gösteren Belediye Otobüsü.....	9
Şekil 3.3. İçerisine Batarya Yerleştirilmiş Bir Motorlu Araç.....	10
Şekil 3.4. Bazı Ultra Kapasitörler.....	10
Şekil 3.5. Volan Ünitesi.....	11
Şekil.3.6. Hidrolik Sistemlerin Araç Üzerindeki Konumu.....	12
Şekil 3.7. Enerji Yoğunluğu-Güç Yoğunluğu Grafiği.....	13
Şekil 4.1. Dağılmayan Kızıl Ötesi Gaz Analizörünün Basit Dizayn.....	22
Şekil 4.3. Horiba 7000-CLA Analizörünün NO _x Ölçümü.....	24
Şekil 4.4. Kimyasal Işın Ölçümünün Basit Şekli.....	24
Şekil 4.5. Horiba FIA HC Ölçülmesi - Alev İyonizasyon Sistemi.....	25
Şekil 4.6. Alev İyonizasyon Prensibinin Temel Şekli.....	26
Şekil 4.7. MPA Analizörünün Çalışma Prensibi.....	27
Şekil 4.8. EGR Çalışma Prensibi.....	31
Şekil 4.9. EGR, SCR ve DPF Teknolojilerinin Geldiği Durum.....	32
Şekil 4.10. AB Dizel Egzoz Emisyonları Euro 0 (1990) - Euro 5 (2009).....	33
Şekil 4.11. Euro Standartları Çerçevesinde NO _x ve PM Değişimleri.....	34
Şekil 4.12. Eşdeğer Ağır Dizel Araç Emisyonları.....	34
Şekil 5.1. Türkiye Karayolu Taşıt İstatistikleri.....	36
Şekil 5.2. Sakarya Karayolu Taşıt İstatistikleri.....	37
Şekil 5.3. BMC marka şehiriçi halk otobüsü.....	38

Şekil 5.4. Belediye Otobüslerinin Marka Dağılımları.....	46
Şekil 5.5. Seçilen Güzergâhlardaki Belediye Otobüslerinin Marka Dağılımları.....	47
Şekil 5.6. İVECO M24.....	47
Şekil 5.7. İVECO M50.....	47
Şekil 5.8. Belediye Otobüslerinin Tip Dağılımları.....	49
Şekil 5.9. Seçilen Güzergâhlardaki Belediye Otobüslerinin Tip Dağılımları.....	49
Şekil 5.10. Otobüslere Ait Motor Güçleri ve Dağılımı.....	50
Şekil 5.11. Güzergâhlara Göre Otobüs Kilometreleri.....	51
Şekil 5.12. Otobüslere Ait Ortalama ve Maksimum Hız Verileri.....	52
Şekil 5.13. Otobüslere Ait Hızlanma, Yavaşlama ve Sabit Hız Süreleri.....	53
Şekil 5.14. İvmelenmeden Kaynaklanan Yakıt Sarfiyatı İle Toplam Yakıt Sarfiyatının Kıyaslanması.....	56
Şekil 5.15. İvmelenmeden ve Toplam Yakıt Sarfiyatından Kaynaklanan NO _x Emisyonların Karşılaştırılması.....	59
Şekil 5.16. İvmelenmeden ve Toplam Yakıt Sarfiyatından Kaynaklanan PM Emisyonların Karşılaştırılması.....	59

TABLolar LİSTESİ

Tablo 5.1. Türkiye Karayolu Taşıt İstatistikleri.....	35
Tablo 5.2. Sakarya Karayolu Taşıt İstatistikleri.....	37
Tablo 5.3. Sakarya'daki Tüm Belediye Otobüsü Güzergâhları.....	41
Tablo 5.4. Seçilen Güzergâhlara Ait Otobüs Aktiviteleri.....	44
Tablo 5.5. Seçilen Güzergâhlardaki Otobüslerin Çalışma Saatleri.....	44
Tablo 5.6. Otobüslere Ait Motor Güçleri ve Dağılımı.....	50
Tablo 5.7. Güzergâhlara Göre Yakıt Sarfiyatının Bulunması.....	54
Tablo 5.8. Toplam Yakıt Sarfiyatının Bulunması.....	55
Tablo 5.9. İvmelenmeden Kaynaklı Tasarruf Edilebilen Yakıt Sarfiyatının Toplam Yakıt Sarfiyatına Oranı.....	56
Tablo 5.10. İvmelenmeden Kaynaklanan Tasarruf Edilebilir Yakıt Sarfiyatından Kaynaklı Emisyon Faktörleri.....	57
Tablo 5.11. Toplam Yakıt Sarfiyatından Kaynaklanan Emisyon Miktarları.....	58
Tablo 5.12. İvmelenmeden Kaynaklı Tasarruf Edilebilir Yakıt Nox-Pm Oranları ...	60

ÖZET

Hava kirliliği canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen ayrıca maddi hasarlara da yol açan hava içerisindeki zararlı maddelerin normal değerlerin üzerine çıkmasıdır. Sanayi devriminden sonra gelişen şehirleşmenin sonucu gelişmiş şehirlerde hava kirliliğinin en önemli kaynağı motorlu taşıtlar olmuştur. Şehir içindeki motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliği hem hava kalitesi hem de insan ve diğer canlıların sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kirliliğinden dolayı insanlar zehirlenme ile karşı karşıya kalmakta, hastalığa karşı direnme gücünü kaybetmekte ve insan ölümleri gerçekleşmektedir.

Adapazarı'nda ulaşımdan kaynaklı emisyonların başında belediye otobüslerden kaynaklı emisyonlar gelmektedir. Yaptığımız çalışmada Adapazarı Büyükşehir Belediyesine ait belediye otobüsleri ve belediye otobüslerinden kaynaklı emisyonlar incelenmiştir. Emisyonlar incelenirken taşıtların yakıt sarfiyatları, taşıtların teknik özellikler ve taşıtların seyir halindeyken doluluk oranları dikkate alınmıştır. Emisyonlar hesaplandıktan sonra şehir içindeki kirlletici emisyonların değerleri bulunmuştur.

Yapılan çevre etki değerlendirmeleriyle de çevre açısından ve ekonomik olarak da fayda getirecek olan projeler uygulanmalıdır. Bu amaca yönelik yapılan projelerin başında hibrit teknolojisi gelmektedir. Yaptığımız çalışmalar sonucunda hibrit teknolojisinin hem yakıt sarfiyatı hem de emisyonlar açısından incelediğimiz güzergâhlarda beklenen verimi sağlayacağı düşünülmektedir.

BÖLÜM 1

1.1. GİRİŞ

Motorlu araçların tamamının kullanmış olduğu fosil yakıtlar sonucu çevre ve insan sağlığı açısından zararlı emisyonlar oluşturmaktadır. Bu oluşan emisyonların hava kalitesine etkilerini azaltmak için gereken standartlar bulunmaktadır. Bu standartlara ulaşmada birçok emisyon giderme yöntemleri mevcuttur.

Sakarya genelinde 2007 kayıtlarına göre toplam 151 399 Otobüs bulunmakta ve her geçen gün sayıları artmaktadır. Bu çalışmada kaynak olarak 72 adet belediye otobüsü arasından temsil edici nitelikte seçilen 10 güzergâhta çalışan 18 belediye otobüsü emisyonları açısından incelenmiştir.

Bu çalışmamızda şehir içindeki toplu taşımacılıkta kullanılan konvansiyonel otobüslerden kaynaklanan emisyonların belirlenmesindeki metod olarak otobüslerin sürüş çevrimleri için gerekli olan parametreler kayıt altına alınmış ve daha sonra Sakarya Otobüs Sürüş Çevrimi yapılabilmesi için bir ön çalışma yapılmıştır. Öncelikle otobüslerin modelleri, motor hacimleri, yakıt türleri, beygir güçleri, seyir şekilleri, euro normları incelenmiş ve bunlarla ilgili istatistiksel verilere ulaşılmıştır.

Yapılan bu çalışmalardan sonra Adapazarı şehir içi ulaşımında kullanılan otobüslerden kaynaklanan yakıt sarfiyatı, ivmelenmeden kaynaklanan yakıt sarfiyatı ve emisyonların yakıta bağlı oluşumu analiz edilmiştir ve bu taşıtlar için emisyon envanteri oluşturulmuştur. Belirlenen emisyonların anlaşılabilmesi için ise

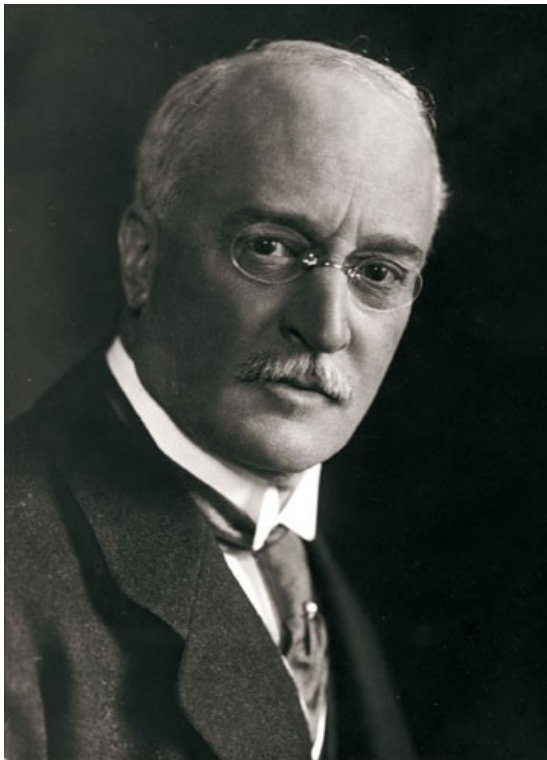
emisyonların oluşum mekanizmaları, egzoz giderim ve egzoz ölçüm yöntemleri ayrıntılı şekilde incelenmiştir.

BÖLÜM 2

2.1. DİZEL MOTORLARIN TARİHİ VE GELİŞİMİ

Dizel motorların çalışma prensibi ilk olarak 1824 yılında Fransız mühendis Nicholas Leonard Sadi Carnot tarafından ortaya konuldu. “Carnot” çevriminde ortaya koyan Carnot’ un dizel motoru çalışma ilkelerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

Yanmadan önce havanın sıkıştırılması: Carnot yanmanın atmosferik basınç yerine yüksek basınçlarda yapılmasını ve yakıtın pistonu sıkıştırma işlemi sonunda gönderilmesini önerdi. Günümüzde kullanılan enjektörler bu temel ilkenin ürünü olarak kullanılmaktadır.

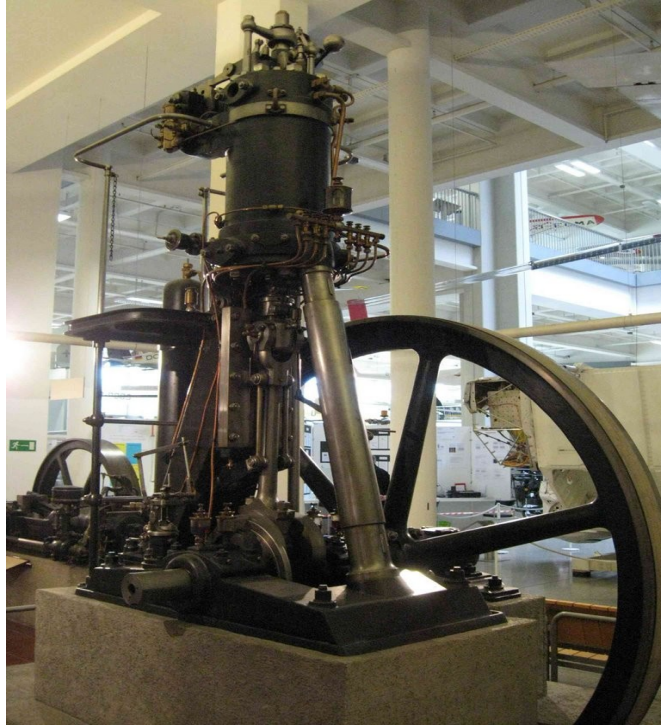


Silindirlerin soğutulması: Çevrimin sürekliliği için silindir duvarlarının soğutulması gerekliliği Carnot’un egzoz gazlarının ısılarından yararlanma düşüncesi ise uzun yıllar sonra gerçekleşme fırsatı bulmuştur. Carnot’un ölümünün ardından (1832),1892 yılında Prof. Dr. Rudolf Diesel havanın belirli bir oranda sıkıştırılması sonucu oluşan sıcaklığın, yakıtın tutuşma sıcaklığından daha yüksek olduğu makinesinin patentini

aldı. Bu makinede yakıt, hava sıkıştırıldıktan sonra piston üst ölü noktaya yaklaşırken püskürtülmekte, yanmanın etkisi ile de genişleme yapılması sağlanmaktaydı. Dr. Diesel bu makinesinde Carnot çevriminin verimine ulaşma düşüncesi ile makinesinde gerçekleşen çevrimi iki sabit sıcaklık (izoterm) iki sabit ısı (adyabat) eğrisinden oluşan Carnot çevrimine uygun olarak, adyabatik genişleme ve sıkışma amacı ile pistonları olabildiğince yalıtı.

Yüksek sıkıştırma basıncı ve soğutulmayan pistonlar nedeni ile söz konusu makine başarılı bir şekilde çalışmadı. Bu makinede, Almanya'da petrol bulunmaması nedeniyle yakıt olarak toz haline getirilmiş kömür kullanılmıştır.

İlk denemenin 3 yıl ardından 1895'te Dr. Diesel, dört zamanlı çevrime göre çalışan, sıkıştırma sonu basıncı 30-40 atm olan piston duvarları su ile soğutulan, yakıtın yüksek basınçlı hava ile birlikte silindire püskürtüldüğü ve termik verimi %24 olan makinesini tanıttı. Ardından Dr. Diesel'in MAN firması ile yaptığı işbirliği sonucunda 1897 'de günümüzde kullanılan dizel motorların ilk örneği üretildi[2].



Şekil 2.1. İlk Dizel Motor

2.2. DİZEL MOTORLARIN ÇALIŞMA İLKELERİ

4 zamanlı bir dizel motorun çalışma prensibi bu bölümde basit bir şekilde anlatılacaktır.

2.2.1. Emme Zamanı

Piston üst ölü noktadan alt ölü noktaya doğru hareket ederken silindir içinde giderek büyüyen hacim ve dolayısı ile oluşan vakumun etkisi ile birlikte, açılan emme supabından atmosfer basıncındaki hava silindire emilmeye başlanır. Piston alt ölü noktayı bir miktar geçene kadar emme işlemi devam eder. Havanın silindire emildiği bu sürece emme zamanı adı verilir.

2.2.2. Sıkıştırma Zamanı

Piston bu zamanda alt ölü noktaya olan hareketini tamamlamış ve üst ölü noktaya doğru harekete geçmiştir. Hem emme hem de egzoz supapları kapalı olduğundan sıkıştırmanın etkisi ile birlikte piston içi basınç artmaya başlar. Sıkıştırma işlemi yapılan bu sürece sıkıştırma zamanı adı verilir.

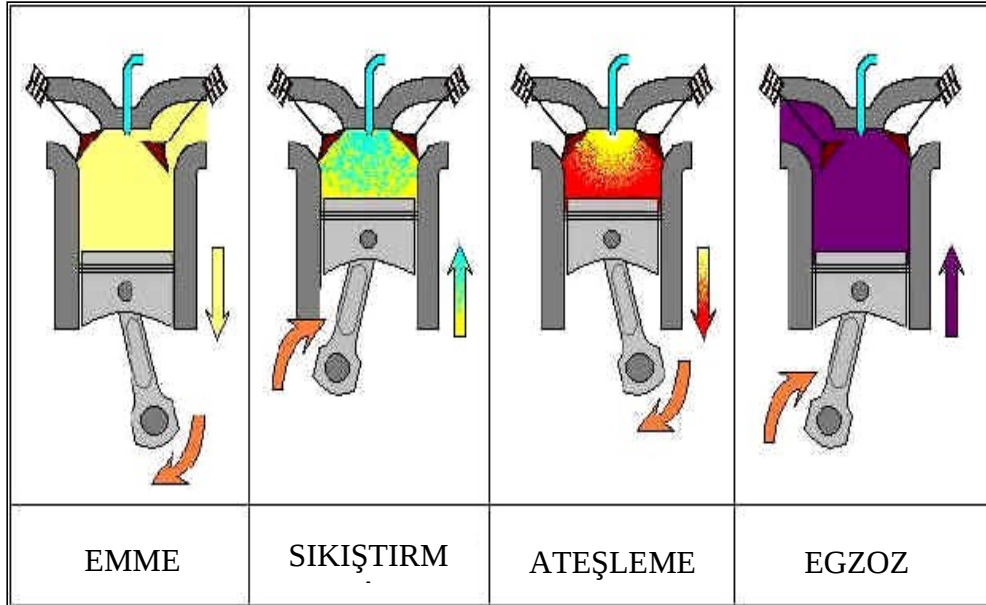
2.2.3. Yanma ve Genişleme Zamanı

Sıkıştırma zamanının sonuna doğru sıkıştırmanın etkisi ile birlikte basıncı ve sıcaklığı yükselen havaya yakıt küçük tanecikler halinde püskürtülür. Silindire püskürtülen yakıt belirli bir gecikme tutuşur ve yanma gerçekleşir. Püskürtme işlemi piston üst ölü noktayı geçtiğinde de devam eder. Dolayısı ile bu yanma genişleyen bir hacim içinde gerçekleşmektedir. Yanmanın etkisi ile birlikte sıcaklığı ve basıncı artan gazlar pistonu alt ölü noktaya doğru genişlemeye zorlar. Bu sırada silindir içindeki hacim büyümektedir.

Artan bu hacim nedeni ile iş yapan gazların basınçları genişleme sonunda azalır. Yanmanın ve genişlemenin gerçekleştiği bu zamana yanma ve genişleme zamanı adı verilir[2].

2.2.4. Egzoz Zamanı

Genişleme zamanının sonuna doğru egzoz supabı açılır ve silindir içinde basınçlı olarak bulunan egzoz gazları egzoz supabından silindir dışına çıkar. Bu olaya Serbest egzoz adı verilir. Piston alt ölü noktaya ulaşınca yönü değişerek üst ölü noktaya doğru hareket etmeye başlar. Bu sırada piston silindir içinde bulunan egzoz gazlarını süpürerek egzoz supabından dışarıya atar. Bu olaya da cebri egzoz adı verilir. Genel olarak atık egzoz gazlarının silindir içinden atıldığı bu olaya Egzoz zamanı adı verilir[2].



Şekil 2.2. Dört Zamanlı Motorun Çalışma Aşamaları

2.3. DİZEL MOTORLARDA YANMA KİMYASI

Dizel motorlarında yakıt ile hava karışarak yanması sonucunda yanma ürünleri oluşurlar. Bunlar CO₂, H₂O, SO₂, O₂ ve N₂ dir. Eğer yakıt çevrim sonucu tam olarak

yanmamış ise veya yanma disosyasyona uğramış ise bu bileşenlere ek olarak CO, PM, HC, NO_x, H₂, NO gibi ürünlerde oluşur.

Motorda yanmanın tam olarak gerçekleşip gerçekleşmeyeceği yanmanın gerçekleştiği yanma odasındaki hava miktarına da bağlıdır. Termodinamik hesaplarda hesaplamaları kolaylaştırmak amacı ile yakıt 1 kg olarak kabul edilir. Bu 1 kg'lık yakıtın tam olarak yanması için gerekli olan hava ise hava fazlalık katsayısının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Oksijenin hava içerisindeki ağırlık oranının %23,3 olduğu düşünülürse tam yanma için

gerekli olan minimum hava kütleli olarak $m_{hava_{min}} = \frac{m_{O_2_{min}}}{0,233}$ olacaktır. Bu değer için

yanmalı motorlarda 14-15 kg hava/kg yakıt mertebelerindedir[1].

2.4. YANMA PROSESİ

İçten yanmalı motorlarda oluşan yanma süreci fiziksel ve kimyasal etkileşimlerden oluşan karışık, modellenmesi son derece zor olan, günümüzde tam olarak açıklığa kavuşmamış bir olaydır. Bu fiziksel olaylar enerji ve kütle transferi ile ilgilidir. Kimyasal reaksiyonlar ise yakıt ve oksijen arasındaki moleküller arasındaki molekül etkileşimleridir. Tüm bu etkileşimleri yanma sırasında etkileyen pek çok parametre mevcuttur. Dizel motorlarda yakıtın yanma odasına püskürtülmesi ve buharlaşması ile başlayan yanma süreci yanmanın gerçekleşmesi ve işin oluşması ile son bulur.

Yakıtın püskürtülmesi ile birlikte yakıt hava ile sürtünmesi sonucu parçalanır. Parçalanma oranı yakıt demeti çevresinde sürtünme fazlalığından dolayı daha fazla olur. Püskürtme ile birlikte yanma odası içerisinde reaksiyonlar başlar. Ancak bu reaksiyonların yavaşlığı nedeni ile basınçta belirgin bir artış olmaz. Bu süreç yanabilen oranda yakıtın yanma sürecidir. Parçalanan yakıt buharlaşır ve tutuşma gecikmesi ile birlikte difüzyon alevi oluşur. Dizel motorunda oluşan yanma difüzyon şeklindedir. Benzin motorunda olduğu gibi alev cephesi yanmış bölgeden yanan bölgeye enerji ve kütle iletimi sonucunda belirli bir hızda ve yönde ilerlemez. Dizel

motorlarında yanmayı etkileyen yanan bölgedeki yerel koşullardır. Bunlara ek olarak yanma odası içerisinde ısı ve kütle transferi ile birlikte oluşan hava hareketleri de yanmayı etkileyen diğer bir faktördür[1].

BÖLÜM 3

3.1. İVMELENME

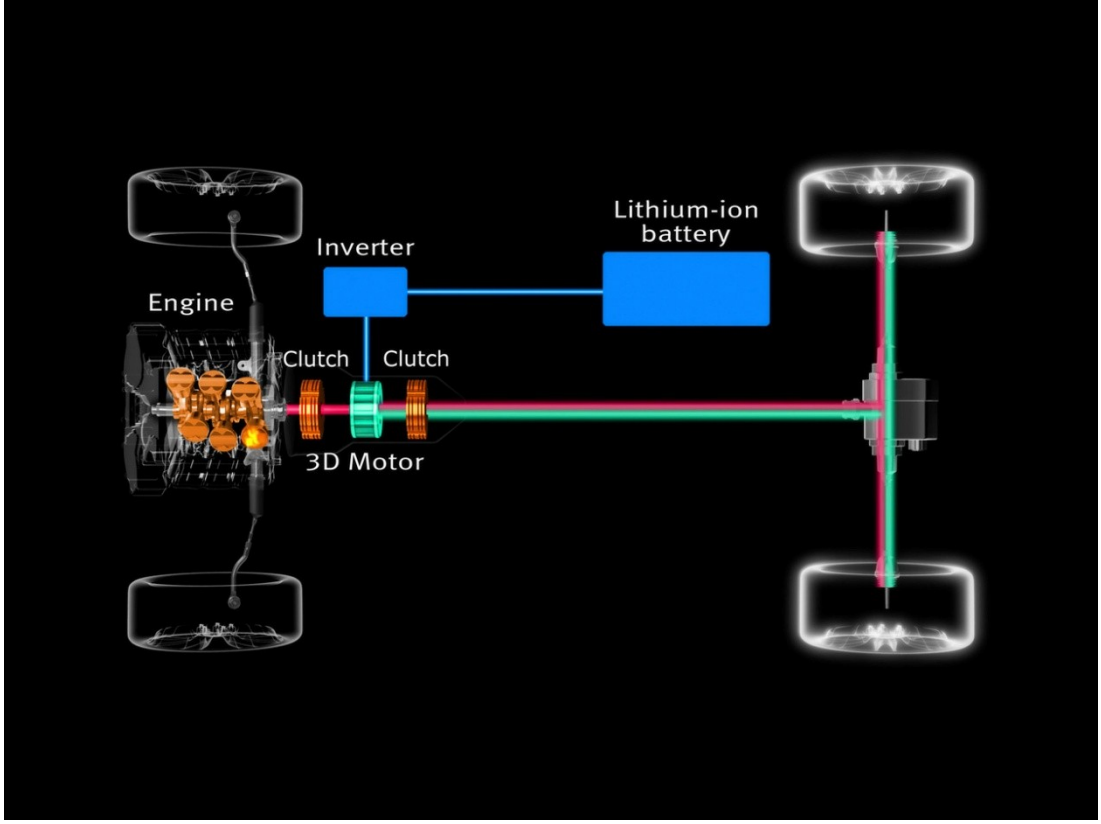
3.1.1. Negatif İvmelenme ve Geri Kazanımı

İvmelenmek, ivme kazanmak hareket eden nesnenin kısa bir zaman içinde, hızında oluşan değişimin bu zamana oranıdır. Hız kazanan bir cisim pozitif ivmelenme kazanırken, hız kaybeden bir cisim ise negatif şekilde ivmelenmektedir. Negatif ivmelenme taşıtlar için fren yapma durumudur. Motorlu araçlar durduğunda ise negatif ivmelenme biter ve ivmelenme boyunca ortaya çıkan enerji ısıya dönüşerek kaybolur.

Yaptığımız çalışmanın amacı kaybolan bu enerjiyi belirlemektir. Bu amaçla bu enerji ortaya çıktığı an itibariyle kinetik enerji olarak saklanamayacağından veya saklanması durumunun maliyeti çok yüksek olduğu için başka bir enerji türüne çevirerek araç üstünde depolanmasını sağlamak ekonomik açıdan uygun olacaktır. Bu enerji türü de maliyeti ve tekrar kullanılabilmesi açısından bakıldığında en çok tercih edilen elektrik enerjisidir.

Şekil 3.1.'deki gibi araç üstüne yerleştireceğimiz bir enerji dönüştürücüsü, elektrik depolayıcı ve elektrik motoru ile negatif ivmelenme yaptığımız zamanda kaybettiğimiz kinetik enerjisini önce elektrik enerjisine dönüştürürüz. Ardından

depolar ve tekrar kalkış için bu elektrik enerjisini kullanırız. Bu yöntemle aracın ana yakıtından büyük ölçüde tasarruf edebiliriz.



Şekil 3.1. Motorlu Taşıtların İçerisindeki Batarya Sistemi

Yaptığımız çalışmalarda Sakarya'da seçtiğimiz belediye otobüsü güzergâhlarında faaliyet gösteren otobüslerin (şekil 3.2.) negatif ivmelenme sonucu maksimum %45, minimum %11 ve ortalama %14 oranında yakıt harcadığı hesaplanmıştır. Bundan dolayı bahsettiğimiz alternatif depolama yöntemlerin bu araçlara uygulanması yakıt tasarrufu ve emisyon açısından uygun görülmüştür[4].



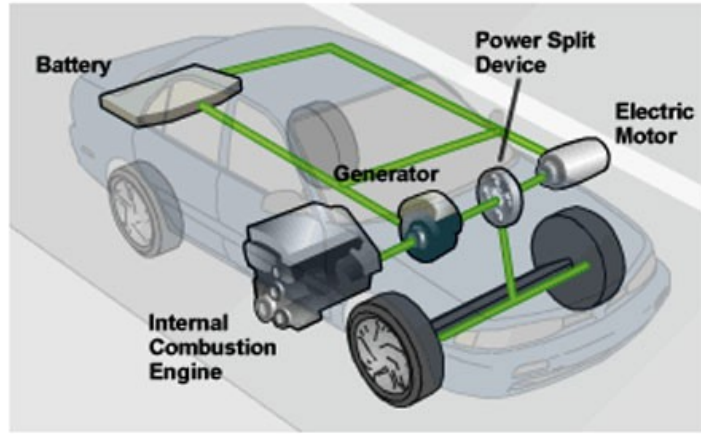
Şekil 3.2. Faaliyet Gösteren Belediye Otobüsü

3.1.2. Enerji Depolama

Söz konusu belediye otobüslerinde negatif ivmelenme hareketi ile kaybedilen enerjinin geri kazanılması için 3 çeşit depolama sistemi bulunmaktadır. Enerji depolama sistemleri, güç talebi düşükken depolama, güç talebi fazla iken de deşarj olma yolu ile kullanıcıya bir esneklik sağlamaktadır. Öne çıkan enerji depolama sistemleri şunlardır.

3.1.2.1. Bataryalar (Akümülatörler)

Batarya enerji depolar ve aynı zamanda tahrik sistemine güç/enerji sağlar. Bataryalar, elektrokimyasal prensipler kullanılarak elektrik enerjisi depolar, doğal olarak spesifik enerji benzinden daha azdır.

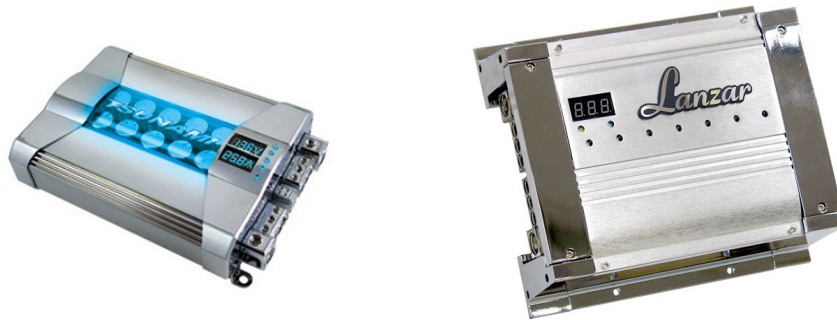


Şekil 3.3. İçerisine Batarya Yerleştirilmiş Bir Motorlu Araç

3.1.2.2. Çift Katmanlı Kapasitörler (Ultra Kapasitörler)

Ultra kapasitörler enerjiyi, elektrokimyasal bir çift katmanın elektrik alanında depolarlar. Frenleme enerjisinin geri kazanılmasında olduğu gibi, trenlerin ivmelenme anında ve eğim çıkışlarında da güç desteği sağlamak için birincil enerji kaynağı olarak geliştirilmektedirler.

Ultra kapasitörler diğer kapasitörlere nazaran çok yüksek bir enerji yoğunluğu için geliştirilmişlerdir. Ultra kapasitörler enerji depolama boyutları bakımından oldukça esnekler ve değişik gerilim, güç aralığı ve yüklenen enerji içeriği değerlerine seri ve paralel bağlama yapılarak basit bir adaptasyon imkânı sağlarlar.



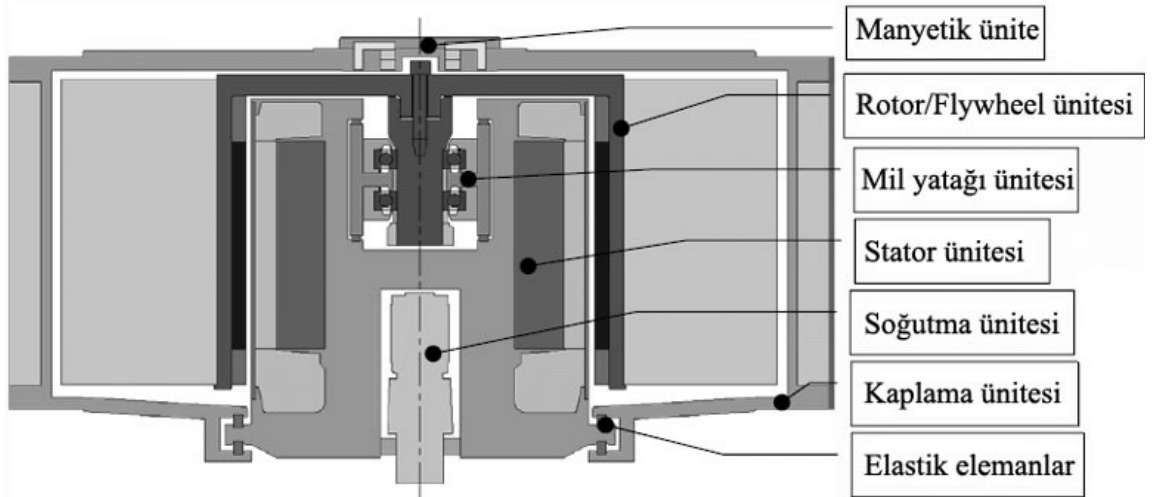
Şekil 3.4. Bazı Ultra Kapasitörler

3.1.2.3. Flywheel (Volan)

Flywheel, dönen kütle üzerine temellenen bir elektromekanik enerji depolama sistemidir. Flywheel sistemleri yüksek enerji ve yüksek güç yoğunluğuna sahip karakteristiktirler ve bu durum bunları karayolu araçları için frenleme enerjisinin depolanmasında çekici bir teknoloji haline getirmiştir.

Şarj ve şarj olma süresi bakımından ultrakapasitörler ile bataryalar arasında bir yerdedir. %90'dan fazla verimliliği vardır.

Şekil 3.5. te de görüldüğü gibi Volan üzerinde Manyetik ünite, mil yatağı ünitesi, stator ünitesi, mil yatağı ünitesi, statör, soğutma ünitesi gibi elemanlar gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Volan Ünitesi

3.1.2.4. Hidrolik Pompalar

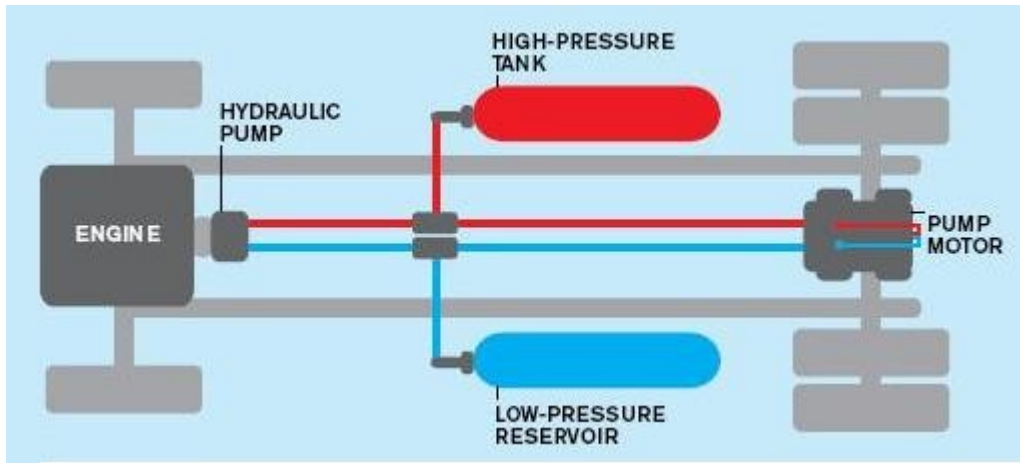
HLA, hibrit araçlar gibi, aracın frenlenmesi (negatif ivmelenmesi) esnasında kaybolan enerjinin bir bölümünü depolar. Hibrit araçlarda, aracı harekete geçirmek için ihtiyaç olduğunda kullanılan bu ekstra enerjiyi stoklamak için aküler bulunmaktadır. HLA sisteminde, bu fazla enerjiyi tankta stoklanan nitrojen ile tutmak için pistonlar yer almaktadır.

Nitrojen genleştiğinde, hidrolik akışkanla dolu silindir içinde pistonu aşağıya doğru

iter ve dizel motorun arka tekerlekleri döndürmesine olanak sağlar

Hidrolik sistemin araçlar için faydaları:

- %25-45 yakıt tasarrufu
- Daha hızlı ve daha yumuşak hızlanma
- Sürüş fiyatlarını düşürür.
- Yaklaşık %30 emisyon düşüşü sağlar.



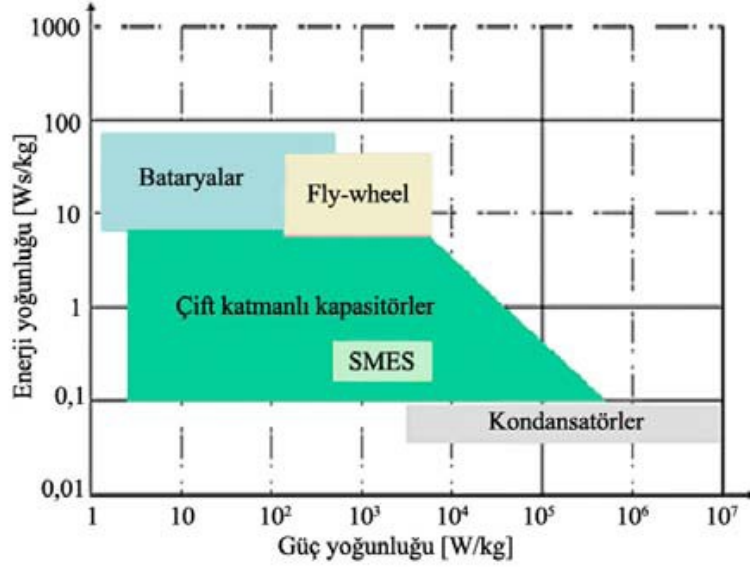
Şekil.3.6. Hidrolik Sistemlerin Araç Üzerindeki Konumu

Şekil 3.6.'da da görüldüğü gibi araç pozitif ivmelenme yaptığı sürede yani hızlandığı sürede yakıt yakmıyordur. Bunu yerine yüksek basınçlı tanktaki hidrolik sıvı sistemi kullanmaktadır. Bu sıvı kullanıldıktan sonra düşük basınçlı rezarvuara geçer. Araç çalışır halde hazır beklerken dizel motoru sıvının basınçlı kalmasını sürdürür. Negatif ivmelenme boyunca yani frenleme yaparken araç kinetik enerjisi koruyarak yüksek basınçlı tanktaki sıvının basıncının düşmesini engeller. Böylece bir sonraki kalkış için her zaman sıvı gücünden yararlanılabilir.

3.1.3. Depolama Sistemlerinin Karşılaştırılması

Flywheel sistemleri şarj ve şarj olma süresi bakımından Ultra kapasitörler ile Bataryalar arasında bir yerdedir.

Bataryalar diğer enerji depolama sistemlerine gore çok yüksek bir enerji yoğunluğuna sahiptirler ancak dk gc yoğunluğundan dolayı şarj olma süreleri yüksektir. Günümüz bataryaları Flywheel ve Ultra kapasitörlerin gerisinde kalmıştır.



şekil 3.7. Enerji yoğunluğu-Gc Yoğunluğu grafiği

3.1.4. Araç stnde Enerji Depolamanın Avantajları

Araç üstünde uygulanabilecek bu sistemin Belediye'ye ve Belediye otobüslerine faydaları kısa başlıklar halinde şu şekilde sıralanabilir;

- Negatif ivmelenme anında enerjinin korunumu.
- Seyir halinde iken bu enerjinin kullanılması.
- Merkez yakıt istasyonlarından talep edilecek yakıtın azalması.
- Gc l bir depolama ile ana yakıtın bitmesi halinde bir süre daha seyir edebilmesi.
- Aracın durduktan sonra tekrar kalkışı halinde oluşabilecek performans düşüşünün nlenmesi[5].

BÖLÜM 4

4.1. DİZEL MOTORLARDA EMİSYON OLUŞUMU

Yakıt püskürtme Teorisi; Sprey yakıt hava dağılımına ve her bir bölgedeki yanma mekanizmalarına göre birkaç bölgeye ayrılabilir. Bu modelde sprej ekivalans oranına göre 3 bölgeye ayrılır. Birinci bölge sprej çekirdeğidir ve bir alev teşekkül ettirecek şekilde yeteri kadar atomize olmamış ve hava ile karışmamış büyük yakıt damlacıklarını oluşturur. Üçüncü bölgede yanmak için çok zayıf bir karışım ve küçük yakıt damlacıkları bulunur. İkinci bölge diğer 2 bölgenin arasında bulunur, yakıt damlacıkları ve buharlaşmış hava karışımı ihtiva eder.

Yakıt birinci bölgede buharlaşır ve hava ile karışırken, ikinci bölgede yanma başlar.

Sprejin ön kenarı ile çekirdeği arasındaki havadaki buhar konsantrasyonu homojen değildir ve bölgesel yakıt hava oranı sıfırdan sonsuza kadar değişir. Yanma çekirdeği, karışım içerisinde kendi kendine tutuşmanın çok daha uygun olduğu birkaç yerde birden oluşur.

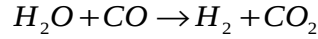
Bölge ikideki tutuşma ve yanmada alev sprej konisine doğru yayılır. İkinci bölge ile çekirdek arasındaki sınırda yakıt damlacıkları daha büyüktür. Bu damlacıklar yanan alevlerden radyasyon yoluyla ısı kazanırlar ve daha hızlı bir şekilde buharlaşırlar. Sıcaklığın artışı buharlaşma difüzyonunu artırır. Bu damlacıklar tamamen veya kısmi olarak buharlaşırlar. Tamamen buharlaşmamış damlacıklar difüzyon alevi ile sarılırlar ve bu damlacıkların yanma hızı buharlaşma hızı, oksijenin aleve difüzyon hızı gibi bir çok faktör tarafından etkilenir.

Birinci bölge en yüksek ekivalans oranına sahip olan bölgedir ve en uzun yanma burada olur. Bu bölge katı karbon parçalarının ve NO emisyonlarının kaynağıdır. İkinci bölge ön karışimli bölgedir ve ilk tutuşma yanması burada oluşur ve bu bölgede önemli bir miktarda emisyon oluşmaz. Üçüncü bölgede ekivalans oranı düşüktür, yanma iyi olmaz. Bu bölgede bu nedenle HC emisyonları oluşabilmektedir.

4.1.1. Karbonmonoksit Oluşumu (CO)

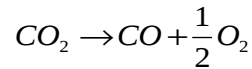
Yanma ürünleri arasında CO bulunmasının ana nedeni oksijenin yetersiz olmasıdır. Yanma odasının tümü ele alındığında oksijen genel olarak yetersiz olabileceği gibi karışımın tam olarak homojen olmaması durumunda yanma odasının belirli bir konumda yerel olarak da yetersiz olabilir. Temel olarak CO oluşumu hava fazlalık katsayısının kuvvetli bir fonksiyonu olarak değişmektedir.

Yanma sırasında CO oluşumu su gazı dengesi olarak adlandırılan



Denklemleri ile belirlenmektedir. Yüksek alev sıcaklıklarında bu denge reaksiyonundan CO₂ miktarına bağlı oranla daha fazla CO elde edilir. Ancak sıcaklık düştükçe CO'nun CO₂ şeklinde oksidasyonu söz konusudur. Bu bakımdan fakir karışımlar la egzoz gazları içerisindeki CO miktarı daha az olurken zengin karışımlarda soğuk egzoz gazları içerisinde bile O₂ yetersizliği nedeniyle yüksek miktarda CO bulunmaktadır.

Yanma sırasında alev cephesinin iç tarafında ulaşılan yüksek sıcaklık bölgesinde çok miktarda CO oluşmaktadır. Ancak gazların daha sonra genişlemesi ve soğuması sırasında oksidasyon sonucu CO, CO₂ ye dönüşmektedir.



Dizel motorlarında genellikle fakir karışım oranları ile çalışıldığından CO emisyonu düşük olmaktadır.

Özetle yanma biterken CO'nun CO₂'ye dönüşümünü sağlayan yeniden birleşim reaksiyonları oluşur. Şayet bu yeniden bileşim reaksiyonları, oksitleyici eksikliği, alçak gaz sıcaklıkları, kısa kalış zamanı gibi etkenler nedeniyle tamamlanmadan egzoz subabı açılırsa egzoz gazları içinde CO emisyonu artacaktır. Sprey yanmasının

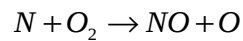
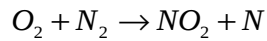
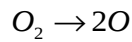
ilk safhalarında CO'in 2. bölge ve 3. bölge sınırları arasında oluştuğuna inanılır fakat bölgesel sıcaklıklar yeteri kadar yüksek olmadığından yetersiz ve az miktarda oksidasyon ve CO₂ oluşur. Daha sonra yanma prosesi esnasında bölgesel sıcaklıklar yükselir ve reaksiyonları artar.

İkinci bölgede oluşmuş CO derhal oksitlenir çünkü oksijen konsantrasyonu ve gaz sıcaklığı uygundur. Sprey çekirdeğinde ve duvar kenarlarında yüksek oranlarda CO oluşur. Oluşum hızı mahalli oksijen konsantrasyonuna, mahalli gaz sıcaklığına ve oksidasyon için yeterli zaman olup olmamasına bağlıdır.

4.1.2. Azot Oksit (NO_x) Oluşumu

Yanma sonucu ulaşılan yüksek sıcaklıklarda havanın içerisindeki azotun oksijen ile birleşmesi sonucu azot oksitler meydana gelmektedir. NO_x içerisinde ana eleman olarak azot bulunmaktadır. Egzoz gazlarının daha sonra atmosfere atılması sonucu oksijenle temasında NO'nun bir kısmı NO₂ ve öteki NO_x'lere dönüşmektedir. Bu bakımdan NO_x oluşumunu etkileyen iki önemli parametre yanma odası sıcaklığı ve hava/yakıt oranıdır. Ayrıca kimyasal reaksiyon hızları da etkili olmaktadır. Ancak bu hızlarda sıcaklığa bağlıdır.

Yanma sistemlerinde Azot oksit oluşumu konusunda birçok mekanizma göz önüne alınmıştır. NO oluşumu için kabul edilen en yaygın model zeldowich mekanizmasıdır[7].



Zincir reaksiyonları yüksek sıcaklıklarda oksijen moleküllerinin ayrılmasından oluşan atomik oksijen tarafından başlatılır. Bu mekanizmaya göre dizel yanmasından spreycideki bölgesel NO oluşumu bölgesel oksijen atomu konsantrasyonu ile

ilişkilidir, bölgesel oksijen atomu konsantrasyonu ise oksijen moleküllerinin bölgesel konsantrasyonu ve alev sıcaklığı ile bağıntılıdır.

Yukarıdaki denge reaksiyonlarını göz önüne alarak son 2 reaksiyonun ters yönde ilerlemesi NO'dan O₂ elde etmek mümkündür. NO oluşum hızı N₂ ve O₂'nin oluşum hızından daha yüksektir. Bunun sebebi piston üst ölü noktadan aşağıya doğru giderken NO'ların tekrar N₂ ve O₂ ye ayrışması beklenirken reaksiyon hızının düşük sıcaklıklarda çok düşük olması nedeniyle bu reaksiyonlarda yavaşlar yani piston üst ölü noktadan aşağıya doğru giderken soğuyan gazlar reaksiyonu dondurur. Bu yüzden NO miktarındaki azalma önemsizdir.

4.1.3. Partikül Madde Oluşumu

Partikül maddeler; katı parçacıklar, duman veya is olarak da tanınır. Dizel motorunda hem karışım hem de yakıt cinsi partikül maddelerin oluşumuna sebep olmaktadır. Oksijence fakir ortamda bulunan yakıt moleküllerinin ısıl parçalanması özellikle H'lerin kolayca oksitlenmesi, C'ların ise oksitlenmeden ortamda çoğalması durumunda partikül maddeler oluşur. İis, bu durumda oluşan katı karbon tanecikleridir. Motorun yük durumuna göre değişen HFKnın bir fonksiyonu olarak is miktarı değiştiğinden motorun gücünü de sınırlayan bir etkidir. Genelde is oluşumu dizel yanmasının bir safhasıdır. Bu nedenle başlangıçta oluşan karbonun büyük bir kısmı tekrar yanar. Ancak gücü arttırmak amacı ile yanma odasına fazla miktarda yakıt gönderildiğinde, yeterli oksijen bulunmadığı için egzoz gazları içerisinde bir miktar is bulunacaktır. İis oluşumu silindirin aşınmasına segman yuvalarının karbonla dolarak zarar görmesine neden olmaktadır. Yanma odasında yeterli sıcaklık, oksijen ve zaman bulunmaz ise partikül maddeler egzozdan dışarı atılmaktadır.

Partiküller çapları bakımından tehlike sınıflandırmasına tabidirler. Yani partikül çapı küçüldükçe çevresel ve sağlık açısından tehdidi de büyür. Trafik kökenli partikül maddeler, dizel motorlarda düşük kükürtlü yakıt kullanılması ve yakıt pompasının doğru ayarlanması ile büyük ölçüde önlenabilir. Nefes alındığında akciğere kadar giderek yerleşebilen bu maddeler bronşları tahriş ettiği için insan sağlığına zararlıdır.

Dizel motorların dışında PM, fren balataları ve lastiklerden sürtünme etkisi sonucunda da oluşmaktadır.

4.1.1. Hidrokarbon (HC) Oluşumu

Karışımın zengin veya fakir olması HC emisyonunu etkilemektedir. HFK'nın 1,1 değeri civarında HC'lar minimumdan geçerek bu değerin her iki yanında da artış göstermektedir. HFK'nın büyük olması durumunda yanma odası sıcaklığı düşeceği için tam yanma olmaz ve HC'lar artar. Karışımın zengin olması durumunda ise yeterli oksijen bulunmadığı için yakıtın tümü yanamaz ve tekrar HC'lar artış gösterir. Hidrokarbonların yanmasında alev cephesinin arkasında ölçülebilir HC konsantrasyonu görülmektedir. Motordaki HC emisyonu daha ziyade tam yanma olmayan bölgelerden oluşmaktadır. HC emisyonu motor yükü ve hızına doğrudan bağlı değildir. Daha çok enjeksiyon sistemine ve yanma odası geometrisine bağlıdır. Dizel motorlarının egzoz borusundaki, sıcaklık ve oksijen konsantrasyonun yeterli olduğu hallerde HC'lar oksidasyonlarını devam ettirmektedir.

Hidrokarbonlar, çok çeşitli organik kimyasal maddeler içerse de, normal atmosfer miktarlarında toksin etkiye sahip bulunmamaktadır. Ancak havadaki diğer kirleticilerin birbirleri arasındaki reaksiyonlarda rol oynamaları nedeniyle kirletici olarak önem kazanmaktadır. Motorlu araçların yoğun olduğu bölgelerde hidrokarbon miktarlarında önemli artışlar olmaktadır[8]

Dizel motorlarda oluşan emisyonlar haricinde yakıtta kontrol edilmesi gereken emisyonlar ise SO_x gazlarıdır.

Kükürt içeren fosil yakıtların yanması sonucunda oluşarak atmosfere verilen bu gaz, renksiz ve geniz yakıcı bir özelliğe sahiptir. Dizel yakıtlarda % 0,5 'in altında kükürt vardır. Basit olarak çıkan SO_x gazı SO₂ olarak kabul edilir. Havada 1-7 gün arasında askıda kalabilmektedir[9].

Yakıt içerisinde bulunan kükürt miktarına bağlı olarak özellikle dizel motorlarında yanma sonucu kükürdün hava ile birleşmesi ise SO₂ oluşmaktadır. Daha sonra egzoz

gazları içindeki su buharı ile SO_2 'nin birleşmesi sonucunda da silindir içerisinde ve atmosfere atıldıktan sonra H_2SO_4 oluşmaktadır. Oluşan sülfürik asit motor elemanlarının korozyonuna neden olmaktadır.

4.2. EMİSYONLARIN ETKİLERİ

4.2.1. Karbonmonoksit (CO)

- Yakıtın eksik yanması sonucu doğan (CO) renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır.
- Havada binde 3 sınır değerinde öldürücüdür. Özellikle benzinli araçlarda rölantide çıkar.
- Kapalı bir ortamda çalışan bir otomobilin egzozundan çıkan (CO) orada bulunanları zehirler ve öldürür.
- Atmosferde kendiliğinden havanın oksijen ile birleşerek CO_2 'ye dönüşür.

4.2.2. Azotoksitler (NO_x)

- NO renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Motor içindeki yüksek sıcaklık nedeni ile ortaya çıkar.
- NO, havanın oksijeni ile NO_2 oluşur.
- Kahverengi ve kokulu olan NO_2 , akciğer dokusunda hasara ve felce neden olur.

4.2.3. Hidrokarbonlar (HC)

- Yakıtın eksik yanması ve benzinin depodan veya dolum sırasında buharlaşması ile ortaya çıkar.
- Bazı HC'ler müközada tahrişe yol açar, bazıları ise kanserojendir.
- Hidrokarbonlar, NO ve güneş etkisi ile OZON (O_3) meydana getirir[8].

4.2.4. Partikül Maddeler (Duman)

- İis veya duman olarak tanınırlar,
- Dizel motorlarında görülür,
- Zararlı oldukları halen tartışma konusudur,
- Kaliteli yakıt kullanılması ve yakıt pompasının doğru ayarlanması ile büyük bir ölçüde önenebilir,
- Bunlara karşı ticari kullanımı olan bir filtre düzeni mevcut değildir.

4.2.5. Kurşun Bileşikleri

- Benzinde vuruntuya karşı direnci sağlamak amacı ile Kurşun Tetra Etil katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.
- Bunun sonucu egzoz gazında oluşan kurşun bileşikleri doku, kan dolaşımı ve sinir sisteminde tahribat yaratmaktadır.
- Benzindeki kurşun katkısı için, çeşitli benzinlerde 20.Mart.1985 tarih ve EEC 85/210 sayılı AT direktifinde aşağıdaki sınırlar verilmiştir;
 - Kurşunlu benzinde kurşun miktarı en çok 0,40 gr Pb/litre, en az 0,15 gr Pb/litre
 - Kurşunsuz benzinde kurşun miktarı en çok 0,013 gr Pb/litre
 - Benzen miktarı en çok hacim olarak %5,0
- Ülkemizde TÜPRAŞ tarafından üretilen normal benzinde en çok 0,15 gr Pb/litre, süper benzinde en çok 0,40 gr Pb/litre ve kurşunsuz benzinde en çok 0,013 gr Pb/litre değerleri verilmektedir.
- 1985 yılında yayınlanan bu direktifin, 01.Ekim. 1989 tarihinde AT üyesi ülkelerde yürürlüğe girmesi kabul edilmiştir.

- Kurşunsuz benzin üretiminde, rafineli maliyeti özel proses nedeni ile kurşunlu benzine kıyasla daha pahalıdır.
- Kurşun katkısı subap yuvalarında yağlama etkisine sahiptir. Bu nedenle kurşunsuz benzin kullanılması için subap ve subap yuvalarında özel malzeme gerekir.
- Benzinde sadece kurşun miktarının azaltılması, çevre kirliliği açısından yeterli değildir. Katalizatör için kurşunsuz benzin kullanma zorunluluğu, dolaylı olarak kurşunun zararlı etkisini de azaltmaktadır.
- AT ülkelerinde 1985 tarihinden itibaren kurşunsuz benzinin yaygınlaşması için önce bu benzine uygun motorlar geliştirilerek talep yaratılmış ve dağıtım sistemi yaygın hale gelince katalizatörün tüm otomobillerde uygulanması zorunlu kılan EURO 93 standardı 01.01.1993'den itibaren başlatılmıştır.

Ülkemizde otomobil üreten fabrikaların tüm modelleri Temmuz-1993 tarihinden itibaren kurşunsuz benzin kullanacak duruma getirilecektir. Böylece bu benzine talep artışı sonucu, katalizöre geçiş döneminde kurşunsuz benzinin ülke çapında yaygınlaştırılması sağlanacaktır[11].

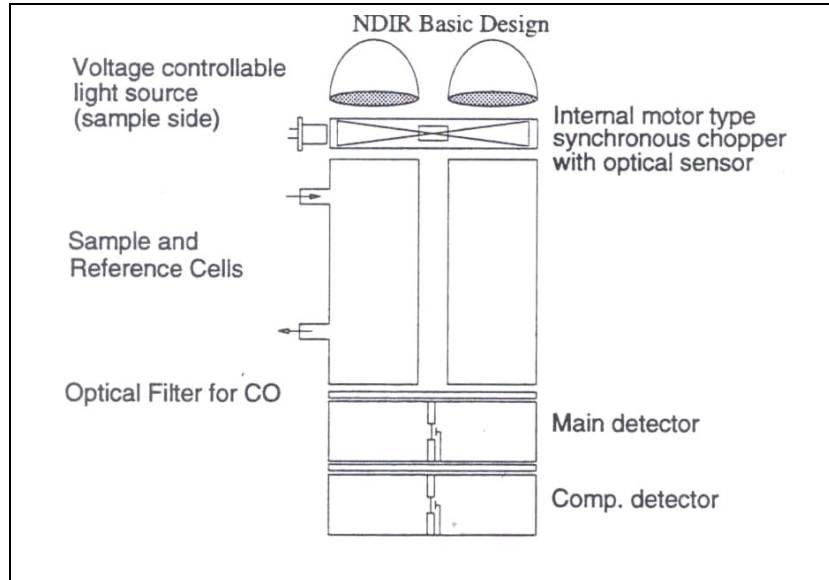
4.3. DİZEL VE BENZİNLİ MOTORLARDA EGZOZ EMİSYONLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Egzoz emisyonu bileşimi dizel ve benzin motorlarında farklıdır. Kamuoyundaki genel kanının aksine, herhangi bir önlem alınmamış dizel motoru benzin motoruna kıyasla daha az çevre kirliliği yaratmaktadır. Gerekli önlemler alındığında, çevre kirliliği benzin motorlarında daha etkili bir şekilde azaltılabilmektedir. Önlem alınmamış bir dizel motorunda egzoz emisyonu, gerekli önlemler alınmış bulunan benzin motoruna kıyasla daha azdır. Bu nedenle Otobüs araçlarındaki çevre kirliliği önleme çalışmaları, daha çok benzin motorlu araçlarda yoğunlaştırılmıştır[11].

4.4. EGZOZ EMİSYONLARININ ÖLÇÜMÜ VE ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

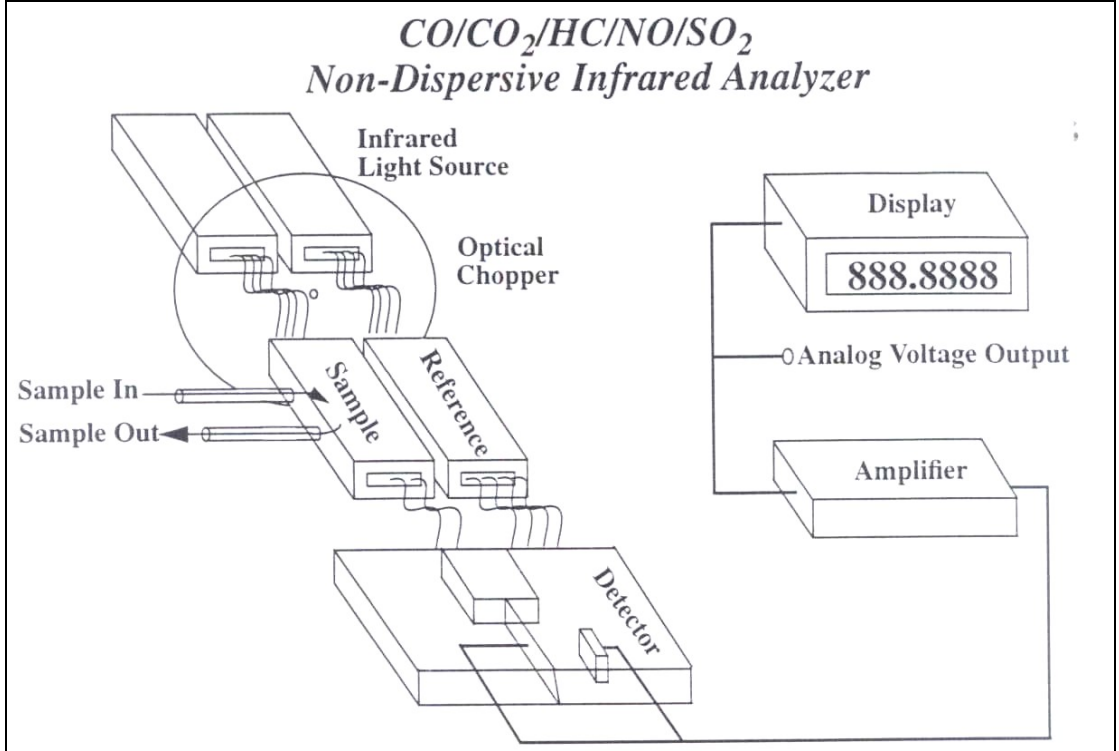
4.4.1. CO ve CO₂ Ölçüm Yöntemi

Egzoz gazları içerisindeki CO ve CO₂ miktarının belirlenmesi için kullanılan AIA analizörü, Dağılmayan Kızıl Ötesi Işınlı gaz analizörüdür. Bu sistemde kızıl ötesi ışınların, ölçümü yapılacak örnek gazlar içerisinde geçerken, farklı bileşenler tarafından radyasyon enerjisinin farklı oranlarda absorbe edilmesi prensibi kullanılmaktadır. Kızıl ötesi kaynak tarafından üretilen ışık ikiye ayrılarak referans hücresi ve örnek gazlara ait hücre içerisinde geçip, detektöre ulaşmaktadır (Şekil 4.1). İçerisinde ölçümü yapılmakta olan kimyasal bileşenlerden bulunmayan referans gazlarının absorbe ettiği enerji miktarı belirlenirken, diğer hücrede ise CO ve CO₂ bileşenleri farklı dalga boylarındaki kızıl ötesi ışından enerji absorbe etmektedir. Bundan yararlanılarak detektörde, referans ve ölçüm hücrelerinden absorbe edilen enerji miktarı farkı elektriksel akıma dönüştürülerek, kalibre edilmekte ve bileşenin konsantrasyonu cinsinden ölçüm yapılmaktadır.



Şekil 4.1. Dağılmayan Kızıl Ötesi Gaz Analizörünün Basit Dizayn

Diğer absorbe edici kaynakların etkisini önlemek amacıyla kaynaktan çıkan ışık, gerekli dalga boylarında çalışılmak üzere filtreden geçirilmektedir. Ayrıca ışık kaynağı periyodik olarak bir kesici tarafından saniyede yaklaşık 10 kez kesilip, açılmaktadır. Bu durumda, birim zamandaki miktarı belirleyecek şekilde periyodik olarak enerji absorpsiyonu sağlanmakta ve sonuçta bu miktar ölçülmektedir. AIA serisi ölçüm cihazlarına ait özellikler ve parametreler Ek.1'de verilmiştir.

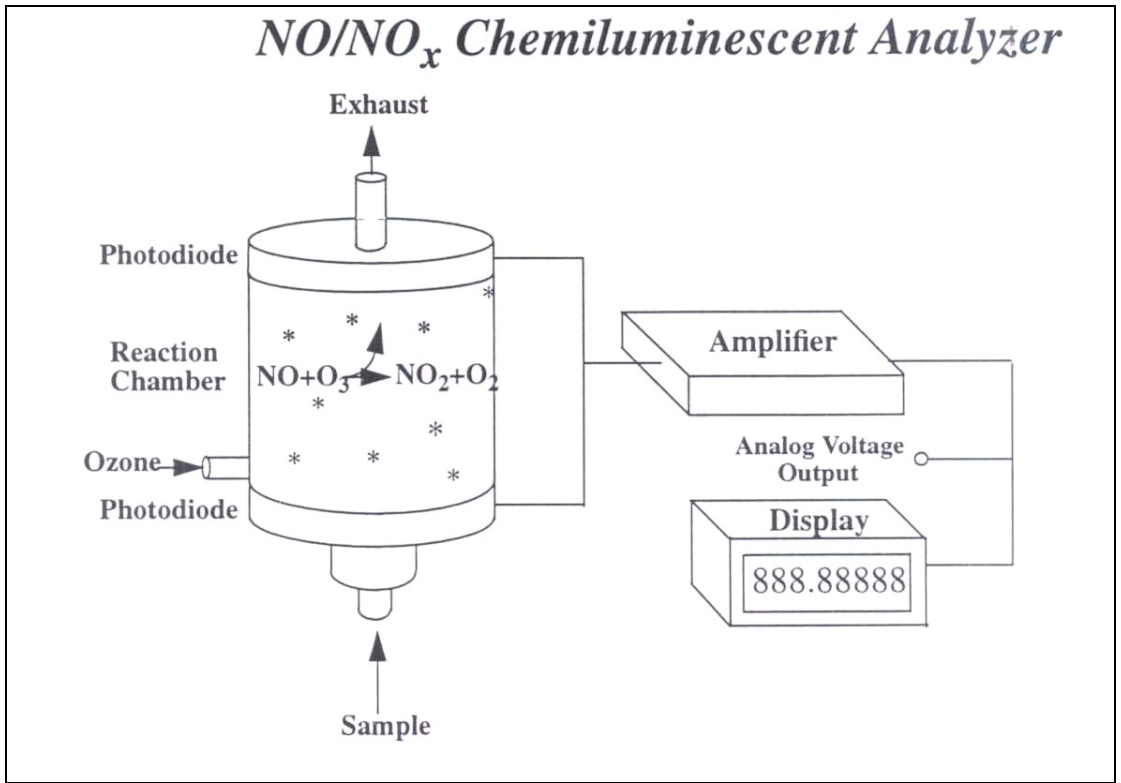


4.1.2. NO_x Ölçüm Yöntemi

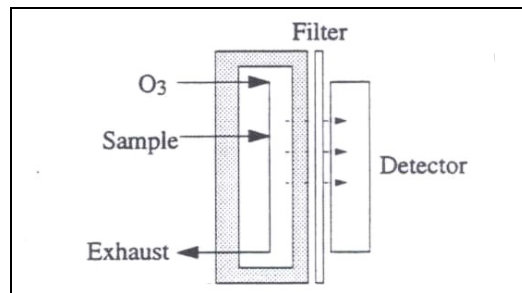
NO_x ölçümünde CLA analizörü kullanılmaktadır. Bu yöntem Kimyasal Işın ölçümüdür. Bu yöntemde, ana prensip NO ile ozon (O₃) reaksiyonu sonucu oluşan uyarılmış NO₂'nin, uyarılmamış duruma dönüştürülmesi sırasında açığa çıkan foton enerjisi NO_x miktarının ölçümü sonucu miktarının belirlenmesidir. Bu enerji miktarının ölçümü ile buna karşı gelen NO₂ miktarı belirlenir. Böylece başlangıçtaki NO miktarı belirlenmiş olmaktadır. Örnek gaz içerisinde mevcut NO₂'nin ölçümünde ise, gazlar ısıtılarak NO₂/NO dengesi, NO yönüne çevrilir. Yaklaşık 315 °C değerinde %90 değişim sağlanmaktadır. NO ve NO₂ içeren egzoz gazlarında ölçümün ayrı ayrı yapılması istenildiğinde, önce NO miktarı, sonra da

dönüştürücüden geçirilen gazlardaki NO_x miktarı belirlenir. Böylece her iki ölçümün farkından da NO_2 miktarı bulunur.

Horriba 7000 CLA serisi analizörlerin hem atmosferik hem de vakum tipi modelleri bulunmaktadır. CLA konverter, 190°C 'de yüksek verim gösterecek şekilde dizayn edilmiştir. Özel kaplamasıyla konverterdeki 'white powder' denilen beyaz tozlarda da azalma görülmektedir. CLA serisi ölçüm cihazlarına ait özellikler ve parametreler Ek.2'de verilmiştir.



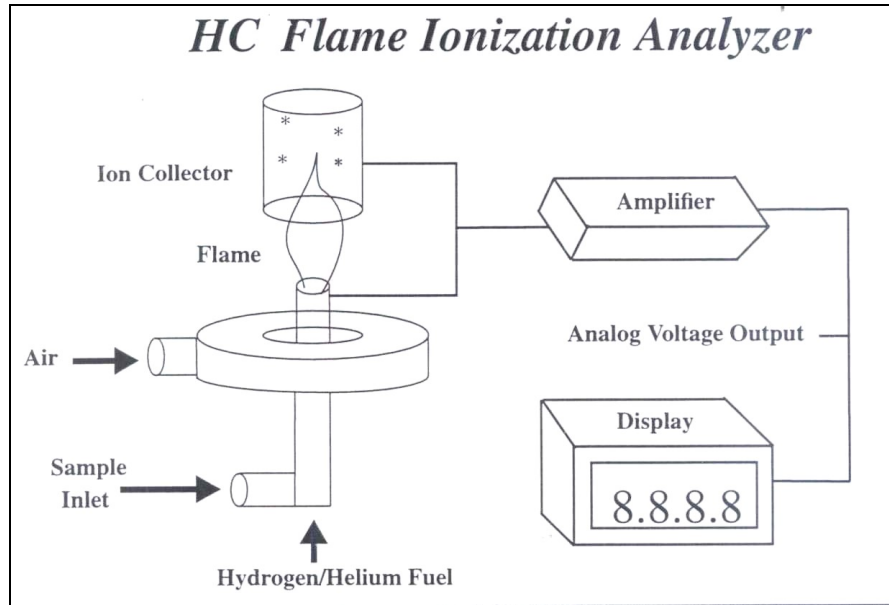
Şekil 4.3. Horriba 7000-CLA Analizörünün NO_x Ölçümü



Şekil 4.4. Kimyasal Işın Ölçümünün Basit Şekli

4.1.3. HC Ölçüm Yöntemi

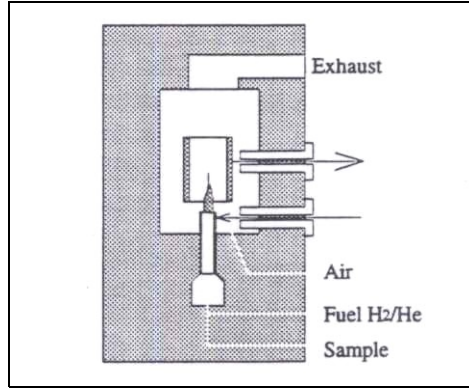
FIA, HC'ların ölçülmesinde kullanılan analizördür ve Alev İyonizasyonu prensibinde çalışmaktadır. Bu sistem prensip olarak H₂-O₂ alevinden oluşmaktadır. Burada H₂, O₂ ve inert gazlardan (Horibanın analizöründe kullanılan inert gaz, He'dur.) meydana gelen karışım; iyonlardan arınmış durumdadır. Bu alev içerisine HC'lar eklendiğinde, eklenen miktara orantılı olarak iyon akısı artmaktadır. Alevdeki bu iyonizasyon miktarının ölçümü de HC konsantrasyonunu belirlemektedir. Temel olarak Alev İyonizasyon Detektörü, H₂ ve O₂'den oluşan bir difüzyon alevidir. Sisteme uygulanan polarizasyon akımı sonucu sağlanan elektrostatik alan içerisinde, HC'ların eklenmesi ile oluşan pozitif iyonlar kolektöre, negatif iyonlar ise aleve doğru giderek iki elektrod arasında iyonizasyon akımı oluşturmaktadır. Bu akım, alevin içindeki HC miktarı ile doğru orantılıdır. Böylece doğru akım yükselticisinden geçirilerek, HC konsantrasyonu cinsinden kalibre edilmiş çıkış sağlanır.



Şekil 4.5. Horiba FIA HC Ölçülmesi - Alev İyonizasyon Sistemi

Genelde alev sıcaklığını azaltmak amacıyla saf hidrojen yerine inert gazlarla karıştırılmış hidrojen kullanılmaktadır. Ölçümler hava ve yakıtın debisine bağlı olarak daha hassaslaşmaktadır. Normalde örnek gaz debisi 3-5 ml/dakika, hidrojen-gaz karışımı debisi 75 ml/ dakika, hava debisi 200 ml/dakika mertebelerindedir. Bu sistem su buharından

etkilenmediği için örnek gazın kurutulmasına gerek yoktur. Ancak cihazın içerisine sıvının veya partiküllerin girmesine, orifislerin ve küçük çaptaki boruların korunması açısından izin verilmemelidir. FIA serisi ölçüm cihazlarına ait özellikler ve parametreler Ek.3'te verilmiştir.



Şekil 4.6. Alev İyonizasyon Prensibinin Temel Şekli

4.1.4. GFA Analizörü

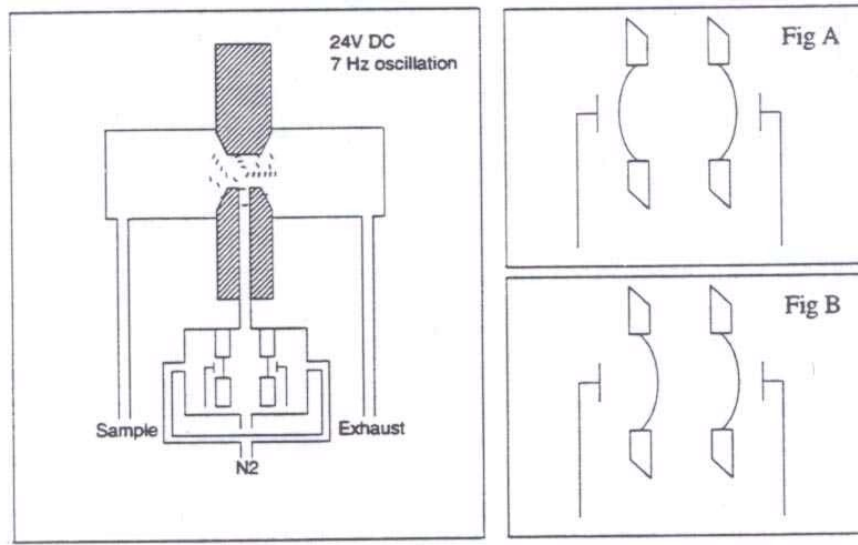
7000 serisi GFA analizöründe bulunan iki sütun; örnek gazlardaki metan moleküllerini diğer moleküllerden ayırırlar. İlk sütun metan olmayan hidrokarbonlar ile diğer molekülleri tutar. Fakat metan ve oksijen buradan geçer. İkinci sütun ise oksijeni tutar, metan ise alev iyanizasyon detektörüne doğru ilerler.

GFA 720 geniş dinamik bir ölçüm aralığı ile mükemmel bir dayanıklılık gösterir. Sütunlardaki hava tüketim oranı sadece 200 cc/dak'dır. Yavaş akışta bile; detektörde sıcaklık kontrolünü tam olarak yapmak mümkündür. Hatta ana sütunun içine suyun girişini engellemek için selonoid valf ile korunur. GFA serisi ölçüm cihazlarına ait özellikler ve parametreler Ek.4'te verilmiştir.

4.1.5. MPA Analizörü

7000 MPA serisi analizörünün avantajı, O₂ ölçümü sırasındaki magnetik özellikleridir. Örnek gazdaki oksijen; nitrojen akşını geçtiği sırada alternatif bir magnetik alan oluşur.

İki detektör arasındaki basınç; örnek gazdaki O₂'nin davranışlarına bağlı olarak değişir. Analizörde tek halka/çift detektör sistemine göre çalışır. Çift detektör sisteminin performansı, mekanik titreşimden oluşan önemli derecedeki gürültüyü azaltır. Analizörün hassaslığının artması; %1 oksijendir. Çift detektörün birlikte çalışmasıyla; doru sinyal (Şekil-A) ile titreşim (Şekil B) farklı hassaslık gösterir. Çift detektörden gelen sinyaller artar ve titreşim otomatik olarak iptal olur. MPA serisi ölçüm cihazlarına ait özellikler ve parametreler Ek.5'te verilmiştir[11].



Şekil 4.7. MPA Analizörünün Çalışma Prensibi

4.5. KATALİTİK KONVEKTÖR

Katalitik konvektör (Katalizatör / Katalizör / Katalist), ECE R.15.05 ECE R.15.05 ve EURO 93 regülasyonlarındaki sınır değerleri için benzin motorlu Otobüslarda kullanılır. Katalitik konvektör sistemi, bir katalizatör gibi kimyasal reaksiyonu hızlandırır. Katalitik konvektör sisteminde katalizatör işlevini, rodium ve platin gibi asil metallerde kaplanmış seramik filtre görmektedir.

Katalitik konvektör'de;

- CO karbonmonoksit oksijen ile yanar ve zararsız karbondioksit'e (CO₂) dönüşür.

- CH hidrokarbonlar oksijen ile yanar ve CO₂ + Su haline dönüşür.
- NO azotoksitlerden oksijen ayrıştırılarak N₂ azot ve CO₂ karbondioksit oluşur.

4.1.6. Katalitik Konvektör'ün Çalışma Prensibi

Katalitik konvektörün verimli çalışabilmesi için hava/yakıt karışımı 14,5 kg hava/1 kg yakıt oranında olmalıdır. Bu oranda hava fazlalık kat sayısı $\lambda=1$ değerindedir. Bu durumda katalitik konvektör zararlı gazların kontrolünü %100 oranında sağlamaktadır.

Karışımda hava artarsa (fakir karışım), NO_x dönüşüm verimi; yakıt artarsa (zengin karışım), CO ve CH dönüşüm verimi düşer. Bu nedenle $\lambda=1$ değeri daima korunmalıdır. Bu koşul benzin püskürtme sistemi ve elektronik kontrol düzeni ile sağlanır. Egzoz sisteminin herhangi bir şekilde delinmesi, bujilerin arızalanması v.b. nedenlerle, katalitik konvektör tamamen devre dışı kalmaktadır.

Sistemin etkili çalışması uygun ve itinalı bakımla ilgilidir. Almanya'da son olarak TÜV kuruluşu tarafından yapılan bir araştırmada, katalitik konvektör takılı olan araçların %30'unda ve ABD'de yapılan araştırmaya göre ise %50 'sinde bu düzenin bakımsızlık nedeni ile çalışmadığı belirlenmiştir.

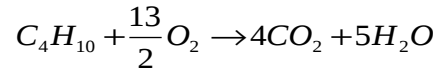
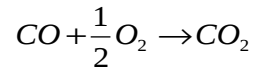
Araçlarda çok kısa bir süre için dahi kurşunlu benzin kullanılması, bu donanımın tıkanmasına neden olmaktadır. Kurşunsuz benzinin kullanımındaki ana amaç, katalitik konvektörün tıkanmamasını sağlamaktır. Kurşunun zararları da bu suretle ortadan kalkmaktadır[11].

4.6. EGZOZ EMİSYONLARININ AZALTILMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

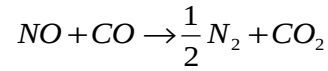
Benzinli araçlarda, 80'li yılların başlarından itibaren CO, HC, NO_x kirleticilerine karşı, Pd/Rh soy metalleri yüklenmiş 3 yollu katalitik dönüştürücüler kullanılmaktadır. Yeni bir üç yollu katalitik konvektör % 96 CO, % 97 HC ve % 90 oranında NO_x'u azaltabilmektedir.

Üç yollu katalitik dönüştürücüler aşağıdaki gibidir;

Oksidasyon işlemini;



ve aynı anda bir indirgeme işlemini;



yaparlar.

Benzinli araçlarda 2000 yılında yürürlüğe giren, Euro 3 emisyon standartlarına ulaşabilmek için, katalitik dönüştürücüler egzoz manifolduna light-off süresini (katalitik dönüştürücü elemanının 300 °C üzerindeki çalışma sıcaklığına ulaşma süresi) kısaltmak amacıyla yaklaştırılmıştır. Daha sonraki yıllarda özellikle turbo beslemeli dizel motorlu araçlarda da hemen türbin çıkışına konumlandırılan ön katalitik dönüştürücü + ana katalitik dönüştürücü (araç tabanı altında) uygulamalarına başlanmış ve halen kullanılmaktadırlar.

4.6.1. Dizel Araçlarda Partikül Emisyonları İçin DPF (Dizel Partikül Filtresi)

Bir dizel partikül filtresi, dizel motorların egzoz gazlarında bulunan kurumun ayrılması için bir sistemdir. Katkı kullanılmayan dizel partikül filtreleri, partikül filtresinin motorun yakınına yerleştirildiği araçlarda kullanılır. Katkılı sistemler, partikül filtresinin motorun yakınına konumlandırılmasının mümkün olmadığı

araçlarda kullanılır. Katalitik kaplamalı filtre, katkı olmaksızın çalışır ve bunun için iki türlü etki yapan, soy metal içeren bir filtre kaplaması kullanır. Pasif rejenerasyon sırasında katalizatörde birikmiş olan kurum yavaş ve zarar vermeyecek bir şekilde CO₂'ye dönüştürülür. Bu olay 350-500°C sıcaklık aralığında meydana gelir ve özellikle ağırlıklı olarak otoyol kullanımında başka özel önlemler olmaksızın sürekli olarak olur. Uzun süre düşük yükte kullanımda, örneğin şehir içi trafiğinde, her 1000 ila 1200 km de bir egzoz gazı sıcaklığının aktif olarak yaklaşık 600 °C'ye çıkarılması ilave bir filtre rejenerasyonu yapılmasını sağlar. Filtrede birikmiş olan partiküller bu sıcaklıkta yanar. Katkılı sistemlerde katkı, kurumun yanma sıcaklığının yaklaşık 5000°C 'ye düşürülmesine yarar. Sürüş tarzına bağlı olarak her 500 ila 700 kilometrede bir rejenerasyon gereklidir.

EGR, SCR ve DPF sistemleri dizel araçların Euro standartlarına ulaşılabilmesi için uygulanan kontrol yöntemleridir. Günümüzde EGR, SCR ve DPF teknolojilerini gelmiş olduğu durumu Şekil 4.9'da gösterilmektedir.

4.6.2. NO_x Emisyonları İçin EGR (Exhaust Gas Recirculation)

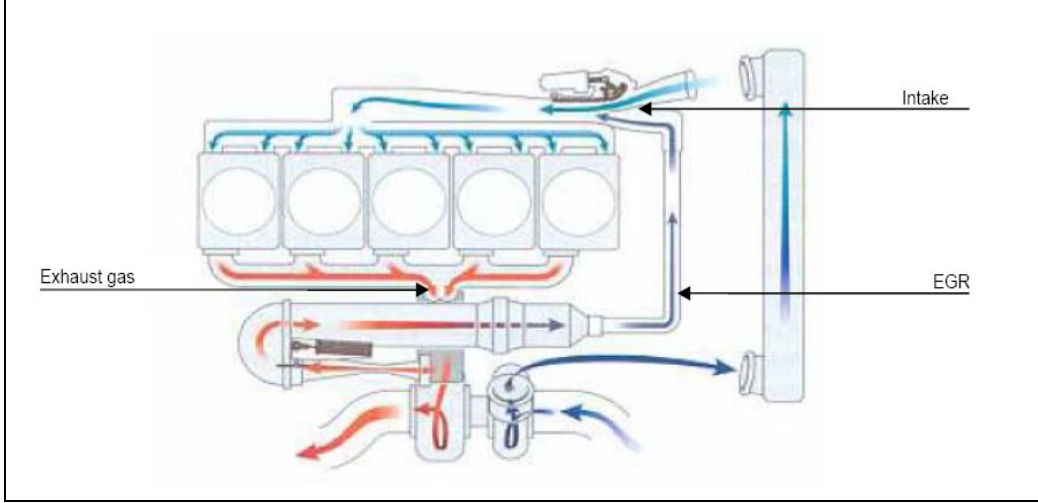
Yanma sırasında oluşan NO_x miktarı büyük ölçüde sıcaklığa bağlıdır. Yanma odası içindeki karışımın egzoz gazları ile seyreltilmesi sonucu yanma sonu sıcaklıkları, dolayısıyla üretilen NO_x miktarı azalmaktadır.

Bu sistemin işlevi egzoz gazlarını silindirlere geri göndererek karışım içerisindeki oksijen konsantrasyonunu azaltıp, karışım oranını azaltmak ve silindir gazlarının ısı kapasitesini yükselterek maksimum gaz sıcaklığını azaltmaktır.

EGR direk püskürtmeli dizel motorlarında yakıt ekonomisini kötüleştirmeden NO_x emisyonlarını azaltmanın en iyi yollarından birisidir. Uzun zamandır hafif hizmet tipi dizelerde başarı ile kullanılmasına karşılık, orta ve ağır hizmet tipi dizelerde motorun aşınmasını arttırdığından dolayı bazı sorunlar açığa çıkmaktadır.

Yanmış gazların sıcaklığı maksimum iken NO_x oluşma ihtimali de artar. Bu maksimum sıcaklık, yanma başlangıcı ve maksimum silindir basıncı oluşmasından

hemen sonra oluşmaktadır. Erken yanmaya başlayan karışımın sıcaklığı, piston sıkıştırmaya devam ettiği için yükselecektir. Dolayısıyla NO_x oluşum hızı da artacaktır.



Şekil 4.8. EGR Çalışma Prensibi

Motorlarda NO_x , son alev cephesindeki sıcak gazlarda oluşur. NO_x ' in başlangıçtaki oluşum hızı kısmen sıcaklığa bağlıdır. Oksijen yoğunluğunun yüksek olması da NO_x oluşum hızını artırır. EGR ile silindir içindeki oksijenin bir kısmının yerini atık karbondioksit (CO_2) ve su (H_2O) alacağından lokal oksijen yoğunluğu azalacaktır. Bu durum yakıt ve oksijen moleküllerinin buluşup reaksiyona girme ihtimalini azaltır. Buna bağlı olarak reaksiyon hızı ve lokal alev sıcaklığı düşerek, NO_x oluşumu azalacaktır.

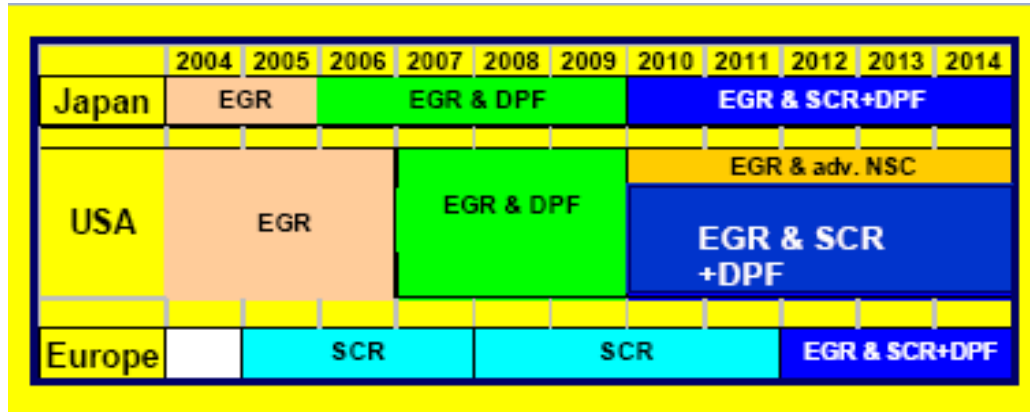
EGR ile yanma odasının farklı bölgelerindeki lokal sıcaklıklar değiştirilmiş olur. Bu da yakıtın buharlaşma hızına ve is oksidasyon hızına etki eder. İis oksidasyon hızı lokal sıcaklığın artması ile kısmen artar. EGR'nin neden olduğu alev sıcaklığındaki azalma oksidasyon hızının azalmasına ve is oluşumunun artmasına yol açar. EGR ile silindir giriş sıcaklığı artacağından yanmamış hidrokarbon (HC) emisyonları azalmaktadır gösterilmiştir. EGR oranı arttıkça NO_x azalır, fakat hava fazlalık katsayısının (HFK) azalmasından dolayı is ve yakıt tüketimi kötüleşmektedir. Dolum havası içindeki oksijen miktarı azaldıkça CO emisyonları artacaktır. Oksijen miktarı çok azalmadıkça EGR yakıt ekonomisini kötüleştirmeyecektir.

Aşırı EGR hava yakıt oranını bozacağından PM ve is emisyonları artar. PM ve is emisyonlarını azaltmak için Dizel partikül filtre ile EGR sisteminin birleştirilmesi yoluna gidilmektedir.

4.6.3. NO_x Emisyonları İçin SCR (Selective Catalytic Reduction)

SCR sistemi, daha çok kamyon, otobüs gibi büyük dizel araçlarda kullanılır. Ticari ismi Ad Blue olarak bilinen ürenin 32,5% sulu çözeltisi (DIN 70070 standardına uygun) ile egzoz gazı içinde yer alan NO_x emisyonlarının reaksiyona girmesini sağlayan ve bu reaksiyon neticesinde egzoz gazı içersinde yer alan NO_x emisyonlarının temiz hava içinde de bulunan nitrojen gazına (N₂) dönüşümünü sağlayan katalitik arındırma teknolojisidir.

SCR sistemi, bu güne kadar yapılmış olan dinamometre ve saha testlerinden verimlilik, performans, ömür ve düşük sistem maliyeti parametreleri ile başarı ile çıkmış NO_x emisyonu arındırma sistem teknolojilerinden biridir ve bu sistemin zararlı NO_x gazlarını azaltma verimi % 80 – 90 arasındadır[11].



Şekil 4.9. EGR, SCR ve DPF Teknolojilerinin Geldiği Durum

4.7. EGZOZ EMİSYONLARININ EVRİM SÜRECİ

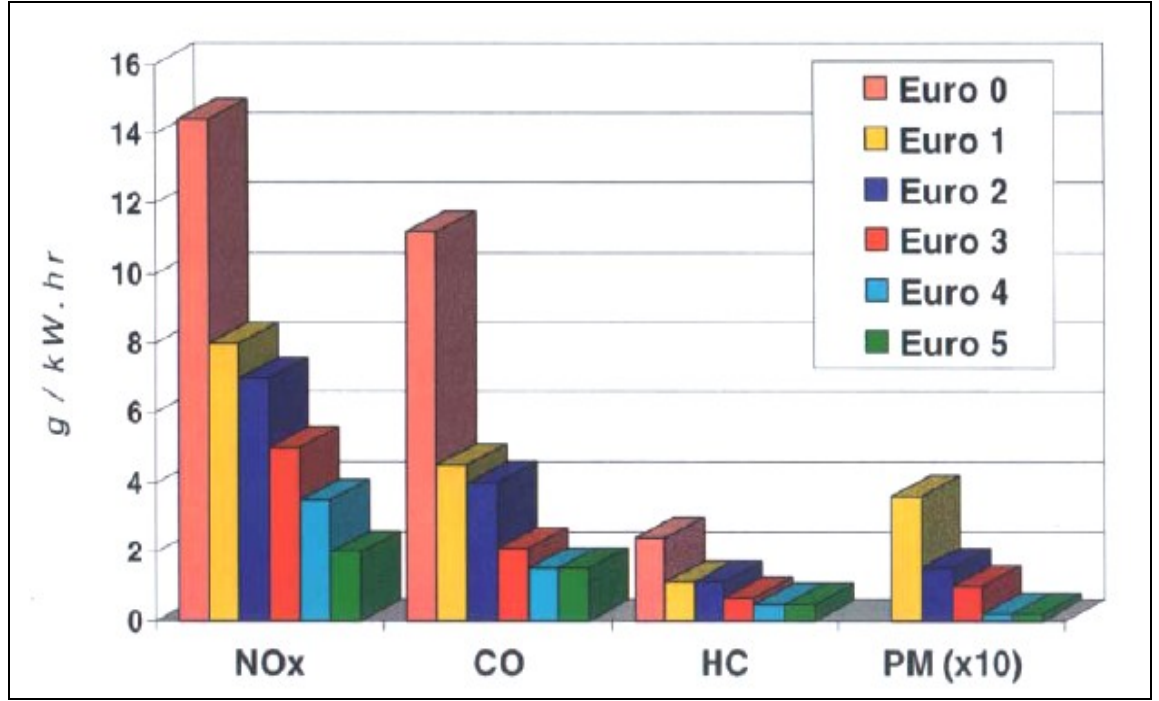
Emisyon sınırları; araç sayısı ve çevresel etkilerinin artması, gelişen teknoloji, küresel ısınmada araçların rolü gibi etkenlerle ve atmosfere CO₂ emisyonlarının

azaltılması (KYOTO) gibi hedeflerle, her dört-beş yılda bir gittikçe düşürülerek sıkılaştırılmaktadır.

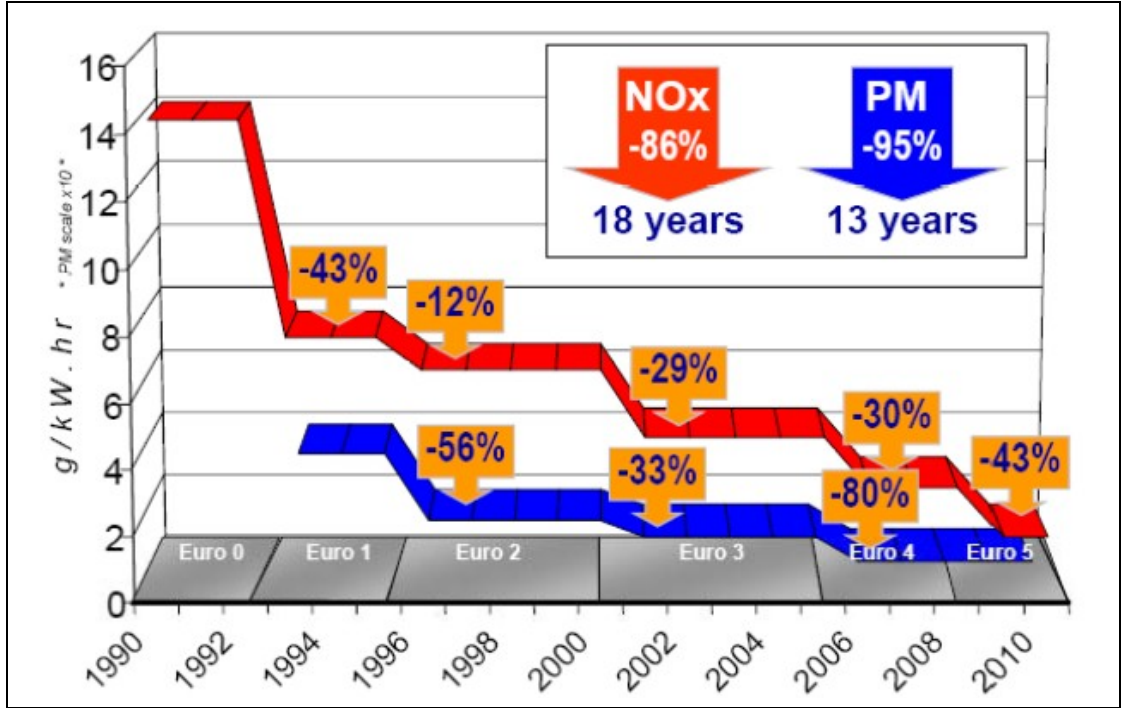
Bazı yerel yönetimler (California, Londra, Milano vb.) “Low Emission Zone” amaçlı veya aşırı kirlilik nedeniyle daha da düşük limitler (EEV) talep edebilmektedir.

Emisyon sınırlarına uyum için motorlar sürekli geliştirilmekte, günümüzde motorlarda son derece kompleks ve pahalı teknolojiler kullanılmaktadır.

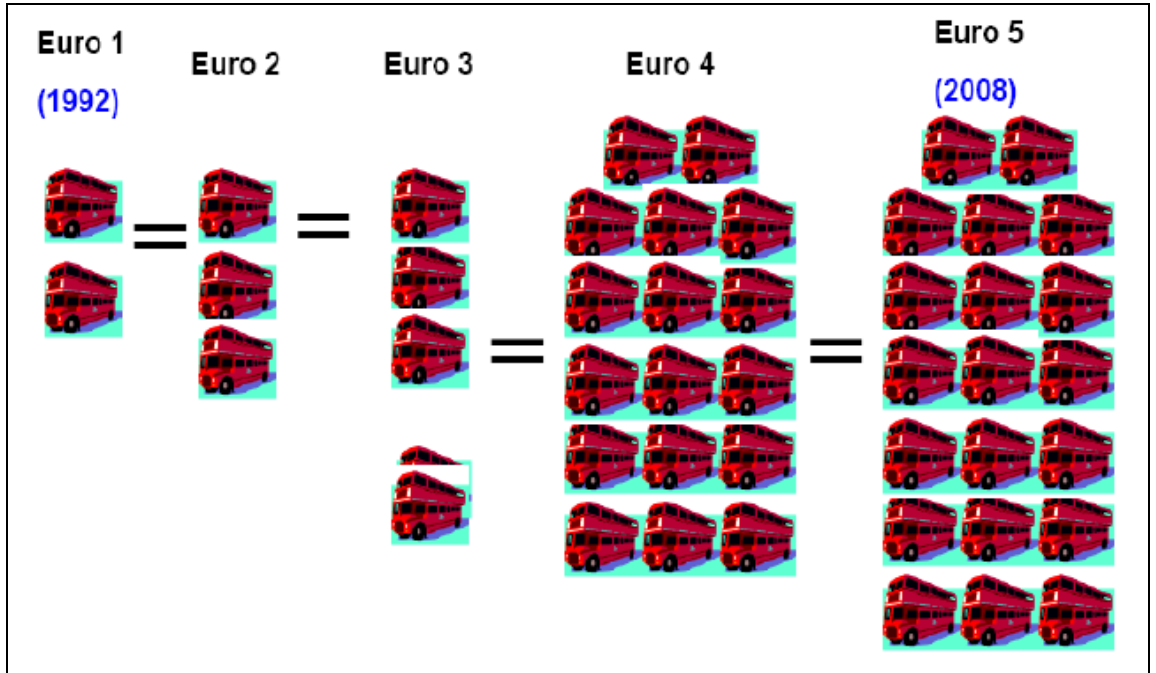
Gelecekteki “Sıfır Emisyon” hedefi için, Elektrik veya Hidrojen gibi alternatif enerjiler kullanan “Hibrid” motorların geliştirme süreci başlamıştır[6].



Şekil 4.10. AB Dizel Egzoz Emisyonları Euro 0 (1990) - Euro 5 (2009)



Şekil 4.11. Euro Standartları Çerçevesinde NO_x ve PM Değişimleri



Şekil 4.12. Eşdeğer Ağır Dizel Araç Emisyonları

BÖLÜM 5

METODOLOJİ

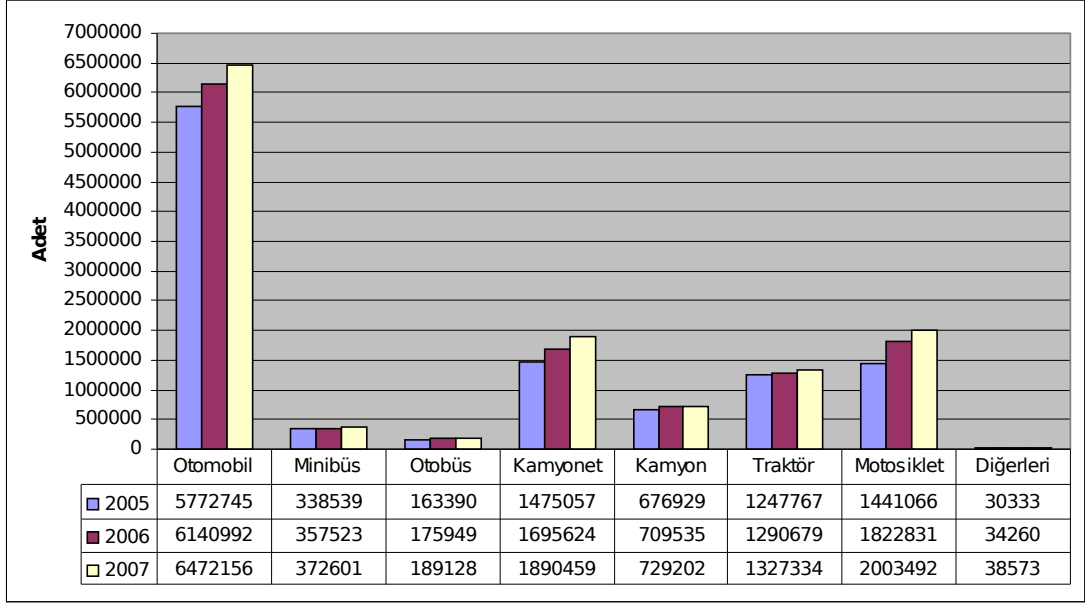
5.1. TÜRKİYE VE SAKARYADAKİ OTOBÜSLER

5.1.1 Türkiye'deki Motorlu Taşıtların Durumu

Türkiye'deki motorlu taşıtların istatistikleri Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Daire Başkanlığından alınmıştır. Veriler Kasım ayı sonu itibariyle hazırlanmıştır.

Tablo 5.1. Türkiye Karayolu Taşıtların İstatistikleri

<i>KARA OTOBÜSLERİ</i>	2005	2006	2007	Değişim %
Otomobil	5772745	6140992	6472156	5,4
Minibüs	338539	357523	372601	4,2
Otobüs	163390	175949	189128	7,5
Kamyonet	1475057	1695624	1890459	11,5
Kamyon	676929	709535	729202	2,8
Traktör	1247767	1290679	1327334	2,8
Motosiklet	1441066	1822831	2003492	9,9
Diğerleri	30333	34260	38573	12,6
TOPLAM	11145826	12227393	13022945	6,5



Şekil 5.1. Türkiye Karayolu Taşıtlar İstatistikleri

5.1.2. Sakarya'daki Motorlu Taşıtların Durumu

2007 yılı verileri itibariyle Sakarya İlindeki karayolu taşıtlar sayıları; otomobil sayısı %7,2 artışla 63 bin 575'e, minibüs sayısı %4,7 artışla 3 bin 723'e, otobüs sayısı %8,5 artışla 2 bin 847'e, kamyonet sayısı %9,9 artışla 23 bin 420'e kamyon sayısı %3,4 artışla 9 bin 44'e, traktör sayısı %1,4 artışla 28 bin 566'ya ve motosiklet sayısı %14,3 artışla 17 bin 767'e olmak üzere toplam taşıtlar sayısı %7,1 oranında artarak 151 bin 399'a yükselmiştir.

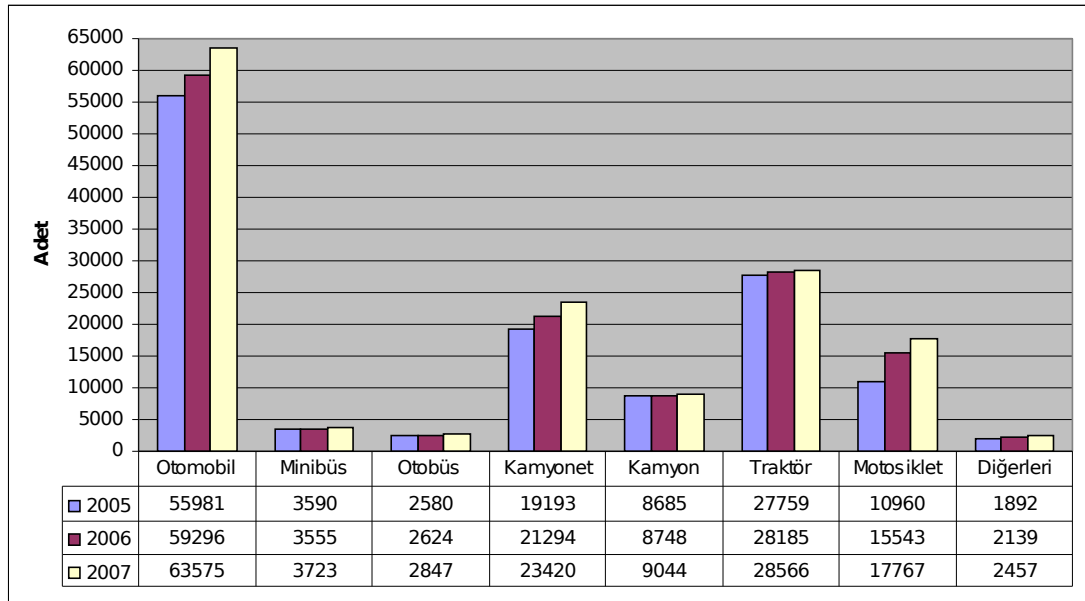
2007 yılı verilerine göre Sakarya İlindeki motorlu kara taşıtları toplamı Türkiye genelindeki motorlu kara taşıtları içindeki payı %1,2'dir.

Sakarya'daki motorlu taşıtların istatistikleri Sakarya Emniyet Müdürlüğü Trafik Şubesinden alınmıştır. Veriler Kasım ayı sonu itibariyle hazırlanmıştır.

Araştırmamızda ise Sakarya Büyükşehir Belediyesine ait belediye otobüslerinin hava kirliliğine etkisi konu alınmıştır. Bu yüzden belediye otobüslerinin incelenmesi gerekmektedir.

Tablo 5.2. Sakarya Karayolu Taşıt İstatistikleri

KARA OTOBÜSLERİ	2005	2006	2007	Değişim %
Otomobil	55 981	59 296	63 575	7,2
Minibüs	3 590	3 555	3 723	4,7
Otobüs	2 580	2 624	2 847	8,5
Kamyonet	19 193	21 294	23 420	9,9
Kamyon	8 685	8 748	9 044	3,4
Traktör	27 759	28 185	28 566	1,4
Motosiklet	10 960	15 543	17 767	14,3
Diğerleri	1 892	2 139	2 457	14,9
TOPLAM	130 640	141 384	151 399	7,1



Şekil 5.2. Sakarya Karayolu Taşıt İstatistikleri

5.2. BELEDİYE OTOBÜSLERİNİN İNCELENMESİ

Adapazarında gerçek manada toplu taşıma 1975 yılında alınan toplu taşımaya yönelik kısa 0302 marka otobüslerle başlamıştır. Daha önce belediyenin tek tük

otobüsleri vardı ama düzenli seferler bu tarihlerde başlamıştır. (Bu otobüsler halen Belediyenin elinde olup kullanılmaktadır.)

Daha sonra Almanyadan kullanılmış Man Bussing Marka otobüsler getirilmiştir. O yıllarda dışarıdan sıfır otobüs ithal etmek çok zor ve pahalı bir yöntem olmasından dolayı hibe şeklinde alınan otobüsler getirilmiştir.

O 305 marka otobüsleri bussingler 1994 yılına kadar görev yapmışlardır.

1980 yılların ikinci yarısında iki adet salon tip yerli üretim 0302 marka otobüste alınıp sefere konmuştur. Bu otobüsler halen kullanılmaktadırlar.

1990 yıllarının başında 8 adet 3 kapılı yerli Man otobüs alınarak sefer konulmuştur. Bu otobüsleri yine 8 adet olmak üzere yerli BMC ler izlemiştir.



Şekil 5.3. BMC marka şehiriçi halk otobüsü

1994 yılına gelindiğinde Adapazarı Belediyesinin elinde 40 yakın yukarıda saydığımız otobüs tiplerinden oluşan bir filo bulunmaktadır. Ancak 1994 yılı Adapazarında Belediye adına toplu taşımacılığın bittiği yıl olmuştur. O yılki seçimlerde göreve gelen belediye başkanı zarar ettiği gerekçesi ile şehir içi toplu taşımacılığı özel sektöre devretmiştir ve elindeki şu an kullandığı 0 302 hariç tüm araçları elden çıkartmıştır. Çıkartılamayanlar hurdaya yollanmıştır. Hurdaya gidenler Almanyadan getirilen Bussing ve 0 307 marka otobüsler olmuştur. Sonradan alınan Man ve BMC leri özel şirket devralmıştır.

Ancak özel şirketin bu işi kaldıramayacağı kısa sürede belli olmuştur.

2-2,5 yıl sonra Belediye toplu taşımacılığı tekrar geri almıştır. Yaklaşık 20 yılda oluşturulan filo dağıtılmıştır.

Tabii bu tarihlerde şehir içi ulaşım tamamen dolmuş taksi ve dolmuş minibüslere teslim edilmiştir. Açıkçası şehir halkıda Belediye otobüsünden daha kısa sürede kalkan ve her yerde duran bu ulaşım tarzını benimsemiştir.

1999 yılındaki depremden sonra Belediyeye hibe edilen Mercedes ve Man marka otobüsler uzun yıllar sonra şehire gelen ilk salon tip otobüsler olmuştur. Daha sonra yine hibe yoluyla gelen 3 adet otobüs bunları izlemiştir. Yeni Belediyeler yasası ile alt belediyelerin yaptığı otobüs işletmesi Büyükşehir devir edilince alt Belediyelerin otobüsleride Büyükşehir devir edilmiş ve uzun süre sonra yeniden bir filo oluşturulmuştur.

Şu an Belediyenin elindeki 10'a yakın büyük otobüs Üniversite hattı ve yeni yerleşim hattında kullanılmaktadır. Küçük otobüsler ise diğer hatlara verilmiştir. İlçe ve köy ulaşimleri ise tamamen Özel Halk otobüsleri ile sağlanmaktadır[10].

5.2.1. Emisyon Envanterinin Hazırlanmasında İzlenen Metodoloji

Adapazarı'ndaki toplu taşımacılıkta kullanılan otobüslerin durumunu belirleyebilmek için otobüslerin model, marka, motor gücü ve ağırlık gibi özellikleri Sakarya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı'ndan otobüslere ait ruhsat bilgilerinden elde edilmiştir.

Otobüslerinin model ve marka dağılımı Şekil 5.4., Şekil 5.5., Şekil 5.8., ve Şekil 5.9.'da verilirken, otobüslerin motor gücü ve ağırlıkları ise Şekil 5.10. ve Tablo 5.6.'da gösterilmiştir.

Sakarya'daki belediye otobüslerinin emisyon miktarlarını hafife alınamayacak oranda etkileyen diğer faktör ise Otobüs aktiviteleridir. Otobüs aktiviteleri, kullanım

şekilleri, trafik içindeki duruş-kalkış fonksiyonları, mesafeler gibi parametrelerin bütünüdür.

Belediye otobüs şoförlerinin otobüsleri kullanım şekilleri dikkate alınması gereken en önemli otobüs aktivitesidir. Çünkü emisyon faktörlerinde ani hızlanma, yavaşlama ve sabit hızda gitme kıstasları önemli yer tutmaktadır. Sonuçta emisyon miktarlarının düşük bir değerde çıkması için motorda tam yanmanın olması gerekmektedir. Tam yanmanın olmadığı durumlarda motordan çıkan zehirli gaz oranı daha fazladır. Bundan dolayı çalışmada otobüs şoförlerinin otobüs kullanım şekilleri incelenmiştir.

Otobüslerden kaynaklanan emisyonların belirlenmesi için taşıt aktiviteleri için önemli bir parametre olan taşıtların duruş-kalkış sayıları ve süreleri otobüslerden yapılan sayımlardan elde edilmiştir.

Otobüs aktiviteleri için otobüslerin tur mesafeleri, tur sayıları, tur süreleri ve araç sayıları Ulaşım Daire Başkanlığı yardımlarıyla alınmıştır. Ulaşım Daire Başkanlığından alınan bilgilere göre Sakarya şehir içi güzergâhlarında çalışan belediye otobüslerine ait 29 güzergâh bulunmaktadır. Sakarya'da bulunan toplam belediye otobüsü güzergâhlarına ait bazı bilgiler Tablo 5.3.'te verilmiştir.

Araştırmada Sakarya'yı temsil edici nitelikte olduğu düşünülerek 10 güzergâh seçilmiştir. Bu güzergâhların seçiminde tur sayıları, güzergâh uzunlukları, tur süreleri ve hatta çalışan araç sayısı dikkate alınmıştır. Bu güzergâhların otobüs aktiviteleri Tablo 5.4.'te verilmiştir.

Tablo 5.3. Sakarya'daki Tüm Belediye Otobüsü Güzergâhları

Güzergâh Adı	Güzergâhın Uzunluğu (km)	Süre (dk)	Tur Sayısı (tur/gün)
Küpçüler	15	50	17
Hızırtepe	20	50	32
Yeşiltepe	20	50	33
Beşköprü	26	50	16
Ulusokak-32 Evler-	21	52	14
Yıldıztepe	22	60	30
Maltepe (Tam)	11	31	16
Maltepe (Buçuk)	14	36	17
Maltepe (Altyol)	14	45	15
Deveoğlu	9	26	29
SSK-Şeker-Yazlık	21	70	9
SSK-Dernekkin	15	60	9
Ulusokak-Lojmanlar	14	45	18
Kampüs-Yenicami	22	60	32
Kampüs-Serdivan	21	50	29
Adatıp-şimşek-Özlem	12	40	17
Adatıp-Yıldız	12	40	18
Serdivan-Çark-Turnike	15	51	34
32Evler-Altınova	14	40	16
Karaman K.K.	42	80	49
Camili	40	70	48
Toki-Korucuk	44	70	17
SSK-Ozanlar-Emirdağ	27	60	9
Kırkpınar	50	95	11
D.Hast.-Korucuk Arş.	29	40	8
Camili ½-Kampüs	37	75	1
Karaman-Kampüs	34	70	1
Korucuk-Kampüs	36	80	1

Temsil edici nitelikte seçilen 10 güzergâhın izlediği yollar ise;

KÜPÇÜLER: Merkez durak, Yeni Bosna Cad, Tünel Geçit, Adnan Menderes Cad., Yenicami, Aziziye Camii, Salko Camii, End. Meslek Lisesi, Patates hali, Yunus Emre Parkı, Küpçüler Sapağı, Küpçüler Caddesi, Hoca Ahmet Yasevi Cad., İl Jandarma, Ali Dilmen Lisesi, Et Balık Kurumu.

HIZIRTEPE: Orta garaj, Birinci Geçit, Milli Egemenlik Cad., Donatım, Eski Ssk Kurumu, Metauroloji Müd, Kapalı Spor Salonu, Adnan Menderes Cad, Ulu Sokak, Göçmen Evleri, Devlet Hastanesi, Orman İşletmesi, Şirinevler, Vagon Yolu, Karakol, 32 Evler Suat Sokak, Hızır İlyas, Kartepe Evleri, Atso Evleri

ULU SOKAK-32 EVLER-ADAŞEHİR: Orta Garaj, Birinci Geçit, Milli Egemenlik Caddesi, Zübeyde Hanım Cad., Ulu Sokak, Srt Tv, İbrahim Kangal Cad., Kirişhane Cad., Akçay Sokak, Beşköprü Cad., 32 Evler Cad., Mimar Sinan Cad., Bahar Sokak, Plevne Cad., Girne Cad.

YILDIZTEPE: Merkez Durak, Yeni Bosna Cad., Tünel Geçidi, Adnan Menderes Cad., Yenicami, Aziziye Camii, Salko Camii, End. Meslek Lisesi, Patates Hali, Yunus Emre Parkı, Küpçüler Sapağı, Emniyet Müd., Erenler Cad., Sakarbaba Türbesi, Türbe Caddesi, Şht. İlhan Aras Cad., Yıldıztepe Cad., Kadırğa Cad., Ertuğrul Gazi Caddesi, 2nci Sokak, 27/1nci Sokak, Modern Sanayi, Atatürk Bulvarı

MALTEPE: Orta Garaj, Birinci Geçit, Milli Egemenlik Caddesi, Donatım, Eski Ssk Kurumu, Metauroloji Müd., Kapalı Spor Salonu, Adnan Menderes Cad., Ulu Sokak, Göçmen Evleri, Devlet Hastanesi, Orman İşletmesi, Şirinevler, Orhangazi Caddesi, Sedaş, Dörtüol, Maltepe Cad. (Dönüş) Sigorta Kavşağı, Adnan Menderes Caddesi, Zübeyde Hanım Cad., Donatım, 2nci Geçit, Orta Garaj.

DEVOĞLU: Büyükşehir Belediyesi Önü, Kavaklar Cad., Turan Caddesi, Güler Sokak, Göl Sokak, Erkaya Cad., Pul Sokak, Gazeller Sokak, Devoğlu Caddesi, Savaş Caddesi, Ulus Caddesi, Çeşme Meydanı Cad., Ankara Caddesi, Atatürk Bulvarı.

SGK-ŞEKER-YAZLIK: Yazlık Beldesi, Yazlık Caddesi, Donanma Sokak, Ak Sokak, Dibektaş Cad., Karaağaç Cad., Bankalar Cad., Atatürk Bulvarı, Gar Yanı, Milli Egemenlik Cad., Donatım, Eski Ssk Kurumu, Kapalı Spor Salonu, Adnan Menderes Cad., Ulu Sokak, Göçmen Evleri, Devlet Hastanesi, Sağlık Caddesi, Koru Sokak, Figen Sakallıoğlu Cad., Yurt Cad., Trafo Sokak, Kışla Caddesi, SGK,

(Dönüş) Kuru Sokak, Sağlık Caddesi, Adnan Menderes Caddesi, Zübeyde Hanım Caddesi.

KAMPUS-YENİCAMİ: Gar Yanı, Birinci Geçit, Milli Egemenlik Cad., Donatım, Eski Ssk Kurumu, Metauroloji Müd., Kapalı Spor Salonu, Adnan Menderes Cad., Ulu Sokak, Göçmen Evleri, Devlet Hastanesi, Orman İşletmesi, Şirinevler, Vagon Yolu, Serdivan Caddesi, Sakarya Üniversitesi Vakıf Koleji, Tuna Tan Kavşağı, Safrancık Sokak, Mavi Durak, Dağköy Sokak, Soğuksu Sokak, Tokatdere Sokak, Atalay Sokak, Sakarya Üniversitesi

SERDİVAN-ÇARK-TURNIKE: Orta Garaj, Bosna Caddesi, Atatürk Lisesi, İmam Hatip Lisesi, Atatürk Stadı, Hayvan Pazarı, Asem, İbrahim Ağa Camii , A.Alanı Mh. Sağlık Ocağı Özpaş Market, Adatıp Hastanesi, 307 Nolu Sokak, Mehmet Altınışik Caddesi, Karşiyaka Camii, Karadere Sokak, Belediye Caddesi, Döner Sokak, Yeni Cadde, Serdivan Caddesi, Kirişhane Caddesi, Sigorta Sapağı, Adnan Menderes Caddesi, Tünel Geçit, Kapalı Spor Salonu, Harmanlık Sokak, Milli Egemenlik Caddesi , 2nci Geçit, Orta Garaj

KARAMAN KALICI KONUTLARI: Unkapanı Durağı, İnönü Caddesi, Fatih End. Meslek Lisesi, Kuzey Terminali, Çevre Yolu, Prof. Sebahattin Zaim Bulvarı, Karaman Işıkları, 10 Nolu Cadde, 11 Nolu Cadde, 2 Nolu Cadde, 5 Nolu Cadde, 12 Nolu Cadde, 4 Nolu Cadde, 2 Nolu Cadde, 3 Nolu Cadde, Yenikent Devlet Hastanesi, 14 Nolu Cadde, 15 Nolu Cadde, 16 Nolu Cadde, 17 Nolu Cadde, 2 Nolu Cadde, 9 Nolu Cadde, İkizce Girişi şeklindedir.

Tablo 5.4. Seçilen Güzergâhlara Ait Otobüs Aktiviteleri

Güzergâhlar	Toplam Mesafe	Gün İçi Tur Sayısı	Gün İçi Araç	Bir Tur Süresi (dk)
32 Evler-Ulu Sk.	21	14	1	52
Maltepe-Çarşı	11	16	1	31
Yıldıztepe-Sanayi	22	30	2	60
Karaman-	42	49	5	80
Çark cad.-	15	30	2	51
Kampus-	22	32	2	60
Küpçüler	15	17	1	50
Deveoğlu	9	29	1	26
Hızırtepe	20	32	2	50
SGK-Şeker-	21	9	1	70
TOPLAM	225	267	19	620

Belediye otobüslerinin her bir güzergâh için farklı çalışma saatleri bulunmaktadır. Otobüslerin çalışma saatleri Tablo 5.5.'te verilmiştir. Çalışan araç sayısı, bakıma alınma, yolcuların hafta sonu ve hafta içi yoğunluk durumuna göre değişim göstermektedir. Sakarya'da toplam 72 belediye otobüsü çalışmakta ve otobüsler aylık olarak genel bakıma girmektedir.

Tablo 5.5. Seçilen Güzergâhlardaki Otobüslerin Çalışma Saatleri

Güzergâh	Başlangıç Saati	Çalışma Aralığı (dk)	Bitiş Saati
32 Evler-Ulu sk	07:45	60	21:00
Maltepe	07:00	60	21:00
Yıldıztepe-Sanayi	06:45	60	21:00
Karaman	06:25	15	23:30
Serdivan-Çark-Turnike	06:30	30	21:00
Kampus-Yenicami	06:45	30	22:15
Küpçüler	06:50	40	21:00
Deveoğlu	06:30	30	23:30
Hızırtepe	06:30	60	23:00
SGK-Şeker-Yazlık	07:20	40	20:40

5.2.2. Belediye Otobüslerinden Kaynaklanan Kirliliğe Etki Eden Faktörler

Motorlu taşıtlar özellikle ağır motorlu taşıtlar çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz şartları oluşturan birçok unsur bulunmaktadır. Otobüslerin trafik içindeki aktiviteleri, modelleri, markaları, yakıt türleri, kullanım özellikleri başlıca unsurlardır. Bu unsurların incelenmesi belediye otobüslerinden kaynaklanan kirliliğin boyutlarını verecektir.

5.2.2.1. Yakıt türü

Belediye otobüslerinde dizel motor bulunmakta ve yakıt olarak kırsal motorin kullanılmaktadır.

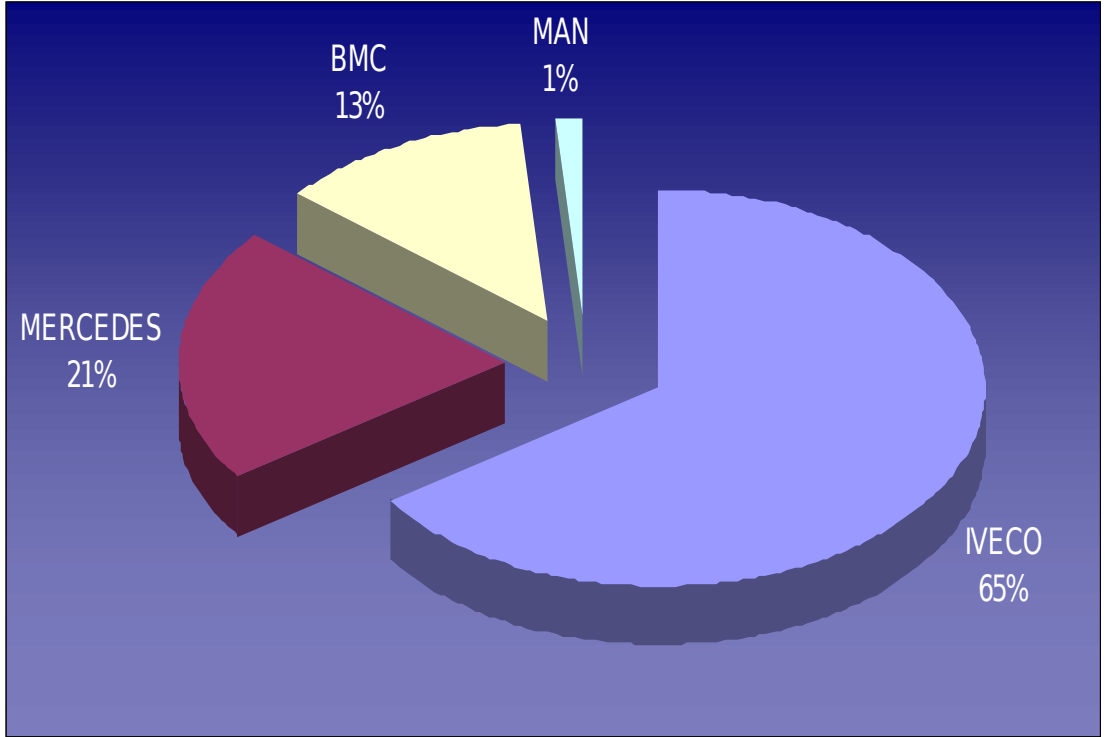
Kırsal motorin, motorin 2000 ve motorin 7000 olmak üzere 2 çeşittir. Motorin, ham petrolün rafine edilmesiyle ortaya çıkan birçok maddenin fiziksel karışımı sonucunda elde edilir. Rafine sanayi ham petrolü ayırmaya (vakumda damıtma) ve kimyasal olarak dönüştürmeye (hidrojenli kükürt giderme, katalitik) dayanan çok sayıda işlem gerçekleştirir. Bu işlemler motorinlerin birleşimlerinde yer alan birçok temel maddenin elde edilmesini sağlar.

Motorinler, çok farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri bulunan alabildiğine yüksek sayıda hidrokarbonun karmaşık karışımıyla meydana gelir. Motorin üretiminde yasal oranlara uyulur. Motorinin en hassas özellikleri ise setan sayısı, kükürt oranı ve soğuğa dayanıklılığıdır. Setan sayısı; motorinin dizel motorun yanma odasında kendi kendine tutuşma yatkınlığını gösterir. Başka bir deyişle, çok düşük setan sayısı, yani çok uzun bir kendi kendine tutuşma süresi, geç, eksik ve şiddetli bir yanmaya yol açmaktadır. Bu durumda; verim düşer, yakıt tüketimi ve havayı kirleten gazların emisyon miktarlarını artar. Soğuğa dayanıklılık; benzin ya da kerosen gibi petrol ürünü daha hafif yakıtların tersine motorin, düşük sıcaklıklarda saydamlığını ve akışkanlığını kaybetmektedir. Bu olay, özellikle kış aylarında, çoğunlukla dizel araçların filtrelerindeki tıkanmalara bağlı kullanım sorunlarına yol açmaktadır. Kükürt oranı; benzin ve gaz yağında çok az miktarda bulunan kükürt motorinde ağırlıkça %1 oranında bulunabilmektedir. Motorinin ihtiva ettiği bu kükürt miktarı en

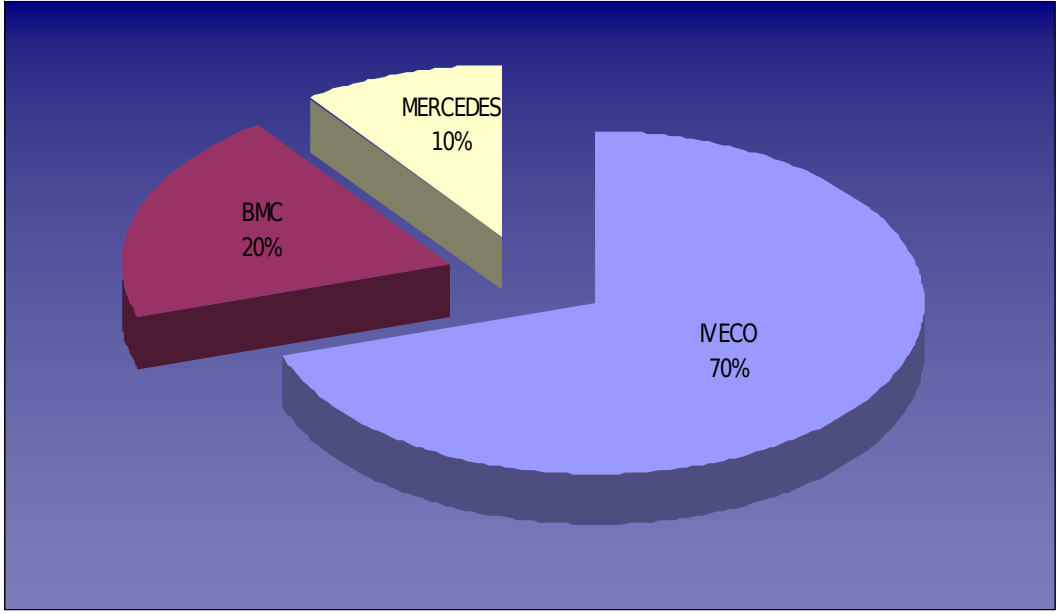
önemli karakteristik özelliklerinden biridir. Yakıt içerisinde kükürt varsa bu kükürtle yakıt beraber yanar, kükürt dioksit (SO_2) veya daha fazla oksijenle birleşerek kükürt trioksit (SO_3) oluşmaktadır. Yakıtın yanmasından dolayı oluşan su buharıyla SO_3 'ün birleşmesinden meydana gelen sülfirik asit (H_2SO_4) çok şiddetli bir aşındırıcı olduğu için motor elemanlarının aşınmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple yakıttaki fazla kükürt motor için büyük tehlike arz etmektedir. Kırsal motorinin içindeki kükürt oranı hayli fazla olduğundan motor için zararlıdır.

5.2.2.2. Otobüslerin markaları

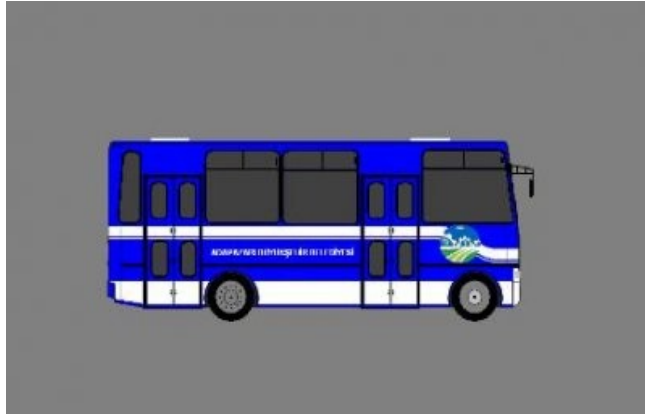
Belediye otobüslerinin marka dağılımı Şekil 5.4.'te gösterilmiştir. Araştırma için seçilen güzergâhlarda çalışan Otobüslerin markalara göre dağılımı ise Şekil 5.5.'te görülmektedir.



Şekil 5.4. Belediye Otobüslerinin Marka Dağılımları



Şekil 5.5. Seçilen Güzergâhlardaki Belediye Otobüslerinin Marka Dağılımları



Şekil 5.6. İVECO M24



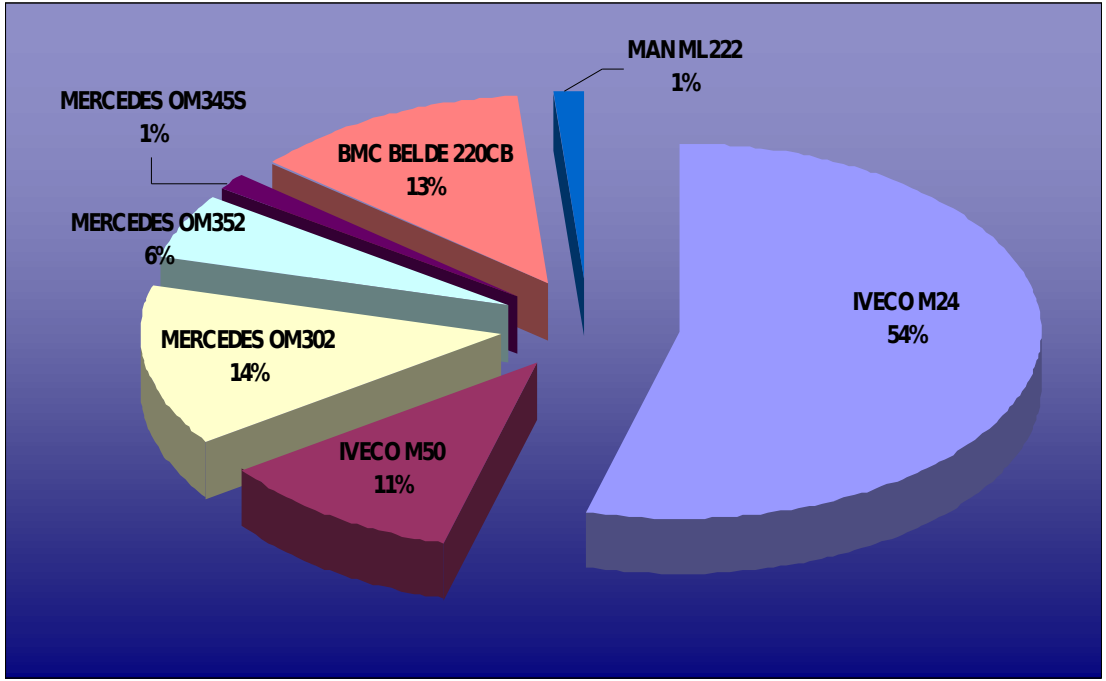
Şekil 5.7. İVECO M50

5.2.2.3. Otobüslerin modelleri

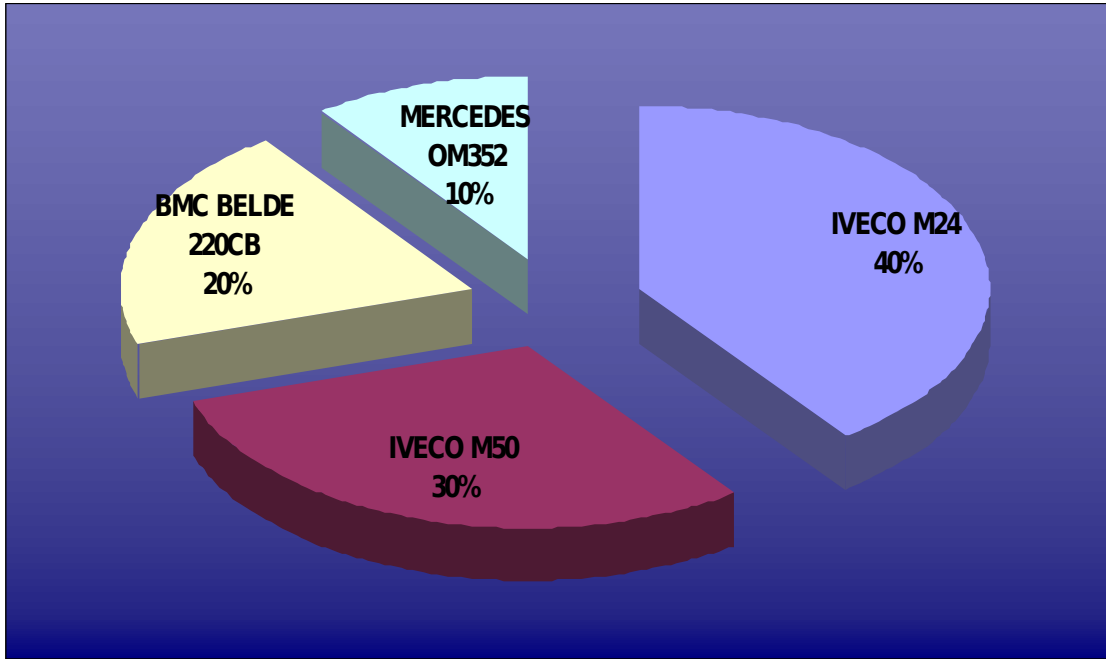
Otobüs modellerinin önemli olmasının nedeni uygulanan standartlardan kaynaklanmaktadır. Türkiye’de bu standartların gelmesi oldukça gecikmeli zaman almıştır. Bunun sebebi ise trafikte eski standartları taşıyan pek çok otobüsün bulunmasıdır. Bu da hava kirliliğinde artışa sebep olmakta buna bağlı olarak hava kalitesinin düşmesine ve emisyonların artmasına yol açmaktadır.

Türkiye’de hava kalitesini artırma ve emisyonları düşürme amacıyla ilk sınırlama 2001 yılında tüm dizel araçlar için getirilmiştir. Bu sınırlama EURO I standardıdır. Bundan önce ECE 15/04 standardı uygulanmaktaydı. 2008 yılında ise yeni tip onayında EURO IV standardına geçildi. Mevcut araçlarda ise 01.01.2009 tarihinde başlayacaktır. Ağır ticari taşıtlarda ise 2007 yılında Türkiye’de EURO I standardı uygulanmaktaydı. 01.01.2008’den itibaren Türkiye’deki seviye EURO IV standardına yükselmiştir.

AB’nin 2008 -2009 yılında EURO V seviyesine geçmesini takip ederek, 2011 -2012 yıllarında Türkiye’de EURO V seviyesine geçebilmek üzere hazırlıklar sürmektedir. Ancak bu standartlar fabrika çıkış değerlerini sınırlamaktadır. Sakarya Büyükşehir Belediyesine ait belediye otobüslerinin Otobüs standardı ise EURO II olarak belirlenmiştir. Yüksek standartlar izin verilen kirlenici değerlerini daha aşağıya çekmeyi amaçlamaktadır. Düşük kirlenici değerleri ise hava kalitesini yükseltmektedir. Bu standartlar insan sağlığının ve doğanın korunmasına katkıda bulunmaktadır. Belediye otobüslerinin tip dağılımı aşağıdaki Şekil 5.8.’te verilmiştir. Ayrıca seçilen güzergâhlarda çalışan belediye otobüslerine ait model dağılımları ise Şekil 5.9.’da görülmektedir.



Şekil 5.8. Belediye Otobüslerinin Tip Dağılımları



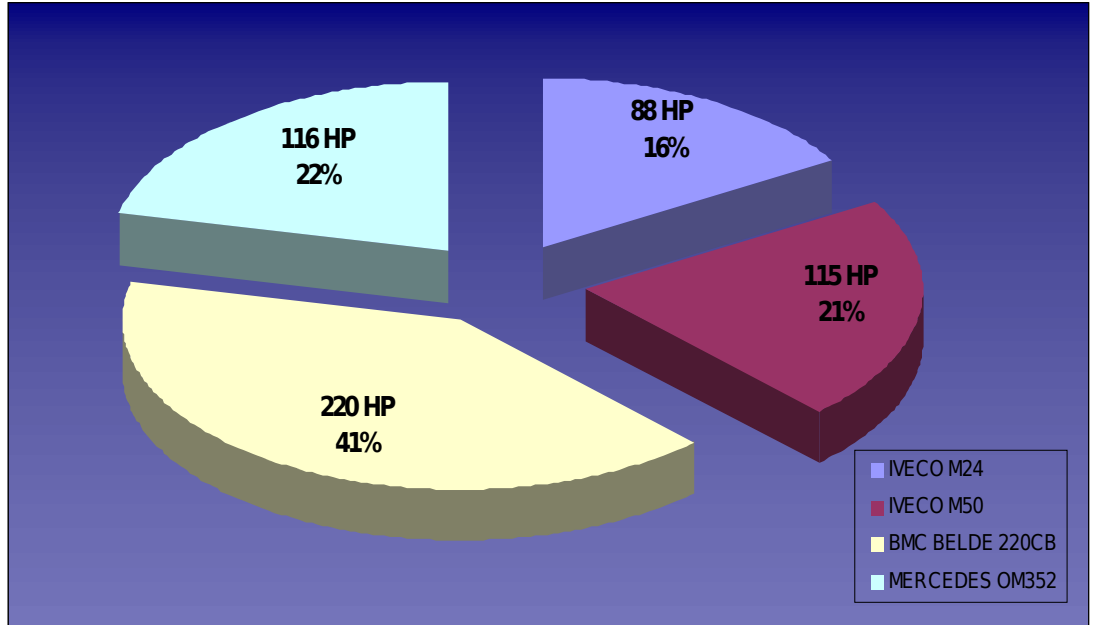
Şekil 5.9. Seçilen Güzergâhlardaki Belediye Otobüslerinin Tip Dağılımları

5.2.2.4. Otobüslerin motor güçleri

Seçilen güzergâhlarda çalışan Otobüslerin motor güçlerine göre dağılımı aşağıdaki Tablo 5.6. ve Şekil 5.10.'da gösterilmiştir. Otobüslerin motor güçleri çalışma kapasitelerini etkilediğinden Otobüslerden çıkan emisyonları da etkilemektedir.

Tablo 5.6. Otobüslere Ait Motor Güçleri ve Dağılımı

Modeller	Motor Gücü (hp)	Adet
IVECO M24	88	5
IVECO M50	115	3
BMC BELDE 220CB	220	2
MERCEDES OM352	116	1



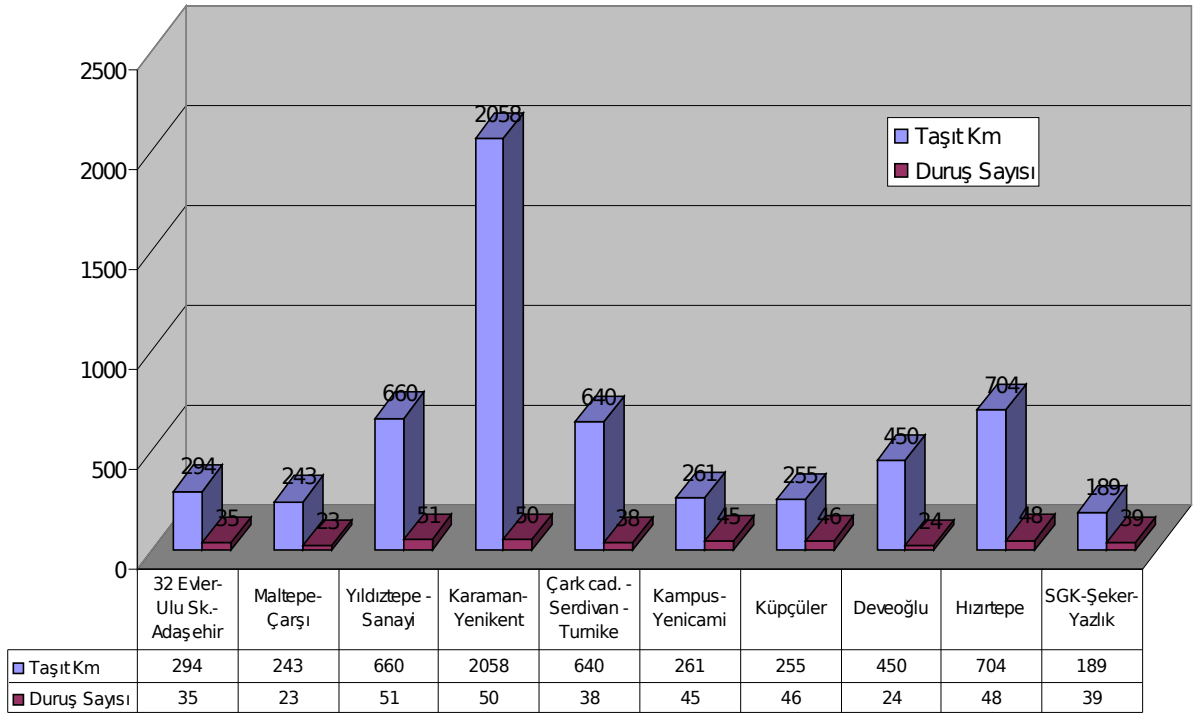
Şekil 5.10. Otobüslere Ait Motor Güçleri ve Dağılımı

5.2.2.5. Şehir içi trafiğindeki yoğunluk

Araştırmada incelenen belediye otobüslerinin güzergah yoğunlukları çevreyi önemli bir şekilde etkilemektedir. Adapazarı merkezi incelendiğinde yaklaşık tüm duraklar belirli alanlara toplanmıştır. Bu alanlardan önemlileri ise gar yanı ve 1nci geçidin orada bulunan Hareket Amirliği'dir. Bu mevkilerde dolmuş taksilerin ve dolmuş minibüslerin de durakları bulunmaktadır. Aynı zamanda bu bölge çevresinde oldukça fazla iş merkezi bulunmasından dolayı işlek bir bölgedir. Bu yüzden Otobüslerin kirliliği bu bölgeyi etkilemekte ve hava kalitesinin düşük olduğu anlaşılmaktadır.

5.2.2.6. Otobüs kilometreleri

Sakarya'da çalışan belediye otobüslerinin aldıkları mesafelerin incelenmesi araştırma açısından önemli bir aşamadır. Bir gün içinde Otobüslerin kat ettikleri mesafelerin toplamı Otobüs kilometresini vermektedir. Otobüs kilometrelerinin seçilen 10 güzergâha göre dağılımları aşağıda Şekil 5.11.'de gösterilmektedir.

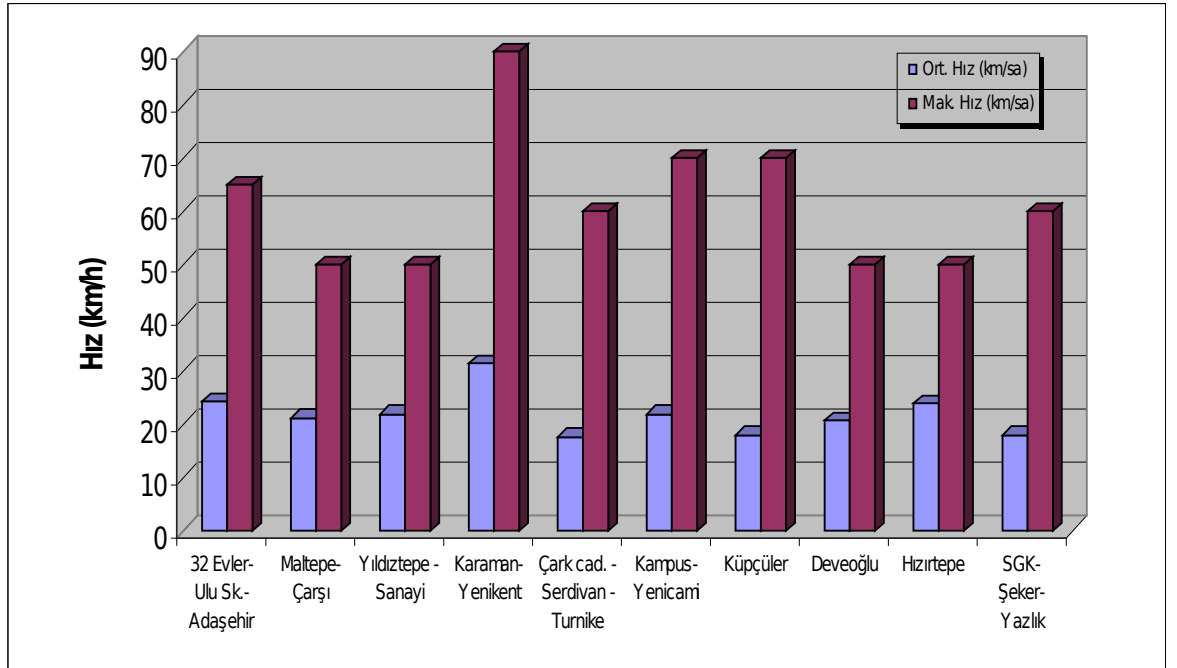


Şekil 5.11. Güzergâhlara Göre Otobüs Kilometreleri

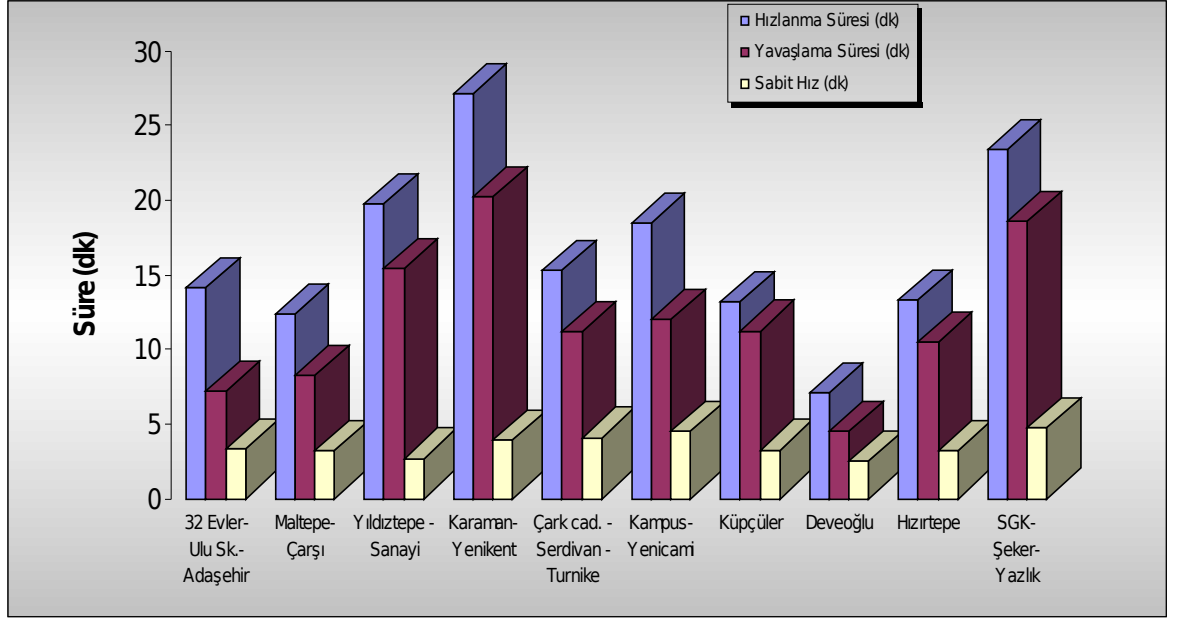
Şekil 5.11.'de görüldüğü üzere Karaman-Yenikent güzergâhı en fazla Otobüs kilometresine sahip olan hattır. Bu da hava kirliliği açısından yüksek kirlilikte hat olduğunu göstermiştir.

5.2.2.7. Otobüslerin seyir şekilleri

Ağır motorlu Otobüslerin yolda seyir şekilleri de hava kalitesini etkileyen bir faktördür. Belediye otobüslerinin hızlanma, yavaşlama, sabit hızda gitme süreleri emisyon faktörünü etkileyen parametrelerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda incelenen güzergâhlardaki Otobüslerin durma süreleri, duruş sayıları, hızlanma süreleri, yavaşlama süreleri, sabit hız süreleri, çevrim süreleri, ortalama hızları ve maksimum hızları Tablo 5.9.'da verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere en fazla hızlanma ve yavaşlama sürelerine, ortalama ve maksimum hıza sahip olan Karaman-Yenikent güzergâhıdır.



Şekil 5.12. Otobüslere Ait Ortalama ve Maksimum Hız Verileri



Şekil 5.13. Otobüslere Ait Hızlanma, Yavaşlama ve Sabit Hız Süreleri

Tablo 5.7.'de gösterilen;

- m (kg) değerini bulmak için yapılan anket sonucunda bulunan doluluk oranları ile ortalama insan ağırlığı(70kg) çarpılarak elde edilen değerlere araçların ruhsatlarından alınan net ağırlıkları toplanarak elde edilir.
- Vdeğeri seyir halinde ulaşılan maksimum hız değerleridir.
- E olarak gösterilen ivmelenme enerjisi, kinetik enerji formülü ile hesaplanmıştır.

$$E=1/2.m.V^2$$
- Q değeri;dizel araçların %20 verimli olması dolayısı ile bulunan E değerinin 0,2 ye bölünmesiyle elde edilmiştir.
- Yakıt sarfiyatı hesabı; $Q=m.Q_{LHV}$ ile hesaplanmıştır.($Q_{LHV}=40000\text{kJ/kg}$ olup yakıtın alt ısıl değeridir.)
- Toplam yakıt sarfiyatı; tur sayısı, duruş sayısı ve yakıt sarfiyatının çarpımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 5.7. Güzergâhlara Göre Yakıt Sarfiyatının Bulunması

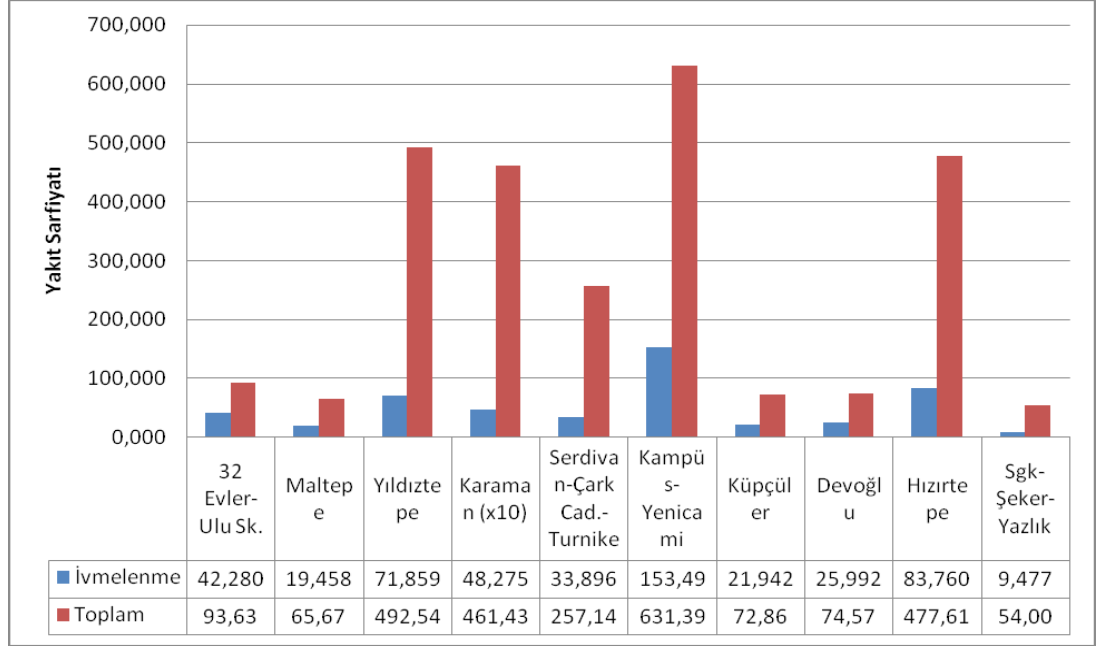
Güzergah	Zaman	m(kg)	V (m/sn)	E (joule)	Q (joule)	İvmeleme Kaynaklı Yakıt Sarfiyatı m yakıt(kg)	Tur Sayısı (tur/gün)	Duruş Sayısı	İvmeleme Kaynaklı Toplam Yakıt Sarfiyatı
32 Evler	sabah	10578	6,73	239594	1197969	0,030	14	35	14,665
	öğle	9038	6,73	204712	1023562	0,026	14	35	12,530
	akşam	10886	6,73	246570	1232850	0,031	14	35	15,085
Maltepe	sabah	8578	5,91	150004	750019	0,019	16	23	6,900
	öğle	7038	5,91	123074	615369	0,015	16	23	5,658
	akşam	8578	5,91	150004	750019	0,019	16	23	6,900
Yıldıztepe	sabah	7136	6,11	133249	666247	0,017	30	51	25,500
	öğle	5848	6,11	109199	545994	0,014	30	51	20,859
	akşam	7136	6,11	133249	666247	0,017	30	51	25,500
Karaman (x10)	sabah	13928	8,75	533200	2666002	0,067	49	50	163,300
	öğle	13015	8,75	498230	2491152	0,062	49	50	152,600
	akşam	14233	8,75	544857	2724285	0,068	49	50	166,850
Serdivan	sabah	7216	4,90	86726	433632	0,011	30	38	12,350
	öğle	5368	4,90	64516	322580	0,008	30	38	9,196
	akşam	7216	4,90	86726	433632	0,011	30	38	12,350
Kampüs	sabah	14520	6,11	271130	1355648	0,034	32	45	48,825
	öğle	14170	6,11	264594	1322971	0,033	32	45	47,610
	akşam	16970	6,11	316878	1584390	0,040	32	45	57,060
Küpçüler	sabah	6292	5,00	78650	393250	0,010	17	46	7,682
	öğle	5368	5,00	67100	335500	0,008	17	46	6,578
	akşam	6292	5,00	78650	393250	0,010	17	46	7,682
Devoğlu	sabah	6600	5,77	109845	549227	0,014	29	24	9,552
	öğle	5060	5,77	84215	421074	0,011	29	24	7,320
	akşam	6292	5,77	104719	523596	0,013	29	24	9,120
Hızırtepe	sabah	6653	6,67	147844	739222	0,018	32	48	28,368
	öğle	6009	6,67	133533	667667	0,017	32	48	25,632
	akşam	6975	6,67	155000	775000	0,019	32	48	29,760
Şeker-Yazlık	sabah	5984	5,00	74800	374000	0,009	9	39	3,276
	öğle	5060	5,00	63250	316250	0,008	9	39	2,769
	akşam	6292	5,00	78650	393250	0,010	9	39	3,432

Tablo 5.8. Toplam Yakıt Sarfiyatının Bulunması

Güzergah	Turluk km	Tur sayısı	Araç sayısı	Toplam km	Km-1 lt	Top. Km/1lt yakıt km	%
32EVLER	21	14	1	294	3.14	93.63	45
MALTEPE	11	16	1	176	2.68	65.67	30
YILDIZTEPE	22	30	2	1320	2.68	492.54	15
KARAMAN	42	49	5	10290	2.23	4614.35	11
SERDİVAN	15	30	2	900	3.5	257.14	13
KAMPÜS	22	32	2	1408	2.23	631.39	24
KÜPÇÜLER	15	17	1	255	3.5	72.86	30
DEVOĞLU	9	29	1	261	3.5	74.57	17
HIZIRTEPE	20	32	2	1280	2.68	477.61	18
YAZLIK	21	9	1	189	3.5	54.00	18
TOPLAM	198	258	18	16373	29.64	6833.76	14(ort)

Adapazarındaki seçilen 10 güzergâhta yapılan incelemeler sonucunda her taşıt için sabah, öğle ve akşam saatleri olmak üzere doluluk oranları bulunmuştur. Her bir güzergâhta toplam taşıt ağırlığını bulurken taşıtların net ağırlığı ve yapılan incelemelerdeki doluluk oranları ile hesaplanmış yolcu ağırlığı toplanmıştır. Bulunan toplam ağırlık kullanılarak $E=1/2.m.V^2$ kullanılarak ivmelenme enerjisi bulunmuştur. Bu enerji ile tüm güzergâhlar için ivmelenmeden kaynaklanan tasarruf edilebilir yakıt sarfiyatı hesaplanmıştır.

Hesaplamalar incelendiğinde Karaman-akşam saatlerinde bulunan değerler en yüksek ivmelenmeden kaynaklanan tasarruf edilebilir yakıt sarfiyatı olduğu görülmüştür. Ayrıca aynı yöntemle hesaplanmış toplam yakıt sarfiyatı ile ivmelenmeden kaynaklanan tasarruf edilebilir yakıt sarfiyatları karşılaştırıldığında toplam %14'tür.



Şekil 5.14. İvmelenmeden Kaynaklanan Yakıt Sarfiyatı İle Toplam Yakıt Sarfiyatının Kıyaslanması

Tablo 5.9. İvmelenmeden Kaynaklı Tasarruf Edilebilen Yakıt Sarfiyatının Toplam Yakıt Sarfiyatına Oranı

Güzergah	Yakıt oranı
32 Evler	45%
Maltepe	30%
Yıldıztepe	15%
Karaman	11%
Serdivan	13%
Kampüs	24%
Küpçüler	30%
Devoğlu	17%
Hızırtepe	18%
Yazlık-Şeker	18%

Tablo 5.10. İvmelenmeden Kaynaklanan Tasarruf Edilebilir Yakıt Sarfiyatından Kaynaklı Emisyon Faktörleri

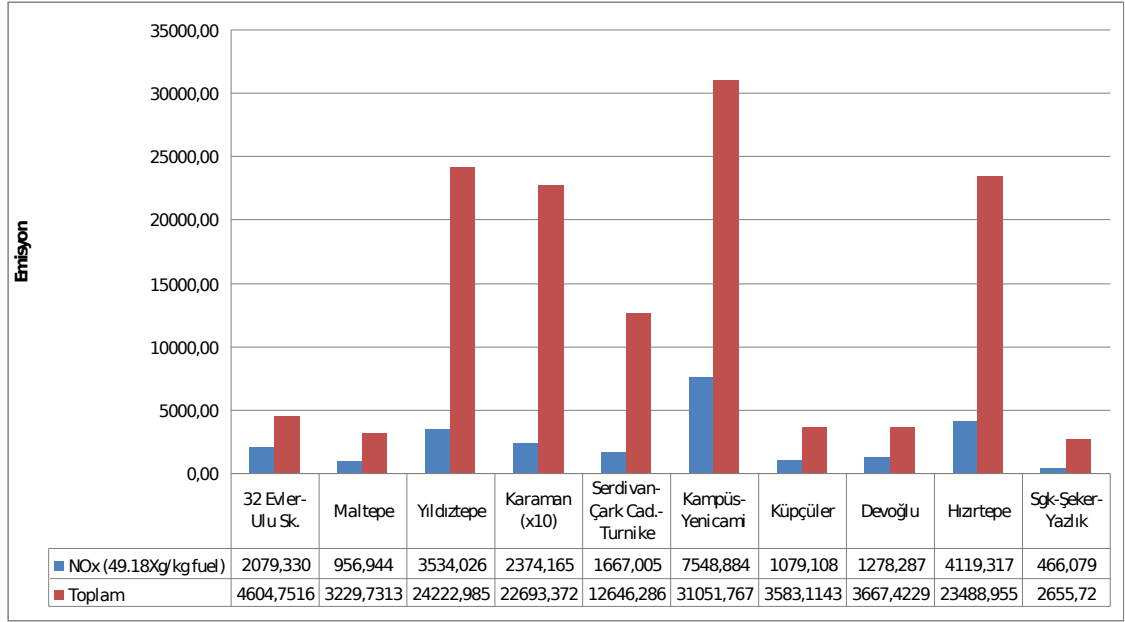
Güzergâh	Yakıt sarfiyatı	CO 15,71Xg /kg	NOx 49.18X g/kg	NMVO C 4.13Xg / kg	CH4 0.51X g/ kg	PM 2.15X g/ kg	CO2 3.09Xk g/kg
32 Evler- Ulu Sk.	14.665	230.39	721.22	60.57	7.48	31.53	45.315
	12.530	196.85	616.23	51.75	6.39	26.94	38.718
	15.085	236.99	741.88	62.30	7.69	32.43	46.613
Maltepe	6.900	108.40	339.34	28.50	3.52	14.84	21.321
	5.658	88.89	278.26	23.37	2.89	12.16	17.483
Yıldıztepe	6.900	108.40	339.34	28.50	3.52	14.84	21.321
	25.500	400.61	1254.09	105.32	13.01	54.83	78.795
	20.859	327.69	1025.85	86.15	10.64	44.85	64.454
Karaman	25.500	400.61	1254.09	105.32	13.01	54.83	78.795
	163.300	2565.44	8031.09	674.43	83.28	351.10	504.597
	152.600	2397.35	7504.87	630.24	77.83	328.09	471.534
	166.850	2621.21	8205.68	689.09	85.09	358.73	515.567
Serdivan	12.350	194.02	607.37	51.01	6.30	26.55	38.162
	9.196	144.47	452.26	37.98	4.69	19.77	28.416
	12.350	194.02	607.37	51.01	6.30	26.55	38.162
Kampüs	48.825	767.04	2401.21	201.65	24.90	104.97	150.869
	47.610	747.95	2341.46	196.63	24.28	102.36	147.115
Küpçüler	57.060	896.41	2806.21	235.66	29.10	122.68	176.315
	7.682	120.68	377.80	31.73	3.92	16.52	23.737
	6.578	103.34	323.51	27.17	3.35	14.14	20.326
	7.682	120.68	377.80	31.73	3.92	16.52	23.737
Devoğlu	9.552	150.06	469.77	39.45	4.87	20.54	29.516
	7.320	115.00	360.00	30.23	3.73	15.74	22.619
	9.120	143.28	448.52	37.67	4.65	19.61	28.181
Hızırtepe	28.368	445.66	1395.14	117.16	14.47	60.99	87.657
	25.632	402.68	1260.58	105.86	13.07	55.11	79.203
	29.760	467.53	1463.60	122.91	15.18	63.98	91.958
Şeker-Yazlık	3.276	51.47	161.11	13.53	1.67	7.04	10.123
	2.769	43.50	136.18	11.44	1.41	5.95	8.556
	3.432	53.92	168.79	14.17	1.75	7.38	10.605
TOPLAM	944.909	14844.52	46470.6	3902.47	481.90	2031.5	2919.76

Tablo 5.11. Toplam Yakıt Sarfiyatından Kaynaklanan Emisyon Miktarları

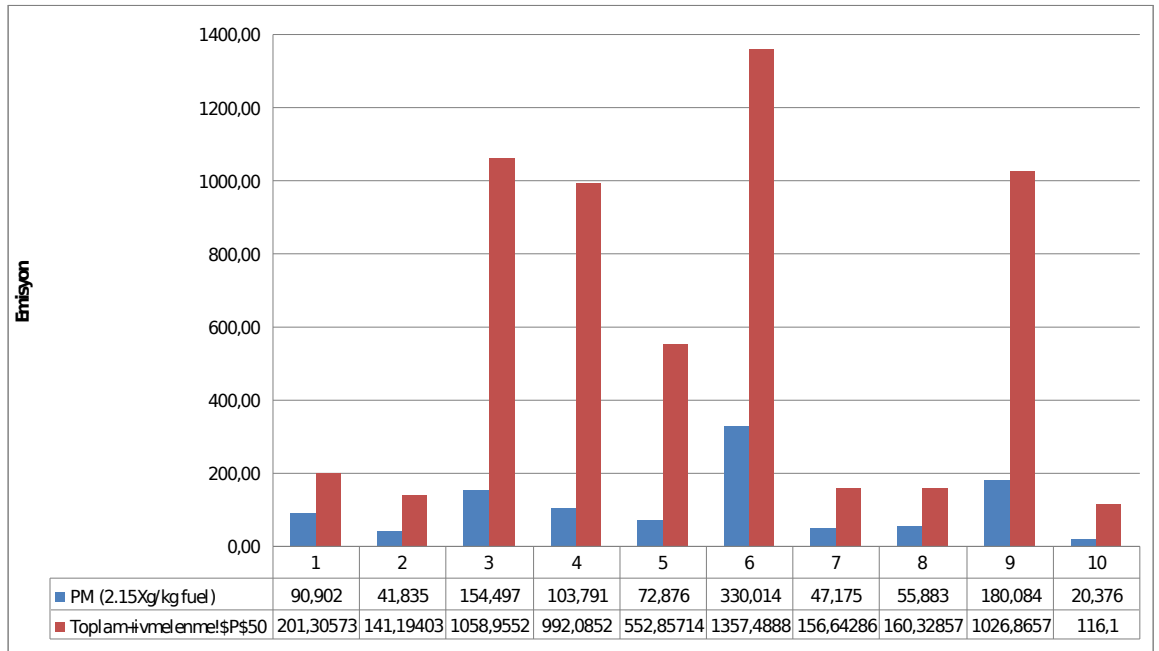
Güzergah	Top. Km/1lt lik yakıt km	CO (15.71X g /kg fuel)	NOx (49.18X g /kg fuel)	NMVOc (4.13Xg /kg fuel)	CH4 (0.51X g /kg fuel)	PM (2.15Xg /kg fuel)	CO2 (3.09Xkg /kg fuel)
32EVLER	93.63	1470.94	4604.75	386.69	47.75	201.31	289.32
MALTEPE	65.67	1031.70	3229.73	271.22	33.49	141.19	202.93
YILDIZTEPE	492.54	7737.76	24222.99	2034.18	251.19	1058.96	1521.94
KARAMAN	4614.35	72491.43	226933.72	19057.26	2353.32	9920.85	14258.34
SERDİVAN	257.14	4039.71	12646.29	1062.00	131.14	552.86	794.57
KAMPÜS	631.39	9919.14	31051.77	2607.64	322.01	1357.49	1951.00
KÜPÇÜLER	72.86	1144.59	3583.11	300.90	37.16	156.64	225.13
DEVOĞLU	74.57	1171.52	3667.42	307.98	38.03	160.33	230.43
HIZIRTEPE	477.61	7503.28	23488.96	1972.54	243.58	1026.87	1475.82
YAZLIK	54.00	848.34	2655.72	223.02	27.54	116.10	166.86
TOPLAM	6833.76	107,358.41	336,084.45	28,223.44	3,485.22	14,692.59	21,116.33

Dizel motorlarda yanma sonucunda meydana gelen emisyon oluşumunun en önemli kaynağının yakıtlar olmasından dolayı tüm güzergahlara göre bulunan ivmelenmeden kaynaklı yakıt sarfiyatları ve toplam yakıt sarfiyatına bağlı ayrı ayrı tüm emisyon değerleri Bulk Emisyon faktörleriyle hesaplanmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde Karaman-akşam değerleri diğer güzergahlar içerisinde en yüksek değerleri oluşturmaktadır.



Şekil 5.15. İvmelenmeden ve Toplam Yakıt Sarfiyatından Kaynaklanan Nox Emisyonların Karşılaştırılması



Şekil 5.16. İvmelenmeden ve Toplam Yakıt Sarfiyatından Kaynaklanan Pm Emisyonların Karşılaştırılması

Dizel motorlardan kaynaklanan en önemli emisyonların Nox ve PM ler olmasından dolayı çalışmamızda İvmelenmeden kaynaklanan ve tüm güzergahlardaki toplam

emisyonlar karşılaştırılmıştır.Ortalama olarak tüm güzergahlar için ivmelenmeden kaynaklı tasarruf edilebilir yakıt NOx ve PM değerleri %35 olarak bulunmuştur.

Tablo 5.12. Ivmelenmeden Kaynaklı Tasarruf Edilebilir Yakıt Nox-Pm Oranları

GÜZERGAH	NOX	PM
32 Evler	45%	45%
Maltepe	30%	30%
Yıldıztepe	15%	15%
Karaman	10%	10%
Serdivan	13%	13%
Kampüs	24%	24%
Küpçüler	30%	30%
Devoğlu	35%	35%
Hızırtepe	18%	18%
Yazlık-Şeker	18%	18%

BÖLÜM 7

7.1. SONUÇ

Ülkemizde giderek artan hava kirliliği problemlerini çözmek için hava kirleticilerin kaynaklarını, bu kaynaklardan atmosfere verilen tür ve miktarlarını gösteren sağlıklı ve güncel envanter verilerine ihtiyaç vardır. Bu bakımdan hava kalitesi yönetiminin birinci adımı iyi bir envantere sahip olmaktır.

Emisyon envanterlerinin amacı, hava kirletici kaynakların belirlenerek bu kaynaklardan atmosfere verilen kirleticilerin miktarlarının saptanmasıdır. Böylece hava kirlenmesi kontrolü ve hava kalitesinin iyileştirilmesi için daha iyi projeler ve çözüm önerilerinin üretilmesi mümkün olabilecektir. Bu çalışmaların hedefi de, Adapazarı'nın emisyon envanterinin hazırlanması, kaynakların tespit edilerek çözümler üretilmesidir.

İncelenen çözüm yöntemlerinden hibrit teknolojisinin en uygunlarından biri olabileceği düşünülmektedir. Şehir içindeki güzârhâlarda otobüslerin seyir halindeyken gerçekleşen ivmelenme emisyon oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır

Yapılan çalışma sonucunda Adapazarı şehrinde 10 güzergâhtaki veriler incelendiğinde 32 Evler, Maltepe, Küpçüler güzergâhlarında ivmelenmeden kaynaklanan tasarruf edilebilir yakıt sarfiyatı ve buna bağlı oluşan emisyonlardan fazla olmasından dolayı hibrit teknolojisinin uygun ve verimli olabileceği görülebilmektedir.

Adapazarı Büyükşehir Belediyesinin bu konuda iyileşmeye yönelik çalışmalar yapması halk sağlığı, ekolojik denge ve yakıt tasarrufu açısından tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

[1]“İçten Yanmalı motorlarda egzoz sistemlerinin teorik olarak incelenmesi”İTÜ kütüphanesi

[2]“Dizel motorlarında yakıt sisteminin yanma olayına ve egzoz gazları emisyonlarına etkisinin araştırılması” İTÜ kütüphanesi

[3]“Dizel motorlarda yanma odasının yalıtımı emisyon parametrelerine etkileri”Latif Besen,Sakarya Üniversitesi 1998

[4] <http://tr.wikipedia.org>

[5] “ Raylı Sistemlerde Enerji Verimli Sürüş ve Frenleme Enerjisinin Geri kazanılması” Süleyman Açıkbaş&Ali Alataş

[6]“Egzoz emisyonlarının dünyadaki evrimi günümüzün dizel motor teknolojileri ve askeri araçlardaki etkileri” Sertaç AKTAŞ Haziran 2008, Ankara

[7] Levendis Y A, Pavalatos I, Abrams R F, “ Control of diesel soot hydrocarbon and NOx emissions with a particular trap”, SAE 940460

[8] Ç GÜLER “Çevre ve Sağlık”, Yeni Türkiye 5 (Çevre Özel Sayısı), Ankara, s.675-723,1995

[9] O KURAL “Hava Kirliliği İstanbul’un Kaderi mi?”, Yeni Türkiye 5 (Çevre Özel Sayısı), Ankara, s.575-584-1995

[10] ” <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=58259>

[11] Tofaş Eğitim Notları

EKLER

EK.1. AIA Serisi Ölçüm Cihazlarının Özellikleri

	AIA-721	AIA-722
	CO (L)	CO(H) / CO ₂
Range Ölçüm Aralığı	CO 50-2500 ppm CO 100-2500 ppm	CO 5000 ppm - 10 vol % CO ₂ 5000 ppm - 20 vol%
Repeatability (Zero) Tekrarlayabilme (Sıfır)	< ± 1% FS	< ± 1% FS
Repeatability (Span) Tekrarlayabilme (Aralık)	< ± 1% RS	< ± 1% RS
Drift (Zero) İşletme (Sıfır)	(>100 ppm) < ± 1% FS/24 h (50-100 ppm) < ± 2% FS/24 h	< ± 1% FS/24 h
Drift (Span) İşletme (Aralık)	(>50 ppm) < ± 1% FS/24 h	< ± 1% FS/24 h
Noise- Gürültü	< ± 0.5% FS	< ± 0.5% FS
Linearity - Doğrusallık	< ± 1% FS veya < ± 2% RS	< ± 1% FS veya < ± 2% RS
T90	(< 100 ppm) < 3 sn. (>100 ppm) < 2 sn.	< 1.5 sn.
Sampla flowrate Akış Miktarı	4 l/dak.	2 l/dak.
Power Requirements Güç gerekenimleri	24V, ± 15V DC, 5V DC	24V, ± 15V DC, 5V DC
Dimensions Boyutları	76 (W) * 160 (H) * 400 (D) mm 3 (W)* 6.3 (H) * 15.8 (D) inç	76 (W) * 160 (H) * 400 (D) mm 3 (W)* 6.3 (H) * 15.8 (D) inç

EK.2. CLA Serisi Ölçüm Cihazlarının Özellikleri

	CLA-720 / 720M	CLA- 750 / 755
	Atmosferik Tip	Vakum Tipi
Range Ölçüm Aralığı	NO/ NO _x 10-10000 ppm	NO/ NO _x 10-10000 ppm
Repeatability (Zero) Tekrarlayabilme (Sıfır)	< ± 1% FS	< ± 1% FS
Repeatability (Span) Tekrarlayabilme (Aralık)	< ± 1% RS	< ± 1% RS
Drift (Zero) İşletme (Sıfır)	< ± 1% FS/24 h	< ± 1% FS/24 h
Drift (Span) İşletme (Aralık)	< ± 1% FS/24 h	< ± 1% FS/24 h
Noise- Gürültü	< ± 1% FS	< ± 1% FS
Linearity - Doğrusallık	< ± 1% FS veya < ± 2% RS	< ± 1% FS veya < ± 2% RS
T90	CLA-720 (NO/ NO _x) (< 50 ppm) < 2.0 sn. (>50 ppm) < 1.5 sn. CLA-720M NO NO _x (< 50 ppm) < 2.5 sn. : <3.0 sn. (>50 ppm) < 2.0 sn. : < 2.5 sn.	CLA-755 (NO/ NO _x) < 1.5 sn. CLA-755 (NO) < 1.5 sn. CLA-755 (NO _x) < 2.0 sn.
Sampla flowrate Akış Miktarı	CLA-720 : CLA 720M 0.5 l/dak. : 1.0 l/dak.	CLA-750 : CLA-755 0.5 l/dak. : 1.0 l/dak.
Interference (CO2 16%) Bağlantı	-3.0%	-2.0%
Power Requirements Güç gerekenimleri	24V, ± 15V DC, 5V DC	24V, ± 15V DC, 5V DC
Dimensions Boyutları	76 (W) * 160 (H) * 400 (D) mm 3 (W)* 6.3 (H) * 15.8 (D) inç (CLA-720M Hariç)	76 (W) * 160 (H) * 400 (D) mm 3 (W)* 6.3 (H) * 15.8 (D) inç (CLA- 755 Hariç)

EK.3. FIA Serisi Ölçüm Cihazlarının Özellikleri

	FIA-720	FIA-725
	Soğuk tip	Sıcak Tip
Range Ölçüm Aralığı	10-20000 ppmC	10-50000 ppmC
Repeatability (Zero) Tekrarlayabilme (Sıfır)	< ± 1% FS	< ± 1% FS
Repeatability (Span) Tekrarlayabilme (Aralık)	< ± 1% RS	< ± 1% RS
Drift (Zero) İşletme (Sıfır)	< ± 1% FS/24 h	(>10 ppm) < ± 1% FS/24 h
Drift (Span) İşletme (Aralık)	< ± 1% FS/24 h	(>10 ppm) < ± 1% FS/24 h
Noise- Gürültü	< ± 0.5%FS	< ± 0.5%FS
Linearity - Doğrusallık	< ± 1% FS veya < ± 2% RS	< ± 1% FS veya < ± 2% RS
T90	< 1.5 sn.	(>10 ppm) < 1.5 sn.
Sampla flowrate Akış Miktarı	0.5 l/dak.	0.5 l/dak.
Dimensions Boyutları	76 (W) * 160 (H) * 400 (D) mm 3 (W)* 6.3 (H) * 15.8 (D) inç	OVN'a yerleştirilmiştir.

EK.4. GFA Serisi Ölçüm Cihazlarının Özellikleri

	GFA-720
Range Ölçüm Aralığı	5-2500 ppm
Repeatability (Zero) Tekrarlayabilme (Sıfır)	< ± 1% FS
Repeatability (Span) Tekrarlayabilme (Aralık)	< ± 1% RS
Drift (Zero) İşletme (Sıfır)	< ± 1% FS/24 h
Drift (Span) İşletme (Aralık)	< ± 2% FS/24 h
Noise- Gürültü	-
Linearity – Doğrusallık	< ± 1% FS veya < ± 2% RS
Measuring interval - Ölçüm Duraklaması	< 15 ± 1 sn.
Sampla flowrate Akış Miktarı	0.5 l/dak.
Power Requirements Güç gerekenimleri	24V, ± 15V DC, 5V DC
Dimensions Boyutları	76 (W) * 160 (H) * 400 (D) mm 3 (W)* 6.3 (H) * 15.8 (D) inç

EK.5. MPA Serisi Ölçüm Cihazlarının Özellikleri

	MPA-720
--	----------------

Range Ölçüm Aralığı	1-25 vol%
------------------------	-----------

Repeatability (Zero) Tekrarlayabilme (Sıfır)	$< \pm 1\% \text{ FS}$
---	------------------------

Repeatability (Span) Tekrarlayabilme (Aralık)	$< \pm 1\% \text{ RS}$
--	------------------------

Drift (Zero) İşletme (Sıfır)	$< \pm 1\% \text{ FS}/24 \text{ h}$
---------------------------------	-------------------------------------

Drift (Span) İşletme (Aralık)	$< \pm 2\% \text{ FS}/24 \text{ h}$
Noise- Gürültü	$(< 5 \text{ vol}\%) < \pm 1.0 \% \text{ FS}$ $(> 5 \text{ vol}\%) < \pm 0.5 \% \text{ FS}$
Linearity – Doğrusallık	$< \pm 1\% \text{ FS}$ veya $< \pm 2\% \text{ RS}$
T90	$(< 5 \text{ vol}\%) < 2.0 \text{ sn.}$ $(> 5 \text{ vol}\%) < 1.5 \text{ sn.}$
Sampla flowrate Akış Miktarı	0.5 l/dak.
Power Requirements Güç gerekenimleri	24V, $\pm 15\text{V DC}$, 5V DC
Dimensions Boyutları	76 (W) * 160 (H) * 400 (D) mm 3 (W)* 6.3 (H) * 15.8 (D) inç

EK.6. Belediye Otobüsü Güzergâhları



EK.7. Seçilen Güzergâhlardaki Otobüs Aktiviteleri

Güzergâh	Çevrim Süresi (dk)	Sabit Hız Süresi (dk)	Hızlanma Süresi (dk)	Yavaşlama Süresi (dk)	Durma Süresi (dk)	Duruş Sayısı	Uzunluk (km)	Ort. Hız (km/sa)	Mak. Hız (km/sa)
32 Evler- Ulu sk.- Adaşehir	52	3,37	15,79	7,22	20,41	35	21	24,23	65
Maltepe	31	3,26	12,34	8,31	5,08	23	11	21,29	50
Yıldıztepe- Sanayi	60	2,69	19,7	15,36	16,25	51	22	22	50
Karaman	80	10,32	21,42	16,21	20,30	50	42	31,5	90
Serdivan- Çark- Turnike	51	4,10	15,25	11,15	13,45	38	15	17,65	60
Kampus- Yenicami	60	4,47	18,45	12,03	17,07	46	22	22	70
Küpçüler	50	3,27	13,23	11,25	15,25	46	15	18	70
Devoğlu	26	2,49	7,12	4,47	8,07	24	9	20,77	50
Hızırtepe	50	3,25	13,28	10,48	16,19	48	20	24	50
SGK- Şeker- Yazlık	70	4,70	23,38	18,62	15,25	39	21	18	60

Güzergah	zaman	yolcu ağırlığı (kg)	net ağırlık (kg)	doluluk oranı (%)	yolcu sayısı	m(kg)	V m/sn	E (joule)	Q (joule)	yakıt sarfiyatı	tur sayısı tur/gün	duruş sayısı	tur sayısıXyakıt sarfiyatıXduruş sayısı
	sabah	3388	7190	55	88	10578	6.73	239593.7	1197969	0.030	14	35	14.665
32 Evler	öğle	1848	7190	30	88	9038	6.73	204712.4	1023562	0.026	14	35	12.530
	akşam	3696	7190	60	88	10886	6.73	246570.0	1232850	0.031	14	35	15.085
	sabah	3696	4882	60	88	8578	5.91	150003.8	750019	0.019	16	23	6.900
Maltepe	öğle	2156	4882	35	88	7038	5.91	123073.8	615369	0.015	16	23	5.658
	akşam	3696	4882	60	88	8578	5.91	150003.8	750019	0.019	16	23	6.900
	sabah	2254	4882	70	46	7136	6.11	133249.4	666247	0.017	30	51	25.500
Yıldıztepe	öğle	966	4882	30	46	5848	6.11	109198.8	545994	0.014	30	51	20.859
	akşam	2254	4882	70	46	7136	6.11	133249.4	666247	0.017	30	51	25.500
	sabah	3958.5	9970	65	87	13929	8.75	533200.4	2666002	0.067	49	50	163.300
Karaman	öğle	3045	9970	50	87	13015	8.75	498230.5	2491152	0.062	49	50	152.600
	akşam	4263	9970	70	87	14233	8.75	544857.0	2724285	0.068	49	50	166.850
	sabah	3696	3520	60	88	7216	4.90	86726.3	433632	0.011	30	38	12.350
Sarıyer	öğle	1848	3520	30	88	5368	4.90	64515.9	322580	0.008	30	38	9.196
	akşam	3696	3520	60	88	7216	4.90	86726.3	433632	0.011	30	38	12.350
	sabah	4550	9970	65	100	14520	6.11	271129.6	1355648	0.034	32	45	48.825
Kampüs	öğle	4200	9970	60	100	14170	6.11	264594.1	1322971	0.033	32	45	47.610
	akşam	7000	9970	100	100	16970	6.11	316878.1	1584390	0.040	32	45	57.060
	sabah	2772	3520	45	88	6292	5.00	78650.0	393250	0.010	17	46	7.682
Küçükçekirli	öğle	1848	3520	30	88	5368	5.00	67100.0	335500	0.008	17	46	6.578
	akşam	2772	3520	45	88	6292	5.00	78650.0	393250	0.010	17	46	7.682
	sabah	3080	3520	50	88	6600	5.77	109845.4	549227	0.014	29	24	9.552
Değirmentepe	öğle	1540	3520	25	88	5060	5.77	84214.8	421074	0.011	29	24	7.320
	akşam	2772	3520	45	88	6292	5.77	104719.3	523596	0.013	29	24	9.120
	sabah	1771	4882	55	46	6653	6.67	147844.5	739222	0.018	32	48	28.368
Hızırtepe	öğle	1127	4882	35	46	6009	6.67	133533.3	667667	0.017	32	48	25.632
	akşam	2093	4882	65	46	6975	6.67	155000.0	775000	0.019	32	48	29.760
	sabah	2464	3520	40	88	5984	5.00	74800.0	374000	0.009	9	39	3.276
Şeker-Yazı	öğle	1540	3520	25	88	5060	5.00	63250.0	316250	0.008	9	39	2.769
	akşam	2772	3520	45	88	6292	5.00	78650.0	393250	0.010	9	39	3.432
								yakıt sarfiyatı			toplam		944.909

EK 8. Yakıt sarfiyatının bulunması