

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AVRUPA ŞEHİR ÇEVİRİMİ İLE AMERİKA ŞEHİR ÇEVİRİMİNİN
ARASINDAKİ FARKLARIN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. K.Mert GÜRSÜRER

Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : OTOMOTİV

OCAK 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AVRUPA ŞEHİR ÇEVİRİMİ İLE AMERİKA ŞEHİR ÇEVİRİMİNİN
ARASINDAKİ FARKLARIN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. K.Mert GÜRSÜRER

(503061725)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Aralık 2008

Tezin Savunulduğu Tarih : 19 Ocak 2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Cem SORUŞBAY (İTÜ)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Metin ERGENEMAN (İTÜ)

Prof. Dr. İrfan YAVAŞLIOL (YTÜ)

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Bana her zaman emek, maddi ve manevi destek veren annemin ve babamın bana sağladığı olanaklar sayesinde eğitimimi tamamlayabildiğimi belirtmeyi kendime bir borç bilirim. Yıllardır ailemin bana gösterdiği sabır, ilgi ve sevgiye çok teşekkür etmek istiyorum.

Ayrıca çalışmam boyunca benden bilgisini esirgemeyen ve bana yol gösteren danışmanım Prof. Dr Cem SORUŞBAY’a teşekkürlerimi sunuyorum.

Diğer taraftan bu çalışmam süresince bana burs desteği veren TÜBİTAK(Türkiye Bilim ve Teknoloji Araştırma Kurumu)’a teşekkür ediyorum. Aldığım bu bursun hakkını inşallah verebilmişimdir.

Ocak 2009

K. Mert GÜRSÜRER

Makine Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. EMİSYON STANDARTLARI.....	3
2.1. Dünyadaki Emisyon Standartları	3
2.2. Avrupa Birliği'ndeki Emisyon Standartları	11
2.3. Türkiye'deki Emisyon Standartları	14
2.3.1. Emisyonlara getirilen sınırlamalar.....	14
2.3.1.1. Tip testi	14
2.3.1.2. Trafikte seyreden motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonu kontrolü	17
2.3.2. Yakıtlara getirilen sınırlamalar	19
2.3.3. Ulaştırma politikalarının egzoz emisyonuna etkisi	20
3. TEST ÇEVİRİMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI VE ÖZELLİKLERİ.....	25
3.1. Test Çevrimlerinin Kullanılma Alanları	25
3.2. Test Çevrimlerinin Sınıflandırılması.....	25
3.3. Test Çevrimlerinin Oluşturulmasında En Yaygın Kullanılan Ölçütler	26
3.4. Test Çevrimlerinden Örnekler	26
3.4.1. Avrupa Birliği (AB) test çevrimi.....	26
3.4.2. Amerika test çevrimleri	27
3.4.3. Japonya test çevrimi	29
3.4.4. Diğer çevrimler	31
4. ÖRNEKLEME VE TÜRKİYE İÇİN ÖRNEKLEM SAYILARININ BELİRLENMESİ	33
4.1. Örnekleme	33
4.1.1. Örneklemenin istatistik araştırmalardaki önemi	33
4.1.2. Örnekleme uygulamanın nedenleri.....	34
4.1.3. Örnekleme yöntemleri	34
4.1.3.1. Tesadüfi örneklem.....	35
4.1.3.2. Tesadüfi olmayan örneklem	38
4.1.4. Örneklemenin amaçları	40
4.1.4.1. Anakütle parametrelerin tahmini	40
4.1.4.2. Anakütle parametreleri hakkındaki iddiaların araştırılması (hipotez testleri).....	41
4.1.5. Örnek büyüklüğünün belirlenmesi	42
4.1.5.1. Oranlarla ilgili örneklemede örnek büyüklüğü	42

4.1.5.2. Sürekli verilerde örnek büyüklüğünün belirlenmesi	45
4.2. Türkiye için Örneklem Sayılarının Belirlenmesi	47
4.2.1. Benzinli otomobiller için örneklem sayıları	47
4.2.2. Dizel otomobiller için örneklem sayıları	50
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	51
5.1. Test Düzenegi ve Özellikleri	51
5.2. Deneyin Yapılışı	56
5.3. Deney Sonuçları	57
5.3.1. Avrupa test çevrimi sonuçları	58
5.3.2. Amerika test çevrimi sonuçları	64
5.3.3. Avrupa test çevrimi ile Amerika test çevriminin karşılaştırılması	70
6. SONUÇLAR	75
KAYNAKLAR.....	77
EKLER.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	87

KISALTMALAR

COP	: Üretim uygunluğu (conformity of production)
i	: Püskürtme (injection)
ECE	: Avrupa Ekonomik Komisyonu (European Economic Commission for Europe)
EOBD	: Avrupa Birliği yerleşik tanılama (European Union on board diagnostic)
EU	: Avrupa Birliği (European Union)
EUDC	: Şehir dışı çevrimi (extra urban driving cycle)
FTP	: Federal Test Prosedür (Federal Test Procedure)
JC	: Japonya çevrimi (Japan cycle)
GVW	: Toplam taşıt ağırlığı (gross vehicle weight)
HFK	: Hava fazlalık katsayısı
LPG	: Sıvılaştırılmış petrol gazı (liquefied petroleum gas)
MVEG	: Motorlu taşıtlar emisyon grubu (motor vehicle emissions group)
NMHC	: CH ₄ (metan) olmayan HC'lar
OBD	: Yerleşik tanılama sistemi (on board diagnostic)
OTAM	: Otomotiv Teknolojileri Araştırma Merkezi
R	: Tavsiye niteliğinde olan tüzük, yönetmelik (regulation)
SC	: Hızı düzeltilmiş test (speed correction)
RMS	: Ortalamanın karekökü (Root Mean Square)
US	: Amerika Birleşik Devleti (United States of America)
VT SHED	: Değişken sıcaklıkta buharlaşmayı önleyici kapalı oda (variable temperature sealed house for evaporation determination)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: 2001/116/EEC yönetmeliğine uyumlu hale getirilmiş 70/156/EECyönetmeliği.....	3
Çizelge 2.2	: ECE-R15/04 ve ECE-R83/00-05 kurşunlu benzin (Onay A) emisyon standartları.....	12
Çizelge 2.3	: ECE-R83/01 Kurşunsuz benzin (Onay B) emisyon standartları....	12
Çizelge 2.4	: ECE-R83/01 Dizel (Onay C).....	12
Çizelge 2.5	: Euro 1 ve Euro 2 emisyon standartları.....	14
Çizelge 2.6	: Euro 3 ve Euro 4 emisyon standartları.....	14
Çizelge 2.7	: Motorlu kara taşıtlarından kaynaklanan egzoz emisyonlarının kontrol periyodu.....	17
Çizelge 2.8	: Trafikte kullanılmakta olan benzinli taşıtlarda CO sınır değerleri.....	18
Çizelge 2.9	: Trafikte kullanılmakta olan benzinli taşıtlarda diğer emisyon sınır değerleri.....	18
Çizelge 2.10	: Trafikte kullanılmakta olan dizel motorlu taşıtlarda absorpsiyon katsayısı sınır değerleri.....	19
Çizelge 2.11	: Ulaştırma tiplerinin yıllara göre kullanım sıklıkları.....	20
Çizelge 2.12	: Yıllara göre ABD'deki otomobillerin emisyonları arasındaki fark.....	23
Çizelge 3.1	: Amerika test çevrimi çeşitleri.....	28
Çizelge 3.2	: Japonya test çevrimi çeşitleri.	30
Çizelge 3.3	: Diğer çevrimlerin güzergâh seçimi ve veri toplama yöntemi.....	31
Çizelge 3.4	: Diğer şehir çevrimlerin değerlendirme ölçütü.....	32
Çizelge 4.1	: Benzinli otomobil için emisyon grupları.....	47
Çizelge 4.2	: Yıllara ve emisyon standartlarına göre benzinli otomobille (kümülatif).....	48
Çizelge 4.3	: Yıllara ve emisyon standartlarına göre benzinli otomobiller (ayrı ayrı).....	48
Çizelge 4.4	: Yüzdelik dilimler.....	49
Çizelge 4.5	: Yıllara göre dizel otomobillerinin sayılar.....	50
Çizelge 5.1	: Taşıtların markaları, model yılları, emisyon standardı ve motor tipi.	57
Çizelge 5.2	: Taşıtların yakıt cinsi, motor hacmi, net kütlesi ve test öncesi taşıtın menzili.....	58
Çizelge 5.3	: HC, CO emisyonları.....	59
Çizelge 5.4	: NOx ve NMHC emisyonları.....	61
Çizelge 5.5	: NMHC+NOx, HC+NOx ve CH4 emisyonları.....	62
Çizelge 5.6	: CO2 ve yakıt tüketimi değerleri.....	63
Çizelge 5.7	: Birim dönüştürme tablosu.....	65

Çizelge 5.8	: HC ve CO emisyonu.....	65
Çizelge 5.9	: NO _x ve NMHC emisyonları.....	67
Çizelge 5.10	: NMHC+NO _x , HC+NO _x , CH ₄ emisyonları.....	68
Çizelge 5.11	: CO ₂ ve yakıt tüketimi değerleri.....	68
Çizelge 5.12	: HC, CO, NO _x emisyonları.....	70
Çizelge 5.13	: HC+NO _x , CO ₂ ve yakıt tüketimi.....	70
Çizelge A.1	: 1990-1998 yılları arasında Türkiye'deki otomobillerin markalara göre dağılımı (Tuik).....	79
Çizelge A.2	: 1999-2006 yılları arasında Türkiye'deki otomobillerin markalara göre dağılımı (Tuik).....	80
Çizelge A.3	: Küsuratlı örnek taşıt sayısı (n=10 için).....	81
Çizelge A.4	: Küsuratsız örnek taşıt sayısı (n=10 için).....	81
Çizelge A.5	: Küsuratlı örnek taşıt sayısı (n=20).....	82
Çizelge A.6	: Küsuratsız örnek taşıt sayısı (n=21).....	82
Çizelge A.7	: Küsuratlı örnek taşıt sayısı (n=30)	83
Çizelge A.8	: Küsuratsız örnek taşıt sayısı (n=30)	83
Çizelge A.9	: Küsuratlı örnek taşıt sayısı (n=40)	84
Çizelge A.10	: Küsuratsız örnek taşıt sayısı (n=40).....	84
Çizelge A.11	: Küsuratlı örnek taşıt sayısı (n=50).....	85
Çizelge A.12	: Küsuratsız örnek taşıt sayısı (n=50)	85

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Benzinli taşıtın Avrupa Birliği emisyon standartları.....	13
Şekil 2.2 : Dizel yakıtlı taşıtın Avrupa Birliği emisyon standartları.	13
Şekil 3.1 : Avrupa test çevrimi.	27
Şekil 3.2 : FTP 75 çevrimi.....	28
Şekil 3.3 : SC03 çevrimi.....	29
Şekil 3.4 : US06 çevrimi.....	29
Şekil 3.5 : Otoyol çevrimi.....	29
Şekil 3.6 : 11 mod soğuk testi.....	30
Şekil 3.7 : 10-15 mod sıcak testi.....	30
Şekil 3.8 : Yeni test çevrimi JC 08.	31
Şekil 5.1 : Egzoz emisyon odası.	51
Şekil 5.2 : İTÜ-OTAM test düzeneği.	52
Şekil 5.3 : HC emisyonu.....	60
Şekil 5.4 : CO emisyonu.....	60
Şekil 5.5 : NO _x emisyonu.	62
Şekil 5.6 : CH ₄ emisyonu.....	63
Şekil 5.7 : CO ₂ emisyonu.	64
Şekil 5.8 : Yakıt tüketimi.....	64
Şekil 5.9 : HC emisyonu.....	66
Şekil 5.10 : CO emisyonu.....	66
Şekil 5.11 : NO _x emisyonu.	67
Şekil 5.12 : CH ₄ emisyonu.	68
Şekil 5.13 : CO ₂ emisyonu.	69
Şekil 5.14 : Yakıt tüketimi.....	69
Şekil 5.15 : HC emisyonu.....	71
Şekil 5.16 : CO emisyonu.....	71
Şekil 5.17 : NO _x emisyonu.	72
Şekil 5.18 : CO ₂ emisyonu.....	73
Şekil 5.19 : Yakıt tüketimi.....	73

AVRUPA ŞEHİR ÇEVİRİMİ İLE AMERİKA ŞEHİR ÇEVİRİMİNİN ARASINDAKİ FARKLARIN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, iki farklı karakterde olan Avrupa test çevrimi (NEDC) ve Amerika test çevrimi (FTP 75)'ne göre emisyon testleri yapıldı. Zaman ve ekonomik sıkıntıdan dolayı Türkiye'deki toplam otomobil sayılarını temsilen şimdiye kadar altı otomobile bu testler uygulandı. Bu testler İTÜ Ayazağa yerleşkesinde bulunan OTAM egzoz emisyon laboratuvarında yapıldı.

Otomobiller, benzin ve dizel olmak üzere iki ana gruba ayrıldı. Bu iki ana grup da emisyon sınıfları esas alınarak alt gruplara ayrıldı. Alt grupların (zümrelerin) kendi içlerinde homojen ve alt grupların kendi aralarında heterojen olması, kullanılacak örnekleme yönteminin zümrelere göre tesadüfi örnekleme olmasını gerektirdi. Tesadüfi örnekleme sonucunda bulunan otomobil sayıları dikkate alınarak markalara göre tekrar bir alt örnekleme daha yapılmıştır. Bu amaçla Türkiye'de bulunan otomobillerin markalarının yıllara bağlı olarak değişen sayıları da dikkate alınmıştır. Dolayısıyla otomobillerin hem emisyon sınıfları hem de markaları dikkate alınarak örneklem büyüklüğü belirlenmiştir.

Şehir çevrimlerinin temel aldığı trafik şartları, araçların ve yolların durumu, uygulanan emisyon kontrol teknolojileri vb. ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Bu amaçla oluşturulan İstanbul şehir çevrimi ile ilgili çalışma devam etmektedir. Dolayısıyla altı otomobile İstanbul şehir çevrimi emisyon testi yapılamadı. İstanbul şehir çevriminin hedeflenen hatayla oluşturulması sonucunda laboratuvarda emisyon testleri yapılmaya devam edilecek. Bu egzoz emisyon testleri sonucunda Türkiye'ye özel emisyon faktörlerinin bulunması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada, Avrupa test çevrimi ile Amerika test çevrimi arasında emisyonlar ve yakıt tüketimi açısından karşılaştırma yapılmıştır. Avrupa test çevrimi ile Amerika test çevrimi sonuçları arasında emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu durum bize taşıtı sürüş şeklinin emisyonlar ve yakıt tüketimi üzerinde çok etkili olduğunu göstermiştir.

Avrupa test çevriminde Volkswagen Bora ve Renault Clio hariç tüm otomobillerin HC emisyonu Amerika test çevrimi sonuçlarından düşük çıkmıştır. Avrupa test çevriminde Murat-Doğan ve Toyota Corolla hariç tüm otomobillerin CO emisyonu Amerika test çevrimi sonuçlarından yüksek çıkmıştır. Avrupa test çevriminde tüm otomobillerin NO_x emisyonu Amerika test çevrimi sonuçlarından yüksek çıkmıştır. Avrupa test çevriminde tüm otomobillerin CO₂ emisyonu ve yakıt tüketimi Amerika test çevrimi sonuçlarından düşük çıkmıştır. Bu durumun nedeni Amerika test çevriminin Avrupa test çevrimine göre daha fazla ani yavaşlama ve ani hızlanma yapısının olmasıdır.

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE DIFFERENCE BETWEEN EUROPEAN CITY CYCLE AND AMERICAN CITY CYCLE

SUMMARY

In this study, emission tests were performed according to New European driving cycle (NEDC) and American test cycle (FTP 75) which have two different character. Because of the problem of the economy and time, until now these tests were performed on six automobile. These tests were performed in the OTAM exhaust emission laboratory which is located in Istanbul Technical University in Ayazağa campus.

Automobiles were divided into two groups such as gasoline and diesel. These two basic groups were divided into subgroups based on emission classes, too. In case subgroups were the homogeneous in it and subgroups were heterogeneous between them, required the sampling method to be used stratified random sampling. Considering the number of the automobiles which was found in the results of the stratified random sampling, again one more sub sampling was made according to trades. With this aim, number of the automobiles in Turkey depending on the years and trades were considered, too. So, considering both emission classes and trades of the automobiles were determined the size of the sampling.

City cycle based on the traffic conditions, road and vehicle situation, application of the emission control technologies differs from country to country. Istanbul city cycle that is formed with that aim is continuing. For that reason, Istanbul city cycle emission tests cannot be performed on six automobiles. Results of the forming of the Istanbul city cycle that is desired aim, exhaust emission tests will be done. In the results of these exhaust emission test results, the emission factor of Turkey.

In this study, from the point of emissions and consumption of fuel, the comparison between European test cycle and American test cycle are made. Between European test cycle and American test cycle results, emissions and consumption of fuel values are very different from each other was seen. Due to this, this situation have showed us that the driving manner are very effective on the emissions and consumption of fuel.

In all vehicles except Volkswagen Bora and Renault Clio European test cycle HC emission are lower than American test cycle. In all vehicles except Murat-Doğan and Toyota Corolla European test cycle CO emission are higher than American test cycle. In all vehicles European test cycle NO_x emission are higher than American test cycle. In all vehicles European test cycle CO₂ emission and consumption of fuel are lower than American test cycle. The reason of this situation, according to European test cycle, American test cycle has a more sudden acceleration and sudden deceleration structure.

1. GİRİŞ

Sera etkisi ve sıcaklık yükselmesi nedeniyle ekosistemlerde meydana gelecek değişmelerin çok hızlı olacağı ve insanların birçok bölgede yeni şartlara uyum sağlayamayacağı düşünülmektedir. Sera gazlarından bazıları diazotmonoksit (N_2O), metan (CH_4), halokarbonatlar ve karbondioksit (CO_2) gazlarıdır (Başkaya, 2009). Bu çalışmada otomobillerden kaynaklanan hava kirliliğine yol açan HC, NO_x emisyonları ve küresel ısınmada etkili sera gazları olan CO ve CO_2 dikkate alındı.

Kirletici kaynakların oluşturduğu emisyon miktarları emisyon faktörleri ile belirlenebilir. Taşıtlardan kaynaklanan kirleticilerin de belirli referanslara göre hesaplanabilmesi için, belirlenen taşıt gruplarının gerçek çalışma şartlarındaki emisyon faktörlerinin saptanması gerekir. Ayrıca yıllar geçtikçe taşıtların yıpranmasına bağlı olarak emisyon faktörlerinde sapma meydana gelmektedir.

Taşıtların emisyon faktörlerinin belirlenebilmesi için, taşıtın günlük kullanımı sırasındaki gerçek çalışma koşullarının (hız, ivmelenme, vites konumu, fren kullanımı, devir vb.) laboratuvar ortamında benzetilmesi (simülasyonu) gerekir. Türkiye’deki taşıtların tip onayı ve ürün uygunluğu emisyon testleri için Avrupa test çevrimi kullanılmaktadır.

Test çevrimleri; standart çevrimler (FTP, ECE vb.) ve standart olmayan çevrimler (Los Angeles, Sidney vb.) olmak üzere 2’ye ayrılır. Standart çevrimler taşıtların tip onayları ve ürün uygunluğu testleri (COP: Conformity of production) için kullanılırken, standart olmayan testler belirli bölgedeki emisyonların hesaplanması amacıyla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada 2 farklı karakterde olan Avrupa test çevrimi (NEDC) ve Amerika test çevrimi (FTP 75) testleri yapıldı. Bu testler zaman ve ekonomik sıkıntıdan dolayı Türkiye’deki toplam otomobil sayılarını temsilen şimdiye kadar 6 otomobile uygulandı. Bu testler İTÜ’de bulunan OTAM egzoz emisyon laboratuvarında yapıldı.

Amerika test çevrimi testinin özellikle İstanbul'un yol, trafik, araç ve sürücü şartlarını iyi yansıtacağını öngörmüştük. Bu çalışma sonucunda Türkiye' deki otomobillerin emisyon faktörü ve emisyon faktöründeki sapma değerleri belirlenmeye çalışıldı.

Grupların (zümrelerin) kendi içlerinde homojen ve gruplar arasında heterojen olması, kullanılacak örnekleme yönteminin zümrelere göre örnekleme olmasını gerektirir. Bu gruplama oluşturulurken esas alınan emisyon sınıflarıdır. Benzin ve dizel olmak üzere 2 çeşit ana grubumuz mevcuttur. Bu 2 ana grup da emisyon sınıflarını esas alınarak alt gruplara ayrılmıştır. Ayrıca Türkiye'de bulunan otomobillerin markalarının yıllara bağlı olarak değişen istatistiki sayıları çıkarılmıştır. Bu verilerden yola çıkarak örneklem büyüklüğü belirlenmiştir.

Şehir çevrimlerinin temel aldığı trafik şartları, araçların ve yolların durumu, uygulanan emisyon kontrol teknolojileri vb. ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Bu amaçla oluşturulan İstanbul şehir çevrimi ile ilgili çalışma devam etmektedir. İstanbul şehir çevriminin hedeflenen hatayla oluşturulması sonucunda laboratuarda emisyon testleri yapılmaya devam edilecek. Bu emisyon testleri sonucunda Türkiye'ye özel emisyon faktörlerinin bulunması amaçlanmaktadır. Bu yüzden 6 otomobile İstanbul şehir çevrimi emisyon testi yapılamadı.

2. EMİSYON STANDARTLARI

Hava kirliliğine karşı ilk yasal önlemler 19. yüzyılda alınmaya başlamıştır. Bunun ilk örneği, 15 Ekim 1810'da Fransa'da çıkartılan bir yasadır. İngiltere'de 1821'de buhar makinalarının sağlığa zararlı etkilerini, 1857'de de hava kirlenmesini önlemek amacıyla birer yasa çıkartılmıştır. 1881'de de ABD'de, Chicago şehrindeki yoğun hava kirliliğine karşı benzer bir yasa çıkartılmıştır (Kutlar ve diğerleri, 1998) . Çizelge 2.1'de Avrupa'da geçerli olan taşıt sınıflandırılması görülmektedir.

Çizelge 2.1 : 2001/116/EEC yönetmeliğine uyumlu hale getirilmiş 70/156/EEC yönetmeliği¹.

Sınıf	Tanım	Alt sınıf	Kişi Sayısı	Kütle Sınırı	
M	En az 4 tekerlekli yolcuların taşınması	M1	9 kişiye kadar	GVW≤ 3500 kg*	
		M2	9 kişiden fazla	GVW≤ 5000 kg	
		M3		GVW≤ 3500 kg*	
N	En az 4 Tekerlekli yüklerin taşınması	N1 Cl 1	Tanımlı değil	Azami	Referans Kütle ≤ 1305 kg
		N1 Cl 2			1305 ≤ Referans Kütle ≤ 1760 kg
		N1 Cl 3			1760 ≤ Referans Kütle ≤ 3500 kg
		N2			3500 ≤ Referans Kütle ≤ 12000 kg
		N3			12000 kg < Referans Kütle

2.1. Dünyadaki Emisyon Standartları

1. Cezayir(Delphi, 2008)

M1 sınıfında taşıtlar için:

Benzin/LPG/NG : CO: 2.3; HC : 0.2; NO_x : 0.15 g/km

Dizel: CO: 1; NO_x: 0.5; PM: 0.05 g/km

¹ Euro 4'e kadar 2 alt grup vardır:

1-GVW $\leq 2500 \text{ kg}$ olan M1 sınıfı

2- $2500 \text{ kg} < GVW \leq 3500 \text{ kg}$ olan M1 sınıfı

N1 sınıfında taşıtlar için:

Benzin/LPG/NG : CO: 5.5; HC: 0.31; NO_x: 0.25 g/km

Dizel: CO: 1; HC: 1; NO_x: 0.90 ; PM: 0.15 g/km

2. Arjantin

• Euro 3

Yeni modeller için Euro 3 için 01 Haziran 2007'den itibaren EOBD gerekmiyor. Benzinde düşük sıcaklık testi gerekmiyor. 1 Ocak 2008'te EOBD gerekiyor. Benzin için VT-SHED testi gereklidir. Tüm modeller için 1 Ocak 2009'den itibaren Euro 3'e geçilmiştir.

• Euro 4

Yeni modeller için Euro 4, 1 Ocak 2009'dan itibaren geçerlilik kazanıyor. Tüm modeller için Euro 4, 1 Ocak 2011'den itibaren geçerlilik kazanıyor.

3. Avustralya

• Benzin ve LPG/NG:

Euro 3'e geçiş: yeni modeller için 1 Ocak 2005, tüm modeller için 1 Ocak 2006'dır. Euro 4'e geçiş: yeni modeller için 1 Haziran 2008, tüm modeller için: 1 Haziran 2010'dur.

• Dizel:

Euro 4'e geçiş yeni modeller için 1 Ocak 2006 tarihinden itibaren iken tüm modeller için 1 Ocak 2007 tarihinden itibaren.

Ayrıca benzinde kükürt miktarı 1 Ocak 2008'den itibaren 50 ppm olurken, 1 Ocak 2012'den itibaren tavsiye edilen değer 10 ppm'dir. Dizeldeki kükürt miktarı ise 1 Ocak 2006'dan itibaren 50 ppm iken, 1 Ocak 2009'dan itibaren 10 ppm olmuştur.

Avrupa Birliği, Amerika veya Japonya'da uygulanan kanunlara göre uygunluk sertifikaları Avustralya'da zorunluluk haline gelmektedir.

4. Bolivya

İthal taşıtlarda katalitik dönüştürücü takılı olması zorunluluğu vardır.

5. Kanada

Model yılı 2007'den başlayarak US Tier 2 standartında OBD II gereklidir.

2007'den itibaren NO_x filo ortalaması standardı: 0,07 g/mil

Yakıt ekonomisi:Ortalama yakıt tüketimi derneği (CAFC:corporate average fuel economy)

Binek otomobiller için yakıt tüketimi: 8,6/100km

Hafif ticari taşıtlar için yakıt tüketimi: 10,6/100km

6. Şili

• Benzin:

Santiago için Ocak 2005'ten itibaren ve ülkenin geneli için Eylül 2006'ten itibaren;

Tier 1-FTP 75, tüm binek otomobiller ve hafif ticari araçlar için uygulanabiliyor.

Tier 1-FTP 75 haricinde Euro 3 standardı da uygulanabiliyor. Buharlaşma testi, 2g/test'tir. Benzinli taşıtlar için hiç karter emisyonlarına izin verilmemiştir.

• Dizel:

Mart 2006'dan itibaren, Euro 4 veya CARB Tier 1 uygulanıyor.

7. Kolombiya

US 87 Tier 0 (FTP 75 çevrimi) veya Euro 1 (EUDC çevrimi)

Buharlaşma testi: Deniz seviyesinde US veya EU SHED 2g/test'tir.

Ocak 2008'den itibaren tavsiye edilen emisyon standartı EU 3 veya US Tier 1'dir.

8. Kosta Rika

Kosta Rika'da US 87 (Tier 0) veya EC 93 (Euro 1) uygulanıyor.

9. Hırvatistan

Avrupa Birliği'ndeki kanunları uyguluyor.

10. Mısır

Katalitik dönüştürücülü benzinli taşıtlar ithal edilmektedir. Rölantideki(600-900 dev/dak) emisyonlar; CO: Hacimce % 4,5 ve HC: 900 ppm'dur.

11. El Salvador

El Salvador’da US 87 uygulanıyor. Benzinli taşıtlar 3 yollu katalitik dönüştürücülü olması gerekiyor.

12. Hong Kong

Benzin:

Ocak 2006’dan itibaren yeni modeller için Euro 4 veya CARB LEV II veya Japonya 2005 standartları uygulanıyor.

Dizel:

Mevcut durum: Binek otomobiller için CARB LEV II+EU is testi, hafif ticari taşıtlar içinse Euro 4 veya CARB LEV II uygulanıyor.

Avrupa Birliği’ndeki uygulanma tarihine benzer olarak 2011’de Euro 5’e geçilmesi tavsiye ediliyor.

13. İzlanda

İzlanda Avrupa Birliği kanunlarını uyguluyor.

14. Endonezya

Benzin, dizel, CNG, LPG’li taşıtlar M1/N1

ECE R 83.04(Euro 2)’e geçiş yeni modeller için Ocak 2005’ten itibaren tüm modeller için 1 Ocak 2007’ten itibaren.

15. İran

Benzin ve dizelde mevcut durum Euro 2’dir. Euro 3’e geçiş 21 Mart 2008 iken, Euro 4’e geçiş 21 Mart 2012’dir.

16. İsrail

Model yılı 2002’den itibaren Euro 3 zorunludur. Ayrıca US standartına eşdeğer Amerika otomobilleri kabul edilmektedir. Model yılı 2003’den itibaren OBD zorunluluklarını ithal M1 ve N1 benzinli taşıtlar tamamen karşılamalıdır.

17. Malezya

1 Ocak 2003'ten itibaren Euro 3 zorunludur. 2009'den itibaren Euro 4 tavsiye edilmektedir.

18. Malavi

2008'de ithal edilen tüm taşıtlar katalitik dönüştürücülü olması gereklidir.

19. Meksika

Model yılı 2004'ten itibaren: US 94-FTP 75 testi temelinde Standart A geçerlidir. 2006'dan itibaren OBD II EPA /EOBD geçerlidir. Tier 2 (Euro 4 seçeneği) 2007'de %25, 2009'da %100'dür. Benzinde kükürt miktarı 2009'dan itibaren 30-80 ppm iken, dizelde 2008'den itibaren 15 ppm'dir.

20. Mozambik

2008'de ithal edilen tüm taşıtlar katalitik dönüştürücülü olması gereklidir.

21. Yeni Zelanda

Yeni Zelanda Avustralya'daki taşıt sınıfıyla aynıdır.

Benzin: ADR79/01 veya US 2001 veya Japonya 00/02

Dizel: ADR79/01 ve 30/01 veya Euro 4 veya US 2004 veya Japonya 02/04

Dizel: Kükürt miktarı Ocak 2006'dan itibaren azami 50 ppm'dir.

2006'daki gibi: Dizel ve CNG taşıtlar için Euro 2.

Yeni Zelanda'nın 1 Ocak 2011'den itibaren tip onayı için Euro 5 ve 1 Ocak 2012'den itibaren ilk kayıt için Euro 5 tavsiye edilen tarihlerdir.

22. Pakistan

Dizel ve CNG ile çalışan taşıtlar için Euro 2 geçerlidir.

23. Filipinler

Aralık 2006'dan itibaren Euro 2 geçerlidir.

24. Çin Cumhuriyeti

- **Genel uygulama:**

- **Euro 3 (-7 °C testini içerir):**

Tip onayı: 1 Temmuz 2007

İlk kayıt: 1 Haziran 2008

OBD: Tip 1 taşıtları, 1 Haziran 2008'den itibaren:

Diğer tip taşıtları için 1 Haziran 2010

- **Euro 4:**

Tip onayı: 1 Temmuz 2010

İlk kayıt: 1 Temmuz 2011

Dayanıklılık zorunluluğu: EU 3 için 80000 km; EU 4 için 100000 km

2004'den itibaren düşük kükürt dizel (500 ppm)

- **Pekin**

Benzin: Mart 2008'den itibaren Euro 4 geçerlidir.

Dizel: Ocak 2007'den itibaren: Euro 4 geçerlidir.

CNG/LPG: Toplu taşıma araçları: Euro 4: 1 Temmuz 2008

Diğer araçlar: Euro 3 (OBD'li)

Benzin ve dizelde azami kükürt miktarı: 50 ppm: 1 Ocak 2008.

- **Ganzu**

1 Ekim 2006: Euro 3 (EOBD'li)

- **Şangay**

1 Ocak 2007: Euro 3 (EOBD'li)

2004'den itibaren dizelde 500 ppm kükürt miktarı.

25. Rusya:

Euro 2 (ECE R 83.03): 1 Nisan 2006

Euro 3 (ECE R 83.05 Seviye III): Ocak 2008

Euro 4 (ECE R 83.05 Seviye IV): Ocak 2010

26. Suudi Arabistan

Model yılı 2004: Binek otomobiller: Euro 2:

Hafif ticari araçlar: Euro 1

Tavsiye: Model yılı 2010: Euro 3 (UN ECE kayıtlı 83/05)

27. Singapur

Benzin: Euro 2: 1 Ocak 2001 (Euro 4 tavsiyesi)

Dizel: 1 Ekim 2006: Euro 4

28. Güney Afrika

• Binek otomobiller ve hafif ticari taşıtlar (M1/N1)

Uygulanan: Euro 2: Tip onayı 1/2006: İlk kayıt: 1/2008

Tavsiye edilen: Euro 4: Tip onayı 1/2010: İlk kayıt: 1/2012

• Ağır ticari taşıtlar (M2/M3/N2/N3)

Uygulanan: Euro 2 (ECE R49.02): Tip onayı 1/2006: İlk kayıt: 1/2008

Tavsiye edilen: Euro 4 (ECE R49.03): Tip onayı 1/2010: İlk kayıt: 1/2012

Kurşunlu benzin fazı: 1/2006

29. İsviçre

Ulusal standartlarla Avrupa Birliği standartlarına uyumlu hale getirilmiştir.

30. Tayvan

Benzin:

Ocak 2008: US04 esas alındı (Tier 2 Bin7):

CO: 2.11; NMHC: 0.045; NO_x: 0.07 g/km

Rölantide: CO: %0.5; HC: 100 ppm veya Euro 4'te OBD zorunlu hale getiriliyor.

Dayanıklılık: 5 yıl/80000 km

Dizel:

Binek otomobil: US Tier 1 veya Euro 4

Ticari taşıtlar: Tier 2 bin 5 veya Euro 4

Avrupa Birliği ile aynı anda Euro 5'e geçiş tavsiye edilmiştir.

31. Tanzanya

Tüm ithal taşıtların 2008'e kadar katalitik dönüştürücülü olması gerekiyor.

32. Tayland

Tayland'da Ocak 2006'dan itibaren benzinde ve dizelde Euro 3'e geçilmiştir.

Tavsiye: Euro 4: Yeni model için: Ocak 2012

Tüm modeller için: Ocak 2013

33. Venezüella

2000'den itibaren FTP 75 çevrim sonucu veya EC 93 binek otomobiller ve EC 95 ticari taşıtlar için motorlu taşıtlar emisyon grubu çevrim sonucu US 87 emisyon sınırları geçerlidir.

34. Vietnam

Benzinde, 2001'den itibaren ECE-R 83.03 geçerliyen; 1 Temmuz 2007'den itibaren Euro 2 emisyon standardı geçerlidir.

Dizel, 2005'den itibaren Euro 1 emisyon standardı geçerliyen, 1 Temmuz 2007'den itibaren Euro 2 emisyon standardı geçerlidir. 2009'den itibaren tavsiye edilen emisyon standardı Euro 3'tür. 2010'dan itibaren Euro 4 emisyon standardı geçerlidir.

35. Zimbabve

Tüm ithal taşıtların 2008'e kadar katalitik dönüştürücülü olması gerekiyor.

2.2. Avrupa Birliği'ndeki Emisyon Standartları

Emisyon kanunları için değişik şehir çevrimlerinin belirlenmesi gereklidir. Bu ulusal hükümetler ve uluslararası anlaşmalar tarafından yürürlüğe sokulmuştur. Diğer kanunlarda değişik gruplarda toplanabilir. Birincisi, araç egzozundan meydana gelen gerçek emisyonlar; ikincisi hava kalitesi ile ilgili tavsiyeler ve üçüncüsü yakıt kalitesi ile ilgili kanunlardır (Bayır, 1993).

Hava kirliliği sınır tanımadığından uluslararası bir olay haline gelmiştir. Maalesef bilimsel ve mantıklı kararlar yerine ülkeler arasındaki sosyal, ekonomik ve politik farklılıklar daha ağırlıklı olmaktadır. Bu yüzden de fikirlerde ve kanun hükümlerinde belirli bir uzlaşma oluşmamaktadır (Bayır, 1993).

Dünyanın pek çok yerinde olay aynı önemde dikkate alınmaz. Fakir ülkeler 3. Dünya ülkeleri bu konuda zengin ülkelerden daha farklı düşünmektedir. Onların ilk ihtiyaçları halklarının yiyecek, giyecek ve barınma ihtiyaçlarını karşılama ve sağlıklarını korumaktır. Kirlilik sorunları ikinci derece bir sorun olarak düşünülür ve zaten bu ülkelerin çoğu araç üretim kapasitesine bile sahip değildir. Bu yüzden bu ülkeler kendilerine araç ihraç eden ülkelerin standartlarına güvenmek zorunda kalırlar. Rusya ve Dođu Avrupa ülkelerinde bu konuda fazla bir çalışması yoktur. Bu yüzden, bu konudaki temel referanslar olarak Amerika, Avrupa ve Japonya'daki standartlar dikkate alınacaktır (Bayır, 1993).

Kanunlaştırma iki farklı kategoride gereklidir: ruhsat standartları ve servis standartlarıdır. Ruhsat standartları yeni araçlar için gereklidir. Yeni araçların satışına izin verilmeden önce egzoz emisyon oranlarının sınır değerleri aşıp aşmadığını test edilmelidir. Servis standartları çok farklıdır. Bu standartlar üretim testlerinin uygunluğunu, egzoz emisyon oranları için araçların periyodik test, bakımlarını ve parçaların dayanıklılığını (Örneğin; Amerika'da katalizörler serviste 50000 mil dayanıklılık göstermesi) gösterecek sınırlardır. Çizelge 2.2, çizelge 2.3, ve çizelge 2.4'de benzin ve dizel ECE emisyon standartları gösterilmektedir (Bayır, 1993).

Çizelge 2.2 : ECE-R15/04 ve ECE-R83/00-05 kurşunlu benzin (Onay A) emisyon standartları.

Test	Emisyonlar	Birim	kg biriminde referans kütle,tip onayı (Üretim Uygunluğu)						
			≤ 1020	≤ 1250	≤ 1470	≤ 1700	≤ 1930	≤ 2150	≤ 2150
Şehir içi çevrimi	HC+NO _x	g/test	19 (23,8)	20,5 (25,6)	22 (27,5)	23,5 (29,4)	25 (31,3)	26,5 (33,1)	28 (35)
	CO		58 (70)	67 (80)	76 (91)	84 (101)	93 (112)	101 (121)	110 (132)

ECE düzenlemeleri, Avrupa Birliği yönetmelikleriyle benzerdir. Temel düzenleme tamamlayıcı kurallarıyla güncellenir. İlgili düzeltmelerin o ülkedeki onaylanma durumuna bağlı olarak uygulanma tarihleri ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir (Delphi 2008).

Çizelge 2.3 : ECE-R83/01 Kurşunsuz benzin (Onay B) emisyon standartları².

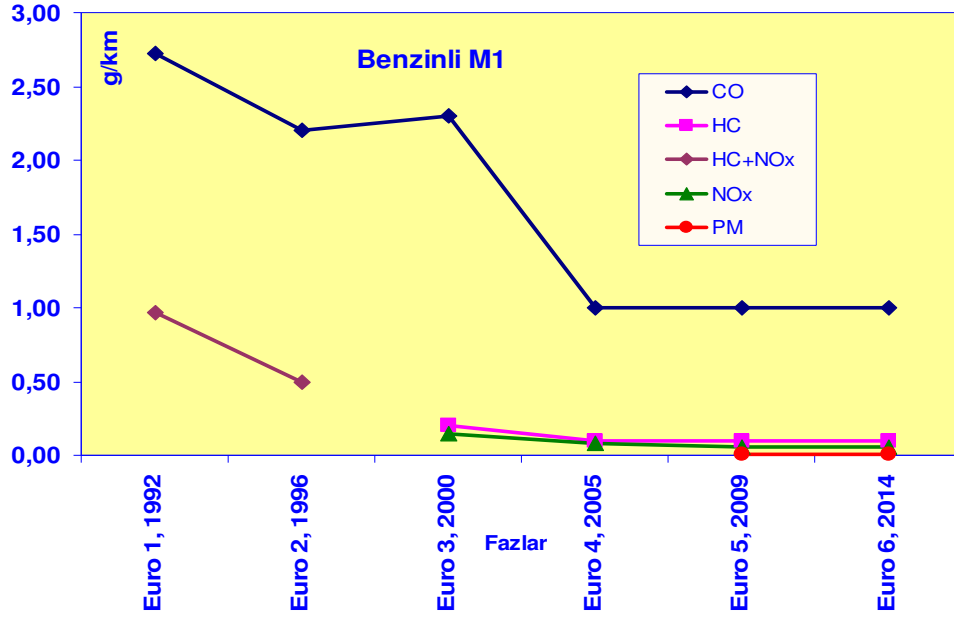
Test	Emisyonlar	Birim	Motor Hacmi (litre)		
			<1,4 ⁽¹⁾	≥1,4 ve ≤ 2 ⁽¹⁾	>2 ⁽¹⁾
Şehir içi çevrimi	HC+NO _x	g/test	15 (19)	8 (10)	6,5 (8,1)
	CO		45 (54)	30 (36)	25 (30)
	NO _x		6 (7,5)	-	3,5 (4,4)

Çizelge 2.4 : ECE-R83/01 Dizel (Onay C).

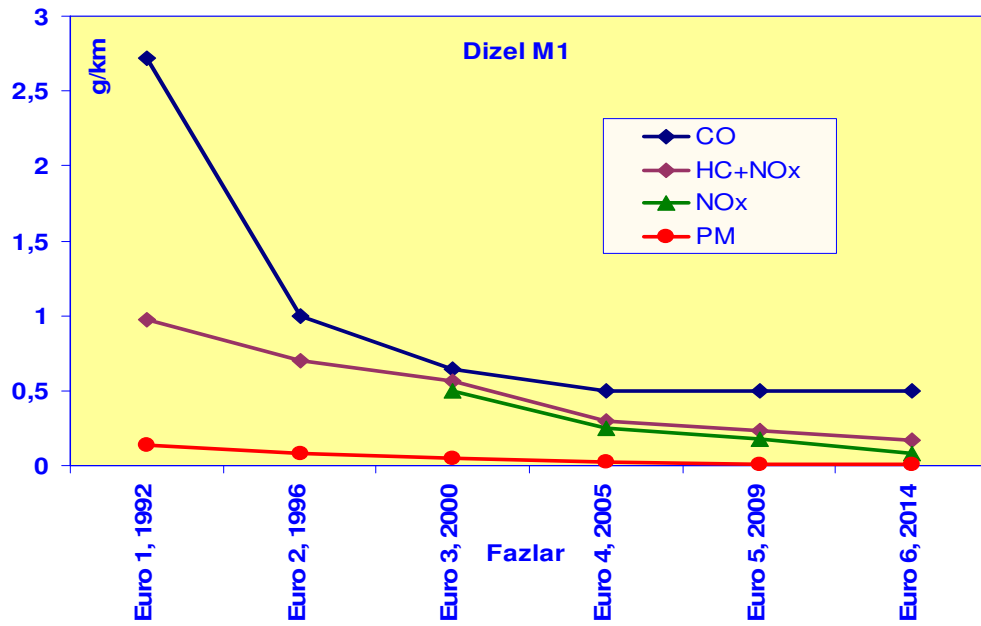
Test	Emisyonlar	Birim	Motor Hacmi (l)		
			< 1,4 ⁽¹⁾	≥ 1,4 ve ≤ 2 ⁽¹⁾	> 2 ⁽¹⁾
Şehir içi çevrimi	HC+NO _x	g/test	15 (19)	8 (10)	
	CO		45 (54)	30 (36)	
	NO _x		6 (7,5)	-	

Toplam taşıt ağırlığı ≤ 2.5 ton ve koltuk sayısı ≤ 6 olan binek taşıtlar için geçerli olan Euro 1 ve Euro 2 emisyon standartları çizelge 2.5'te gösterilmektedir. Euro 1, 91/441 EEC (93/59/EEC ("EC 93")) yönetmeliğine tabidir. Euro 2 ise 94/12/EC (96/69/EC ("EC96")) yönetmeliğine tabidir. Çizelge 2.6'da toplam taşıt ağırlığı ≤ 2,5 ton olan binek otomobiller için Euro 3 ve Euro 4 emisyon standartları gösterilmektedir. Şekil 2.1 ve şekil 2.2'de ise Avrupa Birliği'nde uygulanan emisyon standartları grafik haline getirilmiştir (OSD, 2007).

² 1)Burada verilen değerler manuel vites için olan sınırlardır. Otomatik vites sınırları burada belirtilen NO_x'in 1,3 ve HC+NO_x'in 1,2 değeri ile çarpılmasıyla bulunmaktadır.



Şekil 2.1 : Benzinli taşıtın Avrupa Birliği emisyon standartları.



Şekil 2.2 : Dizel yakıtlı taşıtın Avrupa Birliği emisyon standartları.

Çizelge 2.5 : Euro 1 ve Euro 2 emisyon standartları³.

Test	Emisyonlar	Birim	Euro 1 ²⁾		Euro 2	
			Tip Onayı	İlk Kayıt	Tip Onayı	İlk Kayıt
			7/92	1/93	1/96	1/97
Şehir içi + şehir dışı çevrimi	HC+NO _x	g/km	Benzin		Benzin	Dizel*
	CO		0,97 (1,13)		0,5	0,7
	PM ¹⁾		2,72 (3,16)		2,2	1
			0,14 (0,18)		-	0,08

Çizelge 2.6 : Euro 3 ve Euro 4 emisyon standartları.

Test	Emisyonlar	Birim	Euro 3		Euro 4	
			Tip Onayı/ İlk Kayıt 1/2000-1/2001		Tip Onayı/ İlk Kayıt 1/2005-1/2006	
			Benzin, LPG, NG	Dizel	Benzin, LPG, NG	Dizel
Yeni şehir içi + şehir dışı çevrimi	HC	g/km	0,2	-	0,1	-
	NO _x		0,15	0,5	0,08	0,25
	HC+NO _x		-	0,56	-	0,3
	CO		2,3	0,64	1	0,5
	PM		-	0,05	-	0,025

2.3. Türkiye'deki Emisyon Standartları

2.3.1. Emisyonlara getirilen sınırlamalar

2.3.1.1. Tip testi

• Boş ağırlığı 3500 kg.dan az olan benzin ve dizel motorlu taşıtlar:

Avrupa topluluğu ülkelerinde 1984'ten başlayarak boş ağırlığı 3500 kg'dan az olan benzin ve dizel motorlu taşıtlara uygulanan ECE-R.15.04 standardı ve sınır değerleri TSE tarafından uyarlanarak TS 4236 ve TS 5648 standartları olarak yayınlanmıştır.

³ 1)Dizel taşıtlar.

2)Parantez içindekiler üretim uygunluğu değerleridir.

* Doğrudan olmayan püskürtmeli dizel için geçerli olan değerlerdir.

Doğrudan püskürtmeli dizel için (30/9/1999)'e kadar geçerli olan değerler:

HC+NO_x:0.9 g/km; CO: 1 g/km; PM: 0.1 g/km

Fakat ölçüm için gerekli laboratuvar bulunmadığından uygulamaya hemen geçilememiştir (Dereli ve diğerleri, 2005).

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın isteği üzerine İTÜ Makine Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı'ndaki olanaklar değerlendirilerek 1993 yılından itibaren ilk ölçümler başlamıştır. Halen ülkemizdeki bu tip araçlara egzoz emisyonu uygunluk raporu sadece bu birim tarafından verilmektedir. Tarafsız laboratuvarlarca onaylanmış bu tip bir rapora sahip olmayan araçlara Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından imalat ve ithalat izni verilmemektedir (Dereli ve diğerleri, 2005).

Çevre ve Orman Bakanlığı ile Otomotiv Sanayicileri Derneği'nin ortaklaşa yayınladıkları bir bildirge ile 1995 yılından başlayarak boş ağırlığı 3500 kg.'ın altında olan taşıtların EURO 93 standartlarına uygunluk sağlamaları kararlaştırılmıştır (Dereli ve diğerleri, 2005).

• **Boş ağırlığı 3500 kg'ı geçen dizel motorlu taşıtlar**

Boş ağırlığı 3500 kg'ı geçen dizel motorlu taşıtların taşıtlar için Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından 1993 yılından başlayarak Türkiye'de üretilen ve ithal edilen ağır taşıtların ECE-R.24 ile tanımlanan ölçüm yöntemi ile belirlenen is emisyonu sınır değerleri sağlaması istenmektedir. Bu tür ölçümler İTÜ ve ODTÜ laboratuvarlarında veya üretici firmaların deney düzenekleri kullanılarak, üniversitelerden katılan konu ile ilgili uzmanların gözetiminde gerçekleştirilmektedir (Dereli ve diğerleri, 2005).

AB direktifleri ile uyumlu egzoz emisyonları ile ilgili yürürlükteki mevzuatlar (OSD, 2007):

- 88/77/AT (2005/55/AT) Egzoz Emisyonu (Ağır Dizel araçlar)
- 70/220/AT Egzoz Emisyonu (Benzinli ve Dizel araçlar)
- 72/306/AT Dizel Motorlardan Çıkan Kirlenici Emisyonlar
- 80/1268/AT CO₂ Emisyonları ve Yakıt Tüketimi
- 80/1269/AT Motor Gücü
- 1999/94/AT Yeni Binek Otomobillerin Yakıt Ekonomisi ve CO₂ Emisyonları

Emisyon mevzuatına uyum aşamaları ise şöyledir (OSD, 2007):

- **Benzinli Araçlar (70/220/AT):**

- Yeni Araçlar :

01.01.2001: Euro 3

01.01.2008: Euro 4

- Mevcut Araçlar

30.09.2001: Euro 3

01.01.2009: Euro 4

- **Hafif Dizel Araçlar (70/220/AT):**

- Yeni Araçlar:

01.01.2001: Euro 1 Öncesi (Euro 93)

01.01.2008: Euro 4

- Mevcut Araçlar:

31.12.2002: Euro 1 Öncesi (Euro 93)

01.01.2009: Euro 4

- **Ağır Dizel Araçlar (88/77/AT – 2005/55/AT):**

- Yeni Araçlar

01.01.2001: Euro I

01.01.2008: Euro IV

- Mevcut Araçlar

31.12.2002: Euro I

01.01.2009: Euro IV

Emisyon mevzuatının uygulanması, akaryakıt kalite güvencesi ile doğrudan ilgilidir.

2.3.1.2. Trafikte seyreden motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonu kontrolü

Trafikte seyreden motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarının kontrolü Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 8 Temmuz 2005 tarihinde çıkarılan yönetmeliğe göre yapılmaktadır. Bu ölçümler ilk başlarda karayolları araç muayene istasyonlarında uygulanmakta iken daha sonraları özel istasyonlar tarafından uygulanmaya devam edilmektedir (Dereli ve diğerleri, 2005).

Yönetmelikte egzoz emisyonu yetki belgesi alabilecek istasyonlara ait kriterler, egzoz gazı emisyon ölçümü yaptırma periyotları, egzoz gazı emisyonu ölçüm esasları ve sınır değerleri, egzoz gazı ölçüm ruhsatı ve emisyon ölçüm pulunun verilmesi ve çeşitli önlemler, denetim ve verilecek cezalar ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır (Dereli ve diğerleri, 2005).

Trafikteki taşıtların test ve kontrollerini yapmak için yeni yönetmelikle ölçüm istasyonlarının özelleştirilip yaygınlaştırılmaları sağlanmıştır. Motorlu kara taşıtlarından kaynaklanan egzoz emisyonlarının kontrol periyotları çizelge 2.7’de gösterilmiştir (Dereli ve diğerleri, 2005).

Çizelge 2.7 : Motorlu kara taşıtlarından kaynaklanan egzoz emisyonlarının kontrol periyodu.

Taşıt Türü	Kontrol Periyodu
Hususi Otomobiller	İlk 3 yıl sonunda ve devamında her 2 yılda bir
Hususi Otomobiller	İlk 2 yıl sonunda ve devamında yılda bir
Diğer Motorlu Taşıtlar	İlk 1 yıl sonunda ve devamında yılda bir
Trafikte Seyreden Tüm Motorlu Taşıtlar	10 yıl sonunda yılda bir

Egzoz emisyonu ölçümleri yönetmelikte belirtilen periyotlarla tekrarlanmak ve karşılığında egzoz emisyonu ölçüm pulu alınmak zorundadır. Tablodaki sınır değerlere uymayan taşıtlara 1 ay ek süre tanınmaktadır. Bu süre içerisinde aracının bakımını yaptırıp egzoz emisyon pulu almayan sürücülere Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından ceza kesilmesiyle birlikte aracın trafikten men edilmesine karar verilmektedir. Trafikteki taşıtların egzoz emisyon pulu olup olmadığının kontrolü ise Çevre ve Orman Bakanlığı’nın ekipleri tarafından trafik polis ekipleriyle birlikte yapılmaktadır (Dereli ve diğerleri, 2005).

Benzinli taşıtlar:

Trafikte seyreden boş ağırlığı 3500 kg'ın altındaki taşıtların egzoz emisyonunun periyodik ölçümleri 1995 yılından itibaren valilikler tarafından uygulanmakta olup halen trafikte kullanılmakta olan benzin motorlu taşıtlardaki CO sınır değerleri çizelge 2.8'de verilmiştir. 8 Temmuz 2005 tarihinde yayınlanan yönetmelikte her ne kadar benzin motorlu taşıtlarda sağlanması gereken CO emisyon sınır değerleri belirtilse de uygulamada çizelge 2.9'daki sınır değerlere göre egzoz gazı emisyon pulu verilmektedir (Dereli ve diğerleri, 2005).

Çizelge 2.8 : Trafikte kullanılmakta olan benzinli taşıtlarda diğer emisyon sınır değerleri.

Benzinli taşıtlar	Sınır değerler
CO	Yönetmeliğe göre
CO ₂	10-15 %
HC	0-1200 ppm
O ₂	0-5 %
Lambda (λ)	0-1,2

Çizelge 2.9 : Trafikte kullanılmakta olan benzinli taşıtlarda CO sınır değerleri.

Taşıt Ait Bilgi	CO (Hacimce %)
Egzoz sisteminde katalitik dönüştürücü ve benzeri emisyon kontrol donanımı olmayan taşıtlar	
1.10.1975 tarihinden önceki taşıtlar	6
1.10.1975-1.10.1986 arasındaki taşıtlar	4,5
1.10.1975 tarihinden sonraki taşıtlar	3,5
Egzoz sisteminde katalitik dönüştürücü ve benzeri emisyon kontrol donanımı olan taşıtlar	
Rölantide:Taşıt üreticisinin belirlediği bir CO miktarı yoksa	En fazla 0,5
Rölantide:70.220.AT yönetmeliğinin 98.69.AT değişikliğine göre tip onayı alan veya 2003 model yılından itibaren olan taşıtlar	En fazla 0,3
Yüksek Rölantide:Taşıt üreticisinin belirlediği bir CO miktarı yoksa	En fazla 0,3
Yüksek Rölantide:70.220.AT yönetmeliğinin 98.69.AT değişikliğine göre tip onayı alan veya 2003 model yılından itibaren olan taşıtlar	En fazla 0,2

Dizel taşıtlar:

Sıkıştırılmalı ateşlemeli dizel motorlara sahip motorlu taşıtların kontrolü yönetmelikte belirtilen esaslar çerçevesinde serbest ivmelendirme deneyi ile egzoztan çıkan is yoğunluğunun ölçülmesi suretiyle yapılır. Yönetmeliğin 1 Ocak 1980 tarihinden sonra trafiğe tescil edilmiş dizel motorlu araçlar için belirlediği sınır değerler çizelge

2.10’da gösterilmiştir. Yönetmelik 8 Temmuz 2005’te yayınlanmasına rağmen uygulamada sınır değerlerin 0,5 üzerindeki ölçümlere egzoz emisyon ölçüm pulu verilmektedir (Dereli ve diğerleri, 2005).

Çizelge 2.10 : Trafikte kullanılmakta olan dizel motorlu taşıtlarda absorpsiyon katsayısı sınır değerleri.

Taşıt ait bilgi	Absorpsiyon katsayısı (m ⁻¹)	
	Yönerge	Uygulama
Normal emişli dizel motorlarda	2,5	3
Aşırı doldurmalı (turboşarjlı)dizel motorlarda	3	3,5

2.3.2. Yakıtlara getirilen sınırlamalar

2003/17/AT yönetmeliği çevre ve insan sağlığının korunmasını sağlamak maksadıyla motorlu taşıtlarda kullanılacak benzin ve dizel türlerinin teknik özelliklerini belirterek sınırlamalar getirmiştir (Dereli ve diğerleri, 2005).

TÜPRAŞ’tan yapılan açıklamaya göre TÜPRAŞ, 2005 yılından itibaren piyasaya sürdüğü 50 mg/kg’lık dizelin kükürt oranını 2007 yılında tamamıyla daha alt sınır olan ve AB 2009 yakıt normlarının gereksinimini 2 yıl önceden karşılayan 10 mg/kg’ a indirecektir. TÜPRAŞ 95 ve 98 oktan kurşunsuz benzin üretimine devam edecek ve 2006 yılından itibaren TÜPRAŞ’ın ürettiği benzinde ham petrolün doğal kurşununun dışında kurşun kalmayacaktır. TÜPRAŞ herhangi bir kanun gerekliliği olmadan yaptığı yaptırımlarla 1 Ağustos 2002 tarihinden itibaren kurşunlu normal benzin üretimini kaldırmakla birlikte benzindeki kurşun içeriğini 0,4 gr/l’den 0,005 gr/l’ye düşürerek Avrupa Birliği’ndeki birçok ülkeden daha önce yönetmeliğin belirlediği sınırları benzin ve dizel üretmektedir (Dereli ve diğerleri, 2005).

1993’ten önceki eski taşıtlar, motorunun yağlanması için kurşunlu benzini kullanmak zorundalar. Bakanlığın çıkardığı ‘Benzin ve Dizel Kalitesi Yönetmeliği’ne göre kurşunlu benzinle çalışmak zorunda olan taşıtlar, potasyum ve mangan içeren katkılı kurşunsuz benzini kullanacak. Düzenlemeye uymayanlara ise 6000 YTL’ den 80000 YTL’ye kadar değişen para cezası verilecek. Yönetmelikte toplam satışların azami % 0,5’ini geçmeyecek oranda, özelliği gereği eski araçlar tarafından kullanılacak olan kurşunlu benzinin normal dağıtım kanalları dışında özel talep ile temin ve sunumuna izin verilmiştir (Dereli ve diğerleri, 2005).

Yönergeye göre yol dışı hareketli makinelerde, tarım ve orman traktörlerindeki motorlarda kullanılan yakıtın azami kükürt içeriği 2000 mg/kg olarak belirtilmiş ve 1 Ocak 2008 tarihinden itibaren pazarlanan, bu araçlarda kullanılan yakıtın azami kükürt içeriği 1000 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Dereli ve diğerleri, 2005).

LPG'nin çevre dostu yakıt olarak kullanımı tamamen içeriğinde bulunan kirleticilerin miktarlarına bağlıdır. LPG'nin taşıtlarda kullanılması son yıllarda vergi teşviki nedeniyle artmış olmakla birlikte 2002 yılında bu teşvikin kaldırılmasıyla LPG'nin kullanılması azalmıştır. Doğalgazın taşıtlarda kullanımı LPG'ye göre daha tehlikeli olduğundan daha sınırlı düzeyde kalmıştır (Dereli ve diğerleri, 2005).

Avrupa Topluluğu biyoyakıt direktifi üye olan ülkelere biyoyakıt kullanmaları yükümlülüğü getirmiştir. Kullanılacak biyoyakıt oranı 2005 yılında en az %2 ve 2010 yılında en az %5,75 olarak tespit edilmiştir. Avrupa Topluluğu'na uyum yasaları çerçevesinde ülkemizde de biyoyakıt teminiyle ilgili çalışmalara ağırlık verilmiştir. Bununla birlikte dünyadaki biyobenzin veya biyodizel üretim maliyetleri incelendiğinde biyoyakıtların vergi hariç maliyetleri, petrol esaslı yakıtların vergi hariç fiyatlarının üzerinde olmaktadır (Dereli ve diğerleri, 2005).

2.3.3. Ulaştırma politikalarının egzoz emisyonuna etkisi

Geçmişte Türkiye'de uygun ulaştırma politikaları geliştirilip uygulamaya konulmadığından ve birazda otomotiv üreticilerinin baskıları sonucu ülke genelinde karayoluna dayalı ulaştırma sistemi diğer sistemlere oranla daha fazla gelişerek hava kirliliğine olumsuz katkısı her geçen gün artmıştır. Ülke genelinde karayolu taşıtlarının yük ve insan taşımada % 95 gibi bir oranda temsil edilmesi sonucunda özellikle şehir içi ulaştırma planlamasında sıkıntılar yaşanmaya başlamıştır. Türkiye'deki ulaştırma sistemlerinin kullanım oranı çizelge 2.11'de gösterilmiştir (Dereli ve diğerleri, 2005).

Çizelge 2.11 : Ulaştırma tiplerinin yıllara göre kullanım sıklıkları.

Ulaştırma sistemi	Yük (Ton*km payı%)			Yolcu-km payı(%)		
	Yıllar					
	1990	1995	1999	1990	1995	1999
Demiryolu	8,33	5,59	4,76	0,09	0,04	0,02
Denizyolu	8,01	6,28	4,36	2,46	2,27	2,13
Karayolu	75,65	85,26	89,1	96,58	96,033	96,01
Havayolu	0,14	0,19	0,18	0,87	1,67	1,76

Son yıllarda, otomotiv sanayisinin gelişmesi, nüfus artışı ve Türkiye'nin yaşam seviyesinin büyük gelişme göstermesi ve ulaştırma politikalarının olmaması sonucunda, motorlu karayolu taşıtları sayısı büyük bir hızla artmıştır. Bunun sonucu motorlu taşıtların hava kirliliğine katkı payı artmış, zararlı emisyonları nedeniyle çevre sağlığını bölgesel ve küresel ölçekte tehdit etmeye başlamıştır (Dereli ve diğerleri, 2005).

Günümüzde kullanılan ulaştırma araçları içerisinde hava kirliliğinde etkili olanı, en çok kullanılan ve birim ulaştırma işi için en fazla yakıt harcayan karayolu araçlarıdır. Artan nüfusla birlikte trafiğe çıkan araç sayısı da arttığından trafiğin yoğunluğu artmakta ve kirletici emisyonlar tehlikeli düzeye gelmektedir. Trafiğe çıkan araç sayılarını kontrol altına almanın tek yolu toplu taşıma araçlarının yaygınlaştırılmasıdır. Toplu taşımada elektrikle çalışan demiryolu araçlarının kullanılması trafikteki egzoz gazı emisyonlarının azalmasında önemli bir yol oynayacaktır (Dereli ve diğerleri, 2005).

Ulaştırma sistemleri birbiriyle karşılaştırıldığında, km başına birim yük ve yolcu taşıma kapasitesi göz önünde bulundurarak en az hava kirliliğine sebebiyet veren taşıma sistemi denizyoludur. Bunu sırasıyla demiryolu ve havayolu ulaştırma sistemleri takip etmektedir. Bütün bu gerçeğe rağmen çok uzun deniz kıyısına sahip olan Türkiye'de yeteri kadar deniz taşımacılığına önem verilmemiştir. Demiryollarının durumu da bundan daha farklı değildir. 1950 yılında ulaştırma sistemi içinde yolcu taşımacılığında % 42 ve yük taşımacılığında % 78 olan demiryolunun payı 1999'da yolcu taşımacılığında % 3,1 ve yük taşımacılığında % 4,6'ya gerilemiştir. Demiryolunun ABD'deki yük taşımacılığındaki payı % 39,2 iken bu oran Avrupa Topluluğu'nda yapılan çalışmalarla % 35'e ulaşmıştır. Avrupa Bakanlar Konseyi'nce Avrupa'da planlanan 14 ulaştırma projesinden 9'u demiryolları ile ilgilidir. Bu 9 projeden 4'ü yüksek hızlı demiryoludur. Türkiye'nin AB'deki gelişmelere ayak uydurması zorunludur. AB ile uyum bağlamında AB ulaştırma politikalarının gereklerini yerine getirmek, AB koşullarında yeterli bir ağ oluşturmak ve Asya ile bağlantısı üzerinde yer almak önem kazanacağından, bu konudaki çabalara öncelik verilmelidir. Hava yolu sistemindeki hava taşıtlarının egzoz emisyonları daha az olan yeni 3. nesil taşıtlarla yenileştirilmesi 400 km'ye kadar olan mesafelerde hava yolu yerine demiryolu taşımacılığının tercih edilmesi

için hızlı ve konforlu demiryolu taşıtlarının kullanılması önem arz etmektedir (Dereli ve diğeri, 2005).

Ulaşım planlama ve işletmeciliğinde çevreye en az zarar veren türlerin desteklenmesi ve geliştirilmesi öngörülmelidir. Özellikle büyük kentlerde kirlilik yoğunluğının arttığı merkezi alanlarda yaya ve toplu taşıma ağırlıklı ulaşım düzenlemeleri yapılarak evre kalitesi iyileştirilmelidir. Özellikle topografyanın elverdiği yerleşmelerde yaya ve bisiklet kullanımını geliştirici önlemler alınmalıdır. Hava kirliliğı, gürültü, görsel kirlenme açısından avantajlı olan toplu taşıma türlerine öncelik tanınmalı ve özel otomobil kullanımını destekleyici işletme önlemlerinde kaçınılmalıdır (Dereli ve diğeri, 2005).

Kentlerde diğeri sektörlerdeki enerji tketiciminin yanı sıra ulaşımdan kaynaklanan toplam enerji tüketimi ve sera gazı emisyonları hızla artmaktadır. Farklı ulaşım türlerinin yolcu km başına enerji tüketimleri farklıdır. Raylı sistemlere göre otobüs yaklaşık 2, otomobil ise 7 kat daha fazla enerji tüketmektedir. Bu nedenle enerji tketiciminin ve sera gazlarının azaltılmasına katkıda bulunacak ulaşım sistemlerinin kullanılması önem kazanmaktadır.

Yoğun trafik sonucu taşıtlar sürekli olarak boşta ve düşük devirlerde kullanılmak zorunda kalmakta ve sık sık hızlanma ve yavaşlama sonucunda taşıtın düzensiz kullanılması emisyonların artmasına sebebiyet vermektedir. Trafiğın yoğun olduğı yerlerde karayolundaki taşıt sayısı çok fazla olduğundan yakın vredeki atmosferin hava kalitesi canlılar için sağığı önemli derecede engellenmesi, toplu taşımacılığın yaygınlaştırılması, alternatif ulaşım yollarının geliştirilmesi ile alt yapı sorunlarının giderilerek, trafiğın sürekli kontrolü ve düzenlenmesi bu gibi etkileri ortadan kaldıracağından çok büyük önem arz etmektedir (Dereli ve diğeri, 2005).

Modeli eski araçlar ile yeni araçların emisyonları arasında çok büyük farklar bulunmaktadır. rnek olarak 1968 yılı ile 1985 yılı arasında ABD’deki otomobillerin emisyonları arasındaki fark izelge 2.12’de gösterilmiştir. Modeli eski olan araçlar eski teknolojiyle imal edildiklerinden yeni imal edilen araçların tip testindeki değeri sağılamaları mümkün değıldir (Dereli ve diğeri, 2005).

Hkmet 2004 yılında eski model araçların hurdaya ayrılması koşuluyla eski araçların yeni araçla değıştirilmesi esnasında vergi muafiyeti getirerek çok eski

taşıtların trafikten çıkarılmalarını sağlamıştır. 25 Şubat 2004 tarihli yönergeyle karayolunda taşımacılık yapacak yük araçlarına 22 yaş sınırı gelmiştir. Bu tür araçların 25 Şubat 2006 tarihine kadar K belgesi almak zorunlu tutulmuş ve bu süre içinde K belgesi alacak araçlara % 87 indirimle K belgesi alma hakkı tanınmıştır. 2009 yılının başına kadar bu belgeyi almayan taşıtlarının yük taşımaya müsaade edilmeyeceğinden Türkiye’deki 22 yaşından büyük 250000 taşıt sahibi taşımacılık yetki belgesi almak için eski model araçlarını değiştirmek zorunda kalacaklardır. Kademe kademe alınacak tedbirlerle modeli eski araçların trafikten uzaklaştırılmaları egzoz gazı emisyonlarının azalmasına çok büyük etki sağlayacaktır (Dereli ve diğerleri, 2005).

Çizelge 2.12 : Yıllara göre ABD’deki otomobillerin emisyonları arasındaki fark.

Taşıtın modeli	HC (g/mil)	CO (g/mil)	NOx (g/mil)
1968	5,6	69,3	3,4
1985	0,66	7,3	0,9

Sonuç olarak hükümetin sadece taşıtlardan kaynaklanan egzoz gazı emisyonlarını azaltarak hava kirliliğine çözüm bulması mümkün görülmemektedir. Ulaştırma sistemlerinin kullanım oranları da göz önünde bulundurularak çevre kirliliğini asgari düzeye indirecek toplu taşıma teknolojisi ve sistemlerine özen gösterilmeli, uygun alternatif yakıt kullanma imkanları araştırılmalı ve ulaştırma sistemlerindeki taşıtların az enerji kullanmaları ve çevreye daha az zarar vermeleri nedeniyle teknolojisi yüksek yeni taşıtlarla yenilenmesi sağlanmalıdır. Avrupa topluluğuna uyum yasaları gereği her türlü yasal önlem hazırlıkları devam etmekle birlikte bunların uygulamaya geçirilmesi için gerekli hassasiyet gösterilerek vatandaşlarda yüksek çevre bilinci oluşturulması için çalışmalara ağırlık verilmelidir (Dereli ve diğerleri, 2005).

3. TEST ÇEVİRİMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI VE ÖZELLİKLERİ

Test çevrimi, araçların emisyon standartlarına uygun olup olmadığının belirlenmesi için kullanılır. Şehir çevriminde ise atmosfere atılan kirletici miktarının hesaplanması amacıyla taşıtların birim mesafedeki emisyonların (g/km) belirlenmesi için kullanılır. Emisyon faktörleri adı verilen bu değerler ile taşıt sayıları çarpılarak atmosfere atılan toplam kirletici miktarları bulunur.

Test çevrimleri, genellikle taşıtların egzoz emisyonlarını ve yakıt tüketimlerini hesaplamak için kullanılan hız-zaman grafikleridir (Dinç, 2008).

Test çevrimlerinden beklenen, kısıtlı bir zaman aralığında (5-60 dakika), söz konusu taşıt tipi ve bölge için geçerli olan gerçek **sürüş şablonunu** en iyi şekilde **temsil etmesidir** (Dinç, 2008).

3.1. Test Çevrimlerinin Kullanılma Alanları

- Emisyon ölçümleri
- Yakıt tüketimi ölçümleri
- Taşıt benzetimleri (simülasyonları)

Binek otomobiller ve hafif ticari taşıtların emisyon testleri şasi dinamometresi ile yapılırken ağır ticari taşıtlar ve arazi taşıtlarının emisyon testleri motor dinamometresi ile yapılır (Dinç, 2008).

3.2. Test Çevrimlerinin Sınıflandırılması

- **Teorik Çevrimler (Modal):** Teorik olarak elde edilmiştir

Örneğin: NEDC (Avrupa), 10-15 mod (Japonya).

- **Gerçek Çevrimler (Transient):** Gerçek sürüş verilerinden elde edilmiştir

Örneğin: FTP (Amerika), Hyzem (Avrupa'daki gayri resmi çevrim).

3.3. Test Çevrimlerinin Oluşturulmasında En Yaygın Kullanılan Ölçütler

- Hız-ivme frekans dağılımı (SAFD, Speed Acceleration Frequency Distribution): Sadece bu kriterin sağlanması ile diğer çevrim parametreleri; ortalama hız, ivmelenme değerleri...vb, %1 hassasiyetle elde edilir (Dinç, 2008).
- Ortalama hız
- Maksimum hız
- Segmentlerin ortalama uzunluğu
- Ortalama segment süresi
- Ortalama ivmeler (acceleration, deceleration)
- İvmenin RMS değeri: $RMS(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$
- Sürüş Fazlarının % değerleri
 - Durma: $v = 0$
 - Hızlanma: $a \geq 0.1 \text{ m/s}^2$
 - Yavaşlama: $a \leq -0.1 \text{ m/s}^2$
 - Sabit hız (cruising): $0.1 \text{ m/s}^2 \geq a \geq -0.1 \text{ m/s}^2$ ve $V_{ort} > 5 \text{ m/s}$
 - Sürünme (creeping): $0.1 \text{ m/s}^2 \geq a \geq -0.1 \text{ m/s}^2$ ve $V_{ort} < 5 \text{ m/s}$

3.4. Test Çevrimlerinden Örnekler

3.4.1. Avrupa Birliği (AB) test çevrimi

Bu test çevrimi şehir içi (ECE) + şehir dışı çevriminden (EUDC) oluşmaktadır. Şekil 3.1’de bu çalışmada da kullandığımız Avrupa test çevrimi gösterilmektedir.

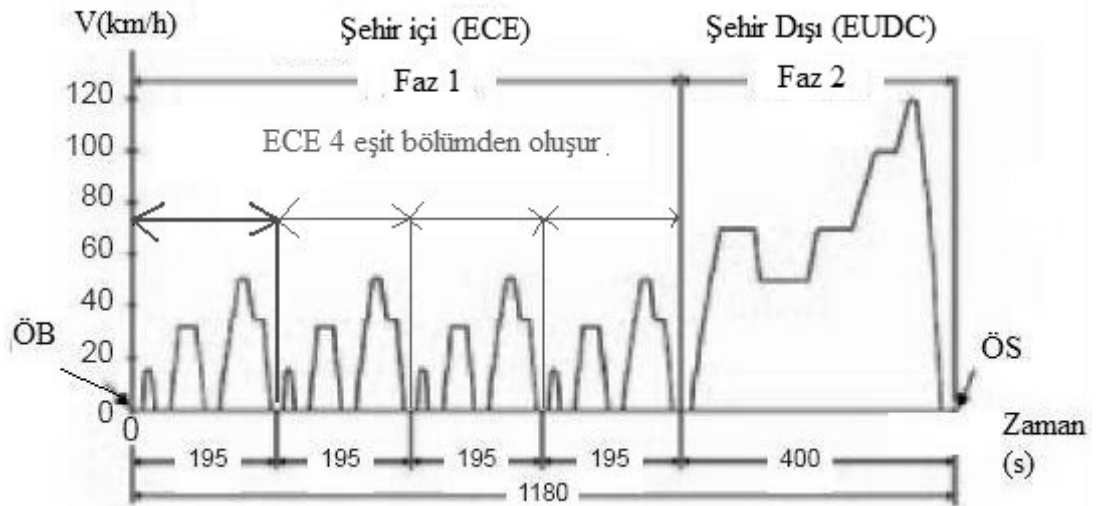
Test çevriminin özellikleri:

- Uzunluk: 11,007 km
- Azami hız: 120 km/h
- Toplam süre: 1180s (ECE+EUDC)

- Ortalama hız: 33,6 km/h

Euro 3 için çevrimin başlangıç fazı kısmı değiştirilmiştir (Dephi, 2008):

- Torba örnekleme başlangıcından önceki 40 saniye boşta çalışma süresinin silinmesi.
- Eş zamanlı olarak motorun çalıştırılmasıyla torba örneklemesinin 11 saniye boyunca yapılması.
- Çevrim isminin gözden geçirilmiş şehir içi + şehir dışı çevrimi veya MVEG-B olarak değiştirilmesi.
- Euro 3'ten önce, motor 40 saniye boşta çalıştıktan sonra torba örnekleme başlatılıyordu.



Şekil 3.1 : Avrupa test çevrimi⁴.

3.4.2. Amerika test çevrimleri

Binek ve hafif ticari kamyonlar için geçerli olan FTP 75'te motorun çalıştırılması ile egzoz gazlarının torbaya toplanması aynı anda başlar. 20 saniye süresi motor boşta

⁴ ÖB: Örneklem başlangıcı, motorun çalıştırılması.

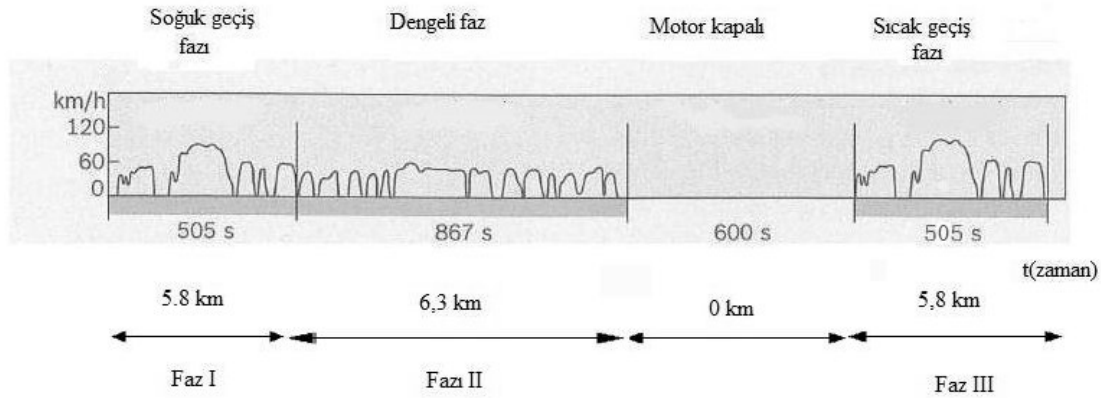
ÖS: Örneklem sonu.

çalışır. Çizelge 3.1’de gösterilen test çevrimleri otomobiller ve hafif ticari araçlar için geçerlidir.

Çizelge 3.1 : Amerika test çevrimi çeşitleri.

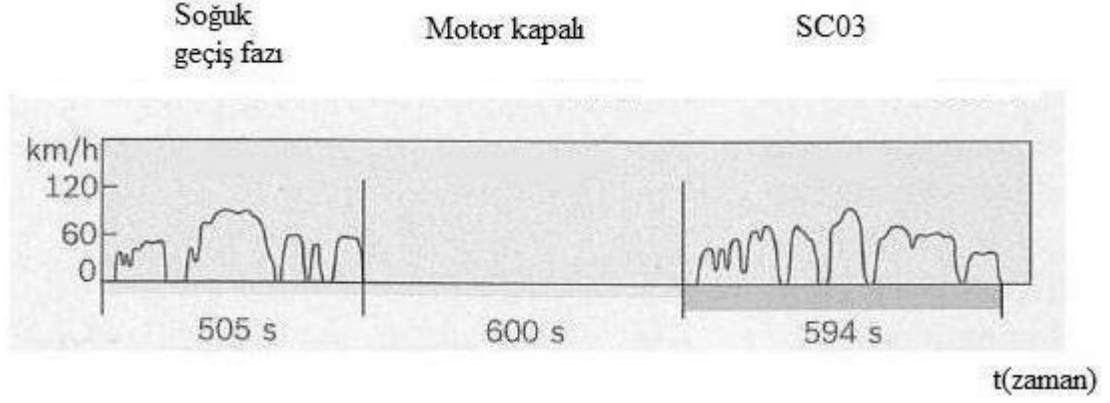
	Amerika test çevrimi çeşitleri			
Çevrimin Özellikleri	FTP75	SC03	US06	Otoyol
Çevrim Uzunluğu	17,87 km	5,76 km	12,87 km	16,44 km
Çevrim Süresi	1877s+600 s durma	594 s	600 s	765 s
Ortalama hız	34,1 km/h	34,9 km/h	77,3 km/h	77,4 km/h
Azami Hız	91,2 km/h	88,2 km/h	129,2 km/h	94,4 km/h

Hava kirliliğinin insan ve çevre sağlığı üzerindeki etkileri 20. yüzyılın başında incelenmeye başlamasına rağmen bu konu ile ilgili geniş kapsamlı bilimsel araştırmalar enerji tüketim yoğunluğu ve coğrafi konumu dolayısıyla ABD’nin Los Angeles şehrinde 2. Dünya savaşı sonlarında başlamıştır (Kutlar ve diğerleri, 1998). Şekil 3.2’de bu çalışma kapsamından kullanılan Amerika test çevrimi görülmektedir. Amerika test çevrimi 3 fazdan oluşmaktadır. Faz 1 ve faz 2’de koşulan çevrimler birbirinin aynısıdır. Şekil 3.2, şekil 3.3, şekil 3.4 ve şekil 3.5’de x ekseninin altında kalan kalın çizgiyle gösterilen alan egzoz gazlarının toplandığı sürelerdir.

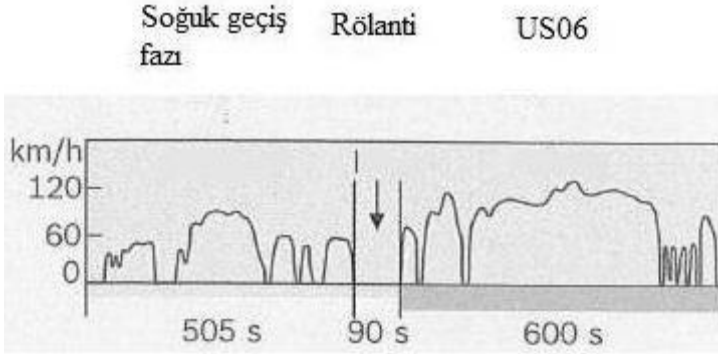


Şekil 3.2 : FTP 75 çevrimi.

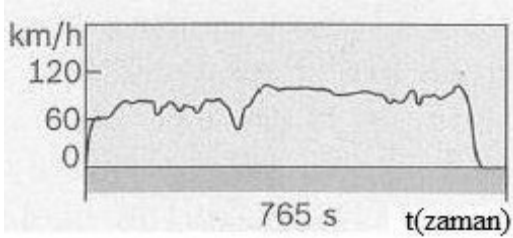
ABD’de 1975 yılından sonra FTP 75 olarak adlandırılan standart bir şehir içi çevrimi uygulanmış ve günümüzde halen uygulanmaktadır. Aynı çevrim Avustralya, Brezilya, Meksika, Suudi Arabistan, Güney Kore, Tayvan, Avusturya, İsviçre, İsveç, Danimarka, Finlandiya, Norveç gibi ülkelerde de egzoz gazlarındaki kirlenmelerin ölçümü için kullanılmaktadır (Kutlar ve diğerleri, 1998). Şekil 3.3, şekil 3.4 ve şekil 3.5’de diğer Amerika test çevrimlerinin grafikleri gösterilmiştir (Bosch, 2006).



Şekil 3.3 : SC03 çevrimi.



Şekil 3.4 : US06 çevrimi.



Şekil 3.5 : Otoyol çevrimi.

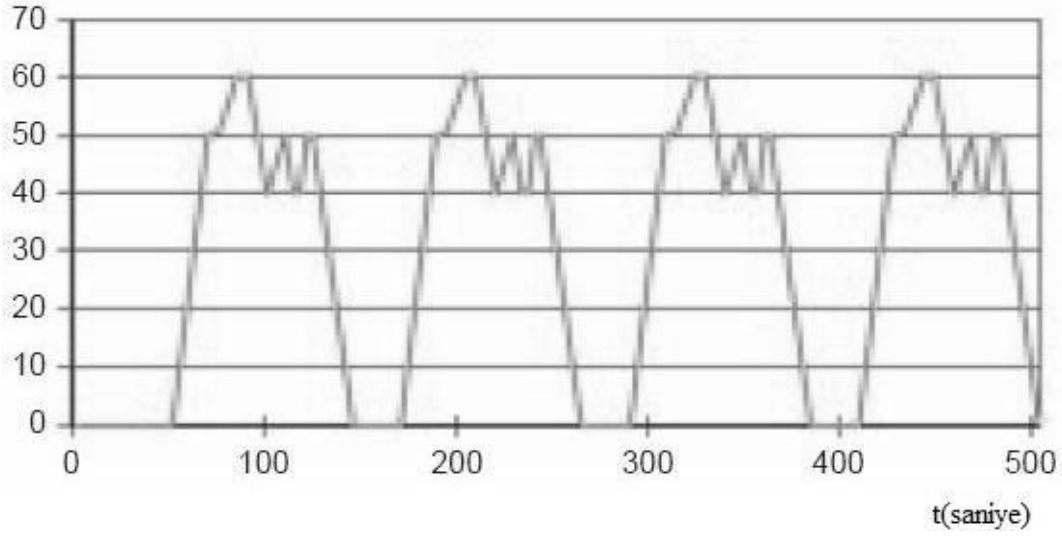
3.4.3. Japonya test çevrimi

Çizelge 3.2’de Japonya’da kullanılan test çevrimlerinin özellikleri gösterilmektedir. Şekil 3.6, şekil 3.7 ve şekil 3.8’de Japonya test çevriminin çeşitlerinin grafikleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.2 : Japonya test çevrimi çeşitleri.

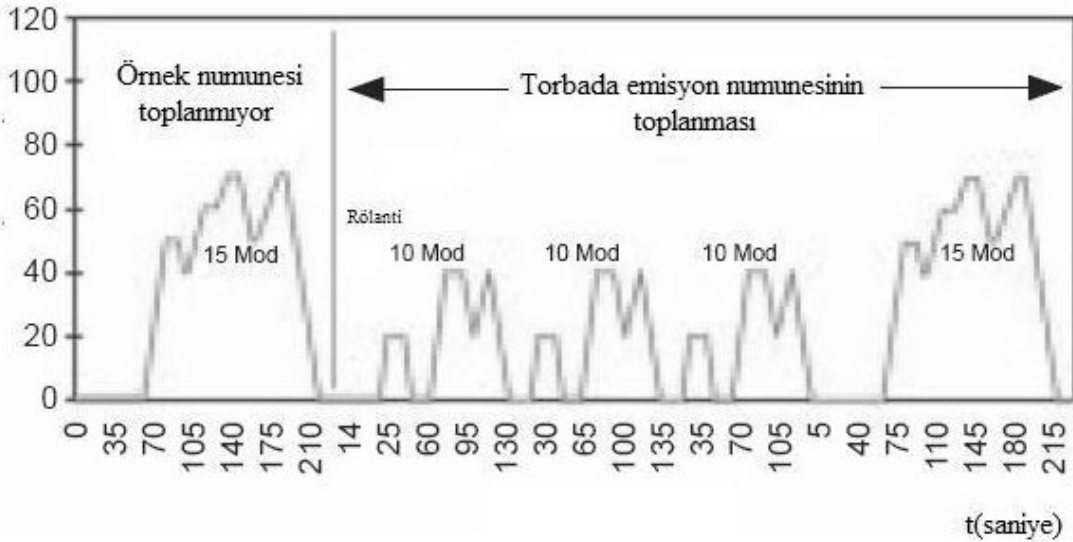
Çevrimin Özellikleri	Japonya Test Çevrimi Çeşitleri		
	11 mod	10-15 mod	Yeni test çevrimi JC 08
Çevrim Uzunluğu	1,021 km	4,16 km	8,2
Çevrim Süresi	480 saniye	660 saniye	1205 saniye
Ortalama Hız	30,6 km/h	22,7 km/h	24,4 km/h
Azami Hız	60 km/h	70 km/h	80 km/h

Taşıt hızı(km/h)

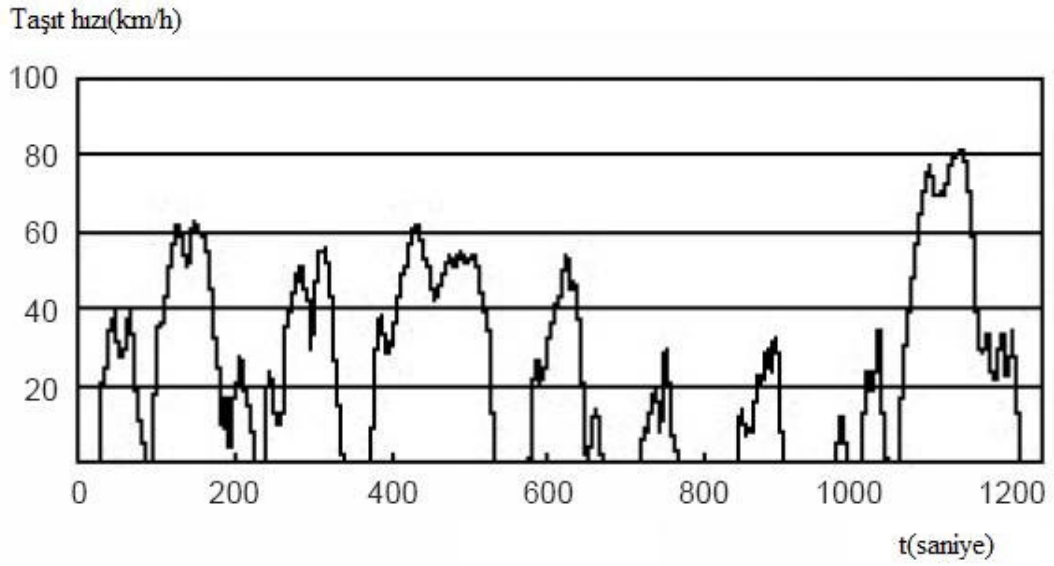


Şekil 3.6 : 11 mod soğuk testi.

Taşıt hızı
(km/h)



Şekil 3.7 : 10-15 mod sıcak testi.



Şekil 3.8 : Yeni test çevrimi JC 08.

3.4.4. Diğer çevrimler

Çevrim oluşturulmadan önce güzergah seçimi yapılması ve veri toplama yöntemine karar verilmesi gerekir. Çeşitli çevrimlerin güzergah seçimi ve veri toplama yöntemi çizelge 3.3'te verilmiştir. Oluşturulan çevrim laboratuvar ortamında taşıtlara uygulanabilmesi amacıyla çevrimin süresi kısaltılır. Bu kısaltma işlemi yapıldıktan ortaya çıkan çevrim temsili çevrimdir. Temsili çevrimden gerçek çevrim elde etmek için kullanılan değerlendirme ölçütleri çizelge 3.4'te mevcuttur.

Çizelge 3.3 : Diğer çevrimlerin güzergâh seçimi ve veri toplama yöntemi.

Çevrimi Adı	Güzergah Seçimi	Veri Toplama Yöntemi
FTP 72	Ev-İş Kısa Yolculuklar	Araç Üstü
FTP 75	Ev-İş Kısa Yolculuklar	Araç Üstü
LA 01	Yol Çeşidi ve Alanların Karıştırılması	Takip Aracı Üstü
LA92/Birleştirmiş Çevrim	Yol Çeşidi ve Alanların Karıştırılması	Takip Aracı Üstü
Edinburgh	Ev-İş Kısa Yolculuklar	Takip Aracı Üstü
Geliştirilmiş Avrupa Çevrimi	Avrupa Şehirlerindeki Güzergahların Karışımı	Araç Üstü
Sidney (Avustralya)	Yol Sınıflandırılması, Yüksek Emisyon, Trafik Yoğunluğu	Takip Aracı Üstü
Melbourne (Avustralya)	Merkezi iş yeri, arterler, otoyol	Takip Aracı Üstü
Perth (Avustralya)	Coğrafi bölge	Takip Aracı Üstü

Çizelge 3.4 : Diğer şehir çevrimlerin değerlendirme ölçütü.

Şehir Çevrimi Adı	Değerlendirme ölçütü
FTP 72 ve FTP 75	• Mesafe başına durma, • Ortalama hız, • Durma sayısı
LA 01	• Ortalama hız, • Azami hız, • Asgari hız, • %95 hız, • Yol gücü • % 95 güç
LA92/Birleştirilmiş Çevrim	• SAPD
Edinburgh (İskoçya)	• Hız şifreleri
Geliştirilmiş Avrupa Çevrimi	• Ortalama hız,ortalama koşulan hız, • Ortalama hızlanma/yavaşlama, • Küçük kısa yolculukların ortalama uzunluğu, • Rölanti, • Hızlanma/yavaşlama, • Seyir oranları,
Sidney (Avustralya)	• Hız-ivme matrisi, • Ortalama hız, • Ortalama ivme karekökü(rms), • Rölanti yüzdesi
Melbourne (Avustralya)	• Ortalama hız, • Ortalama hız karekökü(rms), • Ortalama ivme karekökü, • Pozitif kinetik enerji, • Rölanti yüzdesi, • SAPD
Perth (Avustralya)	• Ortalama hız, • Mesafe başına durmalar, • Pozitif kinetik enerji, • İvme standard sapması, • Rölanti yüzdesi, • Hız dağılımı,

4. ÖRNEKLEME VE TÜRKİYE İÇİN ÖRNEKLEM SAYILARININ BELİRLENMESİ

4.1. Örneklem

4.1.1. Örneklemenin istatistik araştırmalardaki önemi

İstatistik çalışmaların tümü incelenecek konuya ait verilerin hatasız toplanmasıyla başlamaktadır. Bilgilerin alınacağı kaynaklara birim, birimler topluluğuna da istatistikte anakütle adı verilmektedir. Örneğin Türkiye’de okuryazarlık oranı hesaplanacaksa, birimler 6 yaşın üzerindeki Türklerin her biri, anakütle ise bu yaş grubundaki Türkiye nüfusedir (İdil, 1980).

Anaküteller sonlu ve sonsuz olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sonlu anaküteller belirli sayıda birimden oluşan anakütellerdir. Sonlu anakütellere örnek olarak bir ülkede yaşayan insan topluluğu, sanayi işletmeleri sayısı, araba sayısı, bina ve banka sayısı vs. verilebilir. Bunların birimlerinin sayıları çok fazla olabilir, ama belirlidir. Sonsuz anakütellerin ise birim sayıları belirli değildir. Bir ülkedeki arı, karınca ve fiyatlar anakütlesi sonsuz birer anakütledir.

Anakütleyi oluşturan birimlere ait istatistik ölçülere (ortalama, standart sapma, varyans, asimetri ölçüleri, korelasyon ve regresyon katsayıları vs.) “parametre”, adı verilmektedir. İstatistik çalışmalarda esas amaç anakütleye ait bu istatistik ölçülerin (parametrelerin) saptanması ve gerekli kararların alınmasıdır. Diğer bir ifadeyle bilgilerin anakütleyi oluşturan tüm birimlerin alınması “Tam Sayım-Tam Gözlem” yapılmasıdır. Ancak anaküteller sonsuz ise veya sonlu ama birim sayısı çok fazla ise zaman ve masraftan tasarruf amacıyla bu anakütellerden örnekler seçilir ve “Kısmi Sayım-Gözlem-Örneklem” yapılarak bilgiler örneğe giren bu birimlerden alınır. Örneğe ait istatistik ölçüler hesaplanarak anakütle ölçülerinin tahmini yapılır. Örneklem teorisi işte kısaca “istatistik” adı verilen örnek değerlerinde hareketle anakütle parametreleri tahmininin nasıl yapılması gerektiğini içeren çok önemli bir teoridir. Örneklem teorisi sayesinde birimlerinin hepsinin gözlenmesi mümkün olmayan sonsuz anaküteller ile zaman ve masraftan tasarruf amacıyla tüm birimleri

gözlenmeyen büyük sonlu anakütlelerin istatistik ölçülerinin tahmini yapılabilirmekte veya anakütlelerin bu ölçüleri hakkındaki iddiaların geçerliliği araştırılabilmektedir.

4.1.2. Örneklemeye uygulamanın nedenleri

- **Maliyet:** Tam gözleme oranla anakütleyi oluşturan birimlerin bir kısmının gözlenmesi doğal olarak gözlem maliyetlerini düşürmektedir. Özellikle kısıtlı bir araştırma fonu söz konusu ise araştırmacılar örneklemeye yapmak zorunda kalacaklardır. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde araştırmaya ayrılacak fon olmadığı veya sınırlı olduğu için örneklemeye daha da önem kazanmaktadır.
- **Zamandan tasarruf:** Kuşkusuz çok sayıda birimin gözlenmesine kıyasla az sayıda birimin gözlenmesi kısa zamanda yapılacaktır. Anakütleler hakkında bilgilere kısa zamanda ihtiyaç varsa anakütleyi gözleyebilecek kadar araştırma fonu olduğu halde zamandan tasarruf sağlamak için yine örneklemeye başvurulur.
- **Doğruluk:** Az sayıda birim gözlendiği için hatalı bilgi elde etmek söz konusu olmayabilir, olsa bile az sayıda verinin kontrol edilmesi mümkün ve kolay olacaktır.
- **Ayrıntılı bilgi:** Gözlenecek birim sayısı az olduğu için birimlere ait bilgiler ayrıntılı olarak elde edilebilir. Tüm anakütlenin gözlenmesi durumunda fazla ayrıntıya girmek her zaman mümkün olamayabilir.
- **Yok edici testler:** Pillerin ve ampullerin dayanıklılık süreleri ile tuğla ve kiremit gibi maddelerin dayanıklılıkları test edilirken bu maddeler yok edilmektedir. Üretimin tümü böyle bir teste tabi tutulamayacağı için örneklemeye yapmak şarttır.

4.1.3. Örneklemeye yöntemleri

Örneklemeye tesadüfi (random sampling) ve tesadüfi olmayan örneklemeye (iradi örneklemeye-non random sampling) olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Örneklemeye tesadüfi olduğunda ihtimal (olasılık) kuralları ve dağılımları uygulanabilmekte böylece örnek sonuçlarının anakütleyi temsil edip etmediği anlaşılabilmektedir. Tesadüfi olmayan örneklemeye de ise ihtimal dağılım ve kuralları uygulanmadığı için bu tür örneklerin anakütlelerini ne denli temsil ettiklerini saptamak mümkün değildir.

Tesadüfi örnekleme:

1. Basit tesadüfi örnekleme (Simple random sampling)
2. Sistematik örnekleme (Systematic selection)
3. Zümrelere göre tesadüfi örnekleme (Stratified random sampling)
4. Kademeli örnekleme (Cluster sampling)
5. İkili, çoklu ve aşamalı (ardışık) örnekleme (double, multiple and sequential sampling)

olmak üzere beş gruba ayrılır.

Tesadüfi olmayan örnekleme ise;

1. Tesadüfi olmayan (iradi) örnekleme (Judgement sampling)
2. Kota örnekleme (Quota sampling)

olmak üzere iki gruba ayrılır.

4.1.3.1. Tesadüfi örnekleme

Anakütle birimlerinin hepsine eşit seçilme şansı verildiği örnekleme türü olan tesadüfi örnekleme beş şekilde yapılmaktadır.

1. Basit tesadüfi örnekleme

Basit tesadüfi örnekleme, N birimlik bir anakütleden, n birimlik bir örneğin, tüm n birimlik örneklere eşit seçilme şansı verilerek seçilmesidir. Bu tür tesadüfi seçimde anakütle bir bütün olarak ele alınır, yani anakütle belirli zümre ve kümelere ayrılmaz. Her birime eşit seçilme şansı verebilmek için anakütleleri oluşturan birimlere 1'den N'ye kadar sıra numarası verilerek tüm birimler listelenir.

İladesiz çekim ile N birimlik sonlu bir anakütleden, n birimlik bir tesadüfi örnek aşağıdaki şekilde çekilmektedir.

1. Her birime eşit seçilme şansı $1/N$ verilerek ilk birim seçilir.
2. İladesiz çekim olduğu için ikinci birimin seçilmesi ihtimal $1/(N-1)$ olacaktır.
3. Üçüncü birimin seçilme ihtimali de $1/(N-2)$ olur. n birim hep şu şekilde seçilerek örneğe girecek birimlerin tümü saptanır.

Tesadüfi örneklemenin gerçekten tesadüfi olabilmesi için anakütledeki birimlerin tümünün eldeki listede mevcut olması gerekir. Eksik bir liste tesadüfi örneğin anakütlesini iyi temsil edememesine neden olur. Bu nedenle listenin eksiksiz olup olmadığı araştırılmalı ve varsa eksiklikler tamamlanmalıdır.

2. Sistematik örnekleme

Çok sık kullanılan bir tesadüfi seçim yöntemidir. Anakütle birim sayısının seçilecek örnek birim sayısına bölünmesiyle “k” sayısı bulunur ve 1-k arasındaki sayılar arasından tesadüfi olarak bir sayı seçilir. Daha sonra bu sayı örneğe girecek birinci anakütle birimini oluşturur ve bu sayıya sürekli “k” ilave edilerek ikinci, üçüncü vs. ve son olarak n’ inci birim belirlenir. N=150 olan bir anakütleden n=10 birimden oluşan bir tesadüfi örnek çekilecekse $k=N/n=150/10=15$ olacaktır. 1-15 arasından tesadüfi olarak seçilen sayının 8 olduğunu kabul edersek;

1’inci birim 8.

2’inci birim $8+15=23$

3’inci birim $23+15=38$

.
. .
.

10’ inci birim $128+15=143$. birim olacaktır.

Demek ki örneğe anakütle listesindeki 8, 23, 38, 53, 68, 83, 98, 113, 128, 143’ üncü birimler girecektir.

3. Zümrelere göre örnekleme

Zümrelere göre örnekleme basit tesadüfi örneklemeyle oranla anakütle hakkındaki mevcut bilgileri kullanarak, anakütleyi daha iyi temsil edecek, tesadüfi örnekler oluşturmaya yarayan bir örnekleme türüdür. Bu örneklemeyi uygulayabilmek için anakütlelerin incelenen özellikleri açısından zümrelere (grup veya sınıflara) ayrılabilir yapıda olmaları gerekmektedir. Her grup veya zümreden basit tesadüfi örnekler seçilip birleştirilerek zümrelere göre örnek oluşturulur. Zümrelere göre örnek zümre büyüklüklerine göre orantılı veya orantısız olabilir. Örneğin 3 zümresi olan bir anakütleden, 100 birimlik bir örnek çekilecekse ve birinci zümrede 200, ikinci zümrede 300 ve üçüncü zümrede 500 birim varsa, birinci zümreden

$0,20.100=20$, ikinci zümreden $0,30.100=30$ ve üçüncü zümreden $0,5.100=50$ birim tesadüfi olarak seçilerek zümrelere göre 100 birimlik tesadüfi örnek oluşturuluyorsa orantılı seçim yapılmış olur. Böylece elde edilmiş örnek anakütlesini her zümrenin anakütle içindeki oranı ölçüsünde temsil edecektir.

Orantısız seçimde ise değişkenliği (standart sapması) çok olan zümreden fazla, az olan zümrelerden az birim gözlenmesi yoluna gidilir. Böylece benzer özellik taşıyan birimlerden gereksiz yere çok birim gözlenmemiş olur.

Zümrelere göre tesadüfi örnekleme hatası en düşük örnekleme türü olmasına karşın uygulanması zor olduğu için araştırmalarda sıklıkla kullanılamamaktadır. Nedeni anakütlenin incelenen özellik açısından yapısının bilinmesinin mümkün olmamasıdır. Örneğin işletmelerin çeşitli göstergelerini saptarken işletme büyüklüğünün göz önüne alınması gerekir.

4. Kademeli örnekleme

Kademeli örnekleme anakütlerdeki birimlerin listesinin olmadığı durumlarda veya coğrafi olarak geniş bir alana dağıtılmış birimlerin incelenmesi gerektiğinde, araştırma maliyetini düşürmek için uygulanan tesadüfi bir örnekleme türüdür. N birimlik anakütle eşit veya farklı sayıda birimden oluşan M adet alt kümeye (birincil birim) ayrılır. M adet birincil birimden tesadüfi olarak seçilen m adet birincil birimdeki tüm birimler gözlenirse, bu örnekleme türüne “tek kademeli örnekleme” veya “kümelere göre örnekleme” adı verilmektedir. m adet birincil birimdeki birimler arasından tesadüfi seçimle birimler seçilirse buna “iki kademeli örnekleme” adı verilir. Kademe sayısı artırılarak 3,4 ... ve çok kademeli örnekleme uygulanabilir. Kaç kademe yapılırsa yapılsın sonuçta tesadüfi olarak n birimden oluşan bir örnek incelenerek anakütle tahminleri yapılmaktadır.

Tüm örnekleme kitaplarında 2 kademeli örnekleme üzerinde durulmaktadır. Bunun nedeni bu yöntemin tek kademeliye oranla daha elastiki olmasıdır. Tesadüfi olarak seçilen m birincil birimdeki birimler arasında incelenecek özellik açısından çok az farklılık varsa bu birincil birimin tümünün incelemesi rasyonel olmaz. Seçilecek birincil birim sayısını arttırıp, her birinden incelenecek birim sayısını azaltarak 2 kademeli örnekleme yapmak daha rasyonel olmaktadır.

5. İkili, üçlü ... çoklu ve aşamalı (ardışık) örnekleme

Tüm diğer tesadüfi örnekleme türlerinde sonuçta n birimlik tek bir örnek seçilmekte ve istatistik ölçüler elde edilmektedir. İkili, üçlü ..., çoklu örnekleme ile aşamalı örnekleme türlerinde ise örnekteki birimlerin tümü değil bir bölümü incelenmekte ve istatistik ölçüler bunlara dayanarak hesaplanmaktadır.

İkili örnekleme şöyle bir sorunla açıklık kazandırılabilir. Bu üretim sürecinde 80 birimlik tesadüfi bir örnek seçilerek şu kriterlerin uygulanmasına karar verilmiş olsun:

- -4 ve 4'den az kusurlu bulunduğu üretime devam,
- 8 ve 8'den çok kusurlu bulunduğu üretimi durdur,
- 5, 6, 7 kusurlu bulunduğu örneğin ikinci bölümü olan 120 birimi tesadüfi olarak seç ve daha sonra karar al.

Örneğin ikinci bölümüne sadece son durumda ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle test sonucu imha edilen birimler söz konusu ise gözlem maliyetleri de azalmaktadır.

Çoklu örnekleme bir dizi küçük tesadüfi örneklerin seçilerek kümülatif değerlerden hareketle her örnekten sonra, sonuçların kabul ve red kriterleriyle karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Aşağıdaki örnekte kusurlu sayısına göre mamülün kabul veya reddedilmesi 50'şerlik tesadüfi örneklere göre beş aşamada gerçekleştirilmektedir. Kabul ve red kararı alınmazsa örnekleme devam edilmektedir.

Aşamalı örnekleme ise çoklu örneklemenin en uç durumudur. Birimlerin gözlenme maliyetleri çok yüksek ise özellikle değerli olan birimler test sonucu imha ediliyorsa, aşamalı örnekleme uygulanır. Bu örnekleme türünde birimler teker teker tesadüfi olarak seçilip incelenir ve kararlar her birimin gözlenmesinden hemen sonra alınır. Karar kabul, red veya örnekleme devam şeklinde olmaktadır. Bu örnekleme türlerinde yanlış karar alma riskleri aynı hipotez testlerindeki risklere benzemektedir. Risklerin azalması kuşkusuz örnek birim sayısının artırılmasına bağlıdır.

4.1.3.2. Tesadüfi olmayan örnekleme

Örneğe girecek birimlerin tesadüfi olarak seçilmediği, araştırmacının kendi takdiri ile seçtiği birimlerden oluşan örneklere dayanan örnekleme türüdür. Doğal olarak

araştırmacının örnek çekeceği anakütle hakkındaki bilgisine ve tarafsızlığına bağlıdır. Anakütle iyi tanındığı ve tarafsızlığın söz konusu olduğu durumlarda tesadüfi örneklemeden daha gerçekçi sonuçlar verebilir. Anakütle hakkında bilgi yetersizliği ve taraflılık söz konusu olduğunda anakütle değerlerinin olduğundan yüksek veya düşük tahmin edilmesine neden olduğu gibi, hatanın da hesaplanması mümkün olmadığı için, sapmanın ne yönde ve ne büyüklükte olduğunun bilinmesi de mümkün değildir. Bu sakıncaları nedeniyle istatistik araştırmalarda tercih edilmemektedir.

Tesadüfi olmayan örnekleme, iradi örnekleme ve kota örnekleme olmak üzere ikiye ayrılır.

• İradi örnekleme

Bu örnekleme türünde örneğe girecek birimler, araştırmacının uzman görüşlerine dayanarak anakütleyi temsil ettiğine inandığı birimlerdir. Birimlerin seçilme ihtimalleri bilinmediği gibi bu birimlere dayanan istatistik ölçülerin hatalarının da hesaplanması mümkün değildir. Az sayıda birim üzerinde yapılabilir. Anakütleyi temsil ettiği düşünülen az sayıda birim seçilerek istatistik ölçüler hesaplanabilir. Örneğin Türkiye’ de işçi aileleri hakkında bir araştırma yapılacaksa, çocuk sayısı, eğitim ve gelir düzeyi yaş, sosyal yapı gibi birçok açıdan işçi ailelerini temsil ettiğine inanılan birkaç aile, yakın çevreden seçilir. Anakütle yapısının araştırmacı tarafından çok iyi bilinmesi durumunda ve araştırmacı tarafsızlığını koruyabiliyorsa iyi sonuçlar verebilir. Ancak tüm bu özellikleri taşıması her zaman mümkün olmadığı için istatistik çalışmalarda tercih edilmez.

• Kota örnekleme

Anakütle yapısının %5, %10 vs oranında örneğe yansıtılarak, örneğe girecek birimleri araştırmacının iradesiyle belirlediği örnekleme türüdür. Bir bölgede faaliyet gösteren 1000 işletme varsa, bunların 800’ü küçük 150’si orta, 50’si büyük ise %10 örneklemeyle 80’i küçük, 15’i orta, 5’i küçük işletmeden oluşan 100 işletme seçilmektedir. Bu yöntem kota örnekleme veya temsili örnekleme adı verilir. Anakütlenin küçük bir benzeri oluşturulmaktadır. Anakütle alt gruplarından her gruba ayrılan kotalar oranında birim seçildiği için bu adı almaktadır.

Diğer iradi örnekleme gibi anakütle yapısının iyi bilinmesine ve birimlerin seçiminde tarafsızlığa dayanmaktadır. Bu özellikleri taşımadığında örnekler anakütlelerini iyi temsil edemeyecekleri için tahminler sistematik hata içerebilir yani, olması gerekenden yüksek veya düşük tahmini değerler elde edilmesine neden olabilirler. Burada sözü edilen sistematik hata büyük sayıları kanunıyla birbirini götürmeyen hep pozitif veya hep negatif yönde işleyen hatalardır.

4.1.4. Örneklemenin amaçları

En ideal durum olan anakütleleri oluşturan birimlerin tümünden bilgi almaya dayanan “Tam sayım-Gözlem” yerine anakütle birim sayıları sonsuz veya sonlu ama çok büyük olduğunda, zaman ve gözlem masraflarından tasarruf amacıyla “Kısmi sayım-Gözlem” veya “Örnekleme” yolu seçilmektedir. Amaç tam sayımla ulaşılamayan anakütle parametrelerinin (değerlerinin) örnek istatistiklerinden (değerlerinden) hareketle tahmin edilmesi veya bu parametreler hakkındaki iddiaların (hipotezlerin) geçerli olup olmadığının araştırılmasıdır (hipotez testleri).

4.1.4.1. Anakütle parametrelerin tahmini

Anakütlelerin çok şıklı özellikleri söz konusu ise bu özelliklerin ortalamaları, standart sapma veya varyanslarıyla bu özelliklerin toplamı ($\bar{X}, \sigma, \sigma^2$ ve $\sum_{i=1}^N X_i$), örnek değerlerinden ($\bar{x}, s, s^2$ ve $\sum_{i=1}^N x_i$) hareketle tahmin edilebilmektedir. Örneğin İmalat Sanayiinde faaliyet gösteren işletmelerin büyüklüğü, ihracat tutarı, satış tutarı ve sermaye miktarı gibi çeşitli özelliklerinin ortalamaları standart sapmaları varyansları veya toplamlarına (parametrelerine), örnek değerleri (istatistikleri) yardımıyla ulaşılabilmektedir.

İki şıklı anakütlelerde veya çok şıklı olduğu halde iki şıklı olarak ele alınmak istenen anakütlelerde ilgilenilen özelliğe sahip birimlerin oranı (P) veya sayısı (A) yine tesadüfi örnekleme yoluyla tahmin edilmektedir. Örnek oranı ($p=a/n$) ve örnekte belirli özelliğe sahip birimlerin sayısı (a) hesaplanarak örnekleme teorisi yardımıyla anakütle oranı ($P=A/N$) ile o özelliği sahip birim sayısına (A) ulaşılmaktadır. Örneğin örnek kusurlu sayısı (a) veya kusurlu oranından (p) hareketle üretilen tüm mallardaki kusurlu sayısı (A) veya kusurlu oranı (P) tahmin edilmektedir.

Aynı şekilde anakütlelerde bağımlı değişkenle bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi matematik fonksiyon olarak gösteren regresyon denkleminin parametrelerini ve ilişkinin kuvvetini gösteren korelasyon katsayısını örnek regresyon denkleminde ve korelasyon katsayısından hareketle tahmin etmek de mümkündür.

4.1.4.2. Anakütle parametreleri hakkındaki iddiaların araştırılması (hipotez testleri)

Anakütle ortalamaları, standart sapmaları, varyansları, oranları, regresyon katsayıları ve korelasyon katsayıları hakkındaki iddiaların (varsayım, faraziye, hipotez) örnek istatistiklerinden hareketle belirli bir anlamlılık seviyesinden (α) geçerliliğin araştırılmasına “Hipotez Testleri” adı verilmektedir. Demek ki örnekleme sadece anakütle parametrelerinin tahmininde değil, bu parametrelerde çeşitli nedenlerle değişiklik olup olmadığının incelenmesinde de araştırmacılara veya karar verme durumundaki kimselere yardımcı olmaktadır. Değişiklik olup olmadığı bu anakütlelerden seçilen tesadüfi örneklerin istatistikleriyle araştırılmakta, değişiklik olup olmadığı saptandıktan sonra, uygun davranış biçimi seçilerek uygulama yapılmaktadır.

Bir kalite kontrol sorunu düşünelim. 500 gramlık mamul kutularının üretildiği makinede kutu ağırlığının 500 gram olup olmadığı ve aynı zamanda yırtık kutu oranının da en fazla % 1 olup olmadığı kontrol edilmek istensin. Anakütlerde bu ortalama ve oranın korunup korunmadığını araştırmak için tesadüfi örnekler çekilerek örnek ortalamasının $\bar{x}=500$ gram civarında, kusurlu oranın da $p \leq 0,01$ olup olmadığına bakmak gerekmektedir. Örneklerde bu sonuçlar elde edilirse üretim standartlara uygundur üretime devam kararı alınır. Örnek ortalaması 500 gramdan çok az veya çok fazla ise (450, 470, 525, 530...vs) veya $p > 0,01$ ise üretim standarttan sapmış demektir. Karar üretimi durdur, sapmaların nedenini araştır, şeklinde olmalıdır. Bu durumda da yapılan, örnek değerlerine bakarak anakütlenin durumunu saptamak ve karar almaktadır. Bir diğer ifadeyle örnekleme teorisinden yararlanarak, anakütle birimlerinin tümünü gözlemeden anakütlenin durumu hakkında bilgi sahibi olmak amaçlanmaktadır.

4.1.5. Örnek büyüklüğünün belirlenmesi

İstatistik araştırmalarda örnek büyüklüğünün belirlenmesi çok önemli bir konudur. Çok büyük bir örnek kaynakların israfına yol açarken, çok küçük bir örnek de istenilen yararı sağlayamaz. Uygulamada bir araştırmanın arzu edilen sonucu vermemesinin başlıca nedenlerinden biri, örnek büyüklüğünün belirlenmesinde yapılan hatalardır.

Tesadüfi örneklemede, istenilen güven derecesi ve değişkenlik bilindiği takdirde, örneğe alınacak asgari birim sayısı matematik olarak belirlenebilir. Ancak göreceğimiz gibi, sadece bu safhada bile çeşitli güçlüklerle karşılaşılacaktır. Diğer taraftan günümüzde istatistik örnekleme araştırmalarının maliyeti de göze çarpacak şekilde yükselmiştir. Böyle bir araştırmanın sabit maliyetinden çok değişken maliyeti önem taşımaktadır. Bu da örneğe her alınan ek birim için yapılacak baskı, posta, yol, mülakat, gözlem ve analiz masraflarından ileri gelir.

Aslında iyi düzenlenmiş, fakat az sayıda birime sahip örneklerle, büyük, ancak düzenlenmesi hatalı bir örneğe nazaran, çok daha güvenilir sonuçlar alınacağı muhakkaktır. Ne var ki, analizlerde işe yarar bir temel oluşturmak için, belirli bir asgari örnek büyüklüğüne ihtiyaç duyulacaktır. Aşağıda, önce örnek büyüklüğünün matematik olarak ne şekilde belirleneceği üzerinde durulacak, sonra maliyet unsuru ele alınacaktır.

4.1.5.1. Oranlarla ilgili örneklemede örnek büyüklüğü

Bir işletmenin, belirli bir bölge halkından A malını kullananların oranını öğrenmek istediğini varsayalım. Bu işletmenin yöneticisi, araştırma yaptırmak istediği kuruluşa bazı ek bilgiler vermek zorundadır. Bunlardan ilki, örnekleme sonucu bulunacak oranla gerçek oran arasında müsaade edilebilecek farka ait olacaktır. Zira örnek oranları, bilindiği gibi, ana kütle gerçek oranı etrafında belirli bir dağılım göstermektedirler ve bir örnekten bulunacak sonucun ana kütle oranına eşit olması çok küçük bir ihtimaldir. Diyelim ki, işletme yöneticisi bu farkın % 3' ü geçmemesini istediğini belirtti. Yani örnekten bulunan sonuç % 35 ise, gerçek oran % 32 ile % 38 arasında kalacaktır. Şimdi % 100 güvenilirlikle gerçekleştiremeyeceğini, eğer böyle bir isteği varsa, o bölge halkına tek tek sorulması gerektiğini açıklamak zorundadır. Bu durumda işletme yöneticisi % 100 güvenilirlik istemediğini, ancak hiç

olmazsa % 95 ihtimalle güvenilir bir sonuca ulaşılması arzusunu belirttiğini düşünelim. Ne var ki, işletme yöneticisinden istenilen ek bilgiler henüz bitmemiştir. Örnek büyüklüğünün belirlenebilmesi için, bölge halkından yüzde kaçının A malını kullandığına ait bir ön tahmin yapılması gerekmektedir. Bu soruya da yöneticinin %40 diye cevap verdiğini varsayalım. Artık elde edilen bilgilerin ışığında örnek büyüklüğü belirlenebilir.

Örnek oranlarının ana kütle oranı etrafında normal dağıldığını varsayarsak, istenilen güvenilirlik

$$P-p = 0,03 = 2 \sigma_p = 2 \sqrt{\frac{PQ}{n}}$$

eşitliğinde sağlanmaktadır. Buradan;

$$n = \frac{4PQ}{0,0009}$$

bulunur. P yerine bunun tahmini olan 0,4 ve Q yerine 0,6 konulursa

$$n = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 0,6}{0,0009} = 1066,67 \approx 1067$$

örneğe alınması gereken asgari birim sayısıdır.

Yukarıda incelenen teorik örnekte dikkat edilmesi gereken iki husus vardır. Önce, sonlu ana kütle düzeltilmesi yapılmamıştır. Eğer bölge nüfusu 15000 kişi ise,

$$\frac{n}{N} = \frac{1067}{15000} = 0,07 \text{ bulunacağından sonlu ana kütle düzeltilmesinin yapılması gerekir.}$$

Ancak nüfus 21340 kişiden fazla ise $\frac{n}{N} < 0,05$ olacağından buna ihtiyaç kalmaz.

İkinci olarak, oran hakkında yapılan ön tahmin üzerinde düşünelim. Sonlu ana kütle düzeltilmesi ihmal edilirse bir oranın Standart hatası

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{PQ}{n}}$$

şeklindedir. Yani σ_p , n sabitken P ve Q çarpımına bağlı olarak değişir. Çeşitli PQ çarpımlarını incelersek:

P	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Q	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
P.Q	0,09	0,16	0,21	0,24	0,25	0,24	0,21	0,16	0,09

Görüldüğü gibi oran tahminlerinin standart hatası $P=Q=0,5$ iken en yüksek değerine ulaşmıştır.

$$P-p=0,03=2 \sigma_p$$

eşitliğinden de σ_p 'nin en yüksek değerinin göz önüne alınması gerekeceği anlaşılmaktadır. Öyleyse, eğer yukarıdaki problemde yönetici P tahmini olarak % 40 değil de %35-%45 arası deseydi, bunlardan % 50'ye yakın olan % 45'in alınması doğru olurdu. Oranlarla ilgili örneklemede herhangi bir ön tahmin yapılamıyorsa, $P=0,5$ kabul edilmesi gerekir.

Yukarıdaki problemde de anlaşılabileceği gibi, örnek büyüklüğünün belirlenmesinde önce örneklemeden beklenen yarar göz önünde tutulmalıdır. Örneklemenin yararı, kısa sürede, az maliyetle, katı değil fakat hata derecesi ölçülebilen sonuçlar vermesidir. Öyleyse örnek büyüklüğünü belirlemeden önce, ya gerçek oran ile örnek oranı arasında en çok ne kadar bir fark kabul edilebileceği belirli bir güven sınırıyla verilmeli, yani

$$P_r \left(|p-P| \geq d \right) = \alpha \quad (4.1)$$

tesbit edilmeli, ya da doğrudan doğruya arzu edilen standard hata belirtilmelidir. Aslında her iki yaklaşım arasında bir fark olmamakla beraber, birincisinin daha kolay uygulanabileceği açıktır. İkinci safhada bildiğimiz

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{PQ}{n}} \cdot \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \text{ formülü kullanılarak}$$

$$d = t \sqrt{\frac{PQ}{n}} \cdot \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \text{ bulunur.} \quad (4.2)$$

Buradan da

$$n = \frac{\frac{t^2 PQ}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{t^2 PQ}{d^2} - 1 \right)} \quad (4.3)$$

elde edilir.

Uygulama kolaylığı bakımından bu formül

$$\frac{t^2 PQ}{d^2} = n_0 \quad (4.4)$$

kabul edilerek

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}} \quad (4.5)$$

şeklinde yazılabilir. Uygulamada önce P'nin tahmini yapılarak n_0 hesaplanır. Eğer

$\frac{n}{N} < 0,05$ ise n_0 istenilen örnek büyüklüğüdür. Aksi halde formül 4.5 kullanılarak

örnek büyüklüğüne ulaşılır.

4.1.5.2. Sürekli verilerde örnek büyüklüğünün belirlenmesi

Basit tesadüfî örnekleme sonucu elde edilecek bir ortalamanın ana kütle gerçek ortalamasından en fazla “d” kadar farklı olmasını α güven sınırıyla istersek

$$P_r(|\bar{x} - \bar{X}| \geq d) = \alpha \quad (4.6)$$

yazılabilir.

Ortalamanın standart hatası

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N}}$$

olduğundan

$$d = t \frac{S}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N}} \quad (4.7)$$

ve

$$n = \frac{\left(\frac{tS}{d}\right)^2}{1 + \frac{1}{N}\left(\frac{tS}{d}\right)^2} \quad (4.8)$$

bulunacaktır. İlk yaklaşım olarak;

$$n_0 = \left(\frac{tS}{d}\right)^2 \quad (4.9)$$

hesaplanıp oranlarla ilgili örneklemede yapıldığı gibi $\frac{n_0}{N} \geq 0,05$ ise

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (4.10)$$

formülünden yararlanılacaktır.

Sürekli verilerde ana kütle varyansı S^2 'nin bilinmesi veya tahmin edilmesi gerekmektedir. Uygulamada ana kütle varyansı aşağıdaki yollardan birisiyle tahmin edilir:

- Örnek 2 kademedede alınır. İlk örnekten bulunan S^2 yardımıyla gerekli örnek büyüklüğü hesaplanır. Eğer örneğe alınmış birim sayısı az ise, aradaki fark tamamlanır.
- Bir ön araştırma yardımıyla S^2 tahmin edilir. Asıl örneklemeye daha sonra geçilir.
- Aynı veya benzer ana kütlelerde daha önce yapılmış olan örnekleme sonuçlarından yararlanılır.
- Ana kütle yapısı hakkında bazı tahminlerde bulunur.

Örneğin 2 kademedede alınması, S^2 ve gerektiği hallerde P tahminlerinin en iyi şekilde yapılabilmesini mümkün kılar. Ancak araştırma süresi uzar. Küçük bir ön araştırma yapılmasının ise çeşitli yararları vardır. Ön araştırmanın basit tesadüfi örnekleme bütünü şartlarını yerine getirmesi her zaman beklenemez. Genellikle ana kütlenin kolay bilgi elde edilebilecek birimleri seçilir. Ancak bu takdirde hesaplanan S^2 değerinin, gerçek S^2 'den ufak çıkacağı unutulmamalıdır. Eğer sözü edilen sakıncanın

etkisi giderilirse, ön araştırma, özellikle esas araştırmada düşülmesi muhtemel hataları önlemek açısından tavsiye edilebilir.

Daha önce yapılmış örnekleme sonuçlarından yararlanıldığında, aradan geçen sürenin etkileri giderilmeye çalışılmalıdır. Ana kütleinin yapısı hakkında tahminlerde bulunulurken de bazı matematik sonuçlardan yararlanmak mümkündür. Dağılımın şekli ve değişim aralığı belli ise S^2 için bazı tahminler yapılabilir.

4.2. Türkiye için Örneklem Sayılarının Belirlenmesi

Grupların (zümrelerin) kendi içlerinde homojen ve grupların kendi aralarında heterojen olması, kullanılacak örnekleme yönteminin zümrelere göre örnekleme olmasını gerektirir. Bu gruplama oluşturulurken esas alınan emisyon sınıflarıdır. Otomobiller, benzin ve dizel olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Bu 2 grup da emisyon sınıfları esas alınarak alt gruplara ayrılmıştır. Emisyon sınıfları da Türkiye'deki markalar dikkate alınarak alt gruba ayrılarak örnekleme yapılmıştır. Çizelge A.1 ve Çizelge A.2'de Türkiye'deki otomobil sayılarının 1990-2006 yılları arasındaki markalara göre değişimi verilmiştir.

4.2.1. Benzinli otomobiller için örneklem sayıları

Benzinli otomobil için 5 emisyon sınıfı mevcuttur. Bunlar EKB, 15.04, Euro I, Euro III, Euro IV'tür. Çizelge 4.1'de hangi emisyon sınıfının hangi tarihlerde geçerli olduğunu göstermektedir (Diler, 2008).

Çizelge 4.1 : Benzinli otomobil için emisyon grupları.

Yıllar	Emisyon Sınıfı
...-1993	EKB
1994-2001	15.04 ve Euro I
2002-2005	Euro III
2006	Euro IV
EKB=Emisyon Kontrolü Bulunmayan	

Çizelge 4.2'de kümülatif (toplam) olarak 1990-2006 yılları arasında Türkiye'de bulunan otomobillerin emisyon grupları gösterilmektedir (Diler, 2008). Türkiye'de Euro 1'den Euro 3'e geçiş söz konusu olmasından dolayı Çizelge 4.2'de Euro 2 bulunmamaktadır.

Çizelge 4.2 : Yıllara ve emisyon standartlarına göre benzinli otomobiller (kümülatif).

	EKB	15.04	Euro 1	Euro 3	Euro 4	Toplam Araç
1990	1633380	0	0	0	0	1633380
1991	1843556	0	0	0	0	1843556
1992	2151089	0	0	0	0	2151089
1993	2572014	0	0	0	0	2572014
1994	2568594	230788	2331	0	0	2801713
1995	2565034	416012	5726	0	0	2986772
1996	2561700	611741	13881	0	0	3187322
1997	2558794	635903	16388	0	0	3211085
1998	2555519	769231	39916	0	0	3364666
1999	2552123	861355	64405	0	0	3477883
2000	2549123	920763	89865	0	0	3559751
2001	2547082	973940	114889	0	0	3635911
2002	2545186	973940	114889	41501	0	3675516
2003	2503261	973940	114889	94222	0	3686312
2004	2375447	973940	114889	425677	0	3889953
2005	2358896	973940	114889	541861	0	3989586
2006	2346624	973940	114889	541861	57098	4034412
Toplam	40787422	10289433	921846	1645122	57098	53700921

Çizelge 4.3'te kümülatif (toplam) olmayarak 1990-2006 yılları arasında Türkiye'de bulunan otomobillerin emisyon grupları görülmektedir. Burada yer alan sayısal değerler bir önceki yıldaki sayısal değerleri içine almamaktadır.

Çizelge 4.3 : Yıllara ve emisyon standartlarına göre benzinli otomobiller (ayrı ayrı).

	EKB	15.04	Euro I	Euro III	Euro IV	Toplam
1990	1633380	0	0	0	0	1633380
1991	210176	0	0	0	0	210176
1992	307533	0	0	0	0	307533
1993	420925	0	0	0	0	420925
1994	0	230788	2331	0	0	233119
1995	0	185224	3395	0	0	188619
1996	0	195729	8155	0	0	203884
1997	0	24162	2507	0	0	26669
1998	0	133328	23528	0	0	156856
1999	0	92124	24489	0	0	116613
2000	0	59408	25460	0	0	84868
2001	0	53177	25024	0	0	78201
2002	0	0	0	41501	0	41501
2003	0	0	0	52721	0	52721
2004	0	0	0	331455	0	331455
2005	0	0	0	116184	0	116184
2006	0	0	0	0	57098	57098
Toplam	2572014	973940	114889	541861	57098	4259802

Çizelge 4.4'te orantılı örnekleme için benzinli otomobiller sayılarının toplam içindeki oranını veren yüzdelik dilimler belirtilmiştir. Bu çizelge oluşturulurken çizelge 4.3'teki kümülatif (toplam) olmayan veriler kullanılmıştır.

Çizelge 4.4 : Yüzdelik dilimler.

	EKB	15.04	Euro I	Euro III	Euro IV	Toplam
1990	38,34%	0%	0%	0%	0%	38,34%
1991	4,93%	0%	0%	0%	0%	4,93%
1992	7,22%	0%	0%	0%	0%	7,22%
1993	9,88%	0%	0%	0%	0%	9,88%
1994	0%	5,42%	0,05%	0%	0%	5,47%
1995	0%	4,35%	0,08%	0%	0%	4,43%
1996	0%	4,59%	0,19%	0%	0%	4,79%
1997	0%	0,57%	0,06%	0%	0%	0,63%
1998	0%	3,13%	0,55%	0%	0%	3,68%
1999	0%	2,16%	0,57%	0%	0%	2,74%
2000	0%	1,39%	0,60%	0%	0%	1,99%
2001	0%	1,25%	0,59%	0%	0%	1,84%
2002	0%	0%	0%	0,97%	0%	0,97%
2003	0%	0%	0%	1,24%	0%	1,24%
2004	0%	0%	0%	7,78%	0%	7,78%
2005	0%	0%	0%	2,73%	0%	2,73%
2006	0%	0%	0%	0%	1,34%	1,34%
Toplam	60,38%	22,86%	2,70%	12,72%	1,34%	100%

Çizelge A.3'te çizelge 4.4'teki her bir hücreyle örnek taşıt sayıları çarpılarak laboratuvarında hangi emisyon grubundan hangi yıldan kaçar adet taşıt seçmemiz gerekeceği hakkında bize öngörü yapma imkanı verdi. Çizelge A.3'te örnek taşıt sayısının 10 olması halindeki durum gösterilmektedir. Bize yol gösterici nitelikte olan bu tablolar örnek taşıt sayılarının n=10, 20, 30, 40, 50 için çizelge A.3 ile çizelge A.12 arasında verildi.

Çizelge A.3'te taşıt sayıları küsuratlı çıktı. Taşıt sayılarının tam sayı olması zorunluluğundan dolayı çizelge A.3'teki her hücre tam sayıya yuvarlatılma yapılarak çizelge A.4 oluşturuldu. Çizelge A.3'te Euro I ve Euro IV sütunundaki tüm değerler çok küçük olduğundan yuvarlatılma yapıldığında bu sütundaki değerlerin hepsi 0'a yuvarlanmaktadır. Dolayısıyla her emisyon grubunun örneklemede temsil edilmesi gerektiğinin doğru olacağını düşünürsek Euro I ve Euro IV sütunundaki en yüksek iki değer yukarı yuvarlatılma yapılarak 1'e dönüştürüldü. Yukarı yuvarlatılma

yapılan hücreler çizelge A.4'te “*” işareti ile gösterildi. Yuvarlatma işlemi çizelge A.4, çizelge A.6, çizelge A.8, çizelge A.10, çizelge A.12 için uygulanmıştır.

Çizelge A.6'da örnek taşıt sayısı 20'dir. Ancak yuvarlatılma yapıldığında örnek taşıt sayısı zorunlu olarak 21'e ulaşmıştır. Çizelge A.8'de örnek taşıt sayısı 30'dir. Ancak yuvarlatılma yapıldığında örnek taşıt sayısı zorunlu olarak 29'e düşmüştür. Çizelge A.10'da örnek taşıt sayısı 40'dır. Ancak yuvarlatılma yapıldığında örnek taşıt sayısı zorunlu olarak 39'e ulaşmıştır.

4.2.2. Dizel otomobiller için örneklem sayıları

Çizelge 4.5'te 1990-2006 yılları arasında toplam (kümülatif) ve toplam olmayan (kümülatif olmayan) değerler gösterilmiştir (Diler, 2008). Kümülatif olmayan değerler, bir önceki yılın değerlerini içinde barındırmayan anlamındadır. Ayrıca kümülatif olmayan değerlere göre 1990-2006 yılları arasındaki otomobillerin toplam içindeki yüzdesi de gösterilmiştir. 1990-2006 yılları arasında Türkiye'de Euro 1ve EKB emisyon standardında dizel taşıt mevcuttur. Dolayısıyla bu tabloda yer alan taşıtların emisyon standartları Euro 1 ve EKB 'dir. Benzinli taşıtların deneyi yapılmasından dolayı dizel için benzindeki gibi örneklem sayıları çıkarılmamıştır.

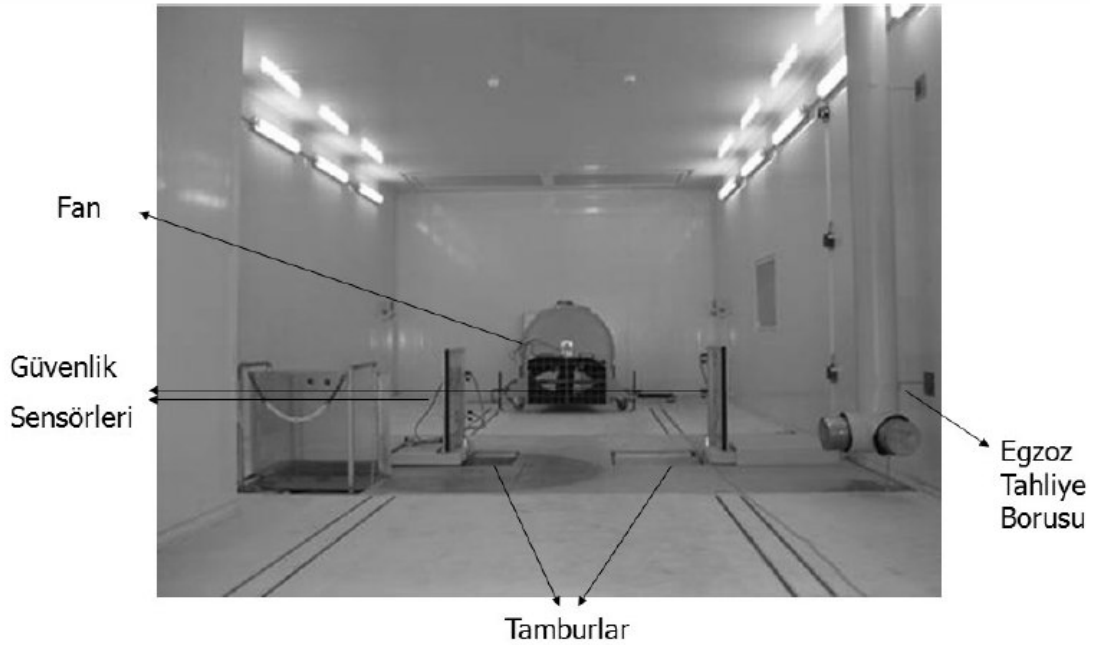
Çizelge 4.5 : Yıllara göre dizel otomobillerinin sayıları.

	Toplam (kümülatif)	Kümülatif olmayan (ayrı ayrı)	Yüzdeler
1990	16499	16499	3%
1991	20788	4289	1%
1992	30299	9511	2%
1993	47838	17539	3%
1994	59927	12089	2%
1995	71739	11812	2%
1996	86834	15095	3%
1997	88900	2066	0%
1998	105964	17064	3%
1999	124394	18430	3%
2000	153169	28775	5%
2001	188994	35825	6%
2002	213268	24274	4%
2003	221750	8482	1%
2004	417406	195656	34%
2005	525340	107934	18%
2006	583790	58450	10%
Toplam	2956895	583790	100%

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1. Test Düzeneği ve Özellikleri

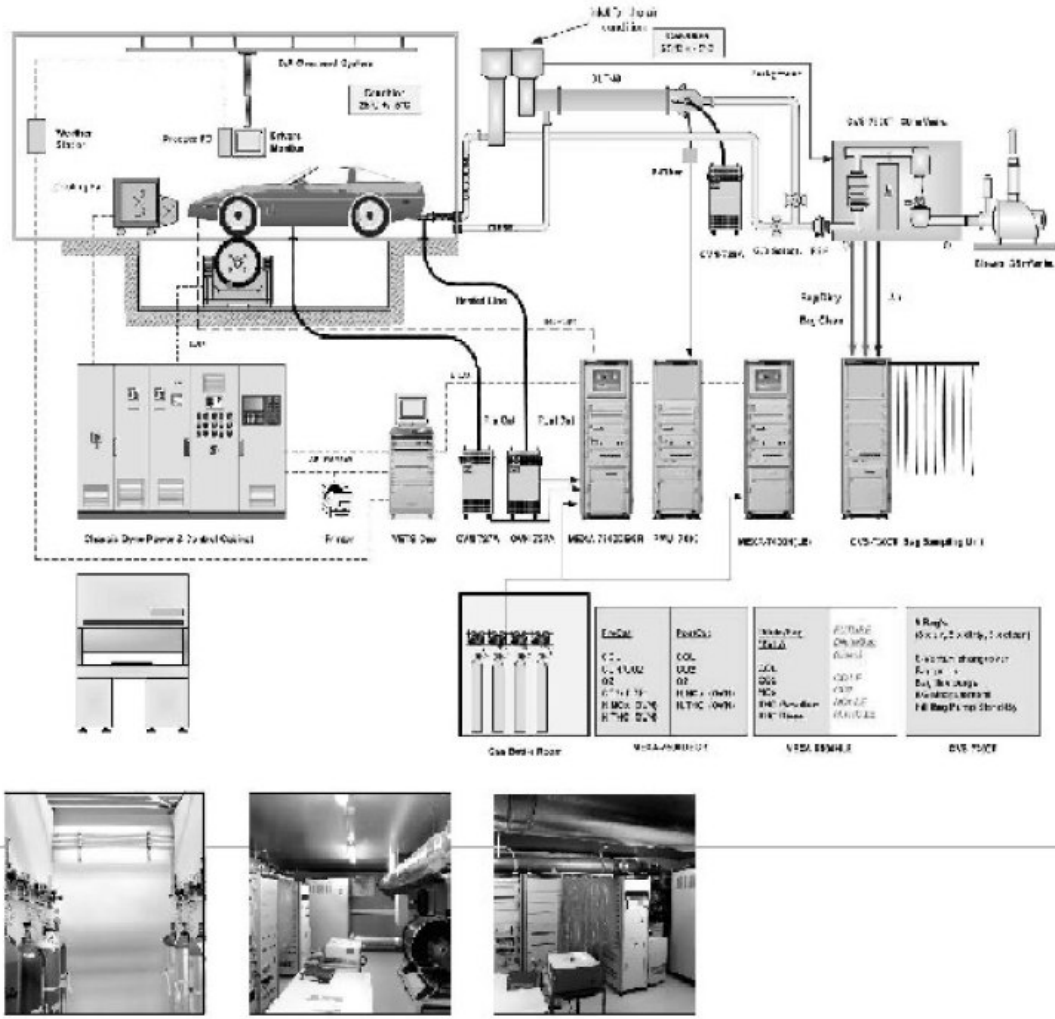
Otomobil ve hafif ticari taşıtlar için egzoz emisyon test sistemi-Avrupa Birliği Komisyonu tarafından desteklenen ve “Faz 2” aşaması olarak kabul edilen Euro IV standardına uygun test yapılabilen yeni egzoz emisyon odası projesi 2007 yılı içinde tamamlanmış ve hizmete alınmıştır. Analizörler Faz 1 çerçevesinde alınmış olup yeni oda Faz 2 çerçevesinde yapılmıştır (Savran, 2007).



Şekil 5.1 : Egzoz emisyon odası.

Egzoz Emisyon Odası (Euro IV standartlarında): Bu oda binek otomobil ve hafif ticari taşıtların egzoz testi için kullanılması için tasarlanmıştır. Şekil 5.2’de İTÜ OTAM test düzeneğinin resmi gösterilmektedir.

Test odasının iç boyutları (m): 13 x 5,3 x 2,8



Şekil 5.2 : İTÜ-OTAM test düzeneği.

Taşıt boyutları:

- Yükseklik: 278 cm
- Aks aralığı:
Önden çekişli taşıtlar için 430 cm
Arkadan çekişli taşıtlar için 480 cm
- İz genişliği: Asgari 120 cm –Azami 180 cm

Egzoz Emisyonu Test Sistemi

- İki Set (Biri Ham Gaz Analizi için) CO, Toplam HC, NO_x ve CO₂ Analizörleri (EURO IV için Gereken Düşük Konsantrasyon Ölçmeye Elverişli (5 ppm maks. Skala NO_x, 20 ppm Maksimum Skala HC, 100 ppm Maksimum Skala CO))

- CVS: Sabit Debili Örneklem Birimi (Motoru 5 litreye kadar olan araçları test etmeye uygun),
- Kontrol ve veri toplama ünitesi
- Buharlaştırma testi hücresi ve ekipmanı

Egzoz Emisyonu Ölçümü

Egzoz emisyonu sabit debili örneklem sistemini kullanır. Egzoz gazı motor devri arttıkça artar. Bu sebepten egzoz debisi arttıkça alınan örnek emisyon gazı da artar. Böylece yüksek motor devirlerinde yüksek emisyon örneklemesi, düşük motor devirlerinden ise düşük emisyon örneklemesi ortaya çıkar. Bu durum da egzoz emisyon ölçümünün yanlış yapılmasına neden olur. Bu durumdan kaçınmak için egzoz gazı debisine göre alınan örnek kütleli debisi sistem tarafından değiştiriliyor.

Egzoz Emisyon Testi için Ön Hazırlık (Savran, 2007)

- İklimlendirme
 - Test odasında sıcaklık: $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
 - Bağıl nem: $\%50 \pm 30$.
- Araç Bağlama
 - Ön tekerleklerin ortalanması.
 - Arka tekerleklerin takozla sabitlenmesi.
 - Güvenlik sensörleri.
 - Egzoz tahliye borusunun bağlanması.
- Şartlandırmalar
 - 1 ECE şehir içi (820 sn).
 - 2 EUDC yüksek hız çevrimi (400 sn).
 - Hız, vites ve zaman grafiği (sürücü ekranı).
- Partikül Ölçümü
 - Test öncesi Partikül ölçme filtreleri tartılır.

- Test sırasında HC,CO, NO_x, CO₂ gazları tartılır.
- Test sonunda kütle farkından gazların ölçümü yapılır.

Şasi Dinamometresi (Savran, 2007)

- Şasi dinamometresi taşıtların üzerine gelen yüklerin simüle edilmesini sağlar.
- Yol şartlarındaki testlerden avantajı havanın durumundan ve insan faktöründen etkilenmemesidir.
- Sistemin çalışması için tambura tanjant bir F kuvvetinin dışarıdan uygulanması gerekmektedir. Bu kuvvet 5.1'deki formülün bilgisayarda gerçek zamanlı çözümü ile ortaya çıkar :

$F = \text{aerodinamik kuvvetler} + \text{araç ağırlık ve yol eğilimi} + \text{ivmelenme}$

$$F = a_2 v^2 + a_1 v + a_0 + mgsin\alpha + m(\Delta v/\Delta t) \quad (5.1)$$

Burada;

α : yol eğimi (derece)

a_1, a_2, a_3 : taşıt katsayıları

V : taşıt hızı

t : zaman

- Kısaca motora, bilgisayardan elde edilen kuvveti uygulayarak bir aracın yoldaki performansı benzetimi (simulasyon) yapılmaktadır.
- Genellikle bu kuvvet tambura bağlı hem fren hem ivmelendirici olarak çalışan bir elektrik motoru kullanılarak elde edilir.
- Motora bağlı bir yük hücresi (load cell) veya şafta bağlı bir torkmetre tarafından elde edilmek istenen tork yaratılır böylece istenen kuvvet açığa çıkmış olur. Bu sistemin tek dezavantajı dinomometreden kaynaklanan kayıplardır. Sistem kayıpları en küçük kareler metoduyla, ikinci dereceden bir polinom 5.2'de şöyle ifade edilir:

$$P = p_2 v^2 + p_1 v + p_0 \quad (5.2)$$

Elde edilecek kuvvet (5.1) ve (5.2) numaralı formülün bileşkesinden :

$F = (a_2 - p_2) v^2 + (a_1 - p_1) v + (a_0 - p_0) + m g \sin \alpha + m (\Delta v / \Delta t)$ elde edilir.

- Tüm yol simülasyonlarında frenleme eğrisi (braking curve) yazılımlar kullanılarak tamburun operasyonlarının doğruluğunun test edilmesinde kullanılır.

Frenleme eğrisi Winroll yazılımı ile 4 metotla uygulanabilir (Savran, 2007) :

1- Nokta Eğrisi (point curve)

Yazılım, Hız-Kuvvet çiftlerinden maksimum 20 nokta kullanarak ikinci derece bir eğri uydurur.

2- Yavaşlama-Zaman Eğrisi (deceleration curve)

Yazılım, başlangıç, son hız ve yavaşlama zamanı verilerini kullanarak her nokta için ortalama hız ve çekiş gücünü için eğri uydurur.

3- Katsayılar Eğrisi (coefficient curve)

F_0, F_1 ve F_2 parametreler olmak üzere $Y = F_0 + F_1 V + F_2 V^2$ ikinci derece polinomu çözülerek eğri oluşturulur.

4- ECE Katsayılar Eğrisi

Bu modda, araçların ağırlık gruplarına göre katsayılar kullanılarak egzoz emisyonu için analiz yapılır. Bu modda da $Y = F_0 + F_1 V + F_2 V^2$ ikinci derece polinomu kullanılarak bir eğri oluşturulur.

Şasi Dinamometresi 7 farklı modda çalıştırılabilir (Savran, 2007). Bunlar ;

1. Conditioning: Dinamometrenin mekanik parçalarının ısıtılarak sürtünme kayıplarının minimuma indirilmesini sağlar.
2. Losses: Dinamometrenin kayıp eğrisinin hesaplanması için kullanılır.
3. Coast Down: Dinamometrenin, yolu doğru bir şekilde simüle edip etmediğinin belirlenmesi, etmiyorsa taşıt yol katsayılarının dinamometreye uygun şekilde adapte edilmesi için kullanılır.
4. Constant Torque: Taşıtın sabit bir tork ile hızlandırılmasını veya frenlenmesini sağlar.
5. Constant Speed: Taşıt sabit bir tambur hızında test edilir.

6. Speed Limit: Seçilen bir limit hız değerine kadar tamburlar hızlandırılır. Bu değerden sonra “Constant Speed” modundaymış gibi çalışılır.

7. Road Simulation: Taşıtın yolda sürülüyormuşçasına test edilmesini sağlar. Dinamometre yolu simüle eder.

Şasi Dinamometresinin Mekanik Özellikleri

- Tambur Çapı: 1219,2 mm
- Tamburun Çevresi: 3830 mm
- Tambur Genişliği: 700 mm
- Aks Başına Maksimum Yük: 1500 kg
- Maksimum Hız: 206 km/h
- Maksimum Güç: 210 kW
- Maksimum Kuvvet: 7300 N
- Maksimum İvmelenme: 5 m/s²

5.2. Deneyin Yapılışı

Avrupa test çevrimi için standartlar mevcuttur. Taşıtın yolda karşılaştığı kuvvetleri benzetimi yapabilmek için test odasında tambur bulunmaktadır. Bu tambur bir motor tarafından tahrik edilmektedir. Taşıta etkiyen direnç kuvvetleri bilgisayar tarafından hesaplanır. Taşıta etkiyen dirençler yuvarlanma, ivmelenme, yokuş ve hava direnci olmak üzere 4 çeşittir. Avrupa test çevrimi, 4 dirençten yokuş direnci hariç tümünü içermektedir. Farklı bir deyişle, düz yolda giderken taşıtın maruz kaldığı kuvvetler dikkate alınır. Sürücünün önüne gelen ekran vasıtasıyla sürücü Avrupa test çevriminin grafiğini görmektedir. Testin kabul edilebilmesi için Avrupa test çevrimi boyunca standartlarda belirtilen toleransların dışına sürücünün çıkmaması gerekir. Taşıta direnç uygulayan tamburun mekanik kayıplarını azaltmak amacıyla taşıt tambur üzerinde bir Avrupa test çevrimi boyunca sürülerek tambur ısıtılır. Tambur ısıtıldıktan sonra tamburun direnç katsayıları bilgisayar tarafından hesaplanır. Tamburun direnç katsayılarının, taşıtın direnç katsayılarına eşit olabilmesi için bilgisayar iterasyon yaparak tamburun direnç katsayılarını taşıtın direnç katsayılarına

eşitlemektedir. Bu hesaplama işine coast down denilmektedir. Burada bahsedilen taşıt katsayıları, taşıtı üreten firma tarafından deneyi yapılarak hesaplanır.

Avrupa test çevriminde taşıt testten önce şartlandırılması gerekmektedir. Benzinli taşıt için 4 tane şehir içi (faz 1) testi yapılırken dizelde 2 tane şehir dışı (faz 2) testi uygulanır.

Test yapılmadan önce taşıt belirli şartlarda bir odada bekletilir. Avrupa test çevriminde bu odanın standartlarla belirlenen sıcaklığı 20 °C ile 30 °C arasında ve bağıl nemi %35 ile %70 arasında olması gerekmektedir. Bu oda, şartlandırma odası olarak ifade edilmektedir.

Bu çalışmada toplam 6 taşıta hem Avrupa test çevrimi hem de Amerika test çevrimi uygulandı. Hem Avrupa test çevrimi hem de Amerika test çevrimi için taşıtların katsayılarına ulaşamadığından coast down yapılamadı. Her taşıt, şartlandırma odasında 6 saat bekledikten sonra Amerika test çevrimi yapıldı. Her taşıt için önce Amerika test çevrimi yapıldı. Amerika test çevriminin ardından taşıt yine şartlandırma odasında 6 saat bekletildikten sonra taşıta Avrupa test çevrimi yapıldı.

5.3. Deney Sonuçları

İTÜ-OTAM emisyon laboratuvarında Avrupa test çevrimi ve Amerika test çevrimlerine göre emisyon ve yakıt tüketimi testleri yapılan 6 taşıta ait bilgiler çizelge 5.1 ve çizelge 5.2’de gösterilmiştir. Her taşıta, test numarası verilmiştir. Verilen bu test numaraları, taşıtın model yılları esas alınarak belirlenmiştir. Testi yapılan taşıtların tümü otomobildir.

Çizelge 5.1 : Taşıtların markaları, model yılları, emisyon standardı ve motor tipi.

Test Numarası	Marka	Model Yılı	Emisyon Standartı	Yakıt sistemi
1	BMW 316 i	1990	15.04	Tek nokta püskürtmeli
2	Murat-Doğan	1990	EKB	Karbüratörlü
3	Renault Spring	1992	EKB	Karbüratörlü
4	Toyota Corolla	1996	15.04	Tek nokta püskürtmeli
5	Volkswagen Bora	2004	Euro IV	Çok nokta püskürtmeli
6	Renault Clio HB	2006	Euro III	Çok nokta püskürtmeli

Toyota, Volkswagen ve Renault Clio taşıtlarının emisyon standartları firmaların servis ve fabrikalarından öğrenilmiştir. BMW, Murat Doğan ve Renault Spring

taşıtlarının emisyon standartları taşıtların model yıllarında uygulanan yürürlükteki emisyon standartına bakılmıştır. Ülkelerin ve firmaların uyguladığı emisyon standartları arasında farklılık vardır. Dolayısıyla aynı yılda farklı emisyon standartlarında taşıtların olması mümkündür.

Çizelge 5.2 : Taşıtların yakıt cinsi, motor hacmi, net kütlesi ve test öncesi taşıtın menzili.

Test Numarası	Yakıt Cinsi	Motor Hacmi(cc)	Net Kütlesi (kg)	Menzil(km)
1	Benzin	1600	1065	182138
2	Benzin+LPG	1600	1045	92032
3	Benzin	1400	900	159235
4	Benzin	1600	1000	252492
5	Benzin	1600	1215	56625
6	Benzin	1200	965	37620

5.3.1. Avrupa test çevrimi sonuçları

İTÜ-OTAM emisyon laboratuvarında yapılan Avrupa test çevrimi sonucu elde edilen bilgiler çizelge olarak verildikten sonra grafik halinde görselleştirilmiştir. Avrupa test çevriminde faz 1, faz 2 ve ağırlıklı ortalama olmak üzere 3 sonuç vardır. Ağırlıklı ortalama, faz 1 ve faz 2 çevrimleri sırasında katedilen mesafe dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Ağırlıklı ortalamanın hesaplanması 5.3'teki denklemde gösterilmektedir.

$$\text{Ağırlıklı ortalama} = \text{Faz 1} * (4,052/11,07) + \text{Faz 2} * (6,955/11,07) \quad (5.3)$$

Buradaki denklemde; 4,052 değeri faz 1 çevrimi (şehir içi) boyunca katedilen km. olarak mesafeden, 6,955 değeri faz 2 çevrimi (şehir dışı) boyunca katedilen km olarak mesafeden ve 11,07 değeri ise toplam çevrim (faz 1+ faz 2) boyunca katedilen km olarak mesafeden gelmektedir.

Çizelge 5.3'te HC ve CO emisyonunun test sonuçları görülmektedir. Avrupa test çevrimi sonucunda 6 taşıtın HC emisyonları 0,05 g/km ile 3,97 g/km arasında çıkmıştır. HC ve CO emisyonların en çok çıktığı taşıt 2 numaralı taşıt olan 1990 model Murat Doğan'dır. Murat Doğan'dan çıkan HC emisyonu kendisine en yakın değer yaklaşık 1,5 katına eşittir. Murat Doğan'dan çıkan CO emisyonu ise kendisine en yakın değer yaklaşık 3 katına eşittir.

Murat-Doğan'dan çıkan emisyonların fazla olmasının nedenleri aşağıda sayılardan

birisi olabilir.

- Karbüratör ayarının bozuk olması.
- Bakım ve onarımlarının yapılmamış olması.

Çizelge 5.3 : HC, CO emisyonları.

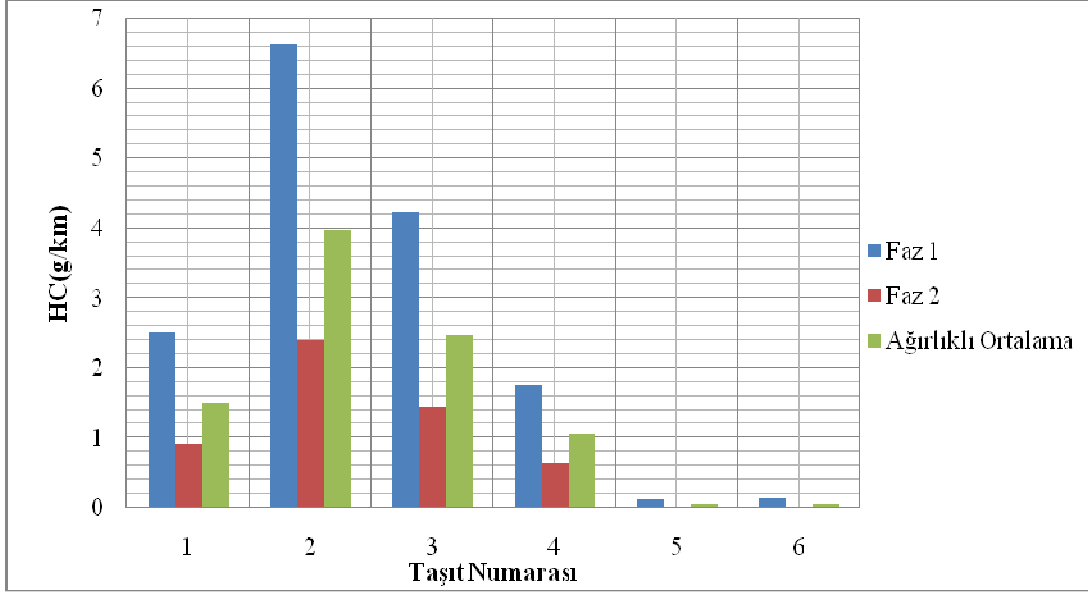
Test Numarası	HC(g/km)			CO(g/km)		
	Faz 1	Faz 2	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Ağırlıklı Ortalama
1	2,52	0,92	1,50	15,26	0,93	6,19
2	6,64	2,40	3,97	95,12	33,67	56,39
3	4,24	1,44	2,47	35,37	13,59	21,61
4	1,75	0,64	1,05	8,74	4,90	6,32
5	0,13	0,01	0,05	1,04	0,23	0,53
6	0,14	0,01	0,06	0,91	0,06	0,38

Yanma ürünleri arasında CO bulunmasının ana nedeni oksijenin O₂ yetersiz olmasıdır. Diğer taraftan 1 kg benzin ya da dizel yakıtının tam yanması için yaklaşık 14,5 kg hava gereklidir. Eğer HFK 1’den az ise yani yakıt-hava karışımı içinde gerekenden daha az hava var ise yanma yetersiz oksijen ortamı içinde olacak ve yakıtın karbonunun tümü CO₂’ye dönüşemiyerek CO olarak kalacaktır. Motorda silindir içinin tümü ele alındığından oksijen genel olarak yetersiz olabileceği gibi, karışımın tam homojen (silindir içinde her yerde aynı yakıt /hava oranı) olmaması durumunda silindir içinde belirli bir konumda yerel olarak da yetersiz olabilir. Dolayısıyla CO oluşumu büyük ölçüde HFK’ya bağlıdır (Kutlar ve diğerleri, 1998). Şekil 5.3 ve şekil 5.4’te ise HC ve CO emisyonlarının grafiği çıkarılmıştır. Avrupa test çevrimi sonucunda CO emisyonları 56,39 g/km ile 0,38 g/km arasında çıkmıştır.

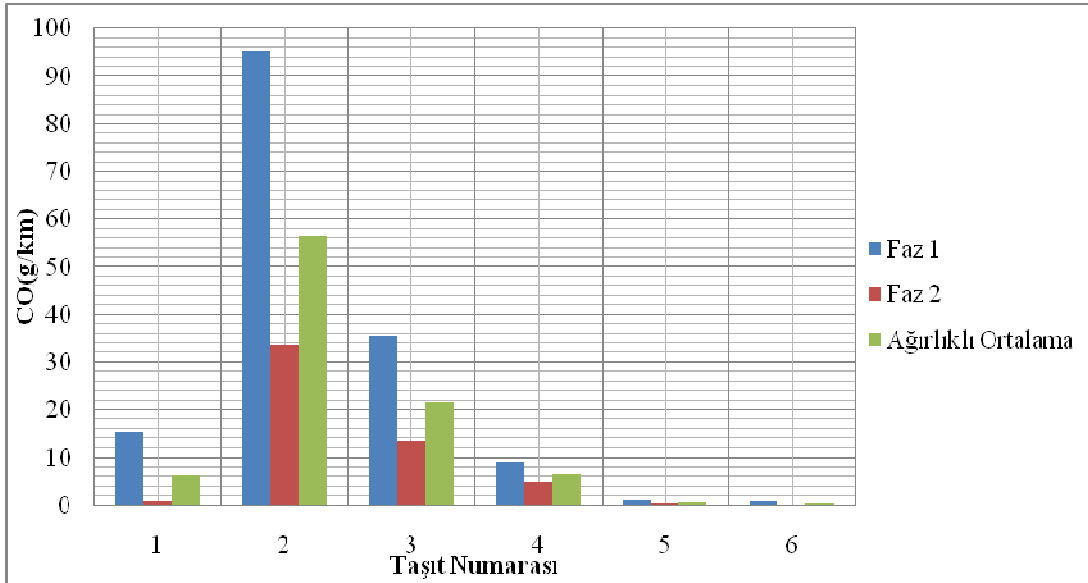
Egzoz gazları içinde HC bulunması yakıtın tam olarak yakılamadığını gösterir. HC emisyonun temel nedeni sıcaklıkların veya oksijenin yetersiz olması sonucunda (HFK < 1 olması veya zengin karışım) yanmanın tamamlanamamasıdır. Yanmanın tamamlanamamasının nedenleri şunlardır (Kutlar ve diğerleri, 1998):

- Silindir içinde bazı bölgelerde yakıt-hava karışım oranının çok zengin veya fakir olması sonucu oksidasyon tepkimelerinin (reaksiyonlarının) yavaşlaması ve yanmanın tamamlanamaması.
- Silindir içindeki soğuk cidarlara (silindir, silindir kafası ve piston üst yüzeyi) ısı kayıpları nedeniyle bu bölgeye ulaşan alevin anında sönmesi.

- Piston silindir arası gibi dar bölgelerde alevin ilerleyemeyerek sönmesi nedeniyle oluşmaktadır.



Şekil 5.3 : HC emisyonu.



Şekil 5.4 : CO emisyonu.

Normal şartlarda altında havanın içindeki azot (N_2) yanma sonucu tepkimeye girmez. Ancak motor içindeki yanmada ulaşılan yüksek sıcaklıklarda ($1600^{\circ}C$ 'nin üstünde), havanın içerisindeki azotun oksijen ile tepkimeye girmesi sonucu azot oksitler (NO_x) meydana gelmektedir. NO , NO_2 , N_2O_2 vb. bileşiklerin tümü birden azot oksitler (NO_x) olarak tanımlanmaktadır. Azot oksitler (NO_x) içerisinde ana eleman olarak

genellikle NO bulunmaktadır. Egzoz gazlarının daha sonra atmosfere atılması sonucu oksijen ile temasında NO'nun bir kısmı NO₂ ve öteki NO_x'lere dönüşmektedir (Kutlar ve diğerleri, 1998).

Sonuç olarak, azot oksit oluşumunu silindir içi sıcaklığın büyük ölçüde etkilediği, sıcaklık arttıkça azot oksitin hızla arttığı anlaşılmaktadır (Kutlar ve diğerleri, 1998).

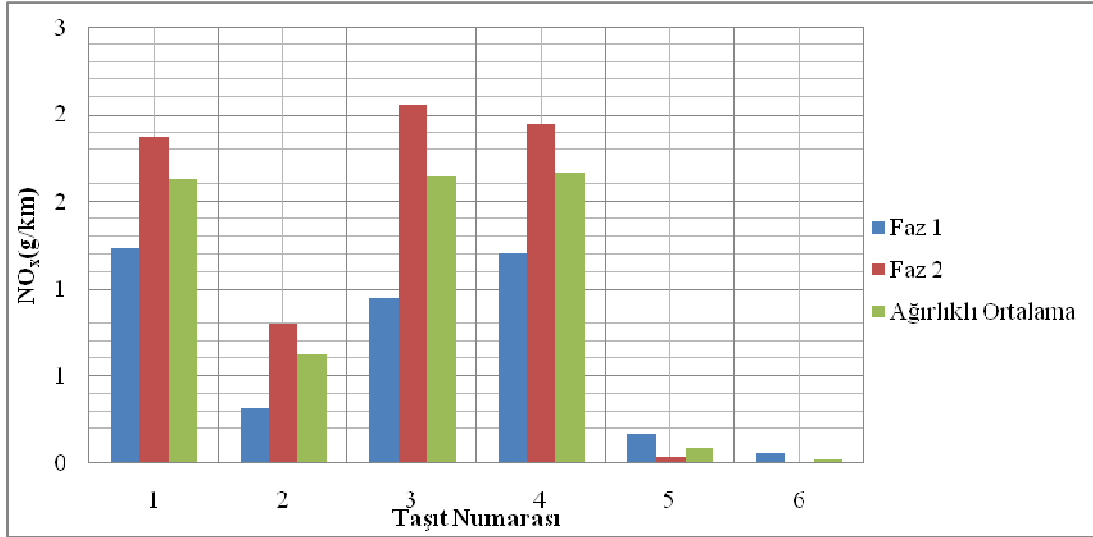
Azot oksit oluşumunu etkileyen bir diğer parametre de HFK'dır. HFK=1,1 civarında yani azot ile birleşecek oksijenin bulunması durumu) azot oksit oluşumu en fazla olmaktadır. Ancak HFK 1,1'den büyük olursa, yani daha fakir karışım halinde, silindir içi sıcaklık, tepkimeye giren gaz miktarının azalması ile düşecek ve NO_x emisyonunda hızlı bir azalma gözlenecektir (Kutlar ve diğerleri, 1998).

Çizelge 5.4 : NO_x ve NMHC emisyonları.

Test Numarası	NO _x (g/km)			NMHC(g/km)		
	Faz 1	Faz 2	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Ağırlıklı Ortalama
1	1,23	1,87	1,63	0	0	0
2	0,32	0,80	0,62	0	0	0
3	0,95	2,05	1,65	0	0	0
4	1,21	1,94	1,67	0	0	0
5	0,17	0,04	0,09	-	-	-
6	0,06	0,01	0,03	0,04	0,01	0,02

Çizelge 5.4'te NO_x ve NMHC emisyonları gösterilmektedir. Çizelge 5.4'te “-“ ile gösterilen yerlerde emisyon sistemi ölçüm sonucu vermemiştir. 6 taşıtın içinde sadece Euro 3 standardında olan Renault Clio, CH₄ (metan) olmayan HC emisyonu salmıştır. Dolayısıyla metan olmayan HC emisyonu ile ilgili grafik çıkarılmamıştır.

Şekil 5.5'te 6 taşıtın NO_x emisyonları görülmektedir. Faz 1'de motor soğuk, faz 2'de ise faz 1'e göre motor yanmadan dolayı daha sıcaktır. Dolayısıyla faz 2 sonucunda çıkan NO_x emisyonu faz 1 sonucunda çıkan NO_x emisyonundan fazla çıkması olması beklenen bir durumdur. HC ve CO emisyonu en fazla olan Murat-Doğan'ın NO_x emisyonu BMW, Renault Spring ve Toyota Corolla olmak üzere 3 taşıttan daha az çıkmıştır. Bu durum Murat-Doğan taşıtının motorunda yanma iyi gerçekleşemediğinden sıcaklık da çok fazla artamamıştır. Bunun sonucunda NO_x emisyonu sıcaklığa bağlı olarak çok fazla artış göstermemektedir.



Şekil 5.5 : NO_x emisyonu.

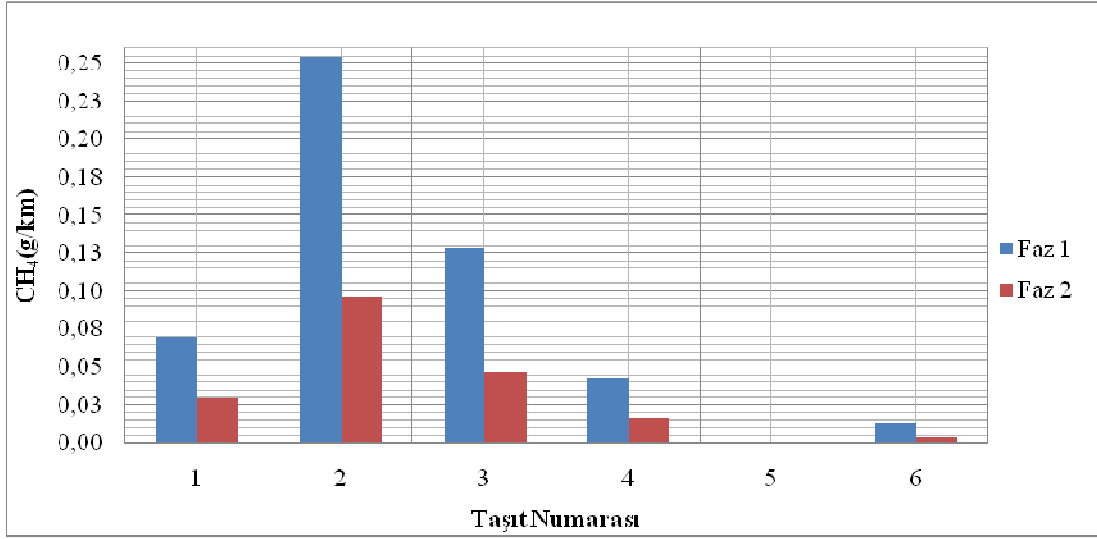
Çizelge 5.5 : NMHC+NO_x, HC+NO_x ve CH₄ emisyonları.

Test Numarası	NMHC+NO _x (g/km)	HC + NO _x (g/km)	CH ₄ (g/km)	
	Ağırlıklı Ortalama	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2
1	1,63	3,14	0,07	0,03
2	0,62	4,59	0,25	0,10
3	1,65	4,11	0,13	0,05
4	1,67	2,72	0,04	0,02
5	0,09	0,14	-	-
6	0,05	0,09	0,01	0

Çizelge 5.5'te taşıtın emisyon standartlarını karşılayıp karşılamadığını anlamak için NMHC+NO_x ve HC+NO_x emisyonları gruplar halinde gösterilmiştir. Ayrıca çizelge 5.5'te sera gazı olarak bilinen CH₄ (metan) gazının ölçüm sonuçları da verilmiştir. Metan gazının HC olmasından dolayı HC emisyonunun oluşmasındaki sebeplerin hepsi CH₄ emisyonu için de geçerlidir.

Şekil 5.6'da sera gazı olan CH₄ emisyonu hem faz 1 sonucunda hem faz 2 sonucunda en fazla çıktığı taşıt Murat-Doğan taşıtıdır. Bu taşıtta motora gerekli O₂ alınamaması veya sıcaklığın yetersiz olması söz konusudur. Karbüratör ayarının olmaması veya motor bakım ve onarımının yapılmamış olması bu durumun sebepleri olabilmektedir. Çizelge 5.6'da CO₂ ve yakıt tüketimi değerleri verilmiştir. Şekil 5.7 ve şekil 5.8'de CO₂ ve yakıt tüketimi değerleri grafik haline getirilmiştir. Test sırasında CO₂ değeri

ölçülürken yakıt tüketimi değeri 5.4 numaralı denklemde verilen formülden hesaplanmaktadır. Bu formül benzinli taşıtlar için geçerli olmaktadır.



Şekil 5.6 : CH₄ emisyonu.

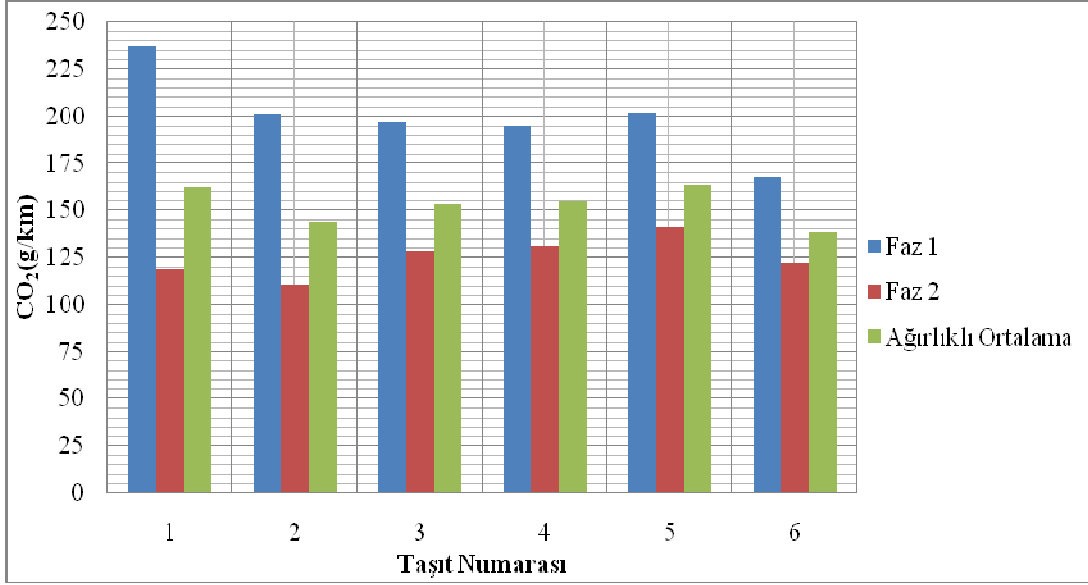
$$\text{Yakıt tüketimi} = (0.1154/\rho) * [(0.866 * \text{HC}) + (0.429 * \text{CO}) + (0.273 * \text{CO}_2)] \quad (5.4)$$

Burada; ρ : benzinin yoğunluğu = 0,746 g/cm³

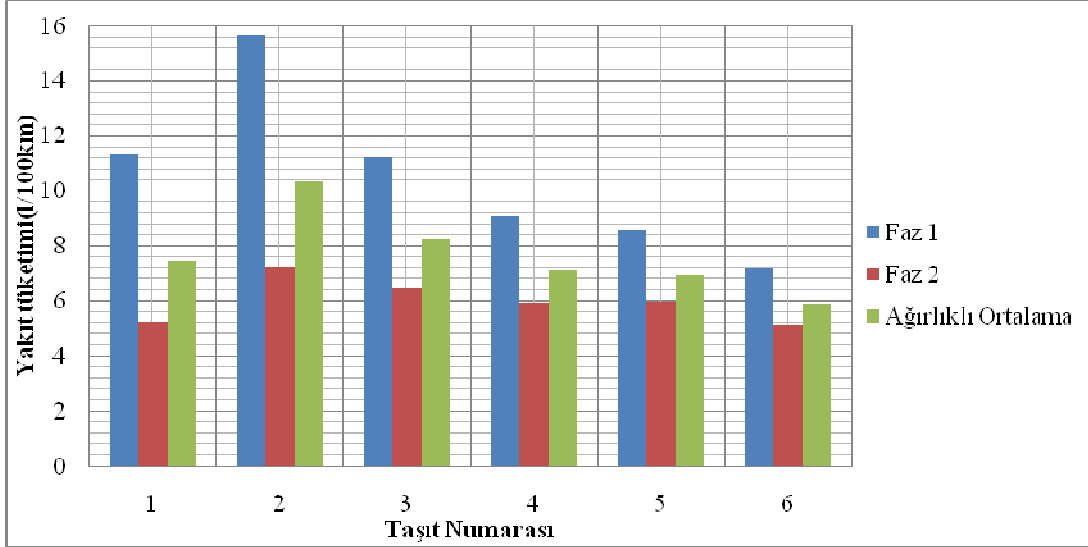
5.4 numaralı denklemde yakıt tüketimini etkileyen ölçütler HC, CO ve CO₂'dir. HC ve CO emisyonları CO₂ emisyonlarına nazaran az çıkmaktadır. Dolayısıyla CO₂ emisyonunun yakıt tüketimi ile paralellik göstermesi beklenen bir durumdur. Ancak testi yapılan taşıtlardan Murat-Doğan'ın HC ve CO emisyonları CO₂ emisyonlarına nazaran azınsanmayacak kadar fazladır. Bu sebepten bu taşıtın yakıt tüketimi diğer taşıtlara yakıt tüketimi fazla olsa da HC emisyonu fazla olmasından dolayı aşırı bir farklılık söz konusu değildir. HC yanmamış fiziksel değişikliğe uğramış veya fiziksel değişikliğe uğramamış emisyondur.

Çizelge 5.6 : CO₂ ve yakıt tüketimi değerleri.

Test Numarası	CO ₂ (g/km)			Yakıt Tüketimi (l/100km)		
	Faz 1	Faz 2	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Ağırlıklı Ortalama
1	236,79	119,16	162,30	11,33	5,21	7,46
2	201,05	110,70	144,11	15,67	7,22	10,35
3	196,68	128,10	153,35	11,21	6,50	8,23
4	195,28	130,95	154,83	9,05	5,93	7,09
5	202,05	141,14	163,69	8,61	5,97	6,95
6	167,55	122,07	138,80	7,15	5,15	5,89



Şekil 5.7 : CO₂ emisyonu.



Şekil 5.8 : Yakıt tüketimi.

5.3.2. Amerika test çevrimi sonuçları

İTÜ-OTAM emisyon laboratuvarında yapılan Amerika test çevrimi (FTP 75) sonucu elde edilen bilgiler aşağıdadır. Amerika test çevrimi sonucunda çıkan değerler g/mil ve mil/galon cinsinden olmasından dolayı mil, km'ye galon ise litreye dönüştürülmüştür. Bu amaçla çizelge 5.7 kullanılmıştır. Amerika test çevriminde 3 faz ve 1 ağırlıklı ortalama sonucu vardır. Ağırlıklı ortalama, faz 1, faz 2 ve faz 3 çevrimleri sırasında katedilen mesafe dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Amerika test çevriminin başında olan faz 1 çevrimi ile sonunda olan faz 3 çevrimi birbirinin

aynısıdır. Çizelge 5.8’de Amerika test çevrimi sonucunda çıkan 6 taşıtın HC ve CO emisyonlarının sonuçları mevcuttur. Ağırlıklı ortalamanın hesaplanması denklem 5.5’te gösterilmiştir.

$$\text{Ağırlıklı ortalama} = 0,43*((\text{Faz 1}*5,8)+(\text{Faz 2}*6,3))/(5,8+6,3)+0,57* \\ ((\text{Faz 2}*6,3)+(\text{Faz 3}*5,8))/(5,8+6,3) \quad (5.5)$$

Buradaki denklemde; 5,8 değeri faz 1 veya faz 3 çevrimi (şehir içi) boyunca katedilen km. olarak mesafeden, 6,3 değeri faz 2 çevrimi (şehir dışı) boyunca katedilen km olarak mesafeden gelmektedir. 0,43 ve 0,57 ağırlıklandırma katsayısıdır.

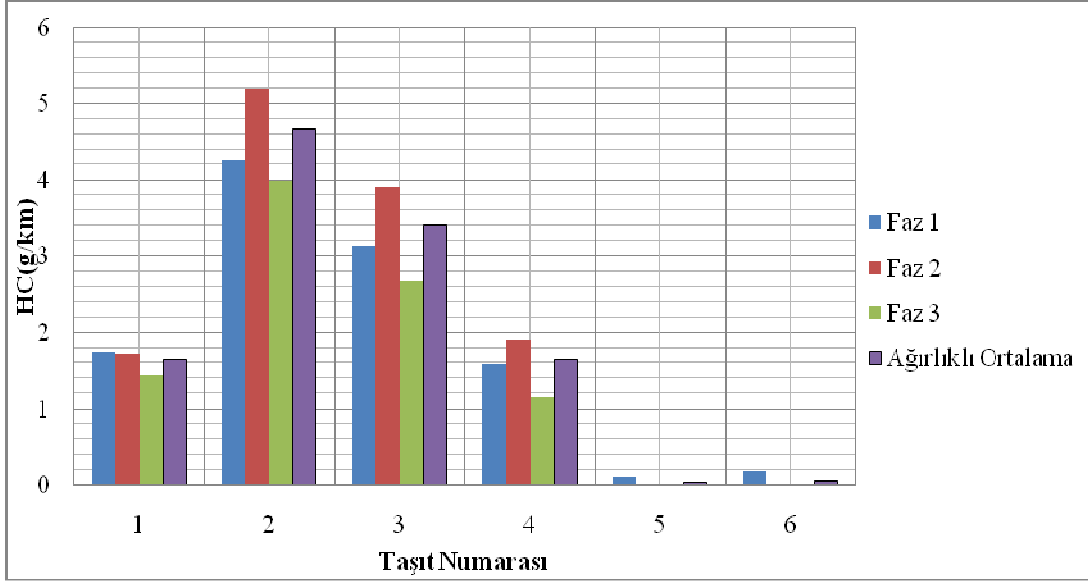
Çizelge 5.7 : Birim dönüştürme tablosu.

1 mil=1,609344 km
1 galon=3,785411784 litre
l/100km=235,215/(mil/galon)

Çizelge 5.8 : HC ve CO emisyonu.

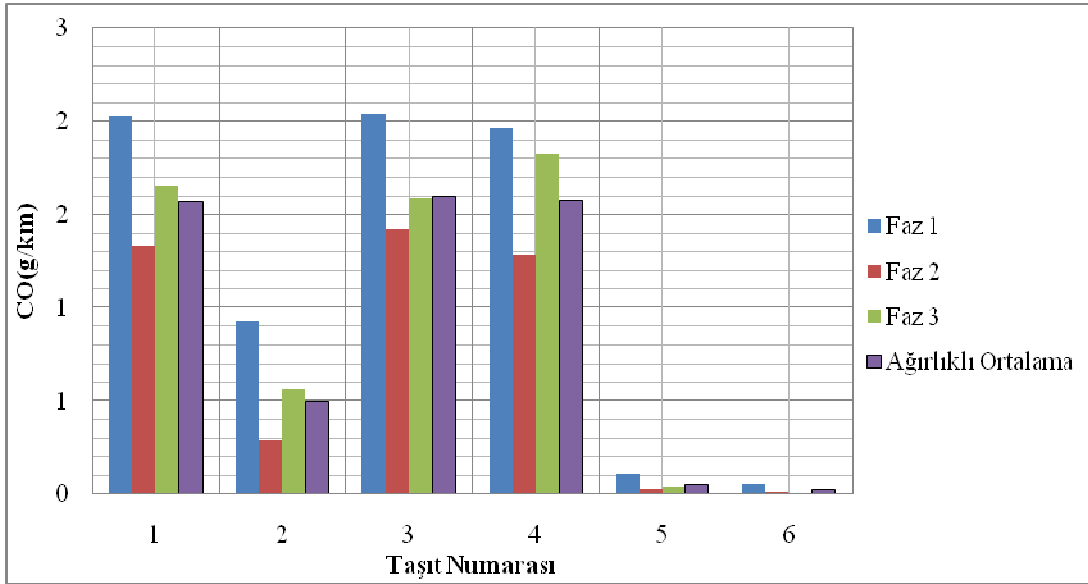
Test Numarası	HC(g/km)				CO(g/km)			
	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama
1	1,74	1,73	1,45	1,65	9,44	4,60	2,93	5,14
2	4,25	5,19	3,99	4,67	59,81	78,34	59,07	69,25
3	3,13	3,90	2,68	3,41	17,51	23,94	18,76	21,19
4	1,59	1,91	1,16	1,64	11,71	6,83	4,25	7,13
5	0,12	0,01	0,02	0,04	0,94	0,03	0,12	0,24
6	0,19	0,01	0,02	0,05	1,10	0,09	0,16	0,32

Çizelge 5.8’te Murat-Doğan’ın çıkardığı HC emisyonu Volkswagen ve Renault Clio taşıtlarının çıkardığı HC emisyonlarının yaklaşık 100 katına eşit olduğu gösterilmektedir. Faz 1 çevrimi başında motor rejim sıcaklığına erişmeye başlamaktadır. Faz 2 çevrimi başında motor rejim sıcaklığına geçmeye devam etmektedir. Faz 3 çevrimi başında motor rejim sıcaklığındadır. Faz 1 ile faz 3 çevrimleri birbirinin aynı çevrimlerdir. Çizelge 5.8’deki veriler kullanılarak HC ve CO emisyonlarının şekil 5.9 ve şekil 5.10’daki grafikleri elde edilmiştir.



Şekil 5.9 : HC emisyonu.

Rejim sıcaklığına erişmemiş motorda HC ve CO emisyonlarının fazla çıkması beklenmektedir. Çizelge 5.8’de faz 1 sonuçlarının faz 3 sonuçlarından fazla çıkmış olması bu durumu doğrulamaktadır. Taşıtın kullanım şekli, motorun bakım ve onarımı, yakıt sisteminin karbüratörlü veya püskürtmeli olması sonucu HC emisyonları açısından 3 taşıtın faz 2 sonuçları faz 1 sonuçlarından az çıkarken 3 taşıtın da faz 1 sonuçları faz 2 sonuçlarından fazla çıkmıştır. 2,3 ve 4 numaralı taşıtların faz 2’de çıkardığı HC emisyonları faz 1’de çıkardığı HC emisyonlarından fazla çıkmıştır.



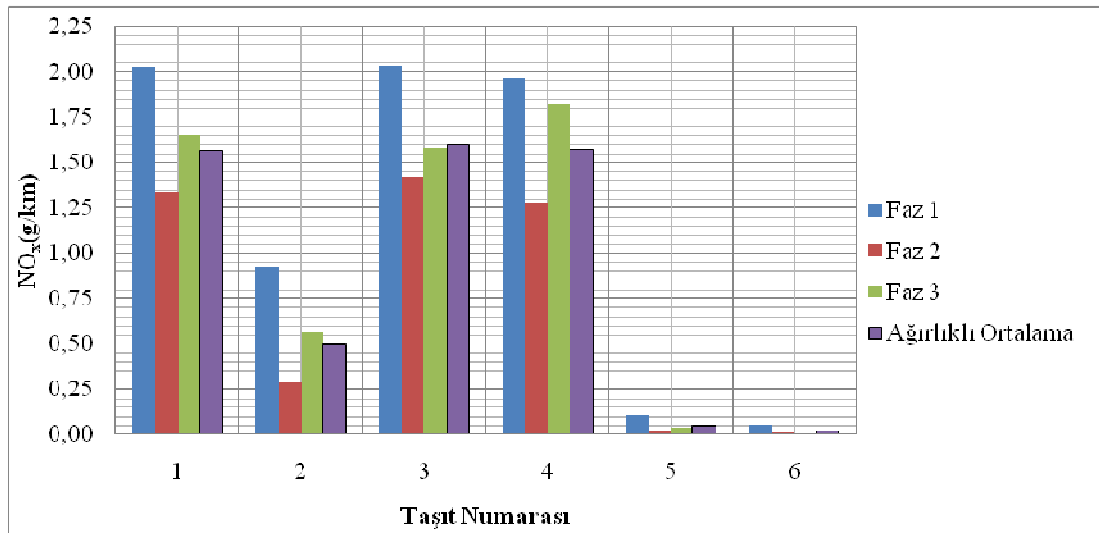
Şekil 5.10 : CO emisyonu.

Karbüratörlü taşıt olan Renault Spring hariç tüm taşıtların faz 1 sonucunda çıkan CO emisyonu faz 2 sonucunda çıkan CO emisyonundan fazla çıkmıştır. Bunun nedeni karbüratörlü taşıtlarda HFK hassas olarak ayarlanamaz (Yavaşlıol, 1988). Diğer karbüratörlü taşıt olan Murat-Doğan bu durumu çok az bir farkla bozmaktadır.

Çizelge 5.9 : NO_x ve NMHC emisyonları.

Test Numarası	NO _x (g/km)				NMHC(g/km)			
	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama
1	2,03	1,33	1,65	1,56	0	0	0	0
2	0,93	0,29	0,56	0,49	0	0	0	0
3	2,04	1,42	1,58	1,59	0	0	0	0
4	1,96	1,28	1,83	1,57	0	0	0	0
5	0,11	0,02	0,04	0,05	-	-	-	-
6	0,05	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,03	0,05

Çizelge 5.9’da Amerika test çevrimi sonucunda çıkan 6 taşıtın NO_x ve NMHC emisyonları gösterilmektedir. Rejim sıcaklığına erişmemiş motorda NO_x emisyonlarının çok çıkması beklenmektedir. Çizelge 5.9’da verilen sonuçlar bu durumu doğrulamaktadır. Faz 1’deki NO_x emisyonları faz 2, faz 3 ve ağırlıklı ortalama değerlerinden daha fazla çıkmıştır.

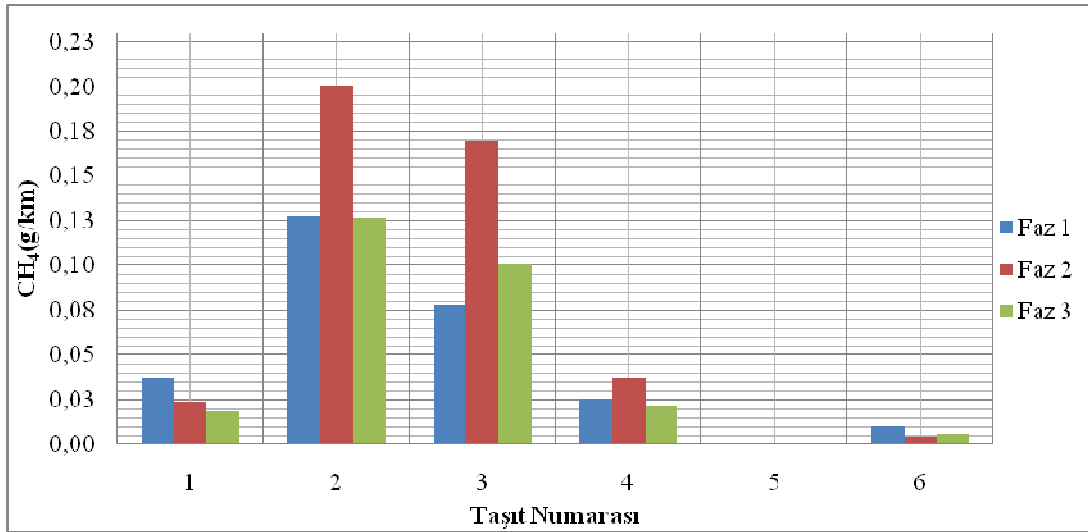


Şekil 5.11 : NO_x emisyonu.

Şekil 5.11’de, çizelge 5.9’daki NO_x emisyon değerleri grafik haline getirilmiştir. Çizelge 5.10’da Amerika test çevrimi sonucunda çıkan 6 taşıtın NMHC+NO_x, HC+NO_x, CH₄ emisyonları gösterilmektedir. Şekil 5.12’de, çizelge 5.10’daki veriler kullanılarak veriler grafik haline getirilmiştir.

Çizelge 5.10 : NMHC+NO_x, HC+NO_x, CH₄ emisyonları.

Test Numarası	NMHC+NO _x (g/km)	HC + NO _x (g/km)	CH ₄ (g/km)		
	Ağırlıklı Ortalama	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Faz 3
1	1,56	3,22	0,04	0,02	0,02
2	0,49	5,17	0,13	0,20	0,13
3	1,59	5,00	0,08	0,17	0,10
4	1,57	3,21	0,03	0,04	0,02
5	0,05	0,08	-	-	-
6	0,07	0,07	0,01	0,00	0,01



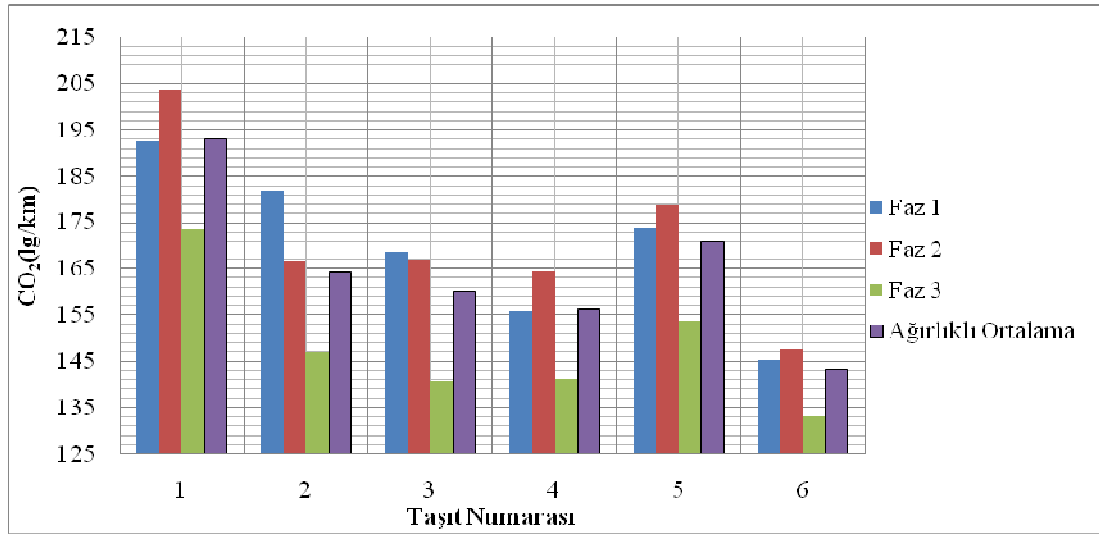
Şekil 5.12 : CH₄ emisyonu.

Çizelge 5.11 : CO₂ ve yakıt tüketimi değerleri.

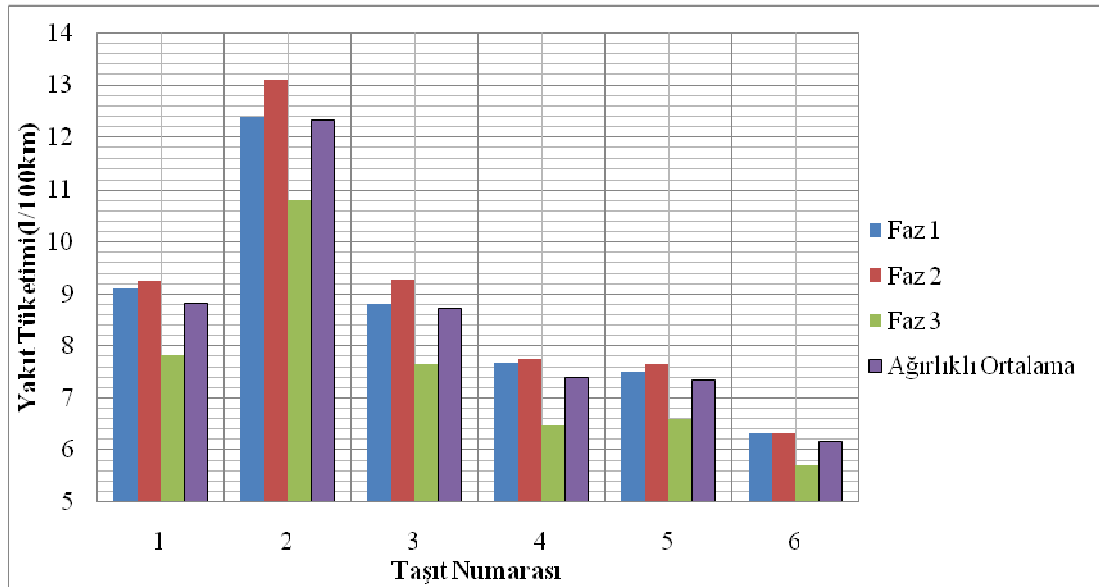
Test Numarası	CO ₂ (g/km)				Yakıt Tüketimi(l/100km)			
	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama
1	192,51	203,51	173,58	193,02	9,11	9,25	7,82	8,83
2	181,85	166,71	146,99	164,46	12,38	13,10	10,80	12,32
3	168,42	166,93	140,87	160,10	8,81	9,28	7,65	8,73
4	156,01	164,46	141,27	156,36	7,68	7,75	6,49	7,39
5	173,87	178,64	153,84	170,86	7,52	7,65	6,59	7,33
6	145,56	147,79	133,36	143,36	6,33	6,33	5,72	6,16

Çizelge 5.11’de Amerika test çevrimi sonucunda çıkan 6 taşıtın CO₂ ve yakıt tüketimi değerleri verilmiştir. CO₂ emisyonu sera gazı olmasından dolayı önemlidir. İlk harekete geçmede silindir cidarları soğuk olduğundan, karışımın içerisindeki yakıtın silindir cidarlarında büyük bir oranda yoğunlaşmasına sebep olur. Böylece

silindir içerisinde heterojen ve tutuşma sınırlarının dışında fakir bir karışım ortaya çıkmaktadır. Bu şartlar altında silindir içerisindeki karışım yakılabilmesi ve ilk harekete geçirilmesi güçtür. Belirtilen olumsuzluk ortam sıcaklığının düşmesiyle daha da artar. Motorun ilk harekete geçirilebilmesi için silindirde tutuşabilir düzeyde karışımın sağlanmasıyla olmaktadır. Bu amaçla motor ilk harekete geçirilirken karışımın zenginleştirilmesi zorunludur. Dolayısıyla rejim sıcaklığına erişmemiş motorda CO₂ emisyonu fazla çıkmaktadır. Şekil 5.13 ve şekil 5.14’de CO₂ emisyonu ve yakıt tüketimi grafikleri gösterilmektedir.



Şekil 5.13 : CO₂ emisyonu.



Şekil 5.14 : Yakıt tüketimi.

5.3.3. Avrupa test çevrimi ile Amerika test çevriminin karşılaştırılması

Avrupa test çevrimi ile yapılan 6 taşıtın emisyon ve yakıt tüketimi değerleri ile Amerika test çevrimi ile yapılan 6 taşıtın emisyon ve yakıt tüketimi değerleri karşılaştırılmıştır. Avrupa test çevrimindeki faz anlayışı ile Amerika test çevrimindeki faz anlayışı birbirinden farklıdır. Dolayısıyla 2 test çevriminin fazları arasında değil ağırlıklı ortalamaları arasında karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 5.15'te Avrupa ve Amerika test çevrimi sonucunda çıkan HC emisyonlarının değerleri verilmiştir. Amerika test çevrim sonucundaki HC emisyon değerleri Amerika test çevrimi sonucundaki HC emisyon değerlerinden daha fazla çıkmıştır.

Çizelge 5.12 : HC, CO, NO_x emisyonları.

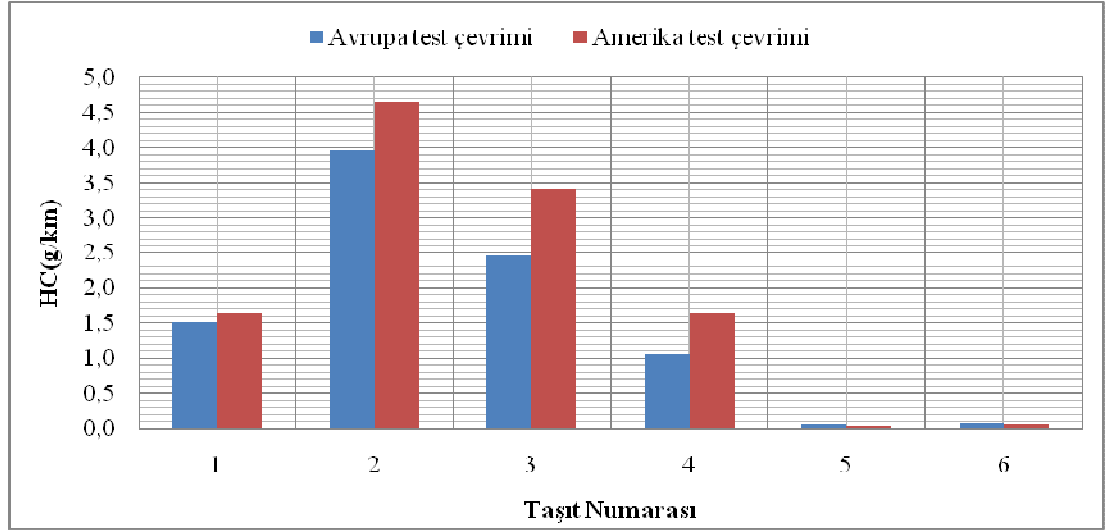
Test Numarası	HC (g/km)		CO (g/km)		NO _x (g/km)	
	Avrupa	Amerika	Avrupa	Amerika	Avrupa	Amerika
1	1,50	1,65	6,19	5,14	1,63	1,56
2	3,97	4,67	56,39	69,25	0,62	0,49
3	2,47	3,41	21,61	21,19	1,65	1,59
4	1,05	1,64	6,32	7,13	1,67	1,57
5	0,05	0,04	0,53	0,24	0,09	0,05
6	0,06	0,05	0,38	0,32	0,03	0,02

Çizelge 5.13 : HC+NO_x, CO₂ ve yakıt tüketimi.

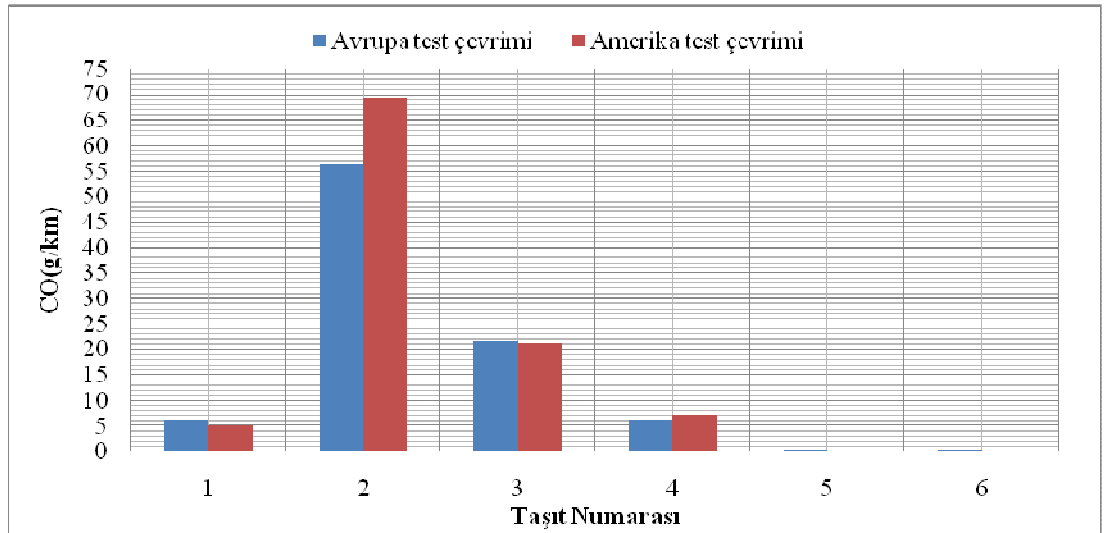
Test Numarası	HC+NO _x		CO ₂ (g/km)		Yakıt tüketimi (l/100 km)	
	Avrupa	Amerika	Avrupa	Amerika	Avrupa	Amerika
1	3,14	3,22	162,30	193,02	7,46	8,83
2	4,59	5,17	144,11	164,46	10,35	12,32
3	4,11	5,00	153,35	160,10	8,23	8,73
4	2,72	3,21	154,83	156,36	7,09	7,39
5	0,14	0,08	163,69	170,86	6,95	7,33
6	0,09	0,07	138,80	143,36	5,89	6,16

Motorlu taşıtların kullanım şeklinin yakıt tüketimine ve egzoz emisyonlarına etkisi söz konusudur. Taşıtın hareketini belirleyen 4 temel işletme şartından söz edilebilir. Bunlar boşa çalışma (rölanti), ivmelenme (hızlanma), sabit hız ve hız kesmedir (motor freni, sürüklenme). Şehir içi trafikte kullanılan bir taşıtın toplam kullanım zamanı içinde ivmelenmedeki bağıl yakıt tüketimi ve bağıl egzoz emisyonu % 50 civarındadır. Avrupa test çevrimi sabit ivme ve sabit hızlardan oluşurken, Amerika test çevrimi değişken ivmelerden oluşmaktadır.

Şekil 5.15'te 2 numaralı taşıt olarak gösterilen Murat-Doğan karbüratörlü taşıttır. Karbüratörlü taşıtlar püskürtmeli taşıtlardan yapısal olarak farklıdır. Karbüratörlü taşıtlar püskürtmeli taşıtlara göre verimsiz olmasından dolayı Murat-Doğan'da Avrupa test çevrimi ile Amerika test çevrimi arasındaki farklılık diğer tüm taşıtlara göre daha fazladır. Şekil 5.16'da Avrupa ve Amerika test çevrimi sonucunda çıkan CO emisyonlarının değerleri gösterilmiştir.



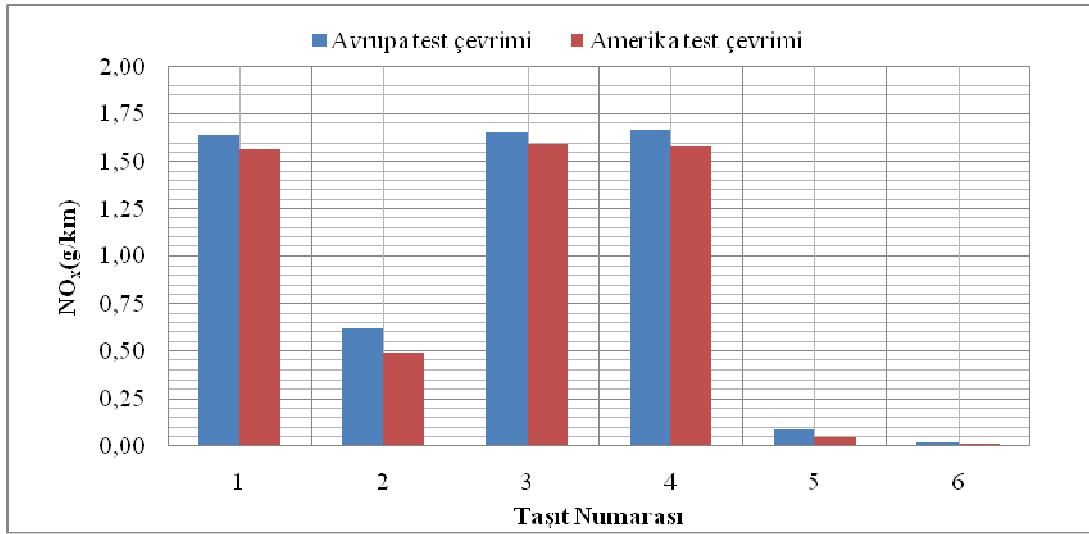
Şekil 5.15 : HC emisyonu.



Şekil 5.16 : CO emisyonu.

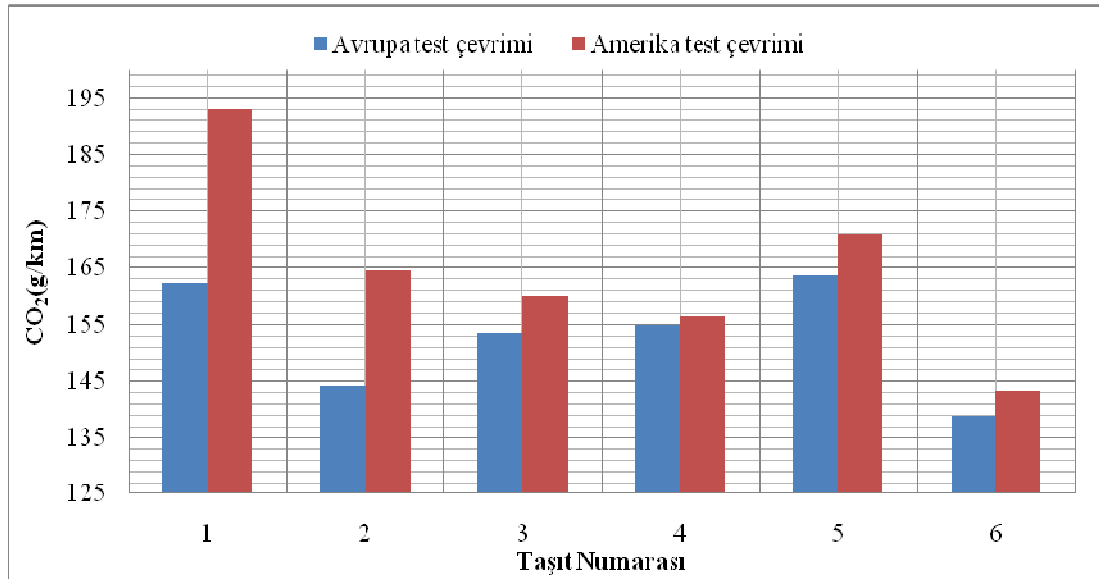
CO emisyonu HFK değerinin yeterince olmamasından etkilendiği gibi tepkime sıcaklığından da etkilenmektedir. Avrupa test çevrimi, sabit ivmeli ve sabit hızlardan oluşurken, Amerika test çevrimi değişken ivmelerden oluşmaktadır. Dolayısıyla

Amerika test çevrimi sonucunda oluşan tepkime sıcaklığı ile Avrupa test çevrimi sonucunda oluşan tepkime sıcaklığından daha hızlı yükselmektedir. Tepkime sıcaklığının yüksek olması katalizörün ideal işletme sıcaklığına ulaşması için gereken zamanı kısaltmaktadır. Dolayısıyla, 2 taşıt hariç tüm taşıtlar için Avrupa test çevrimi CO emisyonu sonuçları Amerika test çevrimi sonuçlarından yüksek çıkmıştır. Bu duruma uymayan 2 taşıtta bakım ve onarımsızlıktan dolayı HFK ile ilgili bir sorun olabilir. Şekil 5.17’de Avrupa ve Amerika test çevrimi sonucunda çıkan toplam NO_x emisyonunun karşılaştırılması yapılmıştır.



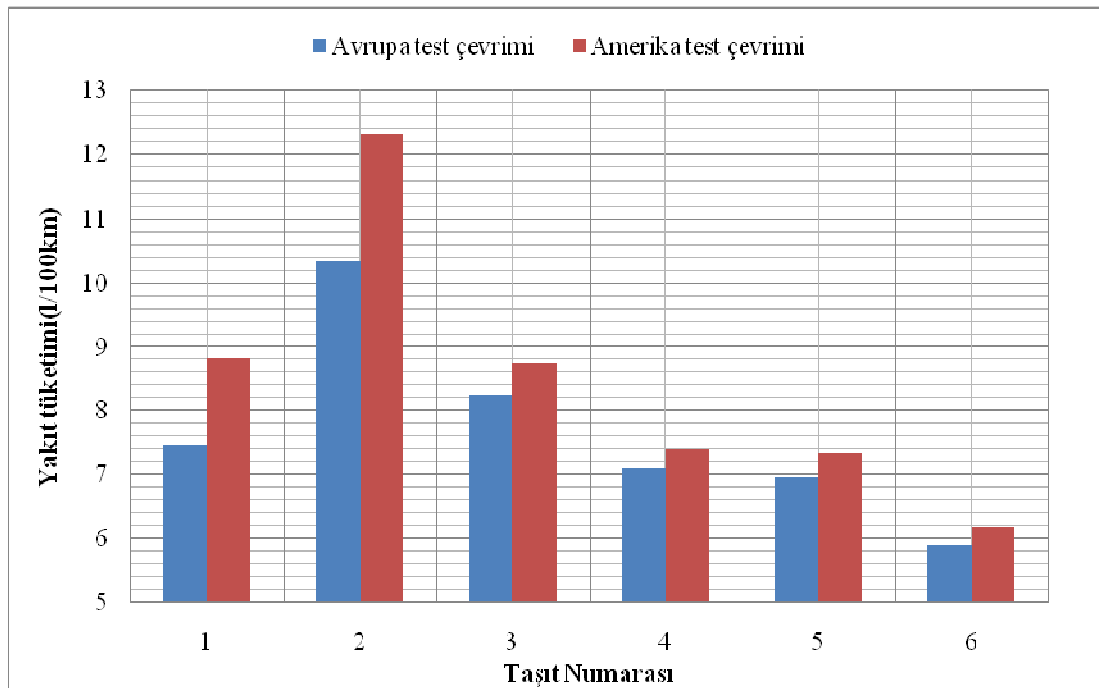
Şekil 5.17 : NO_x emisyonu.

Şekil 5.18’de Avrupa ve Amerika test çevrimi sonucunda çıkan toplam CO₂ emisyonunun karşılaştırılması yapılmıştır. Normal seyir şartlarında seyreden bir benzinli taşıtın gaz pedalından ayak çekilince gaz kelebeği emme kanalını kaptamaktadır. Fakat motor dönmeye devam ettiğinden, silindirde, büyüklüğü motor hızıyla değişen çok düşük bir basınç oluşmaktadır. Böylece silindir ve silindire yakın boruların cidarlarında mevcut olan yakıt buharlaşır. Buharlaşan yakıt sonucunda yakıt tüketimi de artar. Bu olay ayak gaz pedalından çekili durumunda taşıt viteste seyredilirken yani motor freni yapılırken ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla Amerika test çevrimi değişken ivmelerden oluşurken Avrupa test çevrimi, sabit ivmeli ve sabit hızlardan oluştuğundan Amerika test çevrimindeki yakıt tüketimi Avrupa test çevrimine göre daha yüksektir.



Şekil 5.18 : CO₂ emisyonu.

CO₂ emisyonunun yakıt tüketimiyle orantılı olmasından dolayı da CO₂ emisyonu da Amerika test çevrimindeki sonuçlar Avrupa test çevrimi sonuçlarından yüksek çıkmıştır. Şekil 5.19’da Avrupa ve Amerika test çevrimi sonucunda çıkan toplam yakıt tüketimi değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 5.19 : Yakıt tüketimi.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Avrupa test çevrimi ile Amerika test çevrimi arasında emisyonlar ve yakıt tüketimi açısından karşılaştırma yapılmıştır. Avrupa test çevrimi ile Amerika test çevrimi sonuçları arasında emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu durum bize taşıtı kullanım şeklinin emisyonlar ve yakıt tüketimi üzerinde çok etkili olduğunu göstermiştir.

Tüm taşıtlar içinde 1990 model Murat-Doğan en fazla HC, CO emisyonu çıkarmış ve yakıt tüketmiştir. Avrupa test çevriminde CO₂ emisyonları 138-163 g/km arasında çıkmıştır. Amerika test çevriminde ise CO₂ emisyonları 143-193 g/km arasında çıkmıştır.

BMW, Murat Doğan, Renault Spring ve Toyota Corolla Avrupa ve Amerika test çevrimi sonuçlarına göre HC+NO_x emisyonları açısından kontrolsüz araç grubuna girmektedir. BMW, Avrupa test çevrimi sonucuna göre CO emisyonu açısından 15.04 tip onayı emisyon standardını sağlamazken, Amerika test çevrimi sonucuna göre 15.04 tip onayı emisyon standardını sağlamaktadır. Volkswagen Bora, hem Avrupa test çevrimine göre hem de Amerika test çevrimine göre HC ve CO emisyonu açısından Euro 4 emisyon standardını sağlamaktadır. Diğer taraftan Volkswagen Bora Avrupa test çevrimine göre NO_x emisyonu açısından Euro 3 emisyon standardını sağlarken, Amerika test çevrimine göre Euro 4 emisyon standardını sağlamaktadır. Renault Clio hem Avrupa test çevrimine göre hem de Amerika test çevrimine göre Euro 4 emisyon standardını sağlamaktadır. Ancak fabrikadan alınan bilgiye göre Renault Clio Euro 3 standardında üretilmişti. Dolayısıyla fabrikanın bu konuyla ilgili bizi yanlış bilgilendirdiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Avrupa test çevriminde HC, CO, CH₄, CO₂ ve yakıt tüketiminde faz 1 sonuçları faz 2 sonuçlarından yüksek çıkarken NO_x emisyonları için Volkswagen Bora ve Renault Clio hariç faz 2 sonuçları faz 1 sonuçlarından yüksek çıkmıştır. Amerika test çevriminde tüm taşıtların HC, NO_x, CO₂ emisyonu ve yakıt tüketimi faz 1 sonuçları

faz 3 sonuçlarından yüksek çıkmıştır. Aynı şekilde bir taşıt hariç tüm taşıtların CO emisyonu faz 1 sonuçları faz 3 sonuçlarından yüksek çıkmıştır. Dolayısıyla bu sonuç rejim sıcaklığına erişmemiş motorun rejim sıcaklığına erişmiş motordan HC ve CO emisyonunun yüksek çıkacağı durumunu doğrulamaktadır.

Avrupa test çevriminde Volkswagen Bora ve Renault Clio hariç tüm otomobillerin HC emisyonu Amerika test çevrimi sonuçlarından düşük çıkmıştır. Avrupa test çevriminde Murat-Doğan ve Toyota Corolla hariç tüm otomobillerin CO emisyonu Amerika test çevrimi sonuçlarından yüksek çıkmıştır. Avrupa test çevriminde tüm otomobillerin NO_x emisyonu Amerika test çevrimi sonuçlarından yüksek çıkmıştır. Avrupa test çevriminde tüm otomobillerin CO₂ emisyonu ve yakıt tüketimi Amerika test çevrimi sonuçlarından düşük çıkmıştır. Bu durumun nedeni, Amerika test çevriminin Avrupa test çevrimine göre ani yavaşlama ve ani hızlanma yapısının daha etkili olmasıdır.

KAYNAKLAR

- Başkaya. H. S.**, 2009. UÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği, Atmosferdeki değişiklikler, sera etkisi ve dünyamızın geleceği, <<http://www.uludag.edu.tr/dergi2/seraetk.pdf>>, alındığı tarih 4.2.2009.
- Bayır, F.**, 1993. Egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi açısından karakteristik taşıt şehir çevrimlerinin tesbiti, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bosch R.**, 2006. Gasoline Engine Management, Bosch Handbook.
- Delphi**, 2008. Worldwide Emissions Standards, Passenger Cars & Light Duty Trucks.
- Dereli S., Kara Y., Eldemir H., Cansın Y.**, 2005. *Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar ve kontrolü*, Dönem Ödevi, İTÜ Enerji Enstitüsü, Aralık, İstanbul.
- Diler, A.**, 2008. *Ulaştırmadan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları ile İlgili Envanter*, Ek I, TÜBİTAK Taral projesi IV dönem raporu.
- Dinç C.**, 2008. Ders Sunumu, *Şehir Çevrimleri*, TÜBİTAK-MAM.
- İdil, O.**, 1980. *Örnekleme teorisi ve işletme yönetiminde uygulanması*, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi, İstanbul.
- Kutlar A., Ergeneman M., Arslan H., Mutlu M.**, 1998. Taşıt egzozundan kaynaklanan kirleticiler, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Otomotiv Anabilim dalı, Birsen yayınevi, İstanbul.
- OSD**, 2007. Sunum, *Otomotiv Sanayi ve Çevre*, 13 Aralık, Otomotiv Sanayii Derneği, Ankara.
- Savran B.**, 2007. Ders Sunum, Egzoz Emisyonu ve Şasi Dinamometresi, İTÜ.
- Tuik**, Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye.
- Yavaşlıol, İ.**, 1988. *İçten Yanmalı Motorlar*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

EKLER

Çizelge A.1 : 1990-1998 yılları arasında Türkiye’deki otomobillerin markalara göre dağılımı (Tuik).

Marka	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Alfa romeo	453	525	549	623	831	1077	1501	1999	2808
Anadol	59809	59796	59759	59699	59599	59589	59585	59575	59568
Audi	2193	2531	2797	3090	3295	3607	4105	5234	6185
Austin	1631	1681	1695	1718	1735	1750	1754	1753	1752
Bedford	106	143	149	173	188	190	191	191	191
BMW	6869	8816	10567	13506	15094	16858	19769	24574	29065
Chevrolet	35274	35208	35139	35251	35342	35382	35562	35765	35842
Chrysler	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Citroen	1537	1766	1880	2191	2670	2770	2974	3893	4648
Dacia	1276	1781	1984	2734	2917	2951	2967	2981	2999
Daewoo	0	0	0	0	0	0	1085	3007	3566
Daihatsu	519	1550	1854	2114	2187	2263	2290	2335	2409
Desoto	3125	3176	3215	3302	3343	3391	3432	3482	3499
Dodge	5063	5073	5051	5086	5099	5096	5104	5100	5117
Fargo	65	79	71	78	77	78	79	80	78
Fiat	11498	26787	44279	72004	90462	111317	135446	167101	198994
Ford	126561	131123	135668	139913	146742	153365	164057	178090	190113
Honda	2371	3990	5266	7359	8355	9131	10786	14625	22898
Hyundai	83	1639	3593	9580	12205	14273	18557	31121	46362
Inter	707	684	671	692	685	681	681	678	676
Isuzu	514	564	609	741	818	824	849	863	881
Jeep	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kia	0	0	232	1404	2617	2690	2758	3435	4145
Lada	17649	28102	43499	66044	69650	70549	70987	71165	71193
Landrover	4740	4863	4949	5546	5798	6007	6487	6976	7354
Mazda	7772	11741	16198	22023	23704	24394	26323	29439	32218
Mercedes	54517	57630	60567	66003	68923	71805	77103	86082	93708
Mitsubishi	3443	3584	3733	4035	4111	4174	4255	4390	5522
Morris	921	952	977	1047	1101	1115	1123	0	0
Moskvitch	1708	3251	4228	5036	5336	5433	5459	0	0
Murat	580863	663784	788187	956535	1057446	1120020	1164087	1215793	1250998
Nissan-Datsun	1872	4043	5172	5751	6108	6616	7688	11218	13654
Opel	48849	52274	60355	78707	87918	96675	116962	146311	167805
Peugeot	18430	19181	19937	21708	22384	22774	23664	27297	32550
Playmouth	8482	8471	8458	8476	8488	8479	8491	0	0
Pontiac	2896	2885	2876	2923	2963	2958	2986	0	0
Proton	0	0	0	0	0	0	0	0	1513
Renault	506079	572746	682085	814174	892394	954759	1014898	1091524	1165572
Rover	0	0	0	0	121	636	1627	3678	5136
Saab	0	0	45	236	337	433	501	0	0
Seat	0	0	575	2057	2317	2352	2358	2385	2939
Skoda	10506	11601	19650	35712	39683	41210	42782	44671	46185
Subaru	893	1256	1405	1522	1709	1781	1887	2231	2418
Suzuki	2865	4311	5295	6928	7708	8104	8719	9473	10284
Tavria	0	0	936	1326	1350	1355	0	0	0
Thames-Trader	101	118	117	115	114	114	114	0	0
Toyota	5212	12187	21483	35016	38743	58291	82669	107193	122186
Volkswagen	42139	42740	43158	43692	44097	45183	50396	64309	83307
Volvo	1048	1242	1378	1549	1659	2032	2558	3436	4270
Willys	11034	10956	10905	10888	10850	10828	10808	0	0
Diğer	58206	59514	60192	61545	62367	63151	65692	96652	97680
Toplam	1649879	1864344	2181388	2619852	2861640	3058511	3274156	3570105	3838288

Çizelge A.2 : 1999-2006 yılları arasında Türkiye’deki otomobillerin markalara göre dağılımı (Tuik).

Marka	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Toplam
Alfa romeo	3271	3699	3835	3973	4597	8339	9265	10056	57401
Anadol	59561	59547	59541	59525	58693	10887	10610	10409	865752
Audi	7393	8457	8919	9622	10985	23961	28373	33609	164356
Austin	1752	1752	1751	1747	1723	523	518	0	25235
Bedford	191	191	191	190	188	0	0	0	2473
BMW	31282	35247	36343	37959	39602	66588	71742	77099	540980
Chevrolet	35839	35912	35945	35909	35227	20850	28782	33991	581220
Chrysler	0	0	0	0	0	0	0	8922	8922
Citroen	5531	8262	9240	10110	12901	26829	35917	45338	178457
Dacia	3009	3028	3053	3085	3974	7599	14488	21982	82808
Daewoo	4134	4656	4877	5015	5057	4819	5081	5312	46609
Daihatsu	2468	2600	2661	2738	3101	5472	7224	9017	52802
Desoto	3511	3509	3506	3503	3490	0	0	0	47484
Dodge	5120	5122	5155	5156	5099	1300	1269	1298	75308
Fargo	79	80	79	77	70	0	0	0	1070
Fiat	231115	270826	284161	291441	309712	401821	433946	467019	3547929
Ford	202379	224085	230639	234789	238672	274518	312616	353200	3436530
Honda	29762	39737	44139	47893	55218	95094	111254	128881	636759
Hyundai	59022	75682	81276	84775	92105	149467	188840	222703	1091283
Inter	675	672	671	670	668	0	0	0	9511
Isuzu	906	937	1065	1079	1120	1418	1417	1392	15997
Jeep	0	0	0	0	0	0	0	9011	9011
Kia	5088	6868	7065	7423	8409	16097	27014	38453	133698
Lada	75694	84726	85547	85630	85063	88927	92327	93681	1200433
Landrover	7906	9452	9738	10085	10693	15395	16552	19067	151608
Mazda	33429	33998	34194	34257	34400	40614	41696	42857	489257
Mercedes	97381	103420	105239	106875	108147	134102	136721	141181	1569404
Mitsubishi	8336	9943	10843	11213	12020	18360	21106	23399	152467
Morris	0	0	0	0	0	0	0	0	7236
Moskvitch	0	0	0	0	0	0	0	0	30451
Murat	127198 7	129862 5	130329 8	130304 5	126808 0	126374 4	125680 9	125152 7	1901482 8
Nissan-Datsun	15993	20356	21718	22582	24459	38154	44212	49861	299457
Opel	186124	230033	241969	249403	266643	346696	381339	410528	3168591
Peugeot	39155	49247	53800	58749	70067	116347	136805	155253	887348
Playmouth	0	0	0	0	0	0	0	0	59345
Pontiac	0	0	0	0	0	0	0	0	20487
Proton	4721	4948	4951	4950	4946	4916	5072	5377	41394
Renault	122456 8	131306 9	134724 6	136029 8	138678 9	156347 9	162464 8	168582 8	1920015 6
Rover	5663	6023	6164	6175	6194	8544	8515	8424	66900
Saab	0	0	0	0	0	0	0	0	1552
Seat	4917	9554	11676	12953	16898	27849	33523	38812	171165
Skoda	48725	54791	56468	57776	61043	72695	79674	84724	807896
Subaru	2522	2713	2763	2872	3162	4442	4961	5813	44350
Suzuki	10868	13153	14325	14689	15322	21668	23482	25871	203065
Tavria	0	0	0	0	0	0	0	0	4967
Thames- Trader	0	0	0	0	0	0	0	0	793
Toyota	134509	145932	149384	153401	163558	215731	241524	270598	1957617
Volkswagen	104023	132975	142139	148406	162002	211828	241080	270358	1871832
Volvo	5494	9145	9563	9929	10736	13697	16384	18382	112502
Willys	0	0	0	0	0	0	0	0	76269
Diger	98223	99208	99666	100173	99510	77670	77959	61759	1339167
Toplam	407232 6	442218 0	453480 3	460014 0	470034 3	540044 0	577274 5	614099 2	6456213 2

Çizelge A.3 : Kùsuratlı òrnek taşıt sayısı (n=10 için).

	EKB	15.04	Euro I	Euro III	Euro IV	Toplam
1990	3,83	0	0	0	0	3,83
1991	0,49	0	0	0	0	0,49
1992	0,72	0	0	0	0	0,72
1993	0,99	0	0	0	0	0,99
1994	0	0,54	0,01	0	0	0,55
1995	0	0,43	0,01	0	0	0,44
1996	0	0,46	0,02	0	0	0,48
1997	0	0,06	0,01	0	0	0,06
1998	0	0,31	0,055	0	0	0,37
1999	0	0,22	0,057	0	0	0,27
2000	0	0,14	0,060	0	0	0,20
2001	0	0,12	0,059	0	0	0,18
2002	0	0	0	0,10	0	0,10
2003	0	0	0	0,12	0	0,12
2004	0	0	0	0,78	0	0,78
2005	0	0	0	0,27	0	0,27
2006	0	0	0	0	0,13	0,13
Toplam	6,04	2,29	0,27	1,27	0,13	10

Çizelge A.4 : Kùsuratsız òrnek taşıt sayısı (n=10 için).

	EKB	15.04	Euro I	Euro III	Euro IV	Toplam
1990	4	0	0	0	0	4
1991	0	0	0	0	0	0
1992	1	0	0	0	0	1
1993	1	0	0	0	0	1
1994	0	1	0	0	0	1
1995	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	1*	0	0	1
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	1	0	1
2005	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	1*	1
Toplam	6	1	1	1	1	10

Çizelge A.5 : Kùsuratlı òrnek taşıt sayısı (n=20).

	EKB	15.04	Euro I	Euro III	Euro IV	Toplam
1990	7,67	0	0	0	0	7,67
1991	0,99	0	0	0	0	0,99
1992	1,44	0	0	0	0	1,44
1993	1,98	0	0	0	0	1,98
1994	0	1,08	0,01	0	0	1,09
1995	0	0,87	0,02	0	0	0,89
1996	0	0,92	0,04	0	0	0,96
1997	0	0,11	0,01	0	0	0,13
1998	0	0,63	0,11	0	0	0,74
1999	0	0,43	0,11	0	0	0,55
2000	0	0,28	0,120	0	0	0,40
2001	0	0,25	0,117	0	0	0,37
2002	0	0	0	0,19	0	0,19
2003	0	0	0	0,25	0	0,25
2004	0	0	0	1,56	0	1,56
2005	0	0	0	0,55	0	0,55
2006	0	0	0	0	0,27	0,27
Toplam	12,08	4,57	0,54	2,54	0,27	20

Çizelge A.6 : Kùsuratsız òrnek taşıt sayısı (n=21).

	EKB	15.04	Euro I	Euro III	Euro IV	Toplam
1990	8	0	0	0	0	8
1991	1	0	0	0	0	1
1992	1	0	0	0	0	1
1993	2	0	0	0	0	2
1994	0	1	0	0	0	1
1995	0	1	0	0	0	1
1996	0	1	0	0	0	1
1997	0	0	0	0	0	0
1998	0	1	0	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	1*	0	0	1
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	2	0	2
2005	0	0	0	1	0	1
2006	0	0	0	0	1*	1
Toplam	12	4	1	3	1	21

Çizelge A.7 : Kùsuratlı òrnek taşıt sayısı (n=30).

	EKB	15.04	Euro I	Euro III	Euro IV	Toplam
1990	11,50	0	0	0	0	11,50
1991	1,48	0	0	0	0	1,48
1992	2,17	0	0	0	0	2,17
1993	2,96	0	0	0	0	2,96
1994	0	1,63	0,02	0	0	1,64
1995	0	1,30	0,02	0	0	1,33
1996	0	1,38	0,06	0	0	1,44
1997	0	0,17	0,02	0	0	0,19
1998	0	0,94	0,17	0	0	1,10
1999	0	0,65	0,17	0	0	0,82
2000	0	0,42	0,179	0	0	0,60
2001	0	0,37	0,176	0	0	0,55
2002	0	0	0	0,29	0	0,29
2003	0	0	0	0,37	0	0,37
2004	0	0	0	2,33	0	2,33
2005	0	0	0	0,82	0	0,82
2006	0	0	0	0	0,40	0,40
Toplam	18,11	6,86	0,81	3,82	0,40	30

Çizelge A.8 : Kùsuratsız òrnek taşıt sayısı (n=30).

	EKB	15.04	Euro I	Euro III	Euro IV	Toplam
1990	12	0	0	0	0	12
1991	1	0	0	0	0	1
1992	2	0	0	0	0	2
1993	3	0	0	0	0	3
1994	0	2	0	0	0	2
1995	0	1	0	0	0	1
1996	0	1	0	0	0	1
1997	0	0	0	0	0	0
1998	0	1	0	0	0	1
1999	0	1	0	0	0	1
2000	0	0	1*	0	0	1
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	2	0	2
2005	0	0	0	1	0	1
2006	0	0	0	0	1*	1
Toplam	18	6	1	3	1	29

Çizelge A.9 : Küsurlu örnek taşıt sayısı (n=40).

	EKB	15.04	Euro I	Euro III	Euro IV	Toplam
1990	15,34	0	0	0	0	15,34
1991	1,97	0	0	0	0	1,97
1992	2,89	0	0	0	0	2,89
1993	3,95	0	0	0	0	3,95
1994	0	2,17	0,02	0	0	2,19
1995	0	1,74	0,03	0	0	1,77
1996	0	1,84	0,08	0	0	1,91
1997	0	0,23	0,02	0	0	0,25
1998	0	1,25	0,22	0	0	1,47
1999	0	0,87	0,23	0	0	1,10
2000	0	0,56	0,24	0	0	0,80
2001	0	0,50	0,23	0	0	0,73
2002	0	0	0	0,39	0	0,39
2003	0	0	0	0,50	0	0,50
2004	0	0	0	3,11	0	3,11
2005	0	0	0	1,09	0	1,09
2006	0	0	0	0	0,54	0,54
Toplam	24,15	9,15	1,08	5,09	0,54	40

Çizelge A.10 : Küsurlu örnek taşıt sayısı (n=40).

	EKB	15.04	Euro I	Euro III	Euro IV	Toplam
1990	15	0	0	0	0	15
1991	2	0	0	0	0	2
1992	3	0	0	0	0	3
1993	4	0	0	0	0	4
1994	0	2	0	0	0	2
1995	0	2	0	0	0	2
1996	0	2	0	0	0	2
1997	0	0	0	0	0	0
1998	0	1	0	0	0	1
1999	0	1	0	0	0	1
2000	0	1	1*	0	0	2
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	3	0	3
2005	0	0	0	1	0	1
2006	0	0	0	0	1*	1
Toplam	24	9	1	4	1	39

Çizelge A.11 : Kùsuratlı òrnek taşıt sayısı (n=50).

	EKB	15.04	Euro I	Euro III	Euro IV	Toplam
1990	19,17	0	0	0	0	19,17
1991	2,47	0	0	0	0	2,47
1992	3,61	0	0	0	0	3,61
1993	4,94	0	0	0	0	4,94
1994	0	2,71	0,03	0	0	2,74
1995	0	2,17	0,04	0	0	2,21
1996	0	2,30	0,10	0	0	2,39
1997	0	0,28	0,03	0	0	0,31
1998	0	1,56	0,28	0	0	1,84
1999	0	1,08	0,29	0	0	1,37
2000	0	0,70	0,30	0	0	1,00
2001	0	0,62	0,29	0	0	0,92
2002	0	0	0	0,49	0	0,49
2003	0	0	0	0,62	0	0,62
2004	0	0	0	3,89	0	3,89
2005	0	0	0	1,36	0	1,36
2006	0	0	0	0	0,67	0,67
Toplam	30,19	11,43	1,35	6,36	0,67	50

Çizelge A.12 : Kùsuratsız òrnek taşıt sayısı (n=50).

	EKB	15.04	Euro I	Euro III	Euro IV	Toplam
1990	19	0	0	0	0	19
1991	2	0	0	0	0	2
1992	4	0	0	0	0	4
1993	5	0	0	0	0	5
1994	0	3	0	0	0	3
1995	0	2	0	0	0	2
1996	0	2	0	0	0	2
1997	0	0	0	0	0	0
1998	0	2	0	0	0	2
1999	0	1	0	0	0	1
2000	0	1	1*	0	0	2
2001	0	1	0	0	0	1
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	1	0	1
2004	0	0	0	4	0	4
2005	0	0	0	1	0	1
2006	0	0	0	0	1*	1
Toplam	30	12	1	6	1	50

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyadı: K. Mert GÜRSÜNER

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 01.01.1982

Adres: Levazım Mahallesi G-2 Blok Daire 17 Levent/İstanbul

Lisans Üniversitesi: Yıldız Teknik Üniversitesi

