İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MARMARAY PROJESİ İLE TRAFİKTEN ÇEKİLECEK OTOMOBİL SAYISININ İSTANBUL'DA HAVA KALİTESİNE YAPACAĞI ETKİNİN IVE MODEL İLE TESPİTİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba SAATÇIOĞLU

Anabilim Dalı : Çevre Mühendisliği

Programı : Çevre Bilimleri Mühendisliği

OCAK 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MARMARAY PROJESİ İLE TRAFİKTEN ÇEKİLECEK OTOMOBİL SAYISININ İSTANBUL'DA HAVA KALİTESİNE YAPACAĞI ETKİNİN IVE MODEL İLE TESPİTİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Tuğba SAATÇIOĞLU
(501061719)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Aralık 2009
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Ocak 2010

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kadir ALP (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. İsmail TORÖZ (İTÜ)
Prof. Dr. Selahattin İNCECİK (İTÜ)

OCAK 2010

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın başlıca amacı İstanbul'da Hava Kirliliğini bir miktar azaltabileceği düşünülen alternatif bir raylı ulaşım sisteminin etkisinin, emisyon hesaplamada daha kolay ve hızlı sonuç verebilecek IVE Model'in kullanımıyla ileriki yıllar için değerlendirilmesini yapmaktır. Bu model daha önce Embarq denilen bir kuruluşla Türkiye'de sürüş çevrimleri yapılarak çalışılmıştır. Fakat bu çalışmada olduğu gibi geleceğe dair bir emisyon tahmini ülkemizde IVE Model kullanımıyla hiç yapılmamıştır. Bu nedenle, çalışmanın Hava Kirliliğinin Tespiti ve ileriki yıllar için projeksiyonu gibi konularda çok büyük öneminin olacağını düşünüyorum. Araç artış sayısına rağmen yapılabilecek emisyonda bir yüzde azaltım değerinin belirlenmesi ayrıca projenin yararlılığı hakkında da bilgi verecektir. Bu konuda birçok kaynağın yardımı ve ayrıca IVE Model kaynaklarının da kullanımıyla hazırlanan bu çalışmanın konuyla ilgilenen tüm meslektaşlarıma ve öğrenci arkadaşlarıma yardımcı olmasını dilerim.

Bu çalışmanın yazım ve hazırlık aşamasında eklediği değerli fikirleri ile benden yardımını hiç esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Kadir ALP Bey'e öncelikle en derin minnet duygularımı iletirim. Bunun dışında tezle ilgili aklımda soru işaretlerini gidemrk için bana vaktini ayıran sayın Prof. Dr. Cem SORUŞBAY'a ve verileriyle yardımcı olan Maliye Bakanlığının ve TÜİK kurumlarının ilgili birimlerine çok teşekkür ederim. Moral olarak en bunaldığım zamanlarda yanımda olan, umutsuz kaldığım en zor zamanlarımda yüzümün gülmesine sebep olan tüm arkadaşlarıma en derin teşekkürlerimi sunarım. Son olarak, koşulsuz şartsız sevgisini benden hiçbir zaman esirgemeyen aileme bu tez aracılığıyla teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Ocak 2010

Tuğba SAATÇIOĞLU
Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ... **III**
İÇİNDEKİLER ... **V**
KISALTMALAR ... **IX**
ÇİZELGE LİSTESİ ... **XI**
ŞEKİL LİSTESİ ... **XIII**
ÖZET ... **XV**
SUMMARY ... **XVII**
1. GİRİŞ ... **1**
1.1 Çalışmanın Önemi ... 1
1.2 Amaç ve Hedef ... 2
2. MOTORLU TAŞITLARDAN ÇIKAN EMİSYON TESPİTİ ... **3**
2.1 Motorlu Taşıtlarda Yanma İşlemi ve Emisyon Üretimi ... 3
2.1.1 Tam yanma prosesi ... 5
2.1.2 Eksik yanma prosesi ... 6
2.2 Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Hava Kirleticileri ... 8
2.2.1 Motordaki eksik yanma ürünleri ... 8
2.2.1.1 Kriter kirleticiler ... 8
2.2.1.2 Sera gazı kirleticiler ... 10
2.2.1.3 Toksik kirleticiler ... 10
2.2.2 Buharlaşmadan kaynaklı emisyonlar ... 11
2.3 Motorlu Taşıttan Çıkan Emisyon Miktarına Etki Eden Temel Faktörler ... 11
2.3.1 Yakıtın cinsi ... 11
2.3.2 Hava/yakıt oranı kontrollü sistemler ... 12
2.3.3 Motorlu taşıttaki emisyon kontrol sistemleri: ... 13
2.3.3.1 Yanma prosesi kontrollü taşıtlar ... 13
2.3.3.2 Yanma prosesi sonrası kontrollü- benzinli taşıtlar ... 14
2.3.3.3 Yanma- sonrası kontrollü- dizel araçlar ... 15
2.3.4 Motorlu taşıtın yaşı ... 17
2.4 Emisyon Faktörünün Hesabına Etki Eden Başlıca Parametreler ... 18
2.4.1 Araç teknolojisi kaynaklı faktörler ... 18
2.4.2 Sürüş tipi ... 19
2.4.3 Yakıt kalitesi ... 21
2.4.4 Başlangıç emisyonları ve başlangıç sürüş çevrimi ... 22
2.4.5 Diğer işletimsel faktörler ... 23
2.5 Motorlu Taşıtlar için Mevzuat ve Yönetmelik Gereklilikleri ... 24
3. MOTORLU TAŞITLARDAN ÇIKAN EMİSYON TESPİTİNDE IVE MODELİNİN KULLANIMI ... **27**
3.1 IVE Modelinin Teorisi ... 27
3.2 IVE Modelinin Arayüzleri ... 31
3.2.1 Araç filosu arayüzü ... 31
3.2.2 Konum arayüzü ... 33

3.2.3 Taban düzeltme emisyon faktörleri arayüzü 34
3.2.4 Emisyon hesaplama arayüzü 36
4. TRAFİK EMİSYONU TESPİTİ VE KONUYLA İLGİLİ MODEL PROGRAMLARININ BAZI UYGULAMALARI 37
5. İSTANBUL'DA ULAŞIM VE MARMARAY PROJESİ 43
5.1 İstanbul'da Ulaşım (Mevcut Durum) 43
5.1.1 Karayolu ulaşımı 45
5.1.2 Demiryolu ulaşımı 46
5.2 Marmaray Projesi 47
5.2.1 Marmaray projesinin güzergahı 49
5.2.2 Yolculuk süreleri ve mesafeler 50
5.2.3 Marmaray projesi anahat işletme planı 50
5.2.4 Projenin teknik özellikleri 52
5.3 İstanbul'daki Yolcu Hareketlerinin Analizi ve Marmaray Projesi ile İlişkilendirilmesi 52
5.3.1 Motorlu taşıt ve otomobil sahipliği durumu 52
5.3.2 Marmaray projesinin olmadığı durum için trafikle ilgili değerler 55
5.3.3 Marmaray projesinin olduğu durum için trafikle ilgili değerler 57
5.3.3.1 Banliyö kullanımı 57
5.3.3.2 Otomobil kullanımı 59
6. İSTANBUL OTOMOBİL VERİLERİNİN SINIFLANDIRMASI 61
6.1 Mevcut Durum Otomobil Sınıflandırması 63
6.1.1 Otomobil sayısı hakkında 63
6.1.2 Otomobil yaşı 65
6.1.3 İthal/ yerli otomobil oranı 67
6.1.4 Egzoz emisyonlarının denetimi 68
6.1.5 Yakıt cinsine göre sınıflandırma 71
6.1.6 Motor hacmine göre sınıflandırma 72
6.1.7 Yakıt tipine bağlı olarak otomobillerin senelik km miktarları 72
6.1.8 Tüm sınıflandırma 73
6.2 2015 Yılındaki Otomobil Dağılımı 73
6.3 2030 Yılındaki Otomobil Dağılımı 74
7. MODEL SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ 75
7.1 Kriter Kirleticiler İçin Alınan Sonuçlar ve Değerlendirme 77
7.1.1 2015 yılı sonuçları için değerlendirme 77
7.1.2 2030 yılı sonuçları için değerlendirme 79
7.2 Toksik Kirleticiler için Alınan Sonuçlar ve Değerlendirme 80
7.2.1 2015 yılı sonuçları için değerlendirme 80
7.2.2 2030 yılı sonuçları için değerlendirme 81
7.3 Sera Gazı Kirleticileri için Alınan Sonuçlar ve Değerlendirme 82
7.3.1 2015 yılı sonuçları için değerlendirme 82
7.3.2 2015 yılı sonuçları için değerlendirme 82
7.4 Genel Değerlendirme 83
7.4.1 Yakıt tipine göre elde edilen emisyon faktörleri 83
7.4.2 Emisyonda % azaltım değerleri 85
7.4.2.1 Kirletici cinsine göre 85
7.4.2.2 Sürüş moduna göre 87
7.4.2.3 Yol tipine göre 88
7.4.3 IVE Model ile elde edilen sonuçların diğer çalışmalarla kıyaslaması 89
SONUÇLAR 93

TARTIŞMALAR VE ÖNERİLER..... 95
KAYNAKLAR 97
EKLER..... 101

KISALTMALAR

NOx	**:**	Azot Oksitler
SO_2	**:**	Sülfür Dioksit
NH_3	**:**	Amonyak
VOC	**:**	Uçucu Organik Karbonlar
PM_x	**:**	Partiküler Madde, x μm veya daha az çaplı
CH_4	**:**	Metan
CO	**:**	Karbon Monoksit
EPA	**:**	Çevre Koruma Kuruluşu
EF	**:**	Emisyon Faktörü
N_2O	**:**	Nitroz Oksit
LPG	**:**	Sıvılaştırılmış petrol
IVE	**:**	Uluslararası Taşıt Emisyon Modeli
DOC	**:**	Dizel Oksidasyon Katalitik Konverteri
EGR	**:**	Egzoz Gazı Döngüsü
EMBARQ	**:**	Dünya Kaynak Enstitüsü ve Shell Vakfı Ortaklığı
FTP	**:**	Federal Test Prosedürü Sürüş Çevirim Tipi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Çeşitli yakıt tipleri için stokiyometrik oranlar 8
Çizelge 2.2 : İçten yanmalı motorlu taşıtlarda hava/yakıt teknoloji tipleri 13
Çizelge 2.3 : Taşıtın yakıt türüne göre kullanılan tipik emisyon kontrol sistemleri.....17
Çizelge 2.4 : 161,000 km'deki bir araç için toplam emisyon artış miktarı 18
Çizelge 2.5 : Bir araç filosunun emisyon hızının belirlenmesinde parametreler 19
Çizelge 2.6 : Yakıtın başlıca kalite değişkenleri 22
Çizelge 3.1 : IVE Modelde kullanılan emisyon ayarlama faktörleri.....30
Çizelge 3.2 : Değişkenlerin tanımları.....31
Çizelge 4.1: Karayolu ulaşımında değişik alternatiflerin azaltılmış sonuçları.....40
Çizelge 5.1 : İstanbul ulaşımının mevcut durumu 2006.....45
Çizelge 5.2 : Banliyö trenlerinin mevcut durumu 47
Çizelge 5.3 : İstanbul'daki araç parkının 1999-2007 seneleri arası dağılımı 53
Çizelge 5.4 : İstanbul'da otomobil sahipliği durumu 54
Çizelge 5.5 : Marmaray Projesinin olmadığı durumda otomobil kullanım durumu.....56
Çizelge 5.6 : Marmaray Projesinde banliyö işletimiyle ilgili veriler.....57
Çizelge 5.7 : Marmaray Projesiyle taşınması öngörülen yolcu sayısı.....58
Çizelge 5.8 : Banliyöyu tercih eden kişi sayısı hesabı.....59
Çizelge 5.9 : Otomobildeki azaltım miktarının hesabı.....59
Çizelge 6.1 : 1999-2007 seneleri Türkiye ve İstanbul'daki otomobil sayıları oranı 64
Çizelge 6.2 : Model yılına göre 2007 yılı motorlu taşıt & otomobil Sayısı 66
Çizelge 6.3: OSD verilerine göre 1995-2003 arası ithal/yerli otomobil oranı 67
Çizelge 6.4: ODD verilerine göre 2004-2008 arası ithal/yerli otomobil oranı 68
Çizelge 6.5 : Hafif hizmet taşıtları için AB Emisyon Standartları 69
Çizelge 6.6 : AB'de benzinli & dizelli hafif taşıtlar için egzoz emisyon uygulaması 70
Çizelge 6.7 : Motorlu taşıtlar için Türkiye'deki egzoz emisyonu uygulaması.....70
Çizelge 6.8 : Yerli otomobillerin emisyon standartları 71
Çizelge 6.9 : İstanbul ilinde 2007 yılı yakıt tipine göre motorlu kara taşıt sayısı.....71
Çizelge 6.10 : 1981-2008 arası model araçların motor hacimlerinin % dağılımı.....72
Çizelge 6.11 : Türkiye'de benzinli otomobillerin yıllık ortalama yol 73
Çizelge 6.12 : Türkiye'de dizel otomobillerin yıllık ortalama yol.....73
Çizelge 6.13 : Türkiye'de LPG'li otomobillerin yıllık ortalama yol 73
Çizelge 7.1 : IVE Model ile bulunan yakıt tipine göre emisyon faktörleri 84
Çizelge 7.2 : Kriter, Toksik ve Sera Gazlarında % azaltım değerleri.....86
Çizelge 7.3 : Başlangıç ve işletim durumunda oluşacak % azaltım değerleri.....88
Çizelge 7.4 : İstanbul'un şehiriçi ve şehirdışı yollarında % azaltım değerleri 89
Çizelge 7.5 : Marmaray Projesiyle birlikte azalacak yolcu tahmininin kıyaslaması.....90
Çizelge 7.6 : Emisyon azaltım kıyaslaması.....90

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : İçten yanmalı bir motorda yanma işlemi 3
Şekil 2.2 : Benzinli bir araçtan saniye saniye alınan araç emisyon örneği 5
Şekil 2.3 : Benzinli bir araçta hava/yakıt oranının emisyona etkisi 7
Şekil 2.4 : Saniyelik olarak gösterilen FTP sürüş çevirimi 20
Şekil 3.1 : IVE Model akış diyagramı 29
Şekil 3.2 : IVE Model Araç filosu (Fleet) arayüzü 32
Şekil 3.3 : IVE Model Konum (Location) Arayüzü 33
Şekil 3.4 : IVE Model Taban emisyon faktörü düzeltme katsayısı arayüzü 35
Şekil 3.5 : IVE Modeli Hesaplama arayüzü 36
Şekil 4.1 : Benzinli taşıtın sürüş sırasındaki emisyonunun literatür ile kıyaslaması 39
Şekil 4.2 : 2,5 tonluk bir minivan için uygun sürüş çevirimin belirlenmesi 41
Şekil 4.3 : Yüklü ve yüksüz durumlar için emisyon değişimi (ticari otomobil hariç) 42
Şekil 5.1 : İstanbul'da ulaşım alternatiflerinin dağılımı 44
Şekil 5.2 : İstanbul'da ulaşım alternatiflerinin dağılımı 44
Şekil 5.3 : Marmaray Projesi 48
Şekil 5.4 : Marmaray Projesi boğaz geçişi 50
Şekil 5.5 : İstanbul'da senelere bağlı otomobil artış hızı 54
Şekil 5.6. : İstanbul'da senelere göre 1000 kişi başına düşen otomobil sayısı 55
Şekil 6.1 : Türkiye otomobil sayısının Istanbul otomobil sayısı ile ilişkisi 65
Şekil 7.1 : Embarq kuruluşunun İstanbul'da sürüş çevirimi yaptığı alanlar 75
Şekil 7.2 : Kriter kirleticiler için 2015 yılında öngörülen azaltım miktarı 77
Şekil 7.3 : Kriter kirleticiler için 2030 yılında öngörülen azaltım miktarı 79
Şekil 7.4 : Kriter kirleticiler için 2015 yılında öngörülen azaltım miktarı 80
Şekil 7.5 : Kriter kirleticiler için 2030 yılında öngörülen azaltım miktarı 81
Şekil 7.6 : Kriter kirleticiler için 2015 yılında öngörülen azaltım miktarı 82
Şekil 7.7 : Kriter kirleticiler için 2030 yılında öngörülen azaltım miktarı 83

MARMARAY PROJESİ İLE TRAFİKTEN ÇEKİLECEK OTOMOBİL SAYISININ İSTANBUL'DA HAVA KALİTESİNE YAPACAĞI ETKİNİN IVE MODEL İLE TESPİTİ

ÖZET

Dünya nüfusundaki artışla beraber yaşam standartlarının yükselmesi, motorlu taşıt kullanımında özellikle otomobil kullanımının yıldan yıla sürekli artışına neden olmuştur. Bu sorun, İstanbul ilinde de otomobil kullanımını azaltacak, başka toplu taşıma alternatiflerinin aranmasına yol açmaktadır.

Bu çalışmada, İstanbul'da alternatif çözümlerden biri olarak düşünülen ve günümüzde proje aşamasında olan Marmaray Projesinin, otomobil kullanımını ve dolayısıyla otomobillerden kaynaklanacak hava kirliliğini nasıl etkileyeceği konusunda araştırma yapılmıştır. Bu etkinin tam olarak belirlenebilmesi için öncelikle İstanbul'daki mevcut ulaşım durumu incelenmiş; ardından 2015 ve 2030 seneleri için İstanbul'da Marmaray Projesinin işletimde olduğu ve olmadığı durumlar için ayrı ayrı emisyon hesaplaması yapılmıştır ve bulunan sonuçların emisyon açısından değişimi, kriter kirleticiler, sera gazı kirleticileri ve toksik kirleticiler için ayrı ayrı yorumlanmıştır .

Otomobillerden kaynaklanan emisyon miktarı araçların teknolojisi, kullanım miktarı, sürüş tipi, dış ortam faktörleri… vs gibi bir çok etkene bağlı olduğundan; emisyon hesabı yapılırken her bir senaryo için, bu etkenleri göz önüne alabilen IVE Model kullanılır. Son olarak 2007 yılı İstanbul trafiğindeki benzinli, dizel veya LPG araçlar için ayrı ayrı bir ortalama emisyon faktörünün tespiti için, Modelden bulunan emisyon faktörleri İstanbul trafik değerlerinin kullanımı yardımıyla elle hesaplanmıştır

Bunun dışında mevcut durum ile 2015 yılı ve 2030 yılının Projeli - Projesiz durumlarındaki sonuçları kıyaslandığında; Projesiz durumunda, yıldan yıla otomobil artışıyla çıkan emisyonun (kriter kirleticiler, sera gazları ve toksik gazlar için); Projeli durumuna oranla çok fazla miktarda arttığı gözlemlenmiştir.

DETERMINATION OF THE IMPACT OF THE AUTOMOBILE NUMBER REDUCTION FROM THE ISTANBUL TRAFFIC BY USING IVE MODEL FOR THE OPERATION OF MARMARAY PROJECT

SUMMARY

The rise of living standards with the increase in world population cause an enormous increase especially in car usage from year to year. This problem leads the related authorizations to search some other public transportation alternatives in İstanbul.

In this research, it is tried to be observed that how will the Marmaray Project impact the air pollution by decreasing the automobile number that takes place in Istanbul traffic for the future years. In order to determine the exact effect; firstly the existing transportation situation in İstanbul is observed; and then the emission calculation is separately done for the İstanbul transportation regarding the cases regarding "with" and "without" Marmaray Project for 2015 and 2030 years. At the end, the results are compared in terms of exchange and prescribed for criter, greenhouse and toxic gase emissions separately.

Since the amount of emission sourced from automobiles is dependent on many variables such as vehicles technology, usage rate, driving style, ambient condition factors,.. etc; the IVE Model (which can take all these factors into consideration easilly), is prefered during the emission calculation. Finally in order to find a general emission factor for the gasoline , diesel or LPG vehicles in İstanbul traffic in 2007 year; an average emission factor is calculated by manual for all of the emission types.

Furthermore; when the existing situation is compared with the 2015 and 2030 years with its cases including with and without Marmaray Project; it is clearly seen that the emission rate of the "without Marmaray Project" is much more faster increase than the case of "with Marmaray Project".

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Önemi

İstanbul, gerek sosyo-ekonomik yapısı, gerekse ulaştırma sistemi açılarından çok hızlı bir değişim süreci içindedir. Göç çekmesi nedeniyle çok hızlı nüfus artışı, kontrol edilemeyen plan dışı, çarpık yapılaşma ve motorlu araç sayısındaki çok hızlı artış miktarı havadaki emisyon miktarını önemli oranda artırmaktadır.

Günümüzde İstanbul'daki ulaşım ağı incelendiğinde ise emisyon salınımının raylı sisteme göre çok daha fazla olduğu otomobil kullanımının %34, banliyö hatları kullanımının %1 olduğu görülmektedir. Bu durum, İstanbul'da Ulaştırma Bakanlığı tarafından ihaleye çıkartılan ve şu an proje aşamasında olan Marmaray Projesi'yle önlenmeye çalışılması planlanmaktadır.

Yapılan bu çalışmada, Marmaray Projesi'nin İstanbul trafiğinde banliyö kullanımı payını artırırken; hava kirliliğine etkisinin nasıl olabileceği incelenecektir. Bu doğrultuda, trenlerin yaratacağı emisyonun işletim sırasında ciddi bir miktar olmayacağı göz önüne alınarak; emisyon hesabı yolcuların otomobil kullanımından cayması esasına dayandırılacaktır.

Bu çalışmanın önemi, Projeyle birlikte azaltılması düşünülen emisyon miktarının, otomobil sahipliği ve nüfus artışı gibi etkenler de göz önüne alınarak 2015 ve 2030 yılları için etkisinin nasıl olabileceğinin, emisyon faktörüne etki eden birçok etkeni kapsayan IVE Modelinin kullanımı ile belirlenmesidir. Bulunan sonuçlar da , daha sonra Modelin kesinliğini belirlemek için yapılan elle çözüm sonuçlarıyla karşılaştırılmaktadır. Bunun yanında Marmaray Projesinin etkisinin nasıl olabileceği ise, teklif aşaması öncesinde çeşitli kuruluşlar tarafından hesaplanmış sonuçlar ile karşılaştırılmış ve İstanbul'da Marmaray Projesi'nin işletimde olduğu ve olmadığı durumlar için emisyon hesabı yapılmıştır.

1.2 Amaç ve Hedef

Otomobilden kaynaklanan emisyonlar aracın teknolojisi, sürüş tipi, yolun durumu … vs gibi birçok faktöre dayandığından, otomobil azaltımından kaynaklanacak emisyon tespitini yapabilmek, içine birçok faktörün etki ettiği kompleks bir iştir. Üstelik yıldan yıla otomobil sahipliğinin hızla artması, Marmaray Projesinin ileriki yıllar için hava kirliliğine etkisini bilinmez yapmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada artan motorlu trafik taşıtlarının sayısına rağmen, bu demiryolu projesinin ileriki yıllar için (2015 ve 2030 yılları için) hava emisyonuna herhangi bir katkısının olup olamayacağının incelenmesi ve bu iyileştirmenin ne oranda olacağının incelenmesi hedeflenmektedir.

Bu kapsamda bu çalışmanın önemi, başlıca amaç ve hedefleri tezin ilk bölümünde anlatılmaktadır.

Motorlu Taşıtlardan kaynaklanan kirletici türleri, bu kirleticilerin (emisyon) miktarını etkileyen başlıca faktörler ve buna bağlı olarak emisyon faktörünün kullanımı gibi konulardan ikinci bölümde bahsedilmektedir.

Emisyon Miktarının tespitinde birçok faktörün etkisini kolayca hesaplayabilen IVE Modedlinin kullanımı hakkında genel bilgiler, arayüzlerinin tanıtımı hakkında üçüncü bölümde bahsedilmektedir.

Genel olarak İstanbul'daki mevcut ulaşım durumu, Marmaray Projesi'nin tanıtımı ve Proje'nin işletmeye alınmasıyla otomobil kullanımına etkisinin nasıl olabileceği ile ilgili gelecek senelri de kapsayan hesaplamalar ise dördüncü bölümde belirtilmektedir.

Beşinci bölümde, İstanbul'da mevcut otomobil kullanım durumunu ortaya sermek açısından, daha önce 4.Bölümde hesaplanmış olan senelere bağlı otomobil artış hızı incelenmiş ve kullanılan araçlar için mevcut durum, 2015 ve 2030 senelerini de kapsayan geniş kapsamlı bir sınıflandırma yapılmıştır.

Buna bağlı olarak da, İstanbul'daki otomobillerden kaynaklanan mevcut (2007 yılı) emisyon miktarı ve otomobil artış hızına dayanarak, 2015 ve 2030 yıllarında Marmaray Projesinin hayata geçirildiği ve geçirilmediği durumlar için yapılan emisyon hız belirleme çalışmasının sonuçları ise 6.Bölümde değerlendirilmektedir.

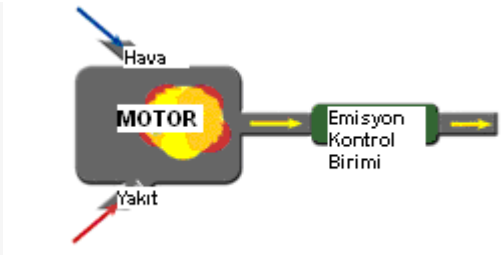
2. MOTORLU TAŞITLARDAN ÇIKAN EMİSYON TESPİTİ

Bütün motorlu araç sürüşleri motorun çalıştırılması, istenen yere seyahatin yapılması, aracın park edilmesi ve ardından motorunun kapatılmasından oluşur. Elektrikli araçlar hariç, diğer araçlarda tüm bu sürüş aşamaları sırasında çıkan emisyon büyük farklılıklar gösterir. Bu bölümde bir aracın donanımının, o araçtan çıkacak emisyonu nasıl etkileyebileceği incelenecektir.

Günümüzde trafikteki araçların çoğu benzinli, dizel yakıtlı, LPG'li, propan veya etanollü yakıt kullanan içten yanmalı araçlardan oluşmaktadır. Bunun dışında bu kapsamda olmayan hidrojenli araçlar da bulunmaktadır. Fakat bu araçlar sayılarının azlığı sebebiyle, yarattıkları emisyon bakımından göz ardı edilecektir. Dolayısıyla bu bölümde emisyon etkisi incelenecek olan taşıtlar, kullanımı daha genel olan benzinli, dizel ve doğalgazlı içten yanmalı motorlu taşıt tipleri olacaktır.

2.1 Motorlu Taşıtlarda Yanma İşlemi ve Emisyon Üretimi

Yanma olayının motorun içinde gerçekleştiği motorlara "içten yanmalı motorlar" denir. (Bkn. Şekil 2.1) Günümüzde hibrid ve elektrikli taşıtları saymazsak, trafikteki tüm motorlar içten yanmalıdır. Bu motorlarda yakıt ile havanın yanması sonucu üretilen yanma ürünleri, iş yapan akışkanı oluşturmaktadır. [11]



Şekil 2.1 : İçten yanmalı bir motorda yanma işlemi

Bir içten yanmalı motorda, motora hava ve yakıt iki ayrı koldan girer ve yanma işlemi oluşur. Yanma sonunda oluşan gazların yayılmasıyla motor çalışır. Ve çoğu zaman katalitik konverter gibi bir kontrol mekanizmasıyla bu gazlar giderek tüketilir.

İçten yanmalı motorlar genellikle yakıtın yanma odasında nasıl ateşlendiğine bağlı olarak sınıflandırılır. Örneğin Benzinli taşıtlarda yakıt bir bujiyle ateşlenirken; Dizel taşıtlarda ise ateşleme, hava ve yakıt karışımının sıkıştırılmasıyla meydana gelen ısınma sonunda meydana gelir.

Bir motorlu taşıttan kaynaklanan en büyük emisyon, motorda gerçekleşen yanma işlemi sırasında oluşur. Aşağıdaki Denklem (2.1), fosil yakıtın yanması esnasında temel bir yanma reaksiyonunu gösteren tipik bir kimyasal denge prosesidir.

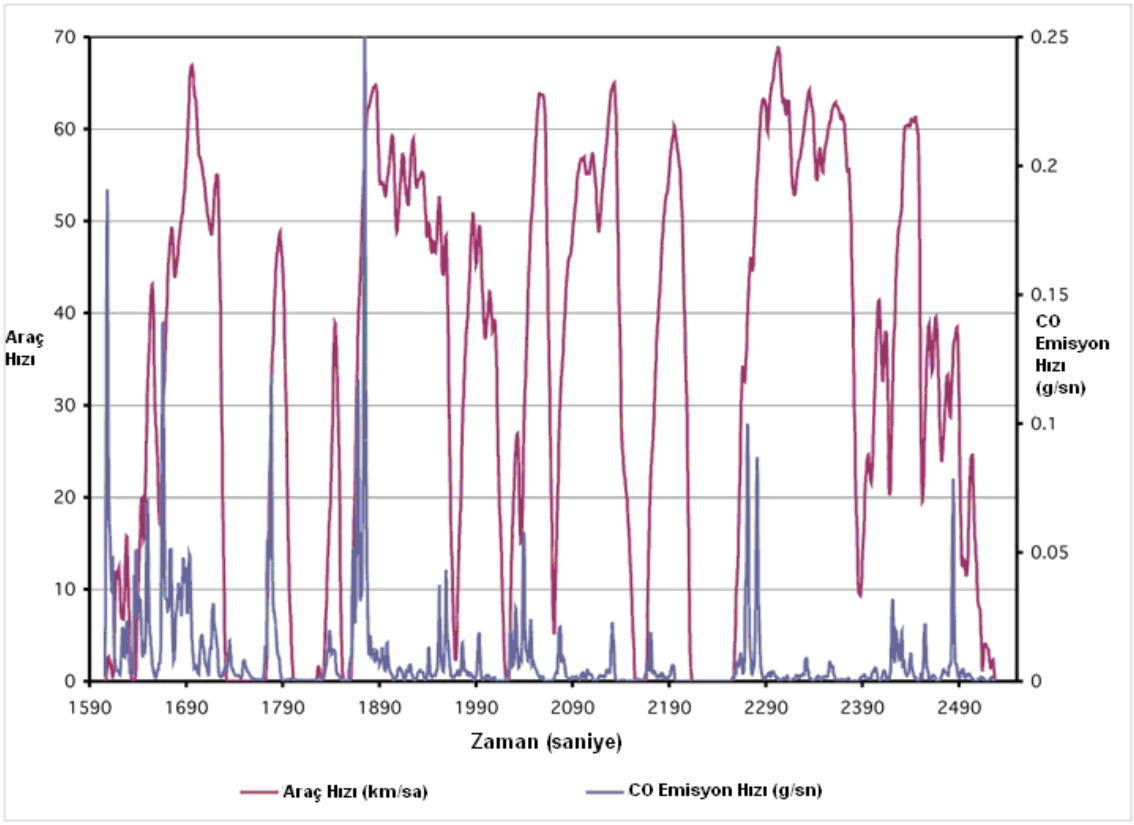
$$\underline{aC_nH_m} + \underline{bO_2 + 3.77b\ N_2} \rightarrow \quad cCO_2 + dH_2O + eCO + fCH_{1.8} + gN_2 + hNO + iN_2O + jC$$

Yakıt Hava **(2.1)**

Motordan çıkan egzoz gazı, havadaki oksijen ile yakıtın içeriğinde bulunan karbon, hidrojen, sülfür ve diğer okside olabilen maddeler arasındaki kimyasal reaksiyonun yan-ürünü olarak ortaya çıkar. Egzoz gazının başlıca bileşenleri karbondioksit (CO2), su (H2O), yanmamış veya değişime uğramış hidrokarbonlar (HC), kısmen yanan hidrokarbonlardan oluşan partiküler maddeler ve karbon monoksittir(CO). Atmosferdeki havada 70% ve ayrıca yakıtın içeriğinde de bir miktar azot oranı bulunduğundan yanma odasında yakıt yandıkça, çok önemli miktarda ısıtılmış ve baskıya uğramış azot ortaya çıkar. Bu da azot oksit (NO), azot dioksit (NO_2), nitroz oksit (N_2O) ve diğer gazların tüketilmesinden oluşan başka azotlu bileşiklerin üretilmesine neden olur.

Yanma işlemini kararlı durum reaksiyonu olarak düşünüp, reaksiyon sonunda uygun miktarlarda egzoz gazının çıkacağını düşünmek mantıklı olsa da; pratikte sonuç bu şekilde olmaz. Araçlar sürekli hızlanma ve yavaşlama halinde olduklarından, oluşacak egzoz miktarı da bununla orantılı olarak değişmektedir. Buna bağlı olarak hava yakıt oranı da sürekli değiştiğinden, egzozun içeriğinde bulunan çeşitli ürünlerin oluşum hızı da sürekli değişmektedir. Bunun yanında egzozun sıcaklığı ve kimyasalların donanımındaki değişkenlik ve kontrol mekanizmasının (katalitik konverterin) olup olmaması gibi etkenler de kirleticilerin oluşumunu etkileyen faktörlerdir.

Şekil 2.2'de normal bir yol boyunca tipik modern bir benzinli aracın hızı ve çıkardığı CO2 emisyonu saniyelik bazda gösterilmektedir. Bu şekilden de görüldüğü üzere bir taşıtın yol boyunca çıkardığı emisyon miktarı taşıtın hızına da bağlı olarak, büyük değişkenlik gösterir.



Şekil 2.2 : Benzinli bir araçtan saniye saniye alınan araç emisyon örneği

2.1.1 Tam yanma prosesi

Yanmanın tam yanma ürünü olan CO_2 ve organik madde içerisinde çok bulunan hidrojenin oksitlenme ürünü olan su buharı ile sonuçlanması için;

- Yakıt ve ideal miktardaki yanma havası tam karışmalı
- Yanma odasında sıcaklıklar yanmayı başlatacak kadar yüksek olmalı, ani soğumalar ve soğuk bölgeler bulunmamalı
- Yanma odasında gazlar yeterince uzun süre beklemelidir.

Yukarıdaki ilk madde dikkate alındığında, yanma denkleminde (Denklem 2.1); eğer n=10, m=18 (benzinli araç tipi) kabul edilirse ve e,f,g,h,i ve j'nin 0'a eşit olduğu varsayılırsa (ki bu sayede sadece suyun ve CO_2'in oluştuğu tam yanma tipi olacaktır); bu durumda yakıttaki karbon ve hidrojen için yeterli oksijeni sağlamak, b katsayısının a katsayısının 14,5 katına eşit olmalısıyla mümkün olacaktır. Diğer bir deyişle, yakıtın tam yanabilmesi için, her bir yakıt molekülü başına 14,5 molekül oksijene ihtiyaç vardır. İdeal yanma adına, oksijen moleküllerinin yakıt moleküllerine olan bu oranına **stokiometrik yanma oranı** denir.

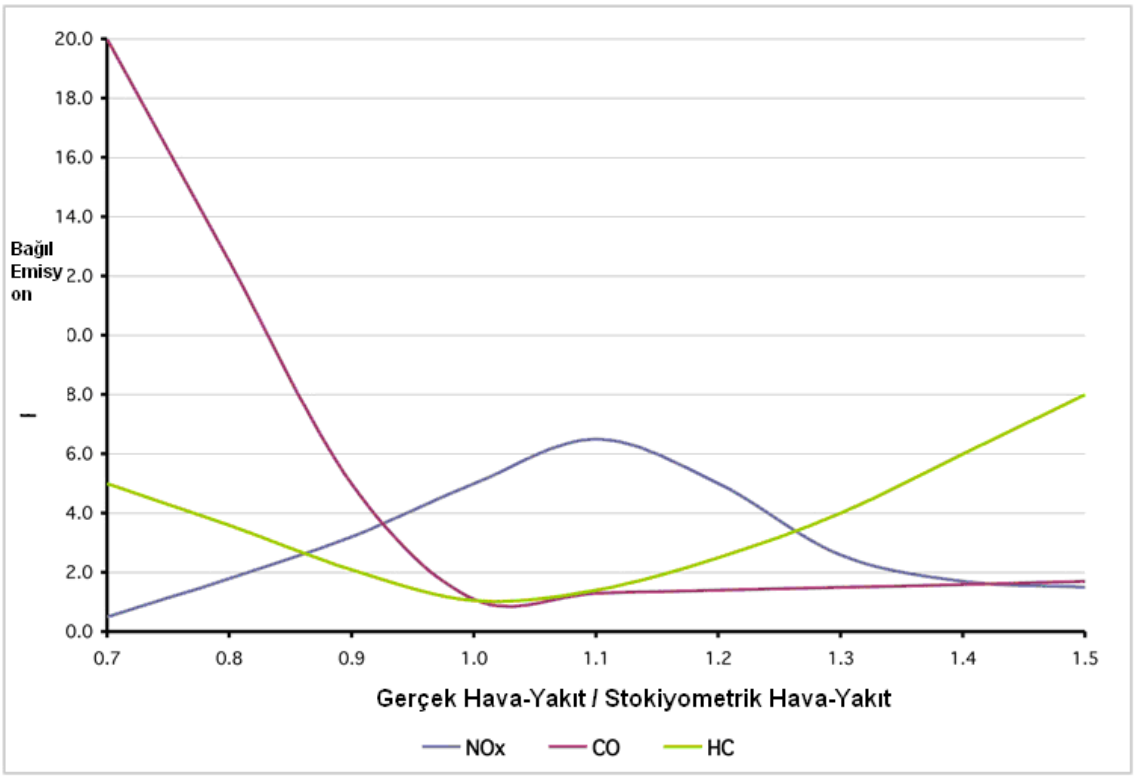
2.1.2 Eksik yanma prosesi

Stokiyometrik orandan farklı gerçekleşen yanma prosesi eksik yanma prosesidir. Eğer bir yanma işlemi stokiyometrik oranda gerçekleşebilseydi, denklemde kirlilik yaratabilecek bileşiklerin başlarındaki katsayı 0'a eşit olacak ve sonuçta emisyon oluşumu meydana gelmeyecekti. Fakat uygulamada bu durum münkün olamadığı için, eksik yanma meydana gelmektedir.

Bir motorun içindeki havanın yakıta olan oranının (gerçek durumun), stokiyometrik yanmayla kıyaslanmasına karışımın "Lambdası" denir. Eğer karışımda stokiyometrik orana kıyasla yakıt havaya göre daha fazlaysa; o karışımın Lambda'sı 1'den küçük ve motoru çok çalışıyor olacaktır. Diğer taraftan eğer stokiyometrik orana kıyasla, hava yakıttan fazlaysa; lambdası 1'den büyük olacak ve motoru zayıf çalışıyor olacaktır.

Denklem 2.1'den de anlaşıldığı üzere, ne kadar yakıt tüketilirse (a ne kadar fazla olursa), çıkacak emisyon miktarı da (c, d, e…vs), ona bağlı olarak fazla olacaktır. Diğer bir deyişle, büyük araçlar daha fazla yakıt kullanacakları için daha fazla emisyon çıkarmış olacaklardır.

Eksik yanma sonucunda çıkacak olan egzoz gazındaki CO, $CH_{1.8}$, HC ve NO_x miktarı; Lambda'ya, reaksiyon hızlarına, yanma sıcaklıklarına ve yanma sırasındaki basınca bağlıdır. Günümüzde tüm yakıtlar için genellikle reaksiyon hızları bilinirken; sıcaklık ve basınç, motorun dizaynına(motorun sıkıştırma oranına, motor kapaklarının açılıp kapanmasına bağlı olarak yanmanın zamanlamasına…) bağlı olan kriterlerdir. Havanın yakıta oranı ise; aracın hava ve yakıt tedarik ünitelerinin dizaynına bağlı olan bir faktördür. Şekil 2.3'de içten yanmalı bir motorda havanın yakıta oranının emisyonu nasıl etkileyeceği gösterilmektedir.



Şekil 2.3 : Benzinli bir araçta hava/yakıt oranının emisyona etkisi

Yukarıdaki şekilde hava yakıt oranı Lambda olarak gösterilmektedir. Lambda'nın 1'e eşit olması, hava-yakıt oranının stokiyometrik oranda olduğunu göstermektedir. Diğer kirleticiler çoğu yerde değişiklik gösterirken; CO, Lambdaya bağlı olarak bir değişkenlik gösterir. Şekil 2.3'den anlaşıldığı üzere de emisyonu azaltmak için optimum hava/yakıt oranını mümkün olduğunca 1'e çekmek gerekecektir.

Benzin, dizel yakıt, doğalgaz, etanol ve propan bugünkü araçlarda kullanılan en önemli yakıtlardır. Bu yakıtlar için tipik stokiyometrik hava/yakıt oranları aşağıdaki Çizelge 2.1'de gösterilmektedir:

Çizelge 2.1 : Çeşitli yakıt tipleri için stokiyometrik oranlar [11]

Yakıt	**Stokiyometrik Oranlar (hava / yakıt)**	
	(kütlesel oranı)	(hacimsel oranı)
Benzin	14,7 / 1	71,2 / 1
Dizel	14,5 / 1	104 / 1
Etanol	9 / 1	14,4 / 1
Hidrojen	34,2 / 1	2,39 / 1
Doğalgaz	17,2 / 1	9,57 / 1
Propan	15,5 / 1	23,4 / 1

Bu tabloda verilen değerler yakıtlar için verilen tipik değerlerdir. Özellikle benzin ve dizel yakıtlar, içerdikleri organik moleküller bakımından çıkarıldıkları yerlere göre büyük değişiklik gösterebilir.

2.2 Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Hava Kirleticileri

Yakıt içeriğinde bulunan safsızlıklara; oksijenin veriliş oran ve şekline, yanma sıcaklığının gereğinden az veya çok oluşuna, sıcak ve soğuk bölgelerde gazların bekleme sürelerine veya yakıtın uçuculuğuna bağlı nedenlerle oluşan bazı gazlar "hava kirleticisi" olarak etrafa dağılır [16].

2.2.1 Motordaki eksik yanma ürünleri

Motordaki eksik yanmadan oluşacak hava kirleticileri aşağıdaki gibi genel olarak sınıflandırılabilinir:

2.2.1.1 Kriter kirleticiler

Ulaşımdan kaynaklanan başlıca emisyonlar CO, VOC, NO_x, SO_x ve PM'dir. Bu emisyonların hepsi de kullanılan yakıtın içeriğine bağlıdır.

- **Karbonmonoksit (CO):** CO'in temel kaynağı benzinli araçlardır. Dizel motorlu araçlar ise az miktarda CO üretirler. CO emisyonu, fosil yakıtlarda tam yanma

gerçekleşmediğinde ortaya çıkar. Motorlu bir taşıtın rölanti ve yavaşlama fazları karbon monoksitin havaya en fazla atıldığı sürüş modlarıdır.

İnsan sağlığı bakımından bilinen en eski gaz zehirlenmeleri, tam yanmamış artık gazların solunması dolayısıyla karbon monoksit yüzünden meydana gelmiştir. Etkisi kanın alyuvarlarındaki pıhtılaşma özelliğini engellemesi olarak görülür. Kalp, dolaşım ve sinir sistemi üzerindeki etkileri nedeniyle insan sağlığına zararlıdır.

- **Azotoksitler (NO_x):** NO_x, yüksek sıcaklık ve basınç altında yakıtların yanmasından çıkan temel gazdır ve atmosferde NO_2 ye dönüşür. NOx gazları NO_2 eşdeğeri ile tanımlanır. Yanma kaynaklı olan bu gazlardan asıl zehirli olanı NO_2'dir. NO daha çok NO_2 hammaddesi olduğu için önem taşır.

  NO_X ve SO_2 asit yağmurlarında temel rol oynarlar. Korozyona neden olurlar. Ayrıca insan sağlığını da ciddi anlamda tehdit eden kirleticilerdir. En önemli NOx üreticileri ağır vasıtalar ile otobüslerdir.

- **Kükürtdioksit (SO_2):** Genel olarak dizel motorlardan kaynaklanan ve yakıtın kükürt içeriği ile birebir ilişkili olan kirleticidir. SO_2'nin havada gaz fazda veya katı partiküller ya da su damlacıkları üzerinde karmaşık reaksiyonlarla oksitlendiği SO_3'e dönüştüğü ve bundan sonra da ıslak veya kuru çökelmeyle atmosferden ayrılan sülfatları oluşturduğu belirlenmiştir. Bu nedenle de hem SO_2 hem SO_3'ü birlikte SO_x şeklinde ifade etmek yaygın bir uygulamadır. Havadaki kükürt oksitler (SO_x) içerisinde en önemli pay kükürt dioksit (SO_2) gazına aittir. SO_2 salımı NO_x ile birlikte önemli bir asit yağmuru nedenidir. Yapılan çalışmalar ortalama olarak asit yağışlarının %70'inin SO_2, kalanının ise NO_x gazları etkisiyle oluştuğunu göstermiştir.

- **Partikül Madde (PM):** Çok sayıda kaynağı vardır. Ancak hepsinin ortak özelliği karbon içeren bir çekirdeğin üzerinde soğurulmuş bir takım bileşikleri (HCs, inorganik sülfatlar, metaller, PAHs) içermeleridir. Hava kalitesini etkileyen en yaygın boyuttaki PM ler dizel araçlardan ve lastik, tozdan kaynaklanmaktadır

- **VOC (Uçucu Organik Karbon):** Havadaki yanmamış hidrokarbon gaz ve buharları genelde uçucu organik karbon (VOC) olarak bilinir. VOC'lerde zincir yapısında düz karbon iskeletleri taşıyan veya benzen halkaları taşıyan, doymuş veya doymamış haldeki maddeler ile asit grupları taşıyabilen organik maddeler

yer almaktadır. Bunların bir bölümü, örneğin benzen, formaldehit gibi çok yaygın türler havada yüksek derişimlerde bulunduğunda kanser yapar, bir kısmı ise zehirlidir [10,16].

2.2.1.2 Sera gazı kirleticiler

Trafikte kullanılan araçlardan meydana gelen emisyonlar karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), nitroz oksit (N_2O) içerdiğinden; küresel ısınmaya da neden olmaktadır. Tezde incelenecek olan IVE Modelde de sonuçlar Sera Gazları için ayrı hesaplanacaktır.

- **Karbondioksit (CO_2):** Bir egzoz gazında çıkan CO_2 miktarı, kullanılan yakıt miktarı ile doğrudan ilişkilidir; ki bu da motor dizaynı, kontrol sistemleri, motor büyüklüğü, araç bakımı ve sürüş koşulları ile ilişkilidir. Bununla birlikte CO_2 emisyonunda en baskın etkenler, motor büyüklüğü ve kullanılan yakıtın tipidir. Tüm karbon esaslı araç emisyonları sonuçta oksidasyona uğratılarak CO_2'e çevrilir. Bu emisyonlar, C çevriminde oynadığı temel rol nedeniyle atmosferde bulunmaktadır.
- **Metan (CH_4):** Metan daha çok sera gazı etkisiyle tanınır. Çünkü metan molekülünün de karbon dioksit gibi güneş radyasyonunu yutarak ısıya dönüştürme özelliği bulunmaktadır. CH_4 benzinli ve dizel araçlarda genelde çok belirgin miktarda çıkmaz fakat yine de dikkate alınmalıdır. Doğalgazlı araçlar, benzinli ve dizel araçlara kıyasla 10 kat fazla metan çıkarırlar. CO_2'e göre atmosferde 21 kat daha büyük bir etkiye neden olmaktadır. Kontrolü güç bir emisyondur.
- **N_2O (Diazot Monoksit):** N_2O motorda ve katalitik konventerde ortaya çıkar. Üstelik konverterli araçlar, konvertersizlere göre daha fazla N_2O çıkarırlar. Bununla birlikte katalitik konverterin azalttığı diğer kirleticiler ve miktarları düşünüldüğünde, çıkan bu N_2O miktarına için göz yumulmaktadır [10,16].

2.2.1.3 Toksik kirleticiler

Ulaşımdan kaynaklanan başlıca toksik emisyonlar 1,3 Butadien, Asetaldehit, Formaldehit gibi bazı Hidrokarbon tipleri, Kurşun, NH_3, Benzen ve Dizel Partiküler Maddedir. Tezde incelenecek olan IVE Modelde sonuçlar Toksik Gazlar için ayrı hesaplanacaktır.Toksik gaz emisyonunu etkileyen en önemli taşıt faktörleri, motor dizaynı, araç bakımı ve sürüş biçimidir.

- **Hidrokarbonlar (HCs):** Tam yanma gerçekleşmediğinde ortaya çıkan çok sayıda organik maddeleri içerir. En önemlileri benzen ve etilen'dir. Fotokimyasal duman'ın oluşumunda rol oynarlar.
- **Kurşun (Pb):** Kurşun, eğer yakıtın içeriğinde varsa ortaya çıkar. Günümüzde Türkiye'de özellikle 2001 senesinden sonra yakıtın içeriğinde kurşunun bulunması yasaklanmıştır. Çocuklarda nörolojik gelişim, erişkinlerde ise kardiyovasküler sorunlara sebep olmaktadır [16].

2.2.2 Buharlaşmadan kaynaklı emisyonlar

Bir emisyon envanterinde diğer dikkate alınması gereken husus buharlaşmadan kaynaklanan emisyonlardır. Bazı benzinli araçlarda VOC emisyonları egzoz borusundaki emisyon değerinden daha fazla olabilir. Buharlaşmadan kaynaklı emisyonlar, aracın yakıt deposundan ve motor ve yakıt enjeksiyon sisteminden buharlaşıp salınan yakıttan kaynaklanır. Bu emisyon yanmadan değil de, buharlaşmadan kaynaklandığı için sadece VOC formundadır.

Buharlaşmadan kaynaklı emisyonlar, benzin ve etanollü araçlarda oluşur. Dizel araçlarda ise, yakıtın düşük uçuculuğu sebebiyle önemli bir emisyon oluşmaz [11].

2.3 Motorlu Taşıttan Çıkan Emisyon Miktarına Etki Eden Temel Faktörler

Bir motorlu taşıttan çıkacak emisyon miktarına etki eden faktörler bu bölümde belirtilecektir. İleride İstanbul'da kayıtlı otomobiller sınıflandırılırken, bu faktörler dikkate alınacaktır.

2.3.1 Yakıtın cinsi

Yakıtın cinsine bağlı olarak (benzin, dizel, LPG, doğalgaz, retrofit tipli… vs), çıkan egzoz emisyonunun türü ve miktarı değişir.

Benzinli motorlarda;

Rölanti adı verilen evre, CO ve yanmamış hidrokarbon (VOC) emisyonları bakımından en kötü durumdur. Kavrama noktasında fazla gaz vererek veya gazı pompalayarak kalkış, aragazı denen uygulama, ani duruş, aracı yanlış viteste çalıştırma gibi davranışlar da bu eksik yanma ürünlerini artırır.

Dizel motorlarda;

Yakıt ve hava, bu yakıt tipli motorlarda, benzinli motorlarda olduğu gibi önceden karışmaz. Yakıt giriş vanasından emildikten sonra basınçlandırılmış hava içerisine püskürtülür ve kıvılcımsız yanar. Bu yüzden dizelli araçların egzoz gazları benzinli motorların egzoz gazlarından farklıdır. Özel olarak kükürdü giderilmemiş olan motorin kullanan dizelli araçlar, normal bir benzinli araçtan 10 kat daha fazla kükürt dioksit (SO_2) emisyonu yapar. Ayrıca dizel yakıtın buharlaşması benzinden daha az olduğundan, egzozdan VOC çıkışı da daha azdır. Bunun dışında benzinli taşıtlara göre çıkan partiküler madde (PM) miktarı çok daha fazladır.

2.3.2 Hava/Yakıt oranı kontrollü sistemler

Bir motorun emisyonunu minimize etmede en önemli faktör hava/yakıt oranını stokiyometrik orana yakın tutmaktır. Bir motorlu araçtaki hava/yakıt oranı, aracın yakıt enjeksiyon sistemi ile kontrol edilir.

Yakıt enjeksiyon sistemi, her bir yanma sürecinden önce hava akıntısına belli bir miktar yakıt enjekte eder. Genellikle aynı koşullarda yoluna devam eden bir araba için karmaşık bir yakıt enjeksiyon sistemine gerek yoktur. Bununla birlikte, araçlar genelde hızlanma, yavaşlama gibi sürekli bir değişim hali içinde olduklarından, yanma odasındaki havanın akış hızı da sürekli değişiyor olacaktır. Bu da yakıt enjeksiyon sisteminin, yanma odasındaki hava/yakıt oranını istenen değerde tutabilmek için yakıt miktarını sürekli ayarlaması gerektiği anlamına gelmektedir. Günümüzdeki motorlu araçlarda yakıt tedarik eden bu sistemlerin, kullanılan yakıt türüne göre birçok tipi bulunmaktadır. Aşağıdaki Çizelge 2.2'de bunlar hakkında kısa bir bilgilendirme verilmektedir.

Çizelge 2.2 : İçten yanmalı motorlu taşıtlarda Hava/Yakıt teknoloji tipleri [11]

Yakıt Tipi	Hava/Yakıt Tekn.	Tanımı
Benzin, alkol, doğalgaz, propan	Karbüratör	Hava/yakıt kontrolünün en eski tipidir. Yakıt püskürtücüsünün vakum seviyesinin (motora artacak veya azalacak yakıtın girmesiyle sonuçlanacak) bir muslukla kontrol edildiği mekanik bir sistemdir. Vakum miktarı sadece motorun hızına bağlıdır.
Benzin, alkol, doğalgaz, propan	Tek-Noktalı Yakıt Enjeksiyonu (SPFI)	Bu tip, elektronik yakıt enjeksiyonun ilk tipidir. Hava alınıp, motora verilmeden önce yakıtın, havaya enjeksiyonu gerçekleşir. Enjeksiyon hızı, hava/yakıt oranını ölçebilen oksijen sensörleri ile kontrol edilir. Verilen yakıt miktarı, enjeksiyon musluğunun açık kaldığı süreye bağlı olarak değişir.
Benzin, alkol, doğalgaz, propan	Çok-Noktalı Yakıt Enjeksiyonu (MPFI)	Yakıt Enjeksiyonun en yeni tipidir. SPFI'a benzer, fakat yakıt, motorda her bir silindirin yanındaki musluklardan enjekte edilir. Birden fazla O2 sensörü olduğu için, kontrol işlevi daha hassas olmaktadır.
Doğalgaz, Propan	Retrofit Motor Adaptasyonu	Bazı retrofit sistemler, benzinli araçları doğalgazlı veya propanlı araçlara çevirmek için dizayn edilir. Bu sistemler bazen işe yarıyor olsa da, çoğu sistemde emisyonu düşüreceğine, artırıcı etki gözlemlenmiştir.
Dizel	Ön-Enjeksiyon	Dizel araçlarda hava/yakıt kontrolünü sağlayan ilk tiptir. Benzinli araçlardaki SPFI' a benzerdir. Yakıt, hava motora ulaşmadan, tekbir noktadan havaya enjekte edilir.
Dizel	Direk-Enjeksiyon	Benzinli araçlardaki MPFI' a benzerdir. Yakıt ya silindirlerin girişlerindeki musluklara veya direkt olarak yanma odasına enjekte edilir.

2.3.3 Motorlu taşıttaki emisyon kontrol sistemleri:

Birçok modern otomobil firması üretim aşamasında hava/yakıt oranını göz önüne alan dizaynının yanı sıra, birtakım emisyon kontrol sistemlerini de taşıtlarının bünyesine alır. Bu sistemler, yanma modifikasyonları ve yanma-sonrası kontrollü olmak üzere, genellikle iki kategoriye ayrılır.

2.3.3.1 Yanma prosesi kontrollü taşıtlar

Yanma prosesi sırasında emisyon kontrolünü yapabilen en önemli mekanizmalar aşağıda belirtilmektedir.

Egzoz Gazı Çevirimi (EGR): EGR, çıkan egzoz buharının bir kısmını hava sistemiyle yanma odasına gönderen bir kontrol mekanizmasıdır. Egzoz buharı, yanma odasına alınan havaya göre daha yüksek sıcaklıkta olmasına rağmen, EGR' nin etkisi daha çok yanma odasındaki sıcaklığı azaltma yönündedir. Bunun nedeni, egzoz gazının oksijen içermemesidir. Bu durum yanma için gerekli olan yeterli oksijen teminin, yanma odasına yakıt miktarı kadar, egzoz gazı ve ek olarak daha fazla oksijen girmesini gerektirdiğinden kaynaklanmaktadır. Bu da yanma odasındaki sıcaklığı düşürür. Bu durum, çok yüksek sıcaklıklarda NO_x'in reaksiyon hızını artıracağından, buradaki düşük sıcaklık oluşumu, EGRnin yanma odasında NOx'in oluşumunu minimize etmesini sağlar.

Çok Noktalı Enjeksiyon (MPFI) : Elektronik olarak kontrollü olan bu enjeksiyon sistemleri; sıcaklık, gereken güç miktarı ve egzozdaki oksijen seviyesi… gibi bir motorun çok önemli parametrelerini algılayıp; motorun optimum koşullarda çalışması için gerekli olacak yakıt miktarını belirler. Bu sistemlerin çok daha geliştirilmiş haliyle stokiyometrik yanma oranına ulaşması mümkün olabilseydi, oluşan kirlilik minimum seviyelere indirilebilirdi.

2.3.3.2 Yanma prosesi sonrası kontrollü- benzinli taşıtlar

Yanma Prosesi sonrasında oluşan kirletici maddelerin azaltımı ile ilgili olarak, benzinli taşıtlarda kullanılan en önemli mekanizma katalitik konvertördür. **Katalitik konverter** kullanımı özellikle EURO 93 ve sonrası regülasyonlardaki sınır değerleri sağlayabilmek için benzinli taşıtlarda katalitik konverter kullanılır

Katalitik konvertörde kullanılan gözenekli seramik veya metal üzerine kaplanmış bazı metaller katalizör işlevini görmektedir. Benzinli taşıtlarda katalitik konvertör kullanımı ile CO, NO_x, CH gibi zararlı gazlar reaksiyona girerek CO_2, N_2, O_2, H_2O meydana getirirler. Burada CO oksijen ile yanar ve zehirsiz CO_2 'e dönüşür. CH oksijen ile yanar ve $CO_2 + H_2O$ haline dönüşür. NO den oksijen ayrışarak N_2 ve CO_2 oluşur. Bu sistem, katalizör görevi yaparak kimyasal reaksiyonu hızlandırır ve daha düşük sıcaklıklarda da kimyasal reaksiyonun gerçekleşmesini sağlar.

Katalitik konvertörün verimli çalışabilmesi için hava/ yakıt karışımı (14.6 kg. hava /1 kg. yakıt) mükemmel karışım oranına yakın olmalıdır. Bu oranda zararlı gazların dönüşümü % 80-90 oranında sağlanmaktadır. Karışımda hava artarsa (fakir karışım)

NO_x dönüşüm verimi, yakıt artarsa (zengin karışım), CO ve CH dönüşüm verimi düşer.

Bu oranın bozulmaması benzin motorunda benzin püskürtme sistemi ve elektronik kontrol düzeni kullanımı ile daha iyi sağlanır. Egzoz sisteminin herhangi bir şekilde delinmesi, kurşunlu benzin kullanılması, bujilerin arızalanması vb. nedenlerle katalitik konverter tamamen devre dışı kalmaktadır. Sistemin etkili çalışması uygun ve itinalı bakımla ilgilidir. Araçlarda çok kısa bir süre için dahi kurşunlu benzin kullanılması, katalitik konverterin yüzeyinin kurşun ile kaplanmasına ve işlevini yapamamasına neden olmaktadır. Bu yüzden kurşunsuz benzin kullanımındaki ana amaç, katalitik konverterin tıkanmamasını sağlamaktır. Bu sebeple aynı zamanda kurşunun zararları da ortadan kalkmaktadır.

Katalitik konvertörler, belli bir işletme sıcaklığına gelene kadar çalışmazlar. Buna "light-off sıcaklığı" denir. Bir katalitik konverterin light-off sıcaklığı, onun dizaynına ve bileşenlerine bağlıdır. Light-off sıcaklığına ulaşmak için gereken süre, motorun sıcaklığına, dış ortam sıcaklığına ve motorun çalıştırıldıktan sonra nasıl işletildiğine bağlıdır.

Katalitik konvertörler, belli bir sıcaklığa ulaşmadan çalışmadıkları için, bir emisyon envanteri hazırlarken, araçların günde kaç kez çalıştırıldıkları (soğuk konumdan çalışmaya alınması) önemlidir [11].

2.3.3.3 Yanma- sonrası kontrollü- dizel araçlar

Bir dizel taşıtla, benzinli taşıtın çıkaracağı emisyonlar farklıdır. Dizel motorlu bir taşıtta en çok partiküler madde ve HC emisyonu oluşurken, benzin motorlu bir taşıtta oluşan emisyon türleri daha önemsizdir. Bu yüzden dizel araçlardaki, yanma sonrası kontrolü olarak, benzinli bir taşıtın yanma sonrası kontrolünden farklı amaca hizmet etmektedir.

Dizel Oksidasyon Katalitik Konverteri (DOC), özellikle pasif veya aktif filtre kullanamayan eski dizel arabaları için partiküler emisyonu azaltıcı bir opsiyondur. Bu katalitik konverter tipi, motor tarafından yanma sırasında oluşturulan HC ve CO emisyonunu tüketir (%90 azaltım). Bazı dizel partiküler maddeleri bir hidrokarbon tipi olduğundan, DOC bu partiküler madde formlarını da parçalar (%30-40 azaltım). Eğer yakıt sülfür içeriyorsa, DOC bazı durumlarda bu yakıttaki sülfürü oksitleyerek

partiküler sülfata çevirir ve bu da egzozda arıtılıcak partiküler madde miktarını artırır [11].

DOC'un dışında partiküler madde emisyonu için, araçlarda başlıca yanma sonrası kontrol yöntemi olarak **filtreler** bulunmaktadır. Filtreler genellikle dizel arabalarda bulunmaktadır ve partiküler maddeleri %95 oranında azaltabilmektedir [7].

Aşağıdaki Çizelge 2.3'de bazı araçların yakıt tiplerine göre sahip oldukları emisyon kontrol sistemleri gösterilmektedir [11].

Çizelge 2.3 : Taşıtın yakıt türüne göre kullanılan tipik emisyon kontrol sistemleri

Yakıt	Kontrol Tipi	Tanımı
Benzin, alkol, doğalgaz, propan, dizel	Egzoz Gaz Çevirimi (EGR)	Egzoz gazının bir kısmını, yanma odasının sıcaklığını düşürmesi ve NO oluşumunu azaltması için yanma odasına geri gönderir. NO_x'i %20-50 oranında azaltır.
Benzin, alkol, doğalgaz, propan	2-Yollu Katalist	Bu araçlarda ilk katalitik konverterlü kontrol tipidir. CO'i ve hidrokarbonları(VOC) oksitleyerek CO_2 ve H_2O'a çevirir. CO ve VOC'i %95 oranında azaltır.
Benzin, alkol, doğalgaz, propan	3-Yollu Katalist	Katalitik konverterün modern tipidir. CO ve HC'u oksitler ve NO'i, N_2 ve O_2'ye çevirir. CO ve VOC'i %99; No_x'i %95 azaltabilir
Dizel	Partiküler Filtre	Egzoz gazının içindeki partiküler maddleri bir filtrenin yardımıyla uzaklaştırır. PM %99 oranında azalır.
Dizel	Katalitik Partiküler Filtre	Egzozdaki partiküler maddeleri katalist madde içeren bir filtreda toplayarak parçalar ve gidermek için yakar. PM'i %95 oranında azaltır.
Dizel	Dizel Oksidasyon Katalisti (DOC)	Benzinli araçlardaki 2 yollu Katalistlere benzer.Bu katalist egzozdaki CO, hidrokarbonlar (VOC) ve hidrokarbon parçacıklarını giderir. CO ve VOC %90, PM %0-40 oranında azaltılmış olur.
Dizel	Üre Enjeksiyonu	Motorda oluşan NO'yu gidermek için üre ilave edilir. NOx'i %50 oranında azaltır.
Dizel	Katalistle Üre Enjeksiyonu	Egzoz akışına üre ilave edilir ve NO'nun parçalanacağı bir kataliste alınır. NOx'i %70-90 oranında azaltır.

2.3.4 Motorlu taşıtın yaşı

Bir araçtan çıkan emisyon miktarını etkileyen en önemli faktörlerden biri de aracın yaşıdır. Bir aracın yaşı, o aracın egzoz, buharlaşma ve mekanik emisyonunu etkiler. Bir aracın yaşı arttıkça, egzoz emisyon kontrol sistemleri ve araçtaki diğer mekanik sistemler eskiyeceğinden, çıkacak emisyonu da artacaktır. Aşağıdaki Çizelge 2.4'de USEPA tarafından yapılan bir araştırmaya göre 161,000 km'deki bir aracın, yeni bir araca kıyasla çıkarmış olduğu HC, CO, NOx emisyonlarının nasıl arttığı gösterilmektedir.

Çizelge 2.4 : 161,000 km'deki bir araç için toplam emisyon artış miktarı [11]

Kirletici	Karbüratörlü (Kontrolsüz)	Karbüratörlü (Katalizörlü)	Yakıt Enjeksiyonlu (Katalizörsüz)
HC	47%	568%	821%
CO	57%	322%	1137%
NO_x	18%	68%	781%

Bu tez kapsamında kullanılan IVE Model'de de bir otomobilin az kullanılmışlığının limiti olarak 79,000 km seçilmiştir. Çok kullanılan bir otomobil 161,000 km ve üstü olarak seçilirken; orta kullanılmış bir otomobil iki değer arasında kalan otomobiller için kullanılır [11].

2.4 Emisyon Faktörünün Hesabına Etki Eden Başlıca Parametreler

Kentsel bir alanda trafikte aktif bulunan binlerce farklı modelde motorlu taşıt bulunmaktadır. Bu hareketli kaynaklardan oluşan emisyon hızının tespitinde başlıca 3 önemli faktör vardır. Bunlar; araç teknolojisinden kaynaklanan, sürüş biçiminden kaynaklanan, ve dış ortam faktörleri gibi diğer faktörlerden kaynaklanan etkilerdir.

2.4.1 Araç teknolojisi kaynaklı faktörler

Bir araç filosundan çıkacak emisyonu belirlemek için, benzer özellikteki taşıtların emisyonunun da benzer çıkacağı düşüncesiyle öncelikle o araç filosunun Çizelge 2.5'de belirtildiği şekilde sınıflandırılması gerekmektedir.

Çizelge 2.5 : Bir araç filosunun emisyon hızının belirlenmesinde önemli parametreler [11]

Araç Filosu Parametresi	Açıklama
Yakıt Tipi Dağılımı	İlgilenilen alandaki araçların kullandıkları yakıt tipine göre sınıflandırmasının yapılması
Hava/Yakıt Teknolojisi dağılımı	İlgilenilen alandaki araçların herbir yakıt tipine göre, motorundaki hava/yakıt teknoloji tipinin belirlenmesi ve kategorilere ayrılarak dağılımının yapılması
Motor Hacminin Dağılımı	Bir aracın büyüklüğü en başta CO2 emisyonunu etkiler. Bu yüzden herbir yakıt tipine ve hava/yakıt teknolojisine bağlı olarak araç motor büyüklüğünün belirlenmesi çok önemlidir.
Emisyon Kontrol Sisteminin Dağılımı	Bazı yeni gelişen ülkelerde katalist ve yakıt enjeksiyonlu teknoloji tipleri aynı zamanda gelmiş ve bu yüzden bazı karbüratörlü araçlarda hiçbir kontrol sistemi yokken, diğer tarafta birçok yakıt enjeksiyonlu araçta katalizör bulunuyor olabilir. Her bir yakıt tipine ve hava/yakıt teknolojisine bağlı olarak emisyon kontrol sistemleri emisyonu direk etkileyecekleri için dağılımının yapılması önemlidir.
Araç Yaşının Dağılımı	Bir aracın emisyonu, o aracın kullanılmışlığına ve yaşına bağlı olarak artacağından, araç yaşının dağılımının bilinmesi çok önemlidir.
Araç Çalıştırma Durumunun Dağılımı	Bir araç soğuk durumdan çalıştırma konumuna getirildiğinde normal işletim durumuna kıyasla çok daha fazla emisyon yayacağından, o gruptaki araçların gün içinde kaç kez çalıştırma konumuna getirldiği emsiyonu belirlemede önemli bir faktördür.

2.4.2 Sürüş tipi

Araçların sürüşlerinden kaynaklanan farklılıklar da araç emisyonunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Bunun için de aracın hızı, ivmesi, fren yapma sıklığı, kaç kez çalıştırıldığı ve ne kadar süre için kullanılmadan bekletildiği… gibi hususlar önemlidir.

Buna ek olarak, bir araçtan kaynaklanan emisyonu belirlemek için o aracın başlangıç sürüş modeli ve normal sürüş modelinin izlenmesi çıkacak emisyon hızını belirlemede çok önemli kriterlerdir. Bu iki kriter de gün içinde sıklıkla değişiklik gösterdiğinden, araç emisyonunu belirlerken kompleks durumlara neden olur.

Bu durumun önlenmesi için genellikle standart sürüş çevrim modelleri üzerinden çalışılır. Bunun başlıca 2 nedeni vardır:

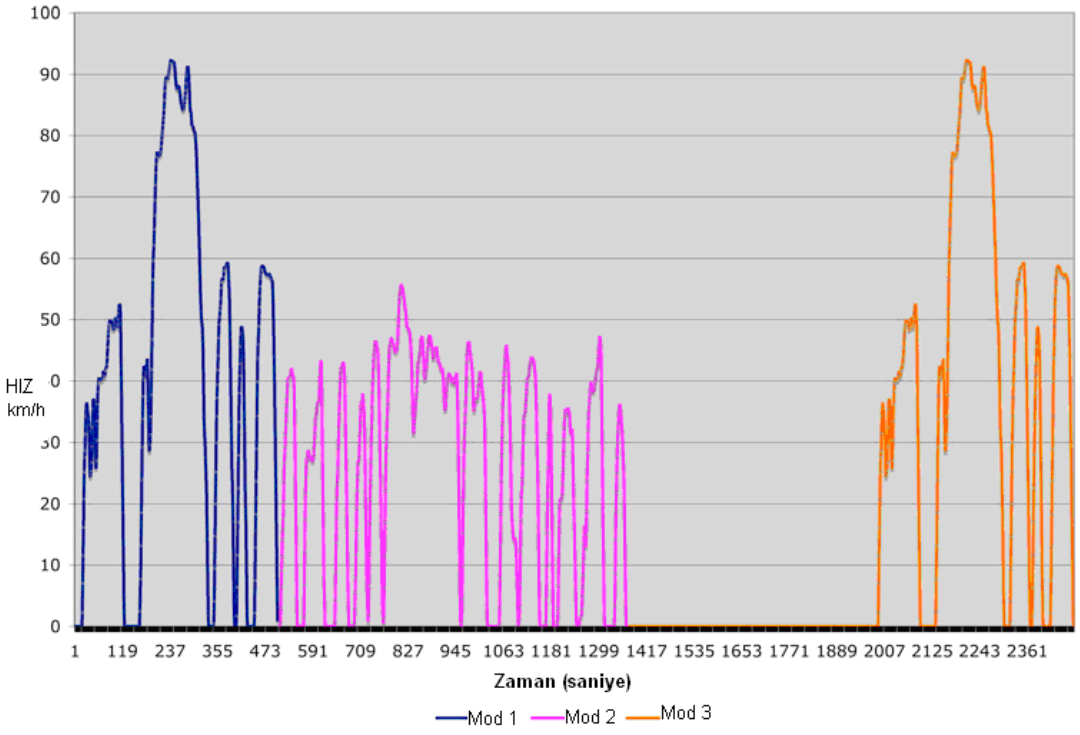
1) Farklı yaşlardaki araçların emisyonunu değerlendirirken, genel bir değerlendirme kriterinin oluşturulmaya çalışılması;

2) Bir araçtan kaynaklanan emisyonu, emisyon envanterinde hesaplayabilmek için, gerçek dünya uygulamasından yararlanmaya çalışılmasıdır.

Bu iki amaca ulaşmak için farklı arabalar aynı sürüş çevirimine tabi tutulur. Fakat yine de bu sürüş çevrimleri için ülkeden ülkeye değişen koşulların büyük farklılıklar göstereceği ve aynı yerdeki sürüş biçimlerinin zaman içinde büyük değişiklikler göstereceği düşünüldüğünde bazı orijinal sürüş çevrimlerinin gerçeği yansıtmada aslında yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır.

Amerika'daki ilk sürüş çevrimi FTP (Federal Test Prosedürü) olarak bilinir. Bu sürüş çevriminin emisyon hızı tespitlerinde uygulanmasıyla, her bir şehirdeki tüm sürücülerin araçlarını yaklaşık bu sürüş çevrimine benzer olarak kullandığı farzedilmektedir. Fakat zaman içinde bu sürüş çevriminin gerçeği çok da yansıtmadığı, belirlenen hızların, gerçekteki hızlardan daha düşük olduğu anlaşılmıştır.

Aşağıdaki Şekil 2.4'de FTP sürüş modelinin hız profili gösterilmektedir. FTP döngüsünde emisyonlar 3 ayrı bölmede toplanmaktadır [11].



Şekil 2.4 : Saniyelik olarak gösterilen FTP sürüş çevirimi

Buna göre, Şekil 2.4'de mavi renkli çizgiyle gösterilen 1.bölme soğuk motorun (18 saat çalıştırılmamış motor) çalıştırılmasıyla başlar ve 505 saniye boyunca devam eder. Bu yüzden adı bazen "Soğuk 505" (Cold 505) olarak geçer. Pembe renk çizgiyle gösterilen 2. bölmede, (1.bölmeyi takiben) ısınmış olan motorun 867 saniye çalıştırılmasıyla oluşan emisyon toplanır ve sonunda kontak kapatılır. Geleneksel bir FTP döngüsünde genellikle motor 2. bölme uygulaması tamamlandıktan sonra, turuncu renk çizgiyle gösterilen 3.bölme uygulamasına sokulur. Bu uygulamada motor 10 dakika bekletilir ve sonra hala sıcakken tekrar çalıştırılır. Buna da ayrıca "Sıcak 505" (Hot 505) adı verilir. Bazen de 4.bölme uygulamasıyla, tamamen ısınmış bir motorda 1. ve 3. Bölmedeki gibi, herhangi bir başlatma uygulaması yapmadan 505 saniye boyunca çıkan emisyonun toplandığı bir kısımdır. Buna da "Faaliyette 505" (Running 505) denir. İşletim koşullarına bakılarak 1. 3. ve 4. bölmelerin yaklaşık olarak aynı sürüşler olduğu, fakat başlangıç koşullarının farklı olduğu söylenebilir.

FTP sürüş çevirimi her ne kadar günümüzde uygulamayı yansıtan bir sürüş modeli olmasa da, günümüze kadar bu sürüş çevirimi kullanılarak hazırlanan birçok çalışmanın bilgisine sahip olduğu için; bu modeli en azından bir referans noktası alarak kullanmak çok önemlidir. Bu çalışma kapsamında kullanılanacak olan IVE Model'de de bu sebep yüzünden FTP'nin bir kısmi parçası olarak kabul edilen LA4 sürüş çevirimi kullanılacaktır.

Şekil 2.4'de pembe renkle gösterilmiş olan kısım LA4 sürüş çevrimidir. Bu da, FTP çeviriminde 1. veya 3. Bölme'de toplanmış emisyonları takiben 2.Bölmedeki uygulamanın yapılışıdır. "Soğuk LA4" sürüş çevrimi, 1. ve 2. Bölme'yi ; "Sıcak LA4" sürüş çevrimi, 1.Bölme yerine 3.Bölme emisyonunu kullanır. 1. ve 3. Bölmede gidilen mesafe 5,77 km iken; 2.Bölmede 6,30 km'dir. Dolayısıyla bir FTP sürüş çeviriminde genel olarak tüm emisyon şu şekilde hesaplanır:

$$\text{FTP tüm Emisyon} = \frac{0{,}206 * 1.\text{Böl.Emis.}}{5{,}77} + \frac{0{,}521 * 2.\text{Böl.Emis.}}{6{,}30} + \frac{0{,}273 * 3.\text{Böl.Emis.}}{5{,}77}$$

2.4.3 Yakıt kalitesi

Aşağıdaki Çizelge 2.6'da benzin kalitesine etki eden en önemli faktörler özetlenmektedir [11]. Araçlar için daha önce tespit edilen birçok emisyon faktörü, standart yakıtlara dayanır. Emisyon değerlendirilirken, değerlendirilen yakıtın

kalitesi, standart yakıtın kalitesinden daha fazla mı, daha az mı olduğuna dikkat edilerek yaklaşımda bulunulur ve bunun için düzeltme faktörü kullanılır.

Çizelge 2.6 : Yakıtın başlıca kalite değişkenleri

Yakıt Tipi	Yakıt Değişkeni	Etkisi
Benzin	Uçuculuk	Yakıtın uçuculuğu, buharlaşıp havaya karışın benzinin miktarını etkiler. Uçuculuğu fazla olan yakıtın fazla miktarda buharlaşan emisyonu olacaktır.
Benzin	Oktan	Oktanın tek başına olup olmaması, emisyonu etkilemez. Fakat bazen oktanı artırmak için yakıta kurşunlu ve manganezli bileşikler ilave edilir. Bunlar hem katalitik konverterün performansını düşürür, hem ciddi sağlık sorunları yaratır.
Benzin	Sülfür	Yakıttaki sülfür atmosfere karıştığında, asit yağmurlarına ve PM2,5 salınımına yol açar. Sülfür ayrıca katalitik konverter performansını düşürür ve araç emisyonunu artırır.
Dizel	Hidrokarbon Dağılımı	Yakıtın yanabilirliğini gösteren bir Setan Sayısı vardır. Bu sayının yüksek olması durumunda; yakıtın kaliteli olduğunu, yanmanın iyi gerçekleştiğini ve hidrokarbon emisyonunun az çıktığını gösterir.
Dizel	Sülfür	Sülfür katalitik konverter performansını düşürür ve araç emisyonunu artırır. Katalitik yakıt filtreleri sülfür seviyesini 50ppm altında öngörür. Katalitik Nox kontrol sistemi ise 15 ppm altında olmasının öngörür.
Benzin/Etanol Karışımı	Uçuculuk	Etanol, benzinin uçuculuğunu artırır. Benzine etanol ilave edilirken, uçuculuğu artan etanolü karşılayabilmesi için düşük uçuculuğu olan benzin çeşidinin kullanılmasına dikkat edilmelidir. Yoksa buharlaşan emisyon miktarı çok fazla olacaktır.
Doğalgaz	Hidrokarbon Çeşidi	Doğalgaz genelde metan konsantrasyonunu artırarak, araç emisyonunu ciddi boyutta etkiler.

2.4.4 Başlangıç emisyonları ve başlangıç sürüş çevrimi

Bir taşıtın ilk hızını alabilmesi için kontağı çevirdikten sonra, motora normal işletiminde gerektiği miktardan daha fazla yakıt gider. Bu, taşıtın daha kolay harekete geçebilmesi için hava/yakıt karışımının daha zengin olmasına neden olur. Fakat bununla birlikte bu olay aynı zamanda hava/yakıt karışımı normal seyrine

ulaşana kadar daha fazla emisyon salınımına neden olur. Motor çalıştırılmaya başladığı andan itibaren meydana gelen bu ekstra emisyona "**başlangıç emisyonu**" (start emission) denir. Ayrıca eğer bir araçta katalitik konverter varsa, bunun motor ısınmadan devreye girmesi söz konusu olamadığı için, emisyon miktarı motorun bu soğuk halinde ayrıca daha fazla olacaktır. Bu yüzden katalitik konverterlü araçların başlangıç emisyonları, katalitik konvertersüz araçlara kıyasla daha da fazla olacaktır.

Başlangıç emisyonlarında ayrıca dikkat edilmesi gereken hususlardan biri de, aracın kaç dakika bekletildikten sonra çalıştırılmış olduğudur. Mesela 15 dakika süreyle kontağı kapatılmış ve tekrar çalıştırılan bir aracın motoru hala tam olarak soğumamış olduğundan veya 2 saat çalıştırılmamış bir aracın motorunu ısıtmak 15 saat çalıştırılmamış bir aracın motoruna göre daha kolay olacağından; bu gibi "araç bekletilme süreleri" de bir aracın emisyonunu incelerken çok önemli olan faktörlerden biridir.

Tez kapsamında incelenen IVE Model'de de bu bekletilme süreleri için birkaç opsiyon bulunmakta ve başlangıç emisyonunun hesaplanabilmesi için, programda veri girişi yaparken araçların % dağılım olarak ne kadar bekletilme sürelerine sahip olduğunu özellikle belirtmek gerekmektedir.

Dolayısıyla bir aracın başlangıç bilgisiyle ilgili olarak en önemli parametreleri:

1) Aracın günde kaç kez kontağının çevrildiği
2) Aracın ne kadar süre bekledildikten sonra kontağının çevrildiği (motorunun soğutulma süresi)'dir.

2.4.5 Diğer işletimsel faktörler

Eğim, sıcaklık ve nem gibi etkenler de aynı zamanda emisyona etki eder. Fakat sıcaklıklar çok aşırı değer olmadıkça; sıcaklık, nem gibi bu etkenler göz ardı edilebilir. Eğim özellikle karbüratörlü araçlarda önemli bir faktör olabilmektedir. Yakıt enjeksiyonlu araçlar eğimden kaynaklanacak hava/yakıt oranındaki değişimi normalde elektronik olarak ayarlayabildikleri için, eğimin bu araçlar için bir etkisi olmayacaktır.

2.5 Motorlu taşıtlar için Mevzuat ve Yönetmelik Gereklilikleri

Hava kirliliği ile ilgli ilk yasal düzenleme, 2.11.1986 tarih ve 19269 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğidir.

Bu yönetmeliğe ek olarak Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından motorlu taşıtların yapacağı emisyonlar ile ilgili olarak, 08.07.2005 tarih ve 25869 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Trafikte Seyreden Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolüne Dair Yönetmelik, 11 Haziran 2004 tarih ve 25489 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği çıkarılmıştır[35].

Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ve ilgili direktiflerinde, Yakıt Kalitesi Direktifinde ve CO_2 Emisyonu Azaltılması Konusunda Tüketicinin Bilinçlendirilmesi Direktifinde; hava kirliliği ile ilgili temel sorumluluklar belirtilmektedir. Hava kalitesi alanında AB mevzuatına uyum amacıyla 2004 yılında "Hava Kalitesi, Kimyasallar ve Atık Yönetimi alanında Türkiye'nin Desteklenmöesi" Projesi başlatılmış olup, 2006 yılında tamamlanmıştır. Projenin birinci bileşeni olan Hava Kalitesi bileşeninin amacı; AB Hava Kalitesi Çerçeve Direktifinin ulusula hava kalitesi mevzuatımıza ve hava kalitesinin ölçülmesi ile ilgili faaliyetlere yansıtılmasını sağlamaktadır. Hava kalitesinin iyileştirilmesi için yönetmelik taslağı hazırlanmış ve görüş için ilgili kuruluşlara sunulmuştur.

Hava kalitesinin Değerlendirilimesi ve Yönetimi Yönetmelik Taslağı, 96/62/EC sayılı Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ve ilgili dört kardeş direktifi (99/30/EC, 2000/69/EC ve 2002/3/EC ve 2004/107/EC) kapsayacak şekilde hazırlanmıştır. Yeni yönetmelik taslağında, çerçeve direktif ve ilgili direktiflerde listelenen 13 kirletici parametre için uygulaması ve uyumlaştırma takvimi belirlenmiştir. Bu yönetmelikte aynı zamanda kirliliğin kontrolü ve hava kalitesi alanında izleme, yaptırım ve kurumsal faaliyetlerin güçlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Çevre ve Orman Bakanlığı, 09.08.1983 tarih ve 2872 sayılı Kanuna değişiklik getiren 20.04.2006 tarih ve 5491 sayılı Çevre Kanunu uyarınca hava kalitesi ve hava kalitesi sınır değerlerinin tespiti, izlenmesi ve sınır değerlerinin aşılmasının önlenmesine yönelik tedbirlerin alınması, kamuoyu bilincinin artırılması, bilgiye erişim ve ilgili diğer faaliyetleri yürütmektedir [35].

Bunların dışında Motorlu taşıtların üretimi ile ilgili AB Standartlarına uyum süreciyle birlikte Türkiye'de uygulamaya geçilmiş olan Avrupa Birliği Euro Standartları ile ilgili geniş kapsamlı bilgi ve bu konudaki araç sınıflandırması Bölüm 5.1.4'de incelenecektir.

3. MOTORLU TAŞITLARDAN ÇIKAN EMİSYON TESPİTİNDE IVE MODELİNİN KULLANIMI

IVE Model farklı özellikli araçlar ve farklı sürüş tipleri için değişik emisyon faktörlerinin kayıtlı olduğu, gerektiğinde sürüş çevirimleriyle bulunan katsayılarla da yapılan emisyon hesabının pekiştirildiği, belli bir lokasyondaki tüm özellikleri yansıtıp emsiyonun hesaplanmasını sağlayabilecek bir model tipidir.

IVE Modelinin ilk versiyonu 2003 yılının yazında ortaya çıkarılmıştır. 2. versiyonu ise Temmuz 2008'de oluşturulmuştur. IVE Model için oluşturulan web sitesinde Ocak 2008 itibariyle daha önce verileri toplanmış 11 ayrı ülke için lokasyon, motorlu taşıt filosu ve taban emisyon ayarlama faktörüyle ilgili bilgiler yayınlanmaktadır.

Bu çalışmada da sürüş çevrim bilgileri ile ilgili olarak daha önce çalışılan şehirlerden biri olan İstanbul ilinde elde edilen verilerden yararlanılacaktır.

3.1 IVE Modelinin Teorisi

1990'lı yılların başlarında ISSRC tarafından yapılan araştırmalara göre, bir araçtan çıkan emisyon ile bir aracın ihtiyaç duyduğu güç arasında yakın ilişki olduğu anlaşılmıştır. Enerjinin korunması kanununa göre, motorlu taşıt yakıtı yakarken, aslında aracın enerji talebini karşılamaya çalışmaktadır. Bununla birlikte araç daha fazla enerjiye ihtiyaç duyduğunda, doğru orantılı olarak daha fazla yakıt yakacaktır.

IVE Model, bir aracın yaklaşık 60 ayrı güç isteği (ivme ve hızın kombinasyonu) olduğunu farzederek ve bu her bir güç isteği için gün içinde belli bir kullanım oranı öngörerek, o aracın emisyonunun hesaplanmasını esas alır. Buna göre bir aracın 60 farklı güç isteğinden hangilerini ve gün içinde % kaçlık bir kullanımla ihtiyaç duyacağı öngörülmelidir [12].

Bu güç isteğinin öngörülebilmesi için de sürüş çevrimine çıkarılan çeşitli motorlu taşıtlara takılmış GPS aletiyle toplanan saniyelik hız ve ivme verileri değerlendirilir. Daha sonra bu dağılımdaki oranlar, her VSP'ye özel düzeltme katsayısı ile çarpılır ve bu 60 çarpım değeri sürüş çevrimine bir düzeltici faktör olması açısından toplanır.

Her bir moddaki bu emisyon düzeltme faktörleri, test verilerine bağlıdır. Bu yüzden ne kadar çok araba sürüş testine çıkarılır ve alınan hız değerlerine göre bir mod ayrımına sokulursa, sonunda oluşturulacak düzeltme faktörü de o kadar güvenilir bir sayı olacaktır.

Bu işlem için genel denklem şu şekildedir:

$$K_{p[t]} = \sum_b C_{b[t]} * F_b \quad (2)$$

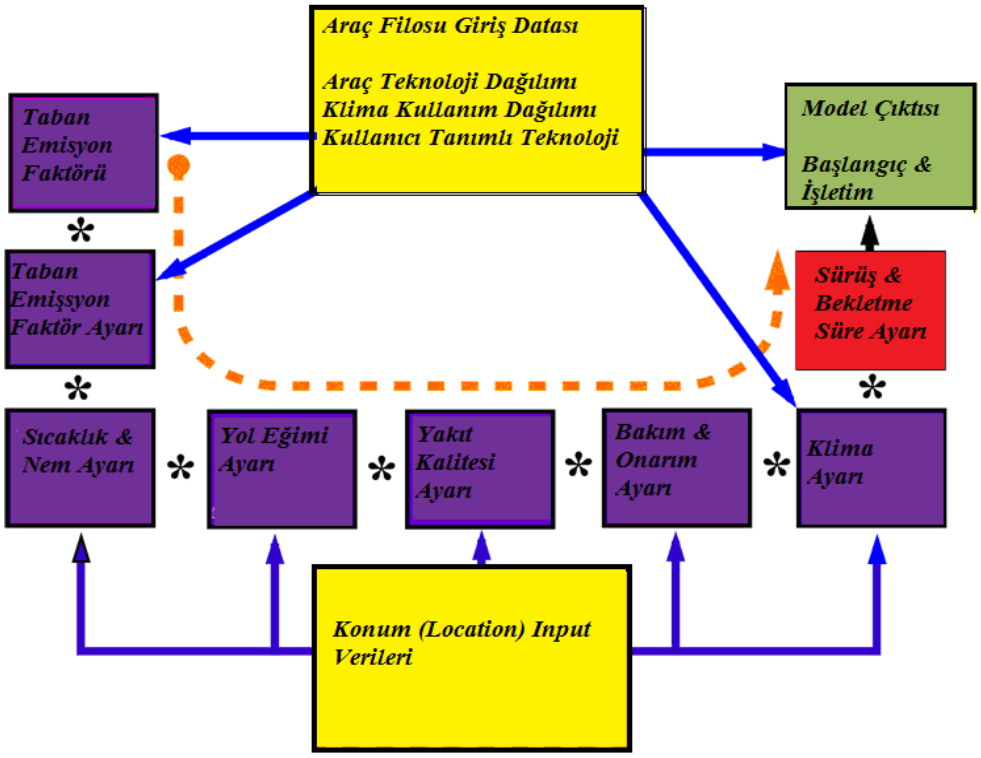
Buna göre $K_{p[t]}$ =t teknolojisindeki bir araç için tüm sürüş düzeltme katsayısı,

$C_{b[t]}$ = b modu ve t teknolojisindeki sürüş için düzeltim katsayısı,

F_b = b güç modunda bir aracın geçirdiği zaman oranı

0.mod'dan 59.mod'a kadar bulunan bütün VSP % değerlerinin ilgili düzeltim katsayısıyla çarpılmasından sonra bulunan değerlerin hepsi birbiriyle toplanacak ve böylelikle o araba teknolojisi için değişik sürüş modlarından kaynaklanan katsayı bulunabilmiş olacaktır.

IVE Model'deki emisyon yaklaşımları aynı zamanda eğim, dış ortam sıcaklığı, yakıt kalitesi ve bunun gibi bazı emisyonu etkileyecek araç işletim faktörlerine de dayanır. Bir araç için uygun emisyon ayarlaması, aracın işletim koşullarına ve diğeriyle potansiyel etkileşimine dayanır. Aşağıdaki Şekil 3.1'de IVE Modelindeki emisyonun hesaplanma akışı gösterilmektedir.



Şekil 3.1: IVE Model akış diyagramı

Buna göre ayarlanmış taban emisyon hızı ise, yukarıdaki mavi kutucuklar esas alınarak şu denklemle bulunabilir:

$$Q_{[t]} = B_{[t]} * K_{p[t]} * K_{2[t]} * K_{3[t]} * ...K_{x[t]} \quad \textbf{(3.1)}$$

"B" ile gösterilen değer, belli bir teknoloji için seçilen taban emisyon faktörüdür. IVE Model'de 1400 farklı teknoloji için tanımlı emisyon faktörü kayıtlıdır. Bu emisyon faktörlerinin seçiminde alınan esaslar IVE Model'in tanımlı olduğu ek dosyalarda ayrıntılı olarak anlatılmaktadır [25].

"K" ile gösterilen değerler ise daha önce anlatıldığı üzere, taşıt teknolojisinden veya sürüş modundan veya dış ortam faktörlerinden doğan farklılıkların birtakım düzeltme katsayıları ile ilişkilendirilmesidir. Modelde tanımlı olan bu düzeltme katsayılarının seçildiği kaynaklar ve diğer detaylar IVE Model'in tanımlı olduğu ek dosyalarda ayrıntılı olarak anlatılmaktadır [26]. Yine de genel olarak kullanılan emsiyon düzeltme katsayılarının kullanıldığı parametreler Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1 : IVE Modelde kullanılan emisyon ayarlama faktörleri

Yer Ayarlama Faktörü		**Yakıt Kalitesi Ayarlama F.**		**Güç İsteği&Sürüş Ayarlama F.**	
1	Dış Ortam Sıcaklığı	6	Benzin Kalitesi	13	Sürüş Ayarı (mod dağılımı)
2	Dış Ortam Nemi	7	Benzindeki Sülfür	14	Yolun Eğimi
3	Ortalama Yükseklik	8	Benzindeki Kurşun	15	Havalandırma Kullanımı
4	Bakım/Koruma	9	Benzindeki Benzen	16	Başlama Ayarı(mod dağılımı)
5	Taban Emisyon Ayarı	10	Benzindeki Oksijen		
		11	Dizel Kalitesi		
		12	Dizeldeki Sülfür		

IVE Model ile; her bir teknoloji için yukarıdaki değişkenlere göre taban emisyon faktörü ($Q_{[t]}$) tespit edildiği taktirde, tüm araba filosu için başlangıç ve işletim emisyonu aşağıdaki formule dayanarak hesaplanabilir.

$$Q_{işletim} = D * (Ü_{LA4}/Ü_{C[t]}) * \sum_t \{f_{[t]} * Q_{[t]} * \sum_d (f_{[dt]} * K_{[dt]})\} \quad \textbf{(3.2)}$$

$$Q_{başlangıç} = N * \sum_t \{f_{[t]} * Q_{[t]} * \sum (f_{[st]} * K_{[st]})\} \quad \textbf{(3.3)}$$

Çizelge 3.2 : Değişkenlerin tanımları

Değişken	Tanımı
D	Sürülen tüm Km miktarı. Eğer D, 1 km olarak girilirse, emisyonun sonucu g/km olarak çıkacaktır.
$Ü_{LA4}$	FTP sürüş tipinin LA_4 kısmındaki ortalama hız = 31,8 km/sa
$Ü_{C[t]}$	t teknolojisi için sürüş çevriminin ortalama hız değeri. Genelde bu değer benzinli otomobiller, dizel otomobiller, otobüsler, … için farklı farklı olacaktır. Ayrıntılı bir çalışmada IVE Modelde bulunan 1400 teknoloji tipi için de ayrı ayrı girilmelidir.
$f_{[t]}$	t teknolojisi ile gidilen yolun, toplam alınan yola (D) oranı.
$Q_{[t]}$	t teknolojisi için daha önce bulunan ayarlanmış taban emisyon hızı. Bu değer başlangıç ve işletim durumu için ayrı ayrıdır.
$f_{[dt]}$	t teknolojisi ile her bir sürüş modunda ne kadar oranda zaman harcandığıdır. IVE Modelde toplam 60 sürüş modu ve 1400 teknoloji tipi vardır. Fakat tipik olarak benzinli otomobiller, dizel otomobiller, otobüsler,… için genel olarak birkaç tenoloji adı altında incelenebilir.
$K_{[dt]}$	her t teknolojisindeki her bir sürüş modu için ayarlama faktörü.
N	Araçların toplam sürüşe başlama sayıları. Eğer N, 1 olarak girilirse sonuç, araç filosunun 1 başlangıç başına düşen emisyon miktarını verecektir.
$f_{[st]}$	t teknolojisinde araçların başlarken ne kadar saat bekletildiklerinin dağılım oranı. IVE modelde 10 tane olası bekletme modu vardır.
$K_{[st]}$	t teknolojisinde her bir bekletme süresi için düzeltme faktörü.

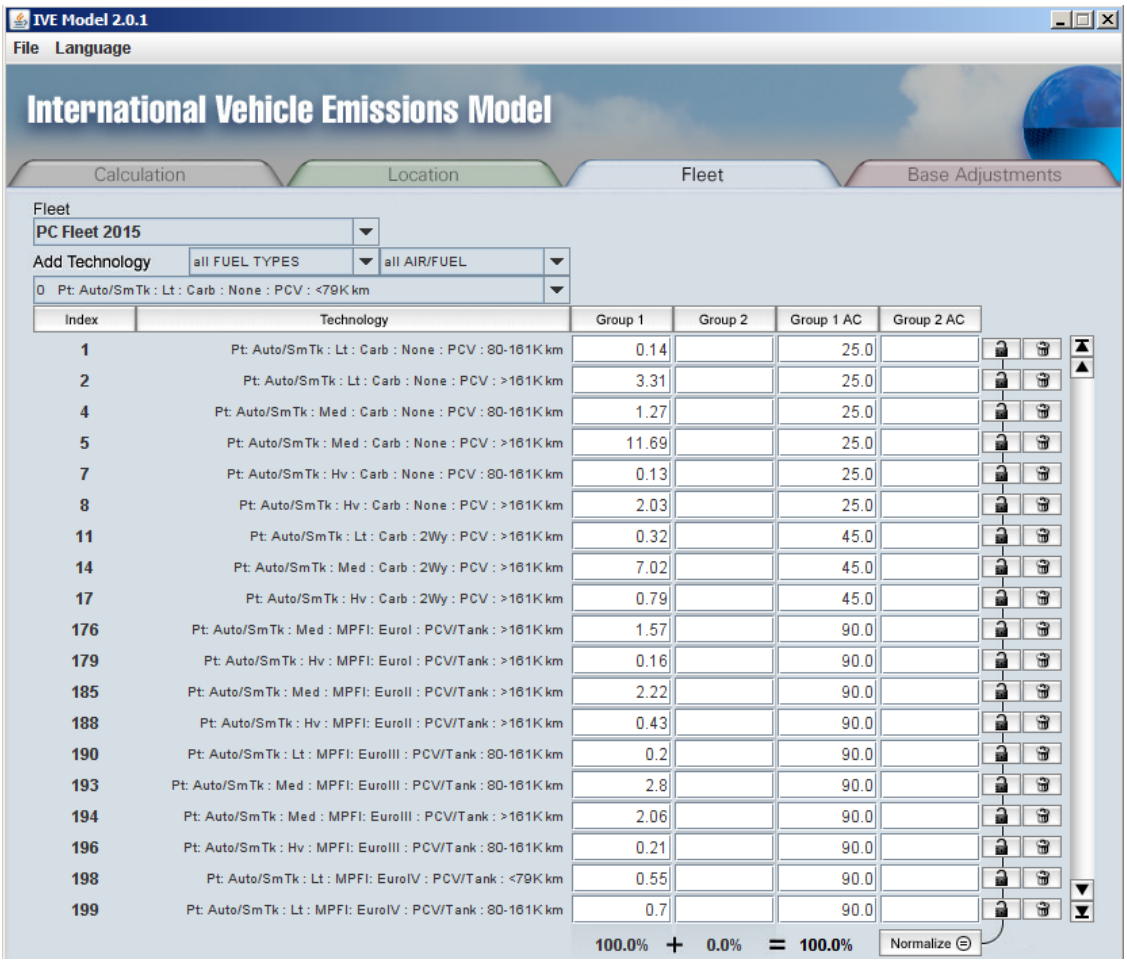
Yukarıdaki formülle ifade edilen $Q_{işletim}$ ve $Q_{başlangıç}$ günün her saati ve her bir yol tipi için değerlendirilebilir. IVE Model bu özelliklerin ayrı ayrı veya bir arada değerlendirilmesine izin veren bir programdır.

3.2 IVE Modelinin Arayüzleri

IVE Modelinin kullanımında 4 arayüz bulunmaktadır. Bu arayüzlerin temel fonksiyonları aşağıda belirtilmektedir.

3.2.1 Araç filosu arayüzü

Bir araç filosu teknolojisinin dağılımı için IVE Modelde gereken bilgiler, belli bir lokasyon için daha önce sınıflandırması yapılan araçların gidilen km bazında dağılımının yapılmasıyla ilgili bir arayüzdür. Şekil 3.2'de bu arayüz gösterilmektedir.



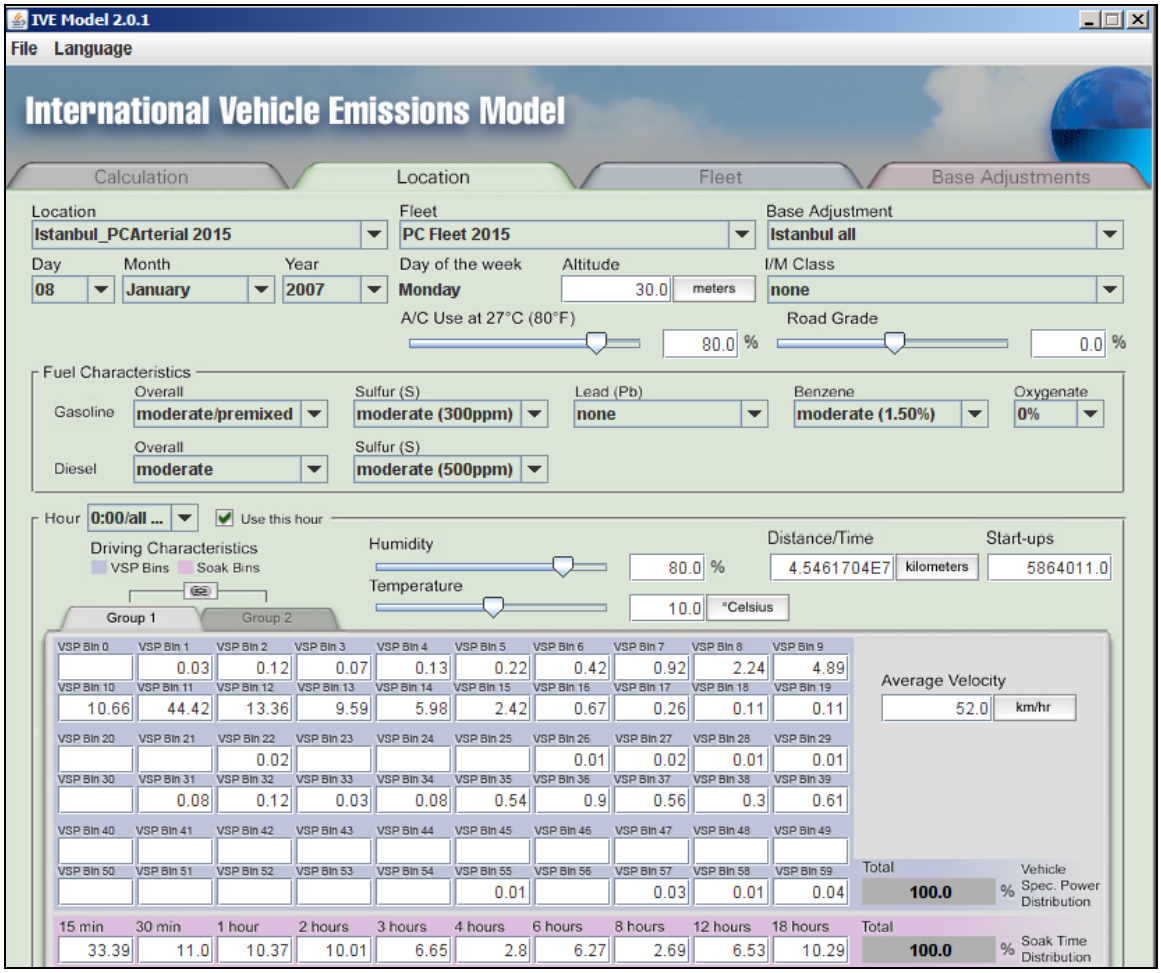
Şekil 3.2 : IVE Model Araç filosu (Fleet) arayüzü

Bu arayüzde bir araç filosu kapsamında farklı teknolojilerin seçilen bir alanda yol aldıkları km bakımından % dağılımları girilmelidir. Bunun yapılabilmesi için de öncelikle tüm motorlu taşıtların daha önce belirtilen esaslara göre sınıflandırılmış olması gerekmektedir. IVE Model, kullanıcıya bu bağlamda 1400 farklı teknoloji tipi sunmaktadır. Bu arayüzde Group 1 olarak görülen sütuna % dağılmın girilmesi ve sonuçta toplam belirtilen kısımda bu değerin 100'e eşit olması gerekmektedir.

Bunun dışında klimaya sahip araçların emisyonu da ayrı bir düzeltme faktörüyle çarpılacağından "Group 1 AC" olarak gözüken kısımda her bir teknoloji için sahip olduğu klimalı araç yüzdesi de girilmelidir. Group 2 olarak gözüken araç kısım , Group 1 araçlarının sağlaması olarak düşünülmüştür. Dolayısıyla Group2'ye ait olan alanların doldurulması zorunlu değildir.

3.2.2 Konum arayüzü:

Aşağıdaki Şekil 3.3'de, IVE Modelinin Konum (Location) için arayüzü bulunmaktadır. Bu arayüzde aşağıdaki bilgilerin girilmesi, emisyon hızını belirlemede her bir parametre için ayrı düzeltme faktörünün kullanılması anlamına geldiğinden çok önemlidir. [27]



Şekil 3.3 : IVE Model Konum (Location) arayüzü

1) Dış ortam bilgileri (yolun eğimi, dış ortam sıcaklığı, nemi… vs)
2) Yakıt kalitesi bilgileri (benzinli ve dizel yakıtların karakteri, içerdikleri önemli emisyon yaratabilecek bileşen miktarları)
3) Belirli bir lokasyon üzerindeki araçların işletim durumu, hızlarının ve ivmelerinin değerlendirilerek 60 işletim modu arasında % dağılımı (bunu belirlemek için test sürüşüne çıkarılan araçların saniyelik bazda alınan - aracın yavaşlaması, hızlanması gibi- sürüş bilgilerinin değerlendirilmesi. Test sürüşüne çıkarılan araç sayısı ne kadar fazla olursa, bu bilgi de o kadar güvenilir olacaktır) [27].
4) Belirli bir lokasyon üzerindeki araçların çalıştırılma (start pattern) bilgileri ve çalıştırılmadan önce bekletilme durumunun % dağılımı

3.2.3 Taban düzeltme emisyon faktörleri arayüzü:

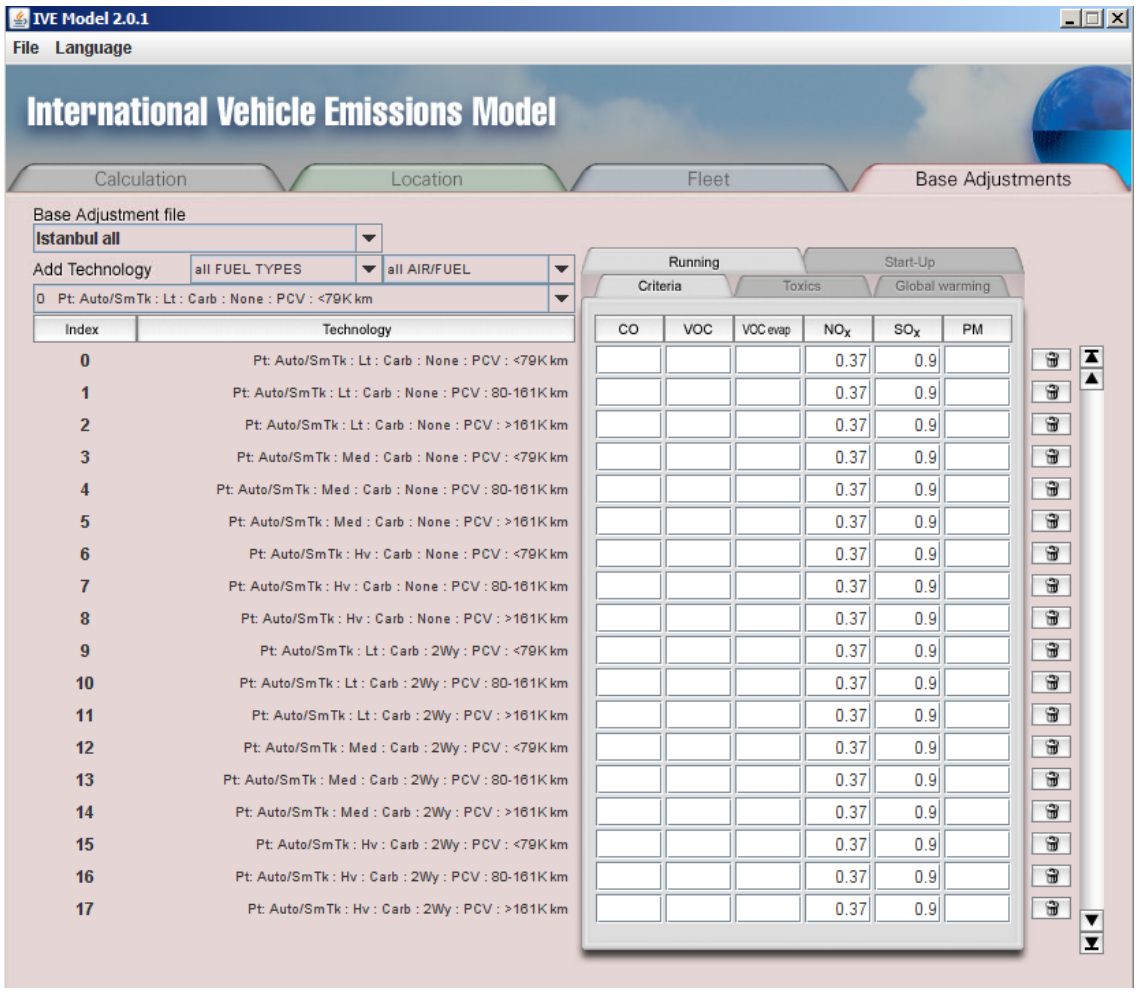
IVE Modeli, girilen verilere göre emisyon hesabını yaparken modeldeki her bir araç teknolojisi için işletim ve başlangıç durumunda ayrı ayrı olmak üzere bir taban emisyon hızı kullanır. Bu taban emisyonlar, Amerika'da standart koşullarda LA4 sürüş çevrimine (daha önce bahsedilen) uyarak çalıştırılan araçların çıkardıkları emisyonların dinamometre ölçümüyle tespitine dayanarak bulunan emisyon faktörleridir. Fakat bu sürüşler Amerika'da yapıldığı ve modelin uygulanacağı lokasyonun özelliklerini yansıtmayacağı düşüncesiyle kullanıcıya, kendi sürüş çevrimini istediği lokasyonda yapmasını ve aldığı sonuçları bu standart taban emisyon faktörüne bölerek bir düzeltme faktörü bulmasına olanak tanır. Emisyon hesabında, bu düzeltme faktörlerinin kullanımıyla, lokasyon bakımından doğacak sürüş tipi farklılıklarının sonuca etki etmesinin önlenmesi amaçlanmaktadır. Elde edilen bu katsayılara, Taban Düzeltme Emisyon Faktörleri (Base Adjustment Emission Factor) denir.

Aşağıdaki şekilde IVE Modelinin taban düzeltme emisyon hızı düzeltme faktörlerinin girildiği program arayüzü gösterilmektedir. Burada verilen katsayılar, sürüş çevriminde ölçülen kirleticilerin emisyon değerlerinin, daha önce Amerika'da LA4 sürüş çevriminde elde edilen sonuçlara bölünmesiyle bulunmaktadır. Bahsedilen bu dinamometre sonuçları programın içerisinde bir Excel dosyası içerisinde verilmektedir. Bu Excel dosyasında yaklaşık 1400 teknoloji için hem

işletme (running), hem de başlangıç (start) emisyonu için ayrı ayrı olmak üzere krtiter, sera gazı ve toksik kirleticiler için emisyon faktörü verilmektedir.

Yapılması gereken tek şey, olabildiğince çok miktarda motorlu taşıtla sürüş çevrimine çıkıp, emisyon değerlerinin ölçülmesi ve bu ölçüm değerlerinin, programla birlikte verilmiş olan emisyon değerlerine bölünüp, bulunan düzeltme katsayısının programda ilgili teknoloji için girilmesidir (bkn Şekil 3.4).

Bu tez kapsamında sürüş çevrimine çıkmak mümkün olmamaıştır. Fakat İstanbul'da da yapılmış olan bu çalışmanın sonuçları kullanılmıştır [IVE Model, İstanbul Manual]. İstanbul için daha önce elde edilen taban emisyon faktörü düzeltme katsayıları aynen kullanılmıştır.



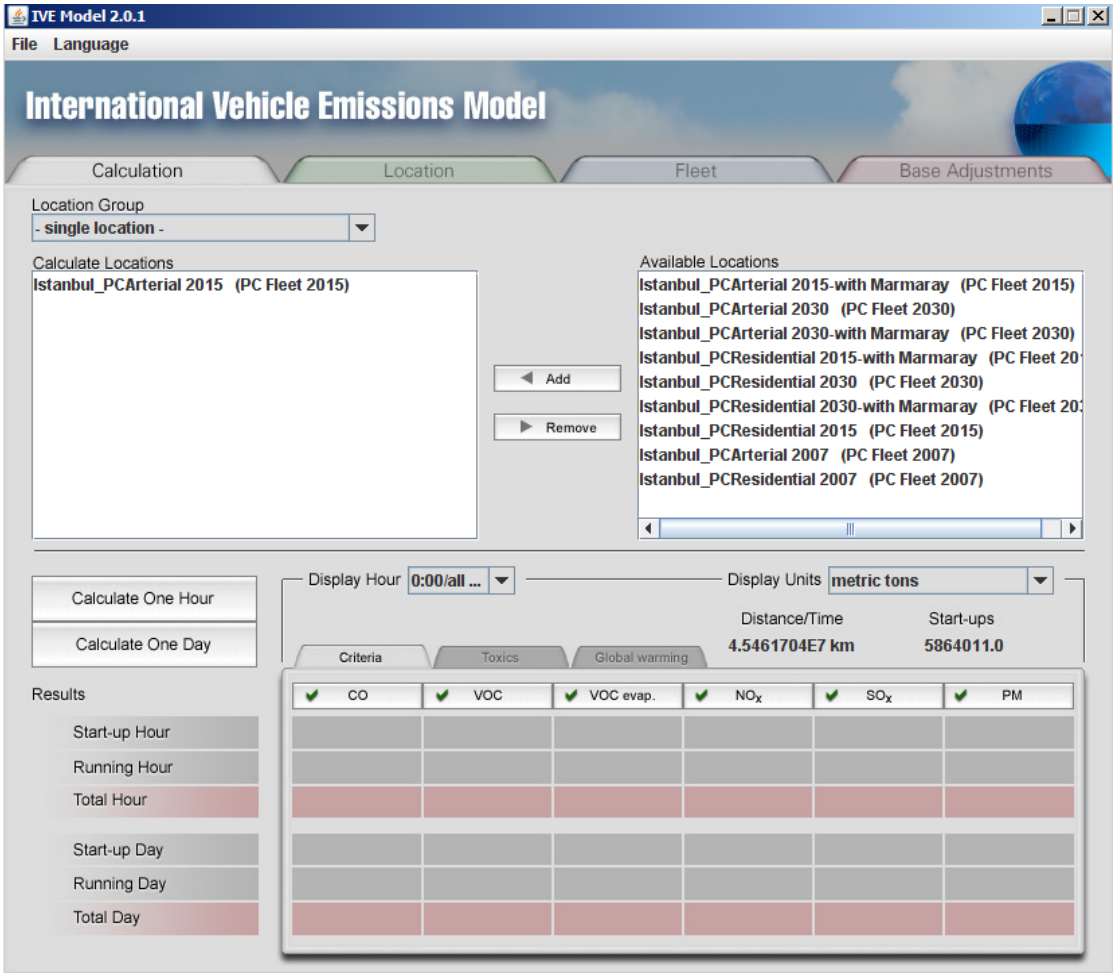
Şekil 3.4 : IVE Model Taban emisyon faktörü düzeltme katsayısı arayüzü

3.2.4 Emisyon Hesaplama Arayüzü

Aşağıdaki şekilde IVE Modelinin Hesaplama arayüzü gösterilmektedir. Bu arayüzde öncelikle emisyon değerlerinin hesaplanmasının istendiği lokasyon ve fleet grubu seçilmelidir. Buna göre, Uygun Lokasyon yazan kısımda ilk belirtilen lokasyon yeri, ardından parantez içinde yazılan kısım, girilen fleet kısmıdır.

Daha önce bahsedilen 3 arayüzde girilen verilere göre, en son bu hesaplama kısmında saatlik ve günlük bazda emisyon değerleri hesaplanmaktadır. Girilen lokasyon ve araç filosu bilgilerine göre 3 farklı emisyon türü için sonuç alınabilmektedir. Bunlar:

1. Kriter Kirleticiler: CO, VOC, VOC_{evap}, NO_x, SO_x, PM
2. Sera Gazı Kirleticileri: CO_2, N_2O, CH_4
3. Toksik Kirleticiler: Kurşun, 1.3 Butadien, Formaldehit, NH_3, Benzen



Şekil 3.5 : IVE Modeli Hesaplama arayüzü

4. TRAFİK EMİSYONU TESPİTİ VE KONUYLA İLGİLİ MODEL PROGRAMLARININ BAZI UYGULAMALARI

Trafik emisyonun belirlenmesinde dünya üzerinde çok farklı emisyon modelleri de kullanılabilmektedir. Bu bölümde, özellikle tez kapsamında kullanılan araç sınıflandırması, bir şehrin emisyon tespiti, araç teknolojisinden kaynaklanan emisyon farklılıkları,… vs gibi birkaç daha önce yapılmış araştırma ve elde edilen sonuçları incelenecektir.

1) Wang ve diğ. (2007) tarafından Şangay, Çinde yaptıkları bir IVE model uygulamasına göre, bu şehirdeki trafik emisyonu belirlenmeye çalışılmıştır [31].

Bu uygulmaya göre 2 haftalık bir süre içerisinde 9 tipik yol üzerinde gerek otoparklarda araç sayımları, gerek video kayıtlarının değerlendirilmesiyle Shangai caddelerindeki araç filosu karakterizayonu yapılmıştır. Yollar öncelikle işlek caddeler, anayollar ve otoyollar olmak üzere öncelikli 3 sınıflandırma yapılmış, ardından bu 3 sınıflandırmanın her bir kalemi için ayrıca zengin, orta ve fakir kısım diye ayırım yapılarak toplam 9 parça olarak değerlendirilmiştir.

Araç filosunun belirlenemsinin yanında, bir aracın aktivitesinin belirlenmesinde araçlar GPS (Küresel Koordinatlama Sistemi) ile izlenerek saniyelik bazda hızlanma ve ivmelenme eğilimleri, aracın bulunduğu yerin tespiti gibi sonuçlar elde edilir. Bunun dışında aracın çalıştırılma durumunun tespiti (kaç kez motorun çalıştırıldığı ve ne kadar bekletildikten sonra çalıştırıldığı) ayrıca belirlenmiştir.

IVE Model'de girilmesi gereken en önemli faktörlerden biri aracın katettiği mesafedir. Fakat bunun o saatlik dilim için yoldan geçen her araba için bilinememesi durumu düşünülerek, aracın yıllık kullanılma durumundan yola çıkılarak bulunmuştur.

Bunlara göre yapılan çalışmada Şangay'da emisyon tespiti yapılan şahsi otomobil, taksi, motosiklet, otobüs ve kamyon motorlu taşıtları için IVE Model'de CO, VOC, NO_x ve PM için sırasıyla $57.06x10^4$ t, $7.75x10^4$ t, $9.20x10^4$ t ve $0.26x10^4$ t araç emisyonu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar şahsi araba, taksi, motosiklet , otobüs ve

kamyon için toplam değer olarak tespit edilmiştir. Bu emisyonun %20'lik kısmı başlangıç aşamasında üretilmiştir.

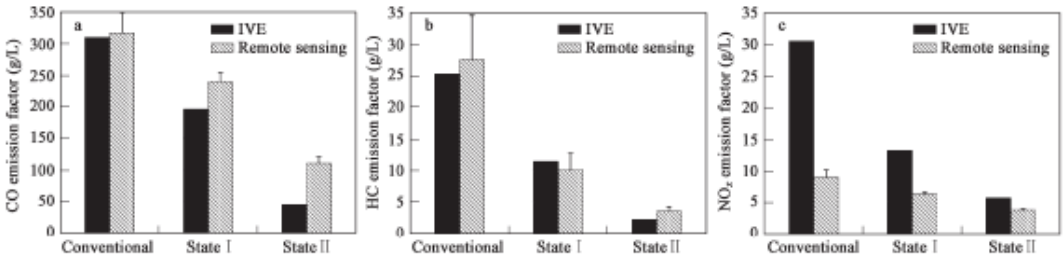
Bunun dışında üretilen toplam NO_x'in %65'i ve PM'nin 56'sı ağır taşıtlardan oluşurken; VOC'un %45'i ve PM'in %36'sı moped ve motosikletlerden oluştuğu görülmüştür. Hafif motorlu taşıtlar ise başlıca CO emisyonunun kaynağıdır.

Yollara göre yapılan emisyon tespitinde ise, araç emisyonlarının yaklaşık %50'lik payının anayollar üzerinde oluştuğu gözlenmiştir. Bunun sebebi olarak trafiğin ağır olması ve hızlanma-yavaşlama sürüş modunun bu yollarda sıklıkla değiştiği gösterilmektedir [31].

2) Hui ve diğ. (2007) tarafından Çin'de (Hangzhou) yaptığı bir çalışmada yine IVE Model'le ilgili olarak,bu modelde sadece FTP sürüş verilerine göre elde edilen teorik emisyon faktörlerinin, aktif sürüşten elde edilen sonuçlarla kıyaslanması yapılmıştır [32].

Bu çalışmada, otomobiller motor hacmine ve model yılına göre ayrı inceleme gruplarına ayrılmış ve bu sınıflandırmaya göre aktif sürüş çevirimine çıkarılmış , CO, HC ve NOx emisyonları tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlar IVE Modelin normal bir FTP sürüşünde EPA'nın kayıtlarında olan emisyon faktörleri ile karşılaştırılmıştır. Bir diğer deyişle IVE Model'de ayrı bir bölüm olan ve 3.2.3'de incelenen taban emisyon faktörlerinin bulunmasının emisyon tespitindeki önemi belirlenmiştir.

Burada elde edilen sonuçlara göre, benzinli otomobillerin kentsel trafikte, ısınmış motorla yaptığı yolculukta trafikte elde edilen emisyon değeri ile , IVE Model'de belirlenen değerin arasında HC bakımından incelendiğinde, araç motor hacmine ve model yılına bakılmaksızın birbirine çok yakın sonuçlar elde edildiği; CO bakımından gene bir yakınlık olduğu fakat NOx bakımından aynı yakınlığın bulunamadığı belirlenmiştir. (Bknz. Şekil 4.1.) Burada **"conventional"** olarak belirtilen araçlar, 1992-1999 model arasındaki otomobiller; **"State 1"** olarak gösterilen araçlar, 2000-2003 senesi modelleri ve **"State 2"** olarak gösterilen araçlar ise 2004-2005 senesini içeren modelleri kapsamaktadır.



Şekil 4.1 : Benzinli taşıtın sürüş sırasındaki emisyonunun literatür ile kıyaslaması

Bu çalışmayla özellikle sürüşte elde edilen değer ile modelde elde edilen değer arasında büyük farklılıklar olan kirletici tipleri için, IVE Model'deki 3.2.3'de belirtilmiş olan arayüz kullanımının, bu farklılıkları azaltmak için programda kullanılması gerektiği gibi bir sonuç çıkarılmaktadır [32].

3) Soylu (2007) tarafından Türkiye'de yapılmış bir çalışmaya istinaden ülkede trafik kaynaklı emisyonun tespiti yapılmak istenmiş ve bunun sonucunda elde edilen değerlerin azaltılması için değişik azaltıcı senaryoların % kaç CO_2, HC, NOx ve PM emisyonunu etkileyebileceği incelenmiştir. Bu çalışma boyunca IVE Model'in benzeri bir başka program olan COPERT III modeli kullanılmaktadır [33].

Bu çalışmada öncelikle Türkiye'nin araç sınıflandırmasını yaparken TÜİK verilerinden yararlanılmış ve çeşitli yıllar için motorlu taşıt artış hızları belirlenerek, yıllık otomobil, minibüs, kamyon,… vs. sayıları belirlenmiş. Modele input olarak girilmesi gereken motorun hacmi, bağlı olduğu Euro standardına göre yapılan sınıfalndırması ve bunlara bağlı olarak farklı yakıt tiplerine göre tüketim miktarları belirlenmiştir

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, otomobillerin CO ve HC emisyonlarında, ağır taşıtların ise PM, NO_x ve SO_2 emisyonunda başlıca kaynak olduğu söylenebilmektedir. (Bkn. Çizelge 4.2)

Bu çalışmanın 2. kısımında Türkiye'de otomobilden kaynaklanan emsiyonu azaltabilmek amacıyla 4 farklı senaryo belirlenmiş ve bu senaryolara uyulması halinde CO_2, HC, CO, NO_x ve PM emisyonundaki etkilenişin nasıl olacağı incelenmiştir.

Belirlenen bu senaryolar;

(1) EURO standardı öncesi araçların %10'unun yenileriyle değiştirilmesi

(2) %10 eski olan otomobillerin, eski toplu taşıma araçlarıyla değiştirilmesi

(3) Kentsel ortalama trafik hızının 5km/sa artırılmış olması, trafik planlanmasının iyileştirilmesi

(4) Motorsikletlerde ve mopetlerde 2-çekişli araçların, 4-çekişli hale getirilmesi

Bu çalışma sonunda aşağıdaki Çizelge'deki son uçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.1: Karayolu ulaşımında değişik alternatiflerin azaltılmış sonuçları

Transport parameters	**FC**	**CO_2**	**HC**	**CO**	**NO_x**	**PM**
Baseline	100	100	100	100	100	100
10% fleet renewal	97	97	88	83	91	89
Shift to public transport	98	98	92	85	99	101
Faster urban traffic	97	97	92	90	98	96
Shift to four-stroke	100	100	88	102	100	100

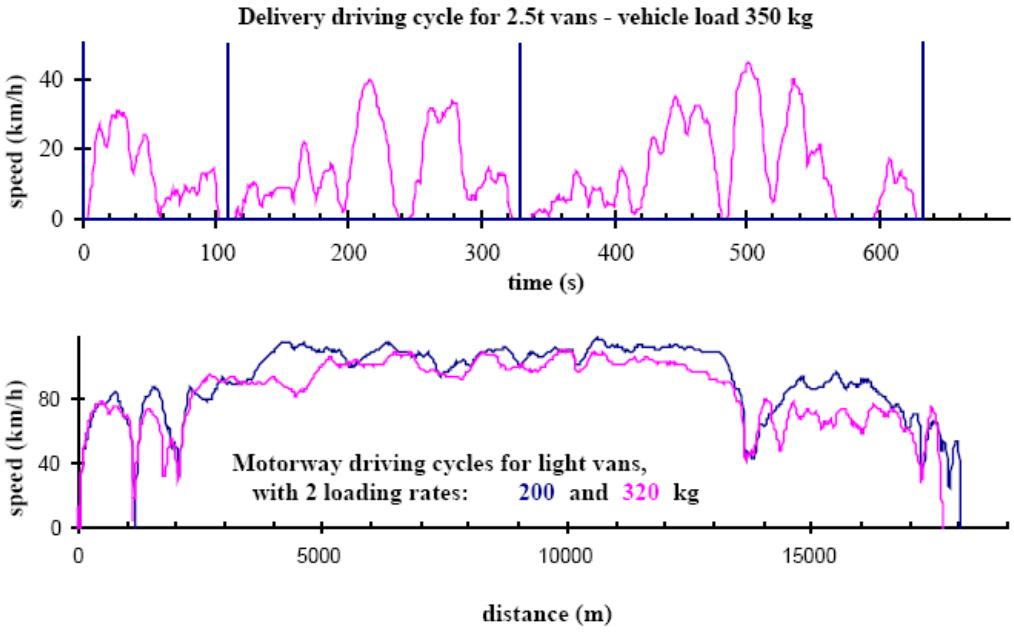
Buradan hareketle, (1) nolu yöntemin CO, HC, NO_x ve PM azaltımında en etkili yol olduğu belirlenmiş. Bundan başka (2) nolu yöntemin HC ve CO emisyonunu 100 birimden, sırasıyla 92 ve 85 birime düşürürken, NO_x ve PM'de herhangi bir değişiklik gözlemlenmez. (3) nolu yöntemin NO_x'de değişiklik yapmaz iken, HC, CO ve PM emisyonunu 100 birimden sırasıyla 92, 90 ve 96 birime düşürdüğü görülmektedir. (4) nolu yöntemde motosikletlerde yapılacak bu değişiklik ise HC emsiyonunu 100 birimden 88 birime düşürmeye neden olmaktadır [33].

4) Joumard ve diğ. (2003) tarafından Fransa'da yapılmış bir başka çalışmaya göre ise, 39 özel hafif motorlu taşıt toplam 78000km ve yaklaşık 9800 aktif sürüş çevrim yöntemi ile incelenmiş ve monitorlanmıştır. Çalışmanın sonunda, her bir araç kategorisi için sürüş, üzerindeki yük ve işletme durumu incelmesi yapılmıştır. Bunun ardından başka bir deneyde 29 dizel hafif taşıtlı araç aynı sürüş çevirimlerini kullanarak dinamometre ile kinematikleri ve üzerindeki yük miktarları değiştirilerek test edilmiştir ve bunun sonucunda aracın ortalama sürüş çevirim hızının, yükünün ve araç kategorisinin CO, HC, NO_x, CO_2 ve partiküler madde emisyonuna etkisi COPERT III modeli kullanılarak incelemesi yapılmıştır [34].

Çalışmanın başında hafif motorlu taşıtlar şu şekilde 4 sınıfa ayrılmış: (1) ticari araçlar (2) hafif minivan tipler (3) 2,5 tonluk minivan'lar (4) 3,5 tonluk minivan'lar.

Buna göre kategorisi belirlenmiş bu 39 araç 1 ay boyunca normal olarak sahipleri tarafından işletilmiş. Bunun yanında hızları, sıcaklıklar ve üzerindeki yükler kaydedilmiş. Bu inceleme süresi sonunda 39 aracın toplam 78000km gittiği ve 9800 seyahat yaptığı belirlenmiş. Kaydediş süresi her bir araca yaklaşık 1 ay süre verilerek toplam 1200 gün sürmüştür. Bu incelemenin sonunda her bir araç kategorisi için uygun spesifik bir sürüş karakterizasyonu belirlenmiştir. Örneğin küçük şahsi arabaların günlük kullanımları genelde daha fazla olurken; ticari araçlar ve 3.5tonluk minivanların uzun yollar için kullanıldıkları belirlenmiştir.

Elde edilen kinematik verilere göre araçların anlık hızları ve ivmelerine göre homojen kinetik gruplara ayrılması ile de birçok aracın aynı hızlanma değerini göstermesiyle hızların kararlılık durumu incelenirken, her bir araç tipi için sürüş çevirim tipi belirlenmiştir (Bkn Şekil 4.2).



Şekil 4.2 : 2,5 tonluk bir minivan için uygun sürüş çevirimin belirlenmesine örnek ve yüklü-yüksüz durumu için karayolu sürüş tipinin belirlenmesi

Yukarıdaki şekilde örnek olarak gösterildiği gibi her bir hafif motorlu taşıt için uygun sürüş çevirimi, belirlendikten sonra, bu sürüş çevirimleri esas alınarak sıcak motorla 209 emisyon testi yapılmış ve sonunda CO, CO_2, HC, NO_x ve PM emisyonu tespit edilmiştir ve CO, NO_x ve PM için aşağıdaki gibi hızlara göre sonuçlar çıkarılmıştır. Emisyonların genel olarak 50-70km/sa'e kadar düştüğü, sonra arttığı gözlemlenmiştir. Bunun dışında;

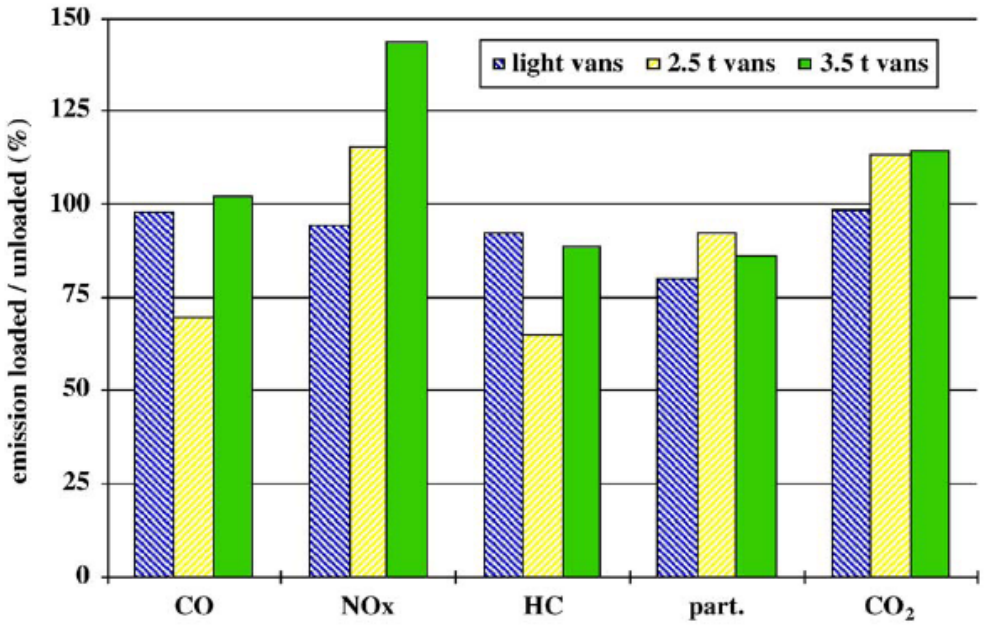
CO ve HC: Tüm araç kategorileri için 70-100km/sa arasında yavaş emisyon artışı

NO_x: Ticari ve hafif minivanlar için en az emisyonun 60km/sa, 2,5 ve 3,5 tonluk minivanlarda ise 50 km/sa civarında çıktığı

CO_2: En az emisyonun ticari araç ve hafif minivanlar için 65 km/sa civarında, diğerleri için 60 km/sa civarında çıktığı belirlenmiştir.

PM: 2,5 ton ve hafif minivanlar için bir genelleme yapılamamıştır. Fakat ticari araç ve 3,5 tonluk minivanlarda en düşük emisyonun 50 km/sa civarında ortaya çıktığı görülmüştür.

Bunun dışında günlük kullanımda yüklü olan taşıtlar (otomobiller hariç) için yüklü ve yüksüz oldukları durumlara ayrı birer inceleme yapılmıştır. (bkn. Şekil 4.3)Yükün incelenmesinin sebebi, bir aracın yük durumunun sürüş tipine direkt etkisinin olabilebileceği düşüncesidir. Örneğin, bir taşıtın yavaş hızının sadece o aracın sürüş karakterizasyonuna bağlamak, yüklüyken de yavaş gidebileceğini gözden kaçırmak demektir.



Şekil 4.3 : Yüklü ve yüksüz durumlar için emisyon değişimi (ticari otomobil hariç)

Bu şekle göre, bir aracın yüklü olmasının genellikle CO, HC ve PM emisyonunu azalttığı, NO_x ve CO_2 emisyonunu artırdığı gözlemlenmiştir [34].

5. İSTANBUL'DA ULAŞIM VE MARMARAY PROJESİ

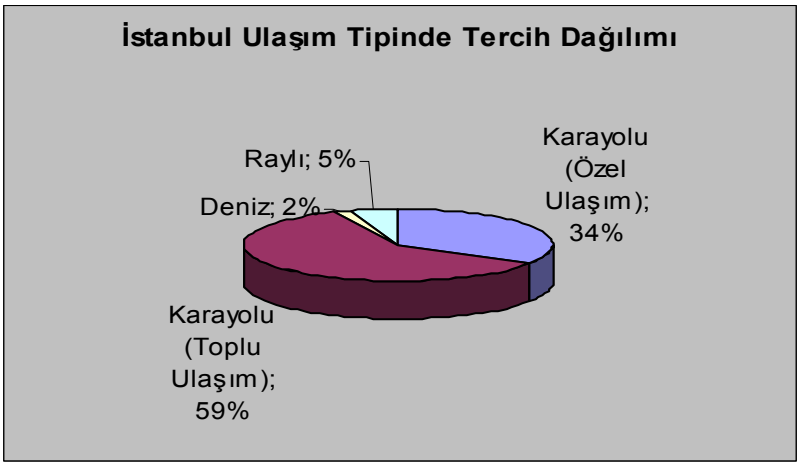
İstanbul Büyükşehir Belediyesi son yıllarda cari nüfus artışı ile birlikte araba sayısında ve ekonomik büyüme ilişkili büyük araç sayısının yüksek artış oranı ile karşı karşıyadır. Bugüne kadar İstanbul'daki trafik sorununun önüne çeşitli projelerle geçilmeye çalışılmıştır. Örneğin, 1973 yılında İstanbul Boğazı'nın inşası, ardından 1988 yılında TEM otoyoluna bağlanan Fatih Sultan Mehmet köprüsünün inşası, toplu taşıma sisteminde akbil esasına geçilmesi… vs. Fakat bu çarelerin hiçbiri artan otomobil sayısının önüne geçip, İstanbul'da ulaşım sorununun önüne geçememiştir. Bunun üzerine araba artışının önüne geçebilmek, emisyonu da azaltabilmek amacıyla , İstanbul'da tamamen çok güçlü bir karayolu ulaşım alternatifi oluşturulmak istenmiştir. Bunun dışında yurtdışında buna bir çare olarak kullanılan banliyö kullanımının, İstanbul'da, düşen komfor, yatırımların azlığı sebebiyle eskimesi gibi özellikleri nedeniyle çok tercih edilen bir ulaştırma sistemi olmadığı görülmüştür. Bu nedenlerle, Boğaz Geçiş trafiğini içine alan ve bunun dışında İstanbul Asya ve Avrupa yakasında mevcut banliyö sistemini gerek rayları, gerek istasyonları, trenleri, güzergahları, hizmet biçimi olarak tamamen yenilemeye dayalı bir ulaşım alternatifinin devreye sokulmasına neden olmuştur.

Bu bölümde, mevcut İstanbul'daki ulaşım tipi incelendikten sonra; Marmaray Projesinin tanımı ve bu Proje'nin İstanbul'un mevcut ulaşımını nasıl etkileyeceği konusundaki hesaplara yer verilecektir. Bu hesaplarda Marmaray Projesi'nin %100 kapasiteyle kullanıldığı durum için, banliyöyü kullanan insanların kaçının arabasından vazgeçeceği konusu esas alınmıştır.

5.1 İstanbul'da Ulaşım (Mevcut Durum)

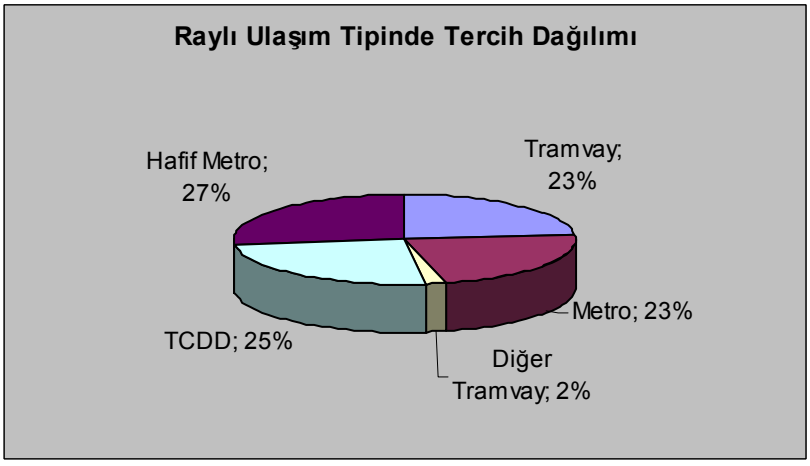
Aşağıdaki Şekil 5.1'de İstanbul'da ulaşım ağında kullanılan sistemlerin, IETT 2005 yılı raporundan alınan sonuçlara göre %'lik payları gösterilmektedir. Bu tablolara göre ulaşımda toplu taşıma sistemi içerisinde karayolu toplu taşıma tipleri (minibüs, otobüs, dolmuş,… vs.) çok önemli bir yüzdeyi alırken; Otomobil kullanımı (özel

kullanım) da ikinci önemli sırada yer almaktadır. Bunları da Raylı ve deniz ulaşım alternatifleri takip etmektedir [1].



Şekil 5.1 : İstanbul'da ulaşım alternatiflerinin dağılımı

Dünyadaki metropol şehirlerin etkin kitle taşıma sistemi olan raylı taşıma hizmetine de metro, hafif metro ve tramvay da dahil olmak üzere son yıllarda çok yeni projeler gerçekleşiyor olsa da, İstanbul'da çok geniş ulaşım ağı olan banliyö hatlarının kulanımı, karayollarındaki toplu taşıma ile rekabet edememektedir. Raylı Ulaşımda kullanılan taşıtların % dağılımı ise aşağıdaki Şekil 5.2'de IETT 2005 yılı raporlarından alınan sonuçlara göre verilmektedir [1].



Şekil 5.2 : İstanbul'da ulaşım alternatiflerinin dağılımı

Bu ulaşım tiplerinin İstanbul Ulaşım ağındaki dağılımının sayılarla ifadesi ise aşağıdaki Çizelge 5.1'den görülebilir [1].

Çizelge 5.1 : İstanbul Ulaşımının Mevcut Durumu 2006

	Alt Taşıma Birimleri	Taşıma Miktarı (yolcu/gün)	Birim	Taşınan Yolcu/gün	Ulaşım %si
DEMİRYOLU	***Banliyö***	156.000	1%	156.000	**1%**
	Metro,H.-Metro,Tramvay	451.300	4%	463.650	4%
	Diğer Raylı Taşm.	12.350	0%		
KARAYOLU	***Şehir otobüsü (IETT)***	1.400.000	12%	6.571.000	58%
	Servisler, Minibüsler	4.811.000	42%		
	Taksiler	360.000	3%		
	Özel Otomobiller	3.912.000	34%	3.912.000	**34%**
DENİZYOLU	***IDO Feribot***	179.000	2%	251.000	2%
	Diğer Feribotlar	72.000	1%		
	TOPLAM	***11.353.650***	***100%***	***11.353.650***	***100%***

Marmaray projesi her ne kadar toplu taşıma sisteminde yukarıdaki tabloda gösterilen dağılım yükünü dağıtacak olsa da; bu çalışmada Marmaray Projesi'nin sadece otomobil kullanımına olan etkisi incelenecektir. Buna göre, bu çalışmada yapılacak olan ulaşımda **%1**'lik etkiye sahip olan banliyö kullanımının, ulaşımda **%34**'lük paya sahip özel otomobil kullanımından % kapması durumda, hava kirliliğine yapacağı etki belirlenmiş olacaktır.

5.1.1 Karayolu ulaşımı

Asya ve Avrupa yakasına yayılan İstanbul'da, Şekil 5.1'den görüldüğü üzere, toplam ulaşım içinde kara taşımacılığı yüzde 93 ile aslan payına sahiptir. Bunun yanında demiryolu taşımacılığının payı yüzde 5 ve deniz taşımacılığının payı ise yüzde 2 civarındadır.

İstanbul nüfus yoğunluğuna da bağlı olarak, Türkiye'de araç sayısının en yüksek olduğu ildir. Karayolları Bölge Müdürlüğünden alınan bilgiye göre 2007 yılı itibariyle kayıtlı araç sayısı 2.538.742 olup, Boğaz Köprülerinden günde toplam 403.712 araç geçiş yapmaktadır.Kentin ana akslarında ve çalışma alanlarının yer aldığı Avrupa yakası ile konut ağırlıklı Anadolu yakası arasındaki Boğaz

geçişlerinde ulaşım, kentlilerin günlük yaşantısında büyük zaman kayıplarına yol açmaktadır.

Bunun yanında, İstanbul'un iki yakasının ulaşım sorununun çözümü için inşa edilen köprüler, kent ulaşım sistemini karayoluna ve özel ulaşıma bağımlı hale getirmiştir. Her ne kadar bu sorunu engellemek için 3.köprü yapılması da düşünülse, bu çözümün de otomobil artışını azaltamayacak olması sebebiyle, kalıcı bir çözüm olamayacğı öngörülmektedir.

Bu sebeple düşünülen ulaşım alternatifi, İstanbul'da çağdaş bir kent yaşamı ve kentsel ulaşım olanakları sunabilen ve elektrik enerjisi kullanarak çevreyi kirletmeyen, bireysel ulaşıma ve karayoluna bağımlılığı azaltan, yolları otopark alanına dönüştürmeyen raylı sistemlerin geliştirilmesi gibi kalıcı çözümler üretme yoluna gidilmektedir.

5.1.2 Demiryolu ulaşımı

Ülkemizdeki demiryolu taşımacılığı, sistemin esnekliğinin ve performansının yetersizliği nedeniyle, bu türe özgü yük trafiği talebini karşılayamamaktadır. Yolların tek hatlı olması, buna karşın yalnızca yüzde 17'sinin sinyalizasyonlu olarak işletilebilmesi, geçirgenliği çok düşürmektedir. Ulaşım hızının düşüklüğüne işletme koşullarından kaynaklanan gecikmeler de eklenince, hizmet düzeyi azalmakta ve kaynak tüketimi artmaktadır.

Bu sebeple 1989-1994 döneminde, ülkemiz demiryollarının yurtiçi taşımacılıktaki payı, yolcu taşımacılığında (yolcu-km cinsinden) yüzde 3,8'den yüzde 2,9'a düşmüştür. Oysa özellikle Avrupa ülkelerindeki demiryollarının yük ve yolcu taşımacılığındaki payı, sırasıyla yüzde 20-30 ve yüzde 10-15 arasında değişmektedir.

İstanbul'da şu an TCDD tarafından işletilen banliyö sisteminin özellikleri, Asya ve Avrupa yakasında ayrı olmak üzere aşağıdaki Çizelge 5.2'de verilmektedir [1].

Çizelge 5.2 : Banliyö trenlerinin mevcut durumu

MEVCUT BANLİYÖ DURUMU- 2006 VERİLERİ			
	Asya	**Avrupa**	**İstanbul (Genel)**
Uzunluk (km)	44,67	27,63	**72,3**
Ortalama Hız (km/saat)	38	32	**35**
Ortalama Seyahat süresi (dakika)	70	50	**120**
İstasyon Sayısı	28	18	**46**
Gidiş-Geliş Sayısı/Gün(toplam 2yönde)	116	114	**230**
Yoğun Saatteki Sefer Aralıkları (dakika)	15	15	**15**
Normal Saatteki Sefer Aralıkları (dakika)	20	20	**20**
Tren Kapasitesi (kişi/1 geçiş)	1.090	1.448	**1.269**
Taşınan max insan sayısı/ gün	126.440	165.072	**291.870**

5.2 Marmaray Projesi

Marmaray Projesi, İstanbul'da Avrupa yakasında Halkalı ile Asya yakasında Gebze ilçeleri arasında mevcut yapımı devam eden ve planlanan raylı sistemlerle bütünleşecek bir "Boğaz Demiryolu Geçişi" nin projesi ile mevcut Banliyö Demiryolu hatlarını İstanbul Boğazı altında bir tüp tünelle birleştirmeyi amaçlayan bir projedir.

76 km uzunluğunda olacak olan Demiryolu Boğaz Tüp Geçişi (Marmaray) projesinin geliştirilmesi İstanbul yolcu taşımacılığı trafiğinin iyileştirilmesi ve Avrupa ile Asya arasındaki demiryolu taşımacılığının kesintisiz olarak devam etmesinin sağlanması açısından büyük öneme sahiptir. Bu demiryolu güzergahı, Bulgaristan'dan başlayıp Gürcistan'a kadar devam edecek olan Avrupa ve Asya arasındaki en kısa demiryolu bağlantısının en önemli bölümünü oluşturmaktadır. Böylece Boğazlar'dan geçilerek Doğu – Batı demiryolu koridorunda kesintisiz bir geçiş sağlanmış olacaktır. Maramaray Projesi DLH tarafından planlanmış ve inşaatına 2004 yılında başlanmıştır. Japon Kredi Kuruluşları'ndan biri ile projenin finansmanı konusunda anlaşma sağlanmış ve proje başlatılmıştır.

Marmaray Demiryolu Tüp Geçidi, yoğun İstanbul trafiği için de bir seçeneck olacaktır. Trafik sıkışıklığı ve hava kirliliğiyle ilgili giderek artan sorunların çözümünü kolaylaştıracaktır. Projenin tahmini maaliyeti 2.913 milyar ABD Dolarıdır. Sistemin kapasitesi, mevcut köprülerden bir tanesinin kapasitesinden 10-12 kat daha fazla olacaktır.

Marmaray projesi (bkn Şekil 5.3),

1) Boğaz geçişi olarak batırma tüp tünel, delme tüneller, aç-kapa tüneller, hemzemin yapıların ve 3 yeni yeraltı istasyonunun inşaası,

2) Mevcut Hatların iyileştirilmesi olarak 36 yerüstü istasyonunun yenileme ve iyileştirme çalışmalarai, yerüstüne inşa edilecek olan yeni bir üçüncü hattın inşası

3) Elektrikle çalışan modern demiryolu araçlarının temini ile gerçekleştirilmiş olacaktır.



Şekil 5.3 : Marmaray Projesi

Proje, şu anda dünyadaki en büyük ulaşım altyapı projelerinden birisidir. Yukarıdaki Şekil 5.3'den de görülebileceği üzere, Marmaray Projesi bünyesinde kırmızı olan kalın çizgiler şu an mevcut fakat iyileştirilecek olan hatları, beyaz kalın çizgi ise yeni inşa edilecek Boğaz geçişini sağlayacak tüp geçitin güzergahını göstermektedir. Bunun dışında diğer çizgiler, yapılması planlanan diğer metro projelerinin güzergahını göstermektedir. Fakat bu hatların yapacağı iyileştirme, çalışma kapsamında incelenmeyecektir.

Bu projeyle;

• Kent ulaşımı içinde Raylı Sistemlerin payının artması ve Marmaray Projesine entegre olacak diğer raylı sistemlerin de işler hale gelmesiyle İstanbul ulaşımındaki raylı sistem payının yükseltilmesi hedeflenmektedir.

• Yolculuk süreleri kısalacak,

• Mevcut Boğaz Köprülerinin yükü hafifletilecek,

• İstanbul trafik sorununa kalıcı bir çözüm getirilerek trafik kazaları en az seviyeye indirgenecek, yollardaki otomobil ve otobüs sayısı azaltılarak karayolu araç trafiğini rahatlatmasının yanında, özel otomobil kullanıcılarına da hızlı bir ulaşım seçeneği sunacak,

• Trafikte daha az motorlu taşıt kullanılması nedeniyle enerji tasarrufu sağlanarak, daha az hava kirliliği ve gürültü kirliliği olacağından

• Tek yönde 10.000 yolcu kapasiteli mevcut banliyö hattı, diğer raylı sistemler ile entegrasyonu sağlanmış saatte tek yönde 75.000 yolcu taşıyabilecek konforlu, modern ve güvenli bir banliyö sistemine dönüştürülmüş olacaktır.

• Proje kapsamında, mevcut durumda iki olan hat sayısı üçe çıkarılarak, metro sistemine dönüştürülüp, 3. hat TCDD'nin şehirlerarası ve yük trenlerine ayrılacaktır.

5.2.1 Marmaray Projesi'nin güzergahı

Marmaray Projesi kapsamında Gebze-Halkalı arasındaki mevcut demiryolu çift hattının tamamen yenilerek ve iyileştirilerek 3. hat ilavesi ile Metro sistemine dönüştürülmesi hedeflenmiştir.

3 hatlı Metro sistemi Avrupa yakasında Kazlıçeşme'den, Anadolu yakasında da Söğütlüçeşme'den itibaren çift hatta düşürülerek yeraltından kara tünelleriyle İstanbul Boğaz'ına eriştirilecek ve Boğaz geçişi de gene çift hat olarak batırma tünelle sağlanacaktır. Hat, Kazlıçeşme'de çift hatta düşürülerek yeraltına girecek; yeni yeraltı istasyonları olan Yenikapı ve Sirkeci boyunca ilerleyecek, İstanbul Boğazının altından geçecek, ve diğer bir yeni yer altı istasyonu olan Üsküdar'a bağlanıp, Söğütlüçeşme'de tekrar yüzeye çıkacak ve 3 hat olarak devam edecektir.

Böylece, Avrupa yakasında Halkalı ile Asya yakasında Gebze arasında kesintisiz, modern ve yüksek kapasiteli bir demiryolu banliyö sistemi kurulmuş olacaktır.

5.2.2 Yolculuk süreleri ve mesafeler

Halkalı'dan Gebze'ye bir yolculuk, Sirkeci'den Haydarpaşa'ya feribotla geçiş dahil olmak üzere, tipik koşullar altında 185 dakika sürmektedir. İyileştirilmiş banliyö demiryolu sistemi hizmete açıldığında, bu yolculuğun (feribot kullanımına gerek kalmadan, tek bir banliyö kullanımıyla) 105 dakika sürmesi öngörülmektedir.

Yukarıda belirtilen durum dahil olmak üzere, yolculuk süresi ile ilgili diğer örnekler, aşağıda liste halinde sunulmuştur:

- Gebze ve Halkalı arası 105 dakika
- Bostancı ve Bakırköy arası 37 dakika
- Söğütlüçeşme ve Yenikapı arası 12 dakika
- Üsküdar ve Sirkeci arası 4 dakika

5.2.3 Marmaray Projesi anahat işletme planı

Marmaray Projesi kapsamında Gebze-Halkalı arasındaki mevcut demiryolu çift hattının tamamen yenilerek ve iyileştirilerek 3. hat ilavesi ile Metro sistemine dönüştürülmesi hedeflenmiştir. (bkn. Şekil 5.4)



Şekil 5.4 : Marmaray Projesi boğaz geçişi

Üç Hattan ikisi üzerinde banliyö işletmesi yapılacak, üçüncü hat üzerinde ise şehirlerarası yolcu ve yük trenleri çalışacaktır. Bu sayede İstanbul yaklaşık 76 km uzunluğunda kesintisiz bir doğu-batı ulaşım metrosuna kavuşacaktır.

Banliyö hatlarındaki mevcut saatlik tek yön kapasite 10.000 kişidir. 63 km. lik banliyö hatlarının üç hatta çıkartılarak yüzeysel metroya dönüştürülmesi ile bu kapasite 2-10 dakika aralıklarla Halkalı- Gebze arasında işletilecek trenler ile saatte tek yönde 75.000 kişiye çıkartılması amaçlanmaktadır,

- Yapılan Ulaşım Etüdü sonucunda, Gebze-Halkalı arasındaki toplam 41 adet istasyon için inen binen yolcular ve yolculuk değerleri tespit edilmiş ve buna bağlı olarak da aşağıdaki tren işletim aralıklarının gerekli olduğu sonucu elde edilmiştir.

  Halkalı- Ataköy: 7 tren/saat

  Ataköy-Yenikapı: 13 tren/saat

  Yenikapı_Söğütlüçeşme: 26 tren/saat

  Söğütlüçeşme-Pendik: 13 tren/saat

  Pendik-Gebze: 7 tren/saat

- Bu işletim aralıkları dikkate alınarak, 2015 yılı sonunda talebin karşılanabilmesi için 10 ve 5 vagonlu dizilerden oluşacak, toplam 440 araçlık bir filo satın alımı öngörülmüştür. Satın alınan bu trenlerin hepsi elektrikle çalışacaktır.

- Metro sisteminin depo ve bakım alanları, Maltepe ve Halkalı'da olacaktır. Trenlerin beklemesi için gare alanları tahsis edilecektir ve bunlar Yeni Mahalle ve Pendik'te planlanmıştır.

- Şehirlerarası trenlerin tek hat üzerinde çift yönlü işletim yapabilmesi için yaklaşık her 4 km'de bir siding dediğimiz öne geçme hatları projelendirilmiştir. Güzergah üzerinde 12 adet siding hattı olacaktır.

- Marmaray Projesi'nin; mevcut ve yapılması planlanan; Yenikapı-Taksim-Şişli-4. Levent-Ayazağa metrosu ile Yenikapı-Yenibosna-Atatürk Havalimanı, Kadıköy- Kartal, Esenler-Mahmutbey ve Üsküdar-Ümraniye-Dudullu hafif raylı sistemlerle entegrasyonu planlanmaktadır.

- 7 adet transfer istasyonu ile Şehirlerarası tren yolcusunun Metro sistemine entegrasyonu sağlanacaktır. Gebze, Pendik, Maltepe, Bostancı, Söğütlüçeşme, Bakırköy ve Halkalı'da transfer istasyonları öngörülmüştür.
- Metro işletmesinin sabah 06:00 ile akşam 24:00 arasında yapılması planlanmaktadır.

5.2.4 Projenin teknik özellikleri

Marmaray Projesinin başlıca teknik özellikleri aşağıda verilmektedir.

* Toplam Hat Uzunluğu : 76,3 km

* Yüzeysel Metro Kesimi Uzunluğu : 63 km

* Yüzeysel İstasyon Sayısı : 37 adet

* Tünel Kesimi Toplam uzunluğu : 13,6 km

* Tüp Tünel Uzunluğu : 1,4 km

* Taşıma Kapasitesi : 75.000 yolcu/saat/tek yön

* Maksimum Hız : 100 km/saat

* Ticari Hız : 45 km/saat

* Tren Sefer Sayısı : 2-10 dakika

5.3 İstanbul'daki Yolcu Hareketlerinin Analizi ve Marmaray Projesi ile ilişkilendirilmesi

Bu çalışma kapsamında Marmaray Projesi ile mevcut otomobil kullanımının ne kadar azaltılacağı esas alınarak, İstanbul'da mevcut yolcu hareketlerinin ve Marmaray Projesi'nin işletmeye alınmasıyla birlikte öngörülen yolcu hareketlerinin gelecek bazı yıllar için değerlendirilmesi yapılacaktır.

5.3.1 Motorlu taşıt ve otomobil sahipliği durumu

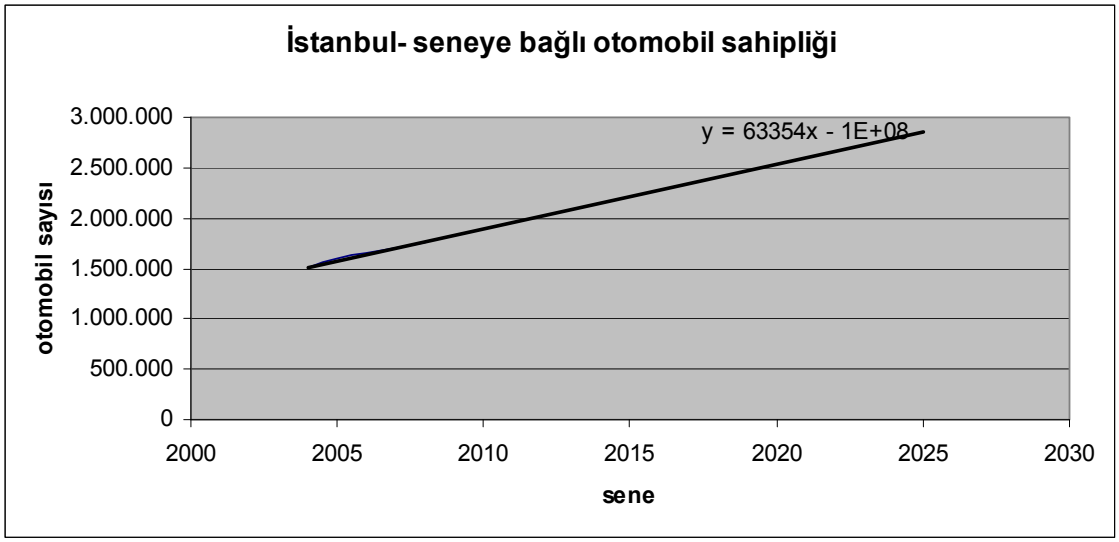
TUİK verilerine göre hazırlanan Çizelge 5.3'de**,** 1999-2007 arası Türkiye'de ve İstanbul'da kayıtlı olan motorlu taşıt ve otomobil sayısı verilmektedir. Bu tablodan da görülebileceği üzere İstanbul'da motorlu taşıt ve otomobil sayısı yıldan yıla sürekli artış göstermektedir [5].

Çizelge 5.3 : İstanbul'daki araç parkının 1999-2007 seneleri arası dağılımı

SENE	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon	Motosiklet	Römork	Traktör
1999	973.308	19.662	20.511	135.910	31.178	29.519	8.366	-
2000	999.887	18.148	19.669	148.108	30.437	31.691	8.436	-
2001	980.635	15.701	18.182	148.763	28.526	32.274	8.249	-
2002	938.614	12.562	15.751	149.241	26.277	32.518	7.940	-
2003	907.935	10.347	15.853	163.518	24.821	33.626	7.722	-
2004	1.502.720	58.153	40.162	294.332	107.671	55.026	8.874	15.402
2005	1.590.283	60.674	43.241	349.990	114.077	75.873	8.734	18.484
2006	1.657.320	62.282	46.307	400.420	122.941	109.827	8.906	22.557
2007	1.711.773	63.816	49.640	447.530	130.790	129.819	9.136	28.055

Yukarıdaki çizelgeye göre 1999-2007 seneleri arasındaki motorlu taşıt tiplerinin senelere göre gösterdikleri değişim aşağıdaki grafikte belirtilmektedir. Grafikte görülen 2003'ten 2004'e geçişteki araç sayısındaki aşırı değişim daha önce ayrı ayrı TUİK ve Emniyet Müdürlüğü tarafından toplanan verilerin, sadece TUİK tarafından, tek elde toplamaya başlaması uygulamasından dolayı oluşan bir değişimdir. Değişimin boyutu çok büyük olduğundan, otomobildeki artış hızı bulunurken 2003 senesi sonrası veriler dikkate alınmıştır.

Hesaplanan otomobil artış hızı dikkate alınarak, ileriki seneler için kayıt altına alınacak otomobil sayısı aşağıdaki gibi bir grafikle ortaya konabilir (bkn. Şekil 5.5).



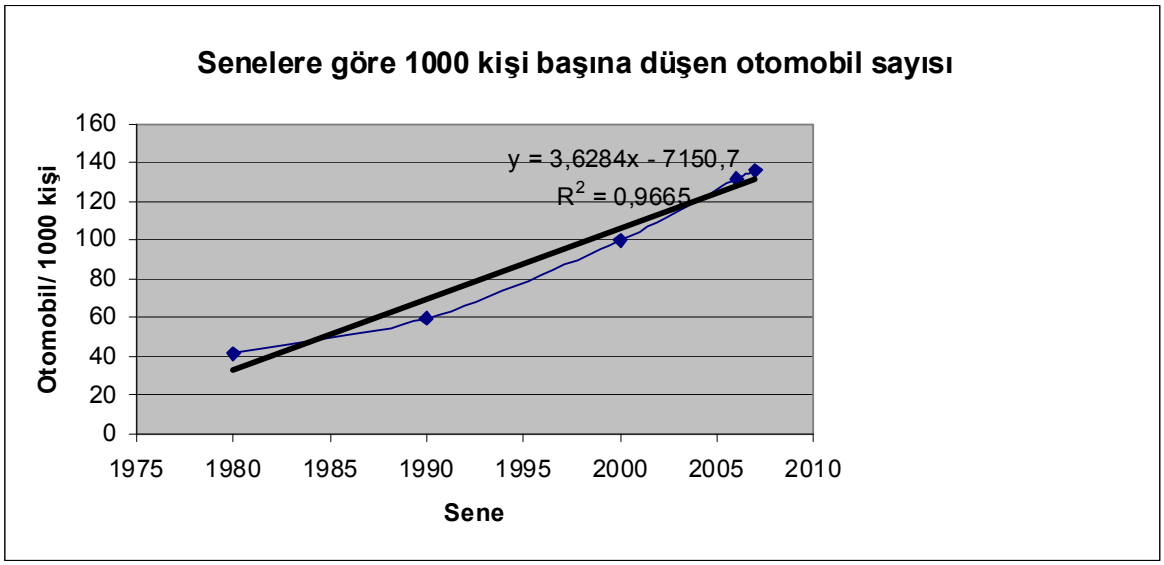
Şekil 5.5 : İstanbul'da senelere bağlı otomobil artış hızı

Yukarıdaki şekilden alınan otomobil verileri dışında, TÜİK verilerinden alınan ileriki seneler için yapılmış nüfus projeksiyonlarının da kullanımıyla 1000 kişi başına düşecek otomobil miktarı, diğer bir deyişle otomobil sahipliği durumu belirlenebilir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4 : İstanbul'da otomobil sahipliği durumu

Sene	**1980**	**1990**	**2000**	**2006**	**2007**
Nüfus	4.741.890	7.309.190	10.018.735	12.573.836	12.573.836
Otomobil	196.312	436.365	999.887	1.657.320	1.711.773
Oto./1000k.	41	60	100	132	136

Bu tabloya göre de 1000 kişi başına düşen otomobil sayısı, diğer bir deyişle ileriki yıllar için otomobil sahipliği durumu aşağıdaki grafikteki eğrinin denklemiyle bulunabilecektir.



Şekil 5.6. : İstanbul'da senelere göre 1000 kişi başına düşen otomobil sayısı

Bu şekilden elde edilmiş gelecek yıllar için öngörülen 1000 kişi başına düşen otomobil sayıları, Çizelge 5.5'in 2.kolonunda belirtilecektir.

5.3.2 Marmaray Projesinin olmadığı durum için trafikle ilgili tahmini değerler

Marmaray projesinin olmadığı durum için gelecek senelerde motorlu seyahatlerde otomobil kullanım oranının tahmin edilebilmesi için aşağıdaki Çizelge 5.5 hazırlanmıştır. Bu tabloda ilk sütunda verilen nüfus tahmini, TÜİK verilerinde bulunan senelik % nüfus artış değerleri esas alınarak bulunmuştur. 2.sütundaki 1000 kişi başına düşen otomobil sayısı ise, bir önceki bölümde hazırlanan grafikten bulunan denkleme göre belirlenmiştir. Bu 2 sütunun verileri birbiriyle çarpıldığında da otomobil sahibi yolcu sayısı ortaya çıkmaktadır.

4.sütundaki motorlu seyahat talebi İTÜ Ulaştırma Bölümü kapsamında hazırlanan Marmarayla ilgili bir raporda yapılan anketlere dayanarak oluşturulan verilerden alınmıştır [24]. Bu talep ihtiyacının belirtildiği verilerle örneğin 2008 yılı için 1 kişinin günde 1,16 kez motorlu taşıtla seyahat ihtiyacında olduğu belirtilmektedir. Buna göre 5.sütundaki değerler, motorlu seyahat talebi ile toplam nüfusun çarpılmasıyla bulunan değerlerdir. 6.sütundaki değerler ise, sadece otomobil sahibi olan kişi sayısının, talep edeceği motorlu seyahatin katsayısıyla çarpılmasıyla bulunmuştur. Bu durumda, son olarak 2008 yılı sonrasında otomobilin, toplam motorlu taşıtlar içinde kullanım oranın hesabı son sütunda hesaplanabilmektedir.

Çizelge 5.5 : Marmaray Projesinin olmadığı durumda otomobil kullanım durumu

	Nüfus Tahmini	**Otomobil/ 1000 kişi**	**Tahmini Otomobil Sayısı**	**Motorlu Seyahat Talebi**	**Günlük Toplam Motorlu seyahat**	**Günlük Toplam Otomobil Seyahati**	**Otomobil Kullanım Oranı**
Formül	**a**	**b**	**c**=a*b	**d**	**e**=a*d	**f**=c*d	**g**=f/e
2008	12.718.435	135	1.758.745	1,16	14.753.385	1.993.584	**14%**
2009	12.862.153	139	1.784.696	1,18	15.177.341	2.105.941	**14%**
2010	13.003.637	142	1.851.510	1,2	15.604.365	2.221.812	**14%**
2011	13.144.076	146	1.919.198	1,2	15.772.892	2.303.038	**15%**
2012	13.283.404	150	1.987.739	1,21	16.072.918	2.405.164	**15%**
2013	13.420.223	153	2.056.907	1,22	16.372.672	2.509.426	**15%**
2014	13.557.109	157	2.127.078	1,22	16.539.673	2.595.035	**16%**
2015	13.691.324	161	2.197.814	1,23	16.840.329	2.703.311	**16%**
2016	13.824.130	164	2.269.292	1,23	17.003.680	2.791.229	**16%**
2017	13.954.077	168	2.341.254	1,24	17.303.055	2.903.155	**17%**
2018	14.082.454	171	2.413.890	1,24	17.462.244	2.993.224	**17%**
2019	14.209.197	175	2.487.172	1,25	17.761.496	3.108.965	**18%**
2020	14.334.238	179	2.561.070	1,25	17.917.797	3.201.337	**18%**
2022	14.574.618	186	2.709.783	1,26	18.364.019	3.414.327	**19%**
2023	14.689.758	190	2.784.491	1,27	18.655.992	3.536.303	**19%**
2024	14.802.869	193	2.859.642	1,27	18.799.644	3.631.745	**19%**
2025	14.912.410	197	2.934.911	1,28	19.087.885	3.756.687	**20%**
2026	15.019.780	200	3.010.541	1,28	19.225.318	3.853.492	**20%**
2028	15.229.280	208	3.163.048	1,29	19.645.771	4.080.332	**21%**
2029	15.331.316	211	3.239.869	1,3	19.930.711	4.211.830	**21%**
2030	15.432.503	215	3.317.247	1,3	20.062.254	4.312.422	**21%**

Çizelge 5.5'in 4. sütununda(c sütunu) elde edilen değerler ile ileriki senelerde İstanbul'da kayıt altında olması öngörülen otomobil miktarı bulunmaktadır.

5.3.3 Marmaray Projesinin olduğu durum için trafikle ilgili tahmini değerler

Marmaray projesinin işletmeye alınmasıyla birlikte hem banliyö kullanımına, hem de otomobil kullanımına etkisinin olacağı; dolayısıyla İstanbul'daki şu an mevcut olan taşıt kullanım %'lerini ciddi oranda değiştireceği düşünülmektedir. Marmaray Projesi'nin işletimi hakkında alınan verilerin kullanılmasıyla, bu projenin banliyö sistemlerine etkisi ve bunun da otomobil kullanım durumu ile ilişkilendirmesi bu bölümde incelenecektir.

5.3.3.1 Banliyö kullanımı

Marmaray Projesinde banliyö işletimiyle ilgili veriler aşağıdaki **Çizelge 5.6** verilmektedir. Bu tabloya göre bir tek vagon kapasitesi 302 kişilik olan ve 10 vagondan oluşan trenler kullanılacaktır [1]. Yoğun olan ve olmayan saatler için saat başı geçen tren sayısı da ayrıca belirtilmektedir (d ve f kolonları).

Çizelge 5.6 : Marmaray Projesi'nde banliyö işletimiyle ilgili veriler

				YOĞUN SAATLER (Saat: 06.00-09.00 & 16.00-19.00)		YOĞUN OLMAYAN SAATLER (Saat: 09.00-16.00 & 19.00-23.00)	
Yıl	**Vagon Sayısı/tren**	**Alınacak Tren Sayısı**	**Yolcu/ Tren**	**Tren say. /sa.tek yön**	**Saat Sayısı**	**Tren say. /sa. tek yön**	**Saat Sayısı**
	a	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**
2010	10	40	3020	15	6	12	11
2015	10	44	3020	18	6	14	11
2030	10	55	3020	25	6	15	11

Aşağıdaki tabloda ise, yine aynı yıllar için taşınacak yolcu sayısı gösterilmektedir. Bu çalışmada Proje sahiplerinin hangi yıllarda ne kadar bir kapasite kullanımı öngördükleri bilinmediğinden, hesaplar %100 kapasiteyle çalışıldığı durum esasına dayanarak yapılacaktır. Dolayısıyla otomobil azaltımının etkisi "en iyi ihtimalle" kavramı üzerine olacaktır (bkn. Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7 : Marmaray Projesiyle taşınması öngörülen yolcu sayısı

Yıl	**Yoğun saat yolcu sayısı** (yolculuk/tekyön.gün)	**Yoğun olmayan yolcu sayısı** (yolculuk/tek yön.gün)	**%100 Kapasite Kullanımı** (yolculuk/ tek yön.saat)	**%100 Kapasite Kullanımı** (yolculuk/ çift yön.gün)
Formül	**h**=c*d*e	**i**=c*f*g	**J [11]**	**k**=2j*(h+i)
2010	271.800	398.640	68.000	**2.312.000**
2015	326.160	465.080	75.000	**2.550.000**
2030	453.000	498.300	94.000	**3.196.000**

Yukarıdaki tabloda bulunan değerlerin nasıl hesaplandığı formül satırında yazılıdır. k sütununda elde edilen değerler, günlük çift yöndeki Marmaray Projesiyle olması beklenen yolculuk sayısıdır. Her kişinin gün içinde birkaç kez bu ulaşımı kullandığı düşünüldüğünde, bize esas gerekli olan kişi sayısı olduğundan, aşağıdaki tablodaki gibi bir hesaplama yapılarak, bu ulaşımı kullanan kişi sayısına ulaşılmış olunur. Dolayısıyla bu tabloda %100 kapasiteyle çalışan bir banliyönün, 4.sütunda kaç kişinin motorlu seyahat ihtiyacını gidereceği konusunda bir hesaplama yapılır. Marmaray projesi yapılmadan önce (2006 verisi) zaten bir miktar insan tarafından kullanıldığı düşünüldüğünde, sadece projeden kaynaklanacak değişimin bulunması hedeflendiğinden 5.sütundaki değerler, 4.sütundan çıkarıldığında Marmarayın getirdiği fark bulunmuş olur. Bu fark, Marmaray projesi işletime geçtikten sonra, %100 kapasiteyle kullanımı durumunda, banliyöyü tercih eden yolcu sayısıdır.

Çizelge 5.8 : Banliyöyu tercih eden kişi sayısı hesabı

Yıl	Seyahat Talebi	Banliyoyu tercih eden Kişi Sayısı	2006 yılı* mevcut Banliyö kullanımı (kişi)	Banliyöyü tercih eden kişi sayısı (Proje Farkı)
Formül	l [24]	m=k/l	n [1]	o= m-n
2010	1,2	1.926.667	291.870	**1.634.797**
2015	1,23	2.073.171	291.870	**1.781.301**
2030	1,3	2.458.462	291.870	**2.166.592**

5.3.3.2 Otomobil kullanımı

Banliyö kullanımında bulunan bu yolcu sayısının, ileriki seneler için otomobil kullanımında ne kadar bir azaltıma neden olacağı ise aşağıdaki tabloda ilişkilendirilmiştir (Çizelge 5.9).

Bu çizelgeden de anlaşılabileceği üzere Marmaray Projesi olmadığı durumda daha önce Çizelge 5.7'nin (g) kolonunda bulunan değerler; bu çizelgenin (s) kolonu ile kıyaslandırıldığında, Projenin %100 kapasiteyle kullanıldığı taktirde otomobil kullanımının, 2015 yılında %16'dan %13'e; 2030 yılında ise %21'den %14,5 civarına düşeceği öngörülmektedir.

Buna göre ileride IVE modelde Projeli ve Projesiz durumlar için belirlenen otomobil sayıları, bu azaltım oranına göre girilecektir.

Çizelge 5.9 : Otomobildeki azaltım miktarının hesabı

Yıl	Otomobil/ 1000 kişi	Azaltılan Otomobil Sayısı	Marmaray Projesinin Olmadığı Durumdaki Otomobil Miktarı	Otomobildeki Azaltım %si
Formül	**p**	**q**=(p*o)/1000	**r**	**s**=q/r
2010	142	232.141	1.851.510	**12,54%**
2015	161	286.789	2.197.814	**13,05%**
2030	220	476.650	3.317.247	**14,37%**

6. İSTANBUL OTOMOBİL VERİLERİNİN SINIFLANDIRMASI

Bu çalışmanın konusu olarak İstanbul'da giderek artış gösteren otomobil sayısı ve otomobil sahipliği oranına bağlı olarak seneden seneye büyük artışlar gösterebilecek hava emisyonunun, ileride uygulamaya geçecek olan Marmaray Projesinin tam verimle kullanıldığı durumda, otomobillerden kaynaklanan emisyonu nasıl etkileyeceği belirlenmek istenmiştir. Marmaray Projesinin kullanımı, otobüs, kamyon, pick-up gibi ticari-arabaların kullanımını azaltmayacağı düşünüldüğünden, bu çalışma kapsamında motorlu taşıtlar içinde sadece otomobillerin sınıflandırması incelenecektir.

Otomobil sayısındaki değişimin belirlenmesi hem mevcut durumun, hem de ileri senelerdeki otomobil sahipliği durumunun öngörüsüyle yapılabilir. Fakat bunun için şehirdeki otomobil dağılımının iyi belirlenmesi gerekir. Her otomobilin yaratacağı emisyon, sahip olduğu kontrol teknolojileri, motor hacimleri, araç yaşı, kullandıkları yakıtlar,…vs olmak üzere birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstereceğinden; İstanbul'da kayıtlı otomobillerin mevcut durum ve gelecek senelerdeki araç artış sayısına göre sınıflandırılmasının yapılması gerekecektir.

Ayrıca IVE Model'de Araç Filosu (Fleet) Arayüzü kısmına, her bir araç teknolojisi için % dağılım değerlerinin girilebilmesi, aşağıdaki parametrelere göre sınıflandırmanın yapılmasından sonra mümkün olabilmektedir:

1) Kayıtlı Otomobil sayısı
2) Otomobillerin motor büyüklüğü
3) Otomobillerde kullanılan yakıt türü
4) Otomobillerdeki kontrol teknolojisi
5) Otomobillerin yaşı, kullanılmışlığı, gidilen km miktarı

6) Yerli Otomobil/ İthal Otomobil Oranı

7) Otomobillerdeki egzoz emisyon standardı (Euro Standartları, vb…)

Fakat günümüzde İstanbul için bahsedilen yukarıdaki parametreleri de içine alan kapsamlı bir sınıflandırma verisi ortada yoktur. Bu sebeple öncelikle TÜİK, OSD, ODD gibi güvenilir kuruluşlardan alınan verilerin İstanbul otomobillerinin sınıflandırması konusunda harmanlanması ve bu bilgilerin de eksik olduğu yerlerde uygun yaklaşımlarla bir otomobil sınıflandırması yapmak gerekecektir.

İstanbul'daki mevcut (2007 yılı) otomobil sınıflandırılmasının yanı sıra, bu çalışma kapsamında ayrıca 2015 ve 2030 seneleri için otomobil dağılımı incelenecektir. 2007 verilerine dayanarak 2015 ve 2030 senelerindeki otomobil dağılımını belirlemek çok kesin sonuçlar içermeyecek olsa da; yapılacak olan sınıflandırmalarda yıllar geçtikçe, üretilecek otomobilin daha yüksek emisyon standartlarına uyma zorunluluğu olduğu ve teknoloji bakımından daha üstün otomobillerin ekleneceği göz önüne alınarak; sınıflandırmada daha üstün teknolojili araç seçimleri yapılacaktır. (örn: hibrid arabalar, 3MPFI mekanizmalı otomobiller, EURO4 ve EURO5 emisyon standardına uyacak otomobillerin eklenmesi… gibi).

Bunlara da ek olarak, Marmaray Projesinin uygulamada olduğu durum için özel otomobil sahibi insanların, raylı sistemin sunduğu ulaşım alternatifinden yararlanmak için ayda birkaç kez de olsa otomobil kullanımından vazgeçip, bu toplu taşıma sisteminden faydalanacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla yine aynı seneler için (2015 ve 2030 seneleri), bu defa Marmaray Projesinin olduğu durum düşünülerek otomobil sayısında olacak azaltımın tahmin edildiği bir öngörme yapılmalıdır. Bu tez kapsamında 5. Bölümde 2015 ve 2030 seneleri için ayrı ayrı bulunan otomobil azaltım miktarları kullanılacaktır.

Buna göre, yukarıda anlatılanlar doğrultusunda bu bölümde, aşağıdaki incelemeler yapılacaktır:

1) ***2007 senesi*** için mevcut otomobil sınıflandırma dağılımı (%) (Bkn. EK-A1)

2) ***2015 senesi*** için Marmaray Projesinin olduğu & olmadığı durumlardaki otomobil sınıflandırma dağılımı (2007 senesine kıyasla otomobil sayısı ve

üretime geçen otomobil teknolojilerinin nitelik bakımından daha üstün olacağı düşünülerek yapılan projeksiyon) (Bkn. EK-A2)

3) ***2030 senesi*** için Marmaray Projesinin olduğu & olmadığı durumlardaki otomobil sınıflandırma dağılımı : (2'de yapılan sınıflandırmaya otomobil sayısındaki artışın eklenmesi) (Bkn. EK-A3)

6.1 Mevcut Durum Otomobil Sınıflandırması

Yukarıda da anlatıldığı üzere otomobil özelliklerinden doğan bazı farklılıklar yüzünden, her otomobilin emisyon değeri aynı olmayacaktır. Bu farklılıkları tahmin edebilmek ve kullanılacak olan IVE Model'de bu farklılıklardan doğan özellikler için ayrı ayrı düzeltme katsayısı kullanılacağından, emisyon değerlendirmesinin yapılabilmesi için öncelikle İstanbul'da mevcut durumdaki otomobillerin benzer özellikli olanlarının bir arada; farklı özellikli olanlarının farklı gruplarda değerlendirilmesi gerekmektedir.

Günümüzde şu ana kadar İstanbul ili için otomobil sınıflandırması konusunda IVE Modeli'nin ihtiyaç duyduğu parametrelere göre yapılmış bir sınıflandırma bulunmamaktadır. Yeterli kapsamda bir sınıflandırmanın yapılabilmesi için çeşitli güvenilir kuruluşlardan (Türkiye İstatistik Kurumu, Karayolları Genel Müdürlüğü, Türk Otomobilciler Derneği,…vs) alınan veriler bir araya getirilmiştir.

Elde edilen verilerin çoğu Türkiye geneli veriler veya bazı parametrelerin eksik olduğu İstanbul verileri üzerinedir. Bu nedenle verilerin çeşitli parametreler için sınıflandırılması yapılırken, veri yetersizliği durumunda eldekileri derlemek için birtakım yaklaşımlarda bulunulmuş ve aşağıdaki gibi bir sınıflandırma aşaması izlenmiştir ve sonuçta EK-A1'de belirtilen 2007 yılı mevcut durumdaki otomobil sınıflandırması oluşturulmuştur.

6.1.1 Otomobil sayısı hakkında:

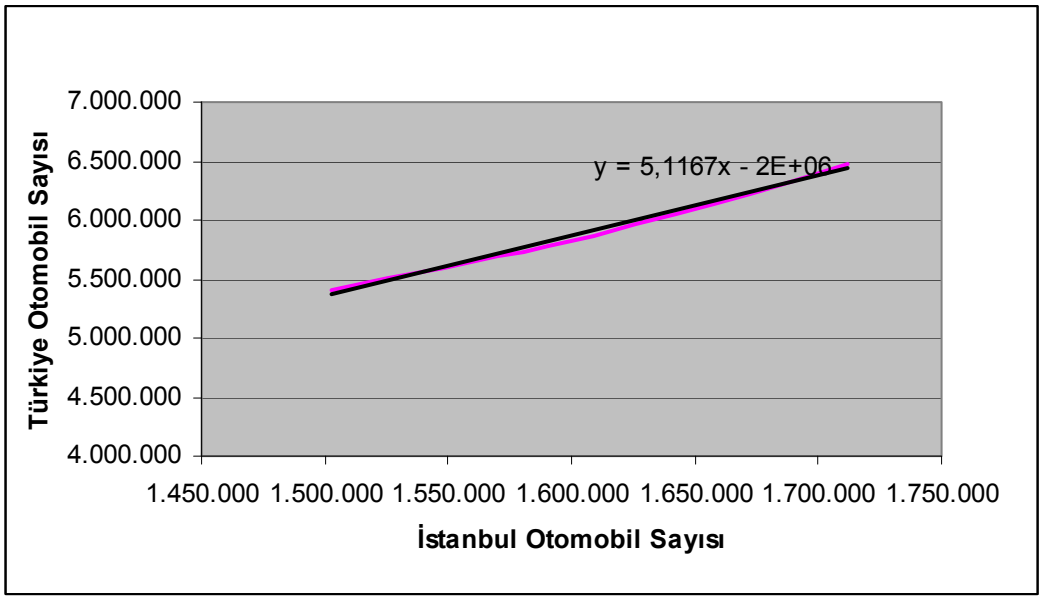
TÜİK'in bazı sınıflandırma parametrelerinde sadece Türkiye bazında veriler bulunduğundan ve bunların İstanbul bazına çevrilmesi gerektiğinden, mevcut bulunan Türkiye otomobil sayısının İstanbul Otomobil sayısına oranlanması gerekmektedir. Türkiye otomobil sayısı ile İstanbul Otomobil sayısı arasındaki

ilişkiyi görebilmek için TÜİK verilerinde 1999-2007 arası değerler incelenmiştir **[5].** Sonunda Çizelge 6.1'deki gibi bir tablo oluşturulmuştur.

Çizelge 6.1 : 1999-2007 seneleri Türkiye ve İstanbul'daki otomobil sayıları oranı

SENE	TÜRKİYE Motorlu Taşıt Sayısı	İSTANBUL Motorlu Taşıt Sayısı	TÜRKİYE Otomobil Sayısı	İSTANBUL Otomobil Sayısı	İSTANBUL/ TÜRKİYE Otomobil Oranı
2007	13.022.945	2.570.559	6.472.156	1.711.773	**26,45%**
2006	12.227.393	2.430.560	6.140.992	1.657.320	**26,99%**
2005	11.145.826	2.261.356	5.772.745	1.590.283	**27,55%**
2004	10.236.357	2.082.340	5.400.440	1.502.720	**27,83%**
2003	8.903.843	1.163.822	4.700.343	907.935	**19,32%**
2002	8.655.170	1.182.903	4.600.140	938.614	**20,40%**
2001	8.521.956	1.232.330	4.534.803	980.635	**21,62%**
2000	8.320.449	1.256.376	4.422.180	999.887	**22,61%**
1999	7.758.511	1.218.454	4.072.326	973.308	**23,90%**

Bu veriler incelendiğinde 2003 ile 2004 seneleri arasında ciddi bir fark olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi, Türkiye İstatistik Kurumunda, ilgili verileri Emniyet Genel Müdürlüğünden düzenli olarak alabilecekleri bir sistemin ancak 2004 senesi itibariyle kurulmuş olmasıdır. Dolayısıyla aradaki korelasyon denklemini görmek için oluşturulacak grafik de 2004 sonrası verileri kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 6.1 : Türkiye otomobil sayısının İstanbul otomobil sayısı ile ilişkisi

Bu grafik incelendiğinde Türkiye'de ve İstanbul'daki otomobil sayılarında doğrusal bir oran bulunduğu gözlemlenmektedir. Türkiye'deki otomobil sayısı arttığında, İstanbul'daki otomobil sayısının da yaklaşık aynı oranlarda artması anlamına gelmektedir. Bundan sonraki Türkiye-İstanbul veri eksikliklerinde bu doğrusal denklem dikkate alınacaktır.

6.1.2 Otomobil yaşı

Aşağıdaki tabloda TÜİK' ten alınan 2007 yılı Türkiye verilerinde bulunan farklı modellerdeki otomobillerin sayıları verilmektedir. TÜİK' ten alınan bu veriler İstanbul değil de, Türkiye bazlı verildiğinden; yukarıdaki Şekil 6.1'deki doğrusal ilişki göz önüne alınarak Türkiye-İstanbul otomobilleri arasında bir katsayı belirlenmiş ve TÜİK' ten alınan Türkiye verilerinde oranlama yapılarak İstanbul verilerine aşağıdaki şekilde verildiği üzere ulaşılmıştır **[5].**

Çizelge 6.2 : Model yılına göre 2007 yılı motorlu taşıt & otomobil sayısı

	TÜRKİYE		İSTANBUL		
Modeller	Motorlu Taşıt	Otomobil	Motorlu Taşıt	Otomobil	**Yüzde Dağılım**
1981	1.603.085	426.196	316.449	112.721	**6,59%**
1982	116.748	34.020	23.046	8.998	**0,53%**
1984	172.174	55.712	33.987	14.735	**0,86%**
1985	176.909	68.908	34.922	18.225	**1,06%**
1986	183.481	90.778	36.219	24.009	**1,40%**
1987	214.973	114.379	42.436	30.251	**1,77%**
1988	225.741	130.646	44.561	34.554	**2,02%**
1989	193.149	116.871	38.128	30.910	**1,81%**
1990	338.903	210.566	66.899	55.691	**3,25%**
1991	327.031	196.659	64.556	52.013	**3,04%**
1992	434.145	286.075	85.700	75.662	**4,42%**
1993	603.701	397.296	119.171	105.078	**6,14%**
1994	485.139	343.283	95.766	90.792	**5,30%**
1995	311.814	207.472	61.552	54.873	**3,21%**
1996	402.513	234.271	79.456	61.961	**3,62%**
1997	532.699	284.105	105.155	75.141	**4,39%**
1999	456.179	260.263	90.050	68.835	**4,02%**
2000	591.191	386.297	116.701	102.169	**5,97%**
2001	488.219	319.785	96.374	84.578	**4,94%**
2002	158.969	90.522	31.380	23.941	**1,40%**
2003	269.089	145.079	53.118	38.371	**2,24%**
2004	801.048	419.387	158.127	110.921	**6,48%**
2005	968.642	384.974	191.210	101.819	**5,95%**
2006	1.222.232	432.463	241.269	114.379	**6,68%**
2007	683.334	292.856	134.890	77.455	**4,52%**
2008	277.210	142.075	54.721	37.576	**2,20%**
			TOPLAM	**1.711.773**	**100,00%**

6.1.3 İthal/ Yerli otomobil oranı:

Türkiye'de üretimi yapılan yerli otomobillerin bazı özellikleri ile ithal edilen otomobillerin özellikleri arasında ciddi farklılıklar bulunabilmektedir. Örneğin yurtdışında yeni üretilen araçlarda egzoz emisyonları için oluşturulan standartlar (ECE R, Euro, vs… Standartları) Türkiye'de , yurtdışındaki uygulamayı takiben en az 3-4 sene sonra uygulanmaktadır. Dolayısıyla aynı üretim yılında üretilmiş yerli bir otomobille, ithal bir otomobil farklı egzoz emisyon standartlarına sahip olacaklarından, yaratacakları emisyon miktarı da farklı olacaktır (bkn Çizelge 6.3).

Bu farkın önüne geçebilmek için Türkiye'deki araçların ne kadarının ithal, ne kadarının yerli olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Bunun için yararlanılan veriler iki kaynaktan alınmıştır. 1995-2003 seneleri arasında OSD verileri mevcutken; 2003 sonrası yıllar için ODD' nin verileri kullanılmıştır.

a) 1995-2003 seneleri arasında OSD verileri bulunmuş ve derlenen bilgiler ışığında ithal-yerli otomobiller arasında senelik bazda aşağıdaki gibi bir oranlama yapılmıştır [29].

Çizelge 6.3: OSD verilerine göre 1995-2003 arası ithal/yerli otomobil oranı

İTHAL-YERLİ OTOMOBİL ORANI (1995-2003)									
	1995	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**
Üretim	233.414	207.757	242.780	239.937	222.041	297.476	175.343	204.198	294.116
İthalat	21.651	57.479	125.025	111.536	131.215	258.987	72.259	60.283	154.007
İhracat	33.224	33.404	22.612	24.669	77.753	90.026	145.457	169.944	215.317
Üretim-İhracat	200.190	174.353	220.168	215.268	144.288	207.450	29.886	34.254	78.799
Toplam Türkiye	221.841	231.832	345.193	326.804	275.503	466.437	102.145	94.537	232.806
İthal/Toplam	**9,76%**	**24,79%**	**36,22%**	**34,13%**	**47,63%**	**55,52%**	**70,74%**	**63,77%**	**66,15%**
Yerli/Toplam	**90,24%**	**75,21%**	**63,78%**	**65,87%**	**52,37%**	**44,48%**	**29,26%**	**36,23%**	**33,85%**

b) 2004-2008 seneleri için: ODD verileri bulunmuş ve derlenen bilgiler ışığında ithal-yerli otomobiller arasında senelik bazda aşağıdaki gibi bir oranlama yapılmıştır (bkn. **Çizelge 6.4**).

Çizelge 6.4: ODD verilerine göre 2004-2008 arası ithal/yerli otomobil oranı [30]

İTHAL-YERLİ OTOMOBİL ORANI (2004-2008)					
	2004	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
İthal	314.112	301.889	255.588	236.725	20.6793
Yerli	137.097	136.708	117.631	120.740	99.205
Toplam Türkiye	451.209	438.597	373.219	357.465	30.5998
İthal/Toplam	**69,62%**	**68,83%**	**68,48%**	**66,22%**	**67,58%**
Yerli/Toplam	**30,38%**	**31,17%**	**31,52%**	**33,78%**	**32,42%**

6.1.4 Egzoz emisyonlarının denetimi

Euro Egzoz Standartları Avrupa Birliği Ülkeleri tarafından uygulanan ve araba üretimlerinde dikkat edilen bir parametredir. Bu standartlar araç üretimi sırasında, üreticiye belli emisyon değerlerini aşmaması için konulan bir sınırlama getirmektedir [13]. Aşağıdaki tabloda günümüzde motorlu taşıtların üretimlerinin en çok bağlı oldukları Euro Emisyon Standartlarının bazı kirleticiler için getirdiği limit değerler verilmektedir (bkn. Çizelge 6.5).

Çizelge 6.5 : Hafif hizmet taşıtları için AB Emisyon standartları (g/km)

Dizel Motorlu Taşıtlar					
Standart	**CO**	**HC**	**HC+NOx**	**NOx**	**PM**
Euro 1	2,72	-	0,97	-	0,14
Euro 2	1	-	0,7	-	0,08
Euro 3	0,64	-	0,56	0,5	0,05
Euro 4	0,5	-	0,3	0,25	0,025
Euro 5	0,5	-	0,23	0,18	0,005
Euro 6	0,5	-	0,17	0,08	0,005
Benzin Motorlu Taşıtlar					
Standart	**CO**	**HC**	**HC+NOx**	**NOx**	**PM**
Euro 1	2,72	-	0,97	-	-
Euro 2	2,2	-	0,5	-	-
Euro 3	2,3	0,2	-	0,15	-
Euro 4	1	0,1	-	0,08	-
Euro 5	1	0,1	-	0,06	0,005
Euro 6	1	0,1	-	0,06	0,005

Türkiye'de de şu an Euro standartları uygulanmakla birlikte AB ülkelerine kıyasla en az 2-3 sene geriden takip edildiğinden Türkiye'de aynı model ithal bir araçla ihraç edilen bir aracın aynı standarda uygun olduğu söylenememektedir. Örneğin günümüzde Türkiyedeki araçların üretiminde Euro4 standardı ve Avrupadaki araçlarının üretiminde Euro5 standardı göz önüne alınmaya başlamıştır.

Bunun sonucu olarak da, ithal bir arabayla yerli bir arabanın aynı senedeki üretiminin, aynı emisyonu çıkarması düşünülemez. Otomobilleri, Egzoz denetimine göre sınıflandırma için öncelikle ithal/yerli otomobil oranının bulunması ve ithal ve yerli otomobil modelleri için ayrı ayrı üretim senesine bağlı olarak bulunduğu Euro Standardının belirlenmesi gerekmektedir. Buna göre AB ülkelerindeki gelişmeler, İstanbul araç parkındaki ithal arabalar üzerinde değerlendirilecekken; Türkiye'deki standart gelişimleri İstanbul'daki yerli arabalar üzerinde değerlendirilecektir.

Bu sınıflandırmanın yapılabilmesi için Euro Standartlarının AB Ülkeleri ve Türkiye'deki gelişiminin aşağıdaki gibi kısa bir özeti yapılmıştır.

a) Euro Emisyon Standart'ının AB Ülkelerindeki gelişimi:

1991 yılı sonrası için ise; Euro Emisyonlarının AB ülkelerindeki gelişimi aşağıdaki Çizelge 6.6'da gösterildiği gibi olmuştur. Diğer bir deyişle, bu tabloya göre İstanbul'da benzin ve dizel motorlu ithal araçların model yıllarına göre bağlı bulundukları Egzoz Emisyon Standartları gösterilmiştir de denebilir:

Çizelge 6.6 : AB'de Benzinli & Dizelli hafif taşıtlar için egzoz emisyon uygulaması

	Tarih	**Standart**
Benzin ve Dizel Motorlu Hafif Hizmet Taşıtları	Temmuz 1992	Euro 1
	Ocak 1996	Euro 2
	Ocak 2000	Euro 3
	Ocak 2005	Euro 4
	Eylül 2009	Euro 5
	Eylül 2014	Euro 6

b) Euro Emisyon Standart'ının Türkiye'deki gelişimi:

Ülkemizde Euro egzoz emisyonu kontrol standartlarının gelişim aşaması aşağıdaki tabloda gösterilmektedir (bkn. Çizelge 6.7).

Çizelge 6.7 : Motorlu Taşıtlar için Türkiye'deki egzoz emisyonu st. uygulaması

		Önceki durum		**Mevcut Durum**	
		Standart	Tarih	Standart	Tarih
Benzin Motorlu Hafif Hizmet Taşıtları	Yeni tip onayı	Euro 3	01.01.2001	Euro 4	01.01.2008
	Tüm tip onayları	Euro 3	30.09.2001	Euro 4	01.01.2009
Dizel Motorlu Hafif Hizmet Taşıtları	Yeni tip onayı	< Euro 1	01.01.2001	Euro 4	01.01.2008
	Tüm tip onayları	< Euro 1	31.12.2002	Euro 4	01.01.2009
Ağır Dizel Araç	Yeni tip onayı	Euro 1	01.01.2001	Euro 4	01.01.2008
	Tüm tip onayları	Euro 1	31.12.2002	Euro 4	01.01.2009

Bununla birlikte araçların daha geniş kapsamlı sınıflandırmasını yapabilmek amacıyla, Çevre Çalıştayının 2009 senesinde hazırlanmış olduğu rapordan da faydalanarak, belirlemiş olduğu gelişim aşamalarından yola çıkıldığında Türkiye için aşağıdaki gibi daha ayrıntılı bir tablo hazırlanmıştır. Yalnız bu raporun verdiği

değerlerden farklı olarak, 2001 ve 2008 senesi için konulan %10'luk değerler (o senelerde yeni üretime geçen bazı modellerde, yeni yürürlüğe giren emisyon standardına uyan %10 diliminde araç üretimi gerçekleşeceği varsayımıyla) eklenmiştir. Bu tabloyla, ithal araçların bağlı oldukları Euro sınıfı daha kolay belirlenebilecektir (bkn Çizelge 6.8).

Çizelge 6.8 : Yerli otomobillerin Emisyon Standartları [16]

Model	Emisyon Standardı	Model	Emisyon Standardı
1993	Kontrolsüz	2003	Euro III
1994	1% Euro I + 99% ECE15.04	2004	Euro III
1995	1,8% Euro I + 98,2% 15.04	2005	Euro III
1996	4% Euro I + 96% 15.04	2006	100% Euro3
1997	9,4% Euro I + 90,6% 15.04	2007	100% Euro3
2000	30% Euro I + 70% 15.04	2008	90% Euro3 + 10% Euro4
2001	28,2% Euro I+ 61,2% 15.04+	2009	Euro IV
2002	Euro III (benzinli)	2010	Euro V
2002	Euro I (dizel)	2011	Euro V

6.1.5 Yakıt cinsine göre sınıflandırma:

TÜİK'ten alınan bu konudaki verilerde, İstanbul ilinde 2007 yılı için yakıt tipine göre kayıtlı olan motorlu kara taşıt sayıları mevcuttur (otomobiller üzerine değil). Bu bölümde, Motorlu Kara taşıtı ile otomobildeki yakıt sınıflandırmasının aynı oranda olacağı kabul edilmiştir (bkn. Çizelge 6.9).

Çizelge 6.9 : İstanbul ilinde 2007 yılı yakıt tipine göre motorlu kara taşıt sayısı [5]

	Motorlu Araç Sayısı	% Oranı
Benzin	1.149.559	**47,8%**
Dizel	921.484	**38,3%**
LPG	175.620	**7,3%**
Bilinmiyor	156.886	**6,5%**
TOPLAM	**2.403.549**	

6.1.6 Motor hacmine göre sınıflandırma:

Motor Hacmine göre % Dağılımların belirlenmesinde Maliye Bakanlığı'na başvurulup bu konuda vergisi ödenmiş 2007 yılı otomobil sayıları istenmiş ve elde edilen veriler sonucunda motor hacmi 0-1500cc ; 1500-3000cc ve 3000cc üstü olmak üzere 3 ayrı gruba ayrılarak bir otomobil % dağılımı elde edilmiştir [28].

Çizelge 6.10 : 1981-2008 arası model araçların motor hacimlerinin % dağılımı

Model	0-1500cc	1501-3000cc	3001<…cc
1992&öncesi	67,3%	32,4%	0,33%
1993	71,9%	27,8%	0,33%
1994	80,3%	19,5%	0,23%
1995	76,1%	23,6%	0,31%
1996	62,8%	36,6%	0,61%
1997	49,0%	49,2%	1,76%
1998	52,7%	46,0%	1,31%
1999	48,8%	50,5%	0,71%
2000	53,2%	46,1%	0,70%
2001	56,1%	43,3%	0,64%
2002	57,1%	42,2%	0,73%
2003	59,0%	40,0%	0,95%
2004	57,6%	41,5%	0,89%
2005	56,0%	43,3%	0,71%
2006	56,6%	43,0%	0,36%
2007	63,6%	36,2%	0,28%
2008	68,4%	31,1%	0,45%

6.1.7 Yakıt tipine bağlı olarak otomobillerin senelik aldıkları Km miktarları:

Aşağıdaki tablolarda tüm karayolu araçlarından kaynaklanan birim emisyonlar ile bu araçların yıllara göre yapmış olduğu yol miktarları verilmektedir. Bu çalışmalar İTÜ Otomotiv Ana Bilim Dalı Başkanlığı ile yürütülen Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltımı Projesinin sonuçları olarak Çevre Çalıştayının 2009 raporunda yer alan değerlerdir [16] (bkn. Çizelge 6.11-6.13).

Yapılan sınıflandırmada benzinli, dizel ve LPG kullanan otomobillerin bir senede aldıkları km miktarları aşağıdaki tablolara göre girilmiştir. Verisi olmayan 2000 yılı öncesi modellerde ise; bir miktar km artışı tahmin edilerek veri kaydedilmiştir.

Çizelge 6.11 : Türkiye'de benzinli otomobillerin yıllık ortalama yol (km/sene) [16]

Yıl	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Ort. Yol/Yıl	12.400	10.550	10.400	9.750	9.400	8.900	8.400	7.850

Çizelge 6.12 : Türkiye'de dizel otomobillerin yıllık ortalama yol (km/sene) [16]

Yıllar	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Ort. Yol/Yıl	12.400	10.550	10.400	9.750	9.400	8.900	8.400	7.850

Çizelge 6.13 : Türkiye'de LPG'li otomobillerin yıllık ortalama yol (km/sene) [16]

Yıllar	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Ort. Yol/Yıl	28.200	28.500	24.500	24.200	19.230	18.060	16.970	17.500

6.1.8 Tüm sınıflandırma:

Yukarıda anlatılan parametrelere dayanarak yapılan kapsamlı sınıflandırma EK-A.1'de verilmektedir. Burada alınan değerler 2007 senesinin verileri olduğu için IVE Model'de de mevcut durum için 2007 senesi değerleri baz alınarak araştırma yapıldığı belirtilmektedir.

6.2 2015 yılındaki Otomobil Dağılımı

2007 senesi için yapılan ve Ek-B1'de verilen sınıflandırma gelecek yıllar (2015 ve 2030 seneleri) için yapılacak sınıflandırmaya da bir esas olarak alınacak ve yapılacak olan sınıflandırmalarda artacak otomobil sayısı ve eklenecek yeni tip otomobiller, teknoloji tipleri göz önüne alınarak yeni birer sınıflandırma ortaya konacaktır.

2015 senesi için yapılan sınıflandırma, bir önceki bölümde elde edilen sınıflandırmaya (mevcut durum sınıflandırması) göre senelik otomobil artış hızı hesaba katılarak yapılır. Buna göre de 2015 senesi için yapılmış olan sınıflandırma EK-B.2'de verilmektedir.

EK-B2'de verilen bu sınıflandırmaya göre IVE Model'de Araç Filosu Arayüzünde otomobil % dağılımı yapılır. Modelin bu arayüzünde sadece 2015 yılı otomobil dağılımı istendiği için Marmaray Projeli & Projesiz durum için otomobil % dağılımı aynı olacaktır.

6.3 2030 yılındaki Otomobil Dağılımı

2030 senesi için yapılan sınıflandırma, bir önceki bölümde elde edilen sınıflandırmaya (2015 senesi otomobil sınıflandırmasına) göre senelik otomobil artış hızı hesaba katılarak yapılır. Buna göre hesaplanan 2030 senesi için yapılmış olan sınıflandırma EK-A.3'de verilmektedir.

EK-A.3'de verilen bu sınıflandırmaya göre IVE Model'de Araç Filosu Arayüzünde otomobil % dağılımı yapılır. Modelin bu arayüzünde sadece 2030 yılı otomobil dağılımı istendiği için Marmaray Projeli & Projesiz durum için otomobil % dağılımı aynı girilecektir. Sonuçta projeli ve projesiz durumda değişen olay, teknolojiler arasındaki % miktarlar değil, gidilen toplam km miktarı veya araç sayısındaki değişimdir.

7. MODEL SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

IVE Model ile ilgili uygulamalar beş farklı durum için planlanmıştır. Bunlar;

1) 2007 yılı mevcut emisyon tespiti
2) 2015 yılı Marmaray Projesi'nin olmadığı durumdaki emisyon tespiti
3) 2015 yılı Marmaray Projesi'nin olduğu durumdaki emisyon tespiti
4) 2030 yılı Marmaray Projesi'nin olmadığı durumdaki emisyon tespiti
5) 2030 yılı Marmaray Projesi'nin olduğu durumdaki emisyon tespiti

Bu planlanan durumlar haricinde İstanbul'da yol durumundan doğan sürüş farklılıkları, Embarque denilen uluslarası bir kuruluşun İstanbul içinde farklı kesimler içinde (gelir seviyesine ve yol tiplerine göre) 39 farklı aracı FTP sürüş çevirimine çıkarılmasıyla bu araçların İstanbul Trafiğindeki hız ve ivme değerleri için ayrıntılı sonuçlar elde edilmiştir [3]. Çalışmada monitorlanması yapılan yerler Şekil 7.1'de gösterilmektedir.



Şekil 7.1 : Embarque kuruluşunun İstanbul'da sürüş çevirimi yaptığı alanlar

Bu çalışmada da o programda elde edilen sonuçların benzer yol tiplerinin genel ortalamaları alınarak, farklı yol tipleri için 2007, 2015 ve 2030 yılları için VSP tip dağılımları ve başlangıç sürüş modları belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında bahsedilen bu farklı yol tipleri, genel olarak Şehirdışı (Otoyollar + İl yolları) ve Şehiriçi (minibüs yolu + E-5) olmak üzere 2 sınıfa ayrılmıştır. Veriler girilirken de IVE Programın içinde, bu sınıflandırılan yolların adları sırasıyla "Arterial" ve "Residential" olarak verilmiştir.

Bu 2 yol üzerindeki otomobil dağılımı, Karayolları Genel Müdürlüğünün 2006 yılı için hazırladığı ulaşım istatistik raporundan [14] yola çıkılarak; taşınan otomobil sayısı bakımından Arterial yollar için %28, Residential yollar için %72 olduğu görülmektedir. IVE Model'e veri girişi yapılırken de Arterial ve Residential dağılımında bu oran kullanılacaktır. Bu durumda şehirdışı (arterial) yolların gün içinde ulaştırdığı araç yüzdesi % 28, şehiriçi (residential) yolların ulaştırdığı araç yüzdesi %72 olarak kabul edilerek; her senaryo için ayrı ayrı residential ve arterial hesapları yapılmıştır.

Yol tipine göre ayrılan sürüş çevrimleri sonunda elde edilen VSP değerleri ve başlangıç modları girilmesinden sonra, benzinin kalitesi ve araç filo bilgileri girilir ve son olarak Model'den ister saatlik bazda, ister yıllık bazda çıkacak emisyon sonuçları elde edilebilir. Model'den elde edilen sonuçları, genel olarak 3 farklı emisyon tipine göre değerlendirebiliriz.

(a) Kriter Kirleticiler: CO, VOC, $VOC_{buh.}$, NO_x, SO_x, PM

(b) Toksik Kirleticiler: 1,3 Butadien, Asetaldehit, Formaldehit, NH_3, Pb

(c) Sera Gazı Kirleticileri: CO_2, N_2O, CH_4

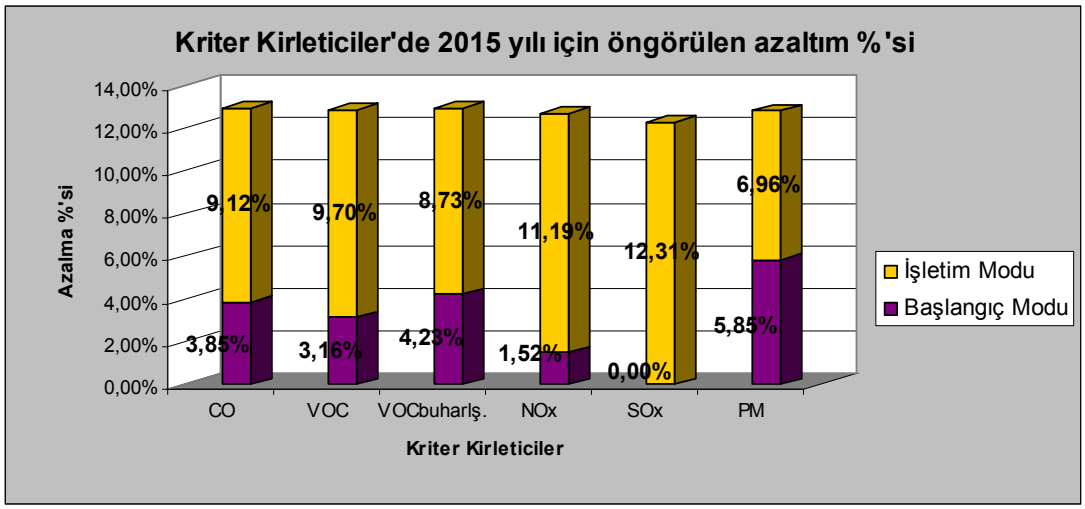
Bunun dışında her bir kirletici tipinin günümüzdeki emisyon miktarı ve ileride 2015, 2030 seneleri için Marmaray Projesi ile iyileştirme yapıldığı ve yapılmadığı durumlardaki emisyon değerlendirilmesi de bu bölümde incelenecektir. İstanbul'da Marmaray Projesinin olduğu durum için, "Projenin olmadığı durum" baz alınarak IVE Model'de hesaplanan emisyon miktarlarının tahmini azaltım %'leri grafikler üzerinden gösterilecektir.

7.1 Kriter Kirleticiler için Alınan Sonuçlar ve Değerlendirme

Kriter Kirletici başlığı altında incelenecek kirleticiler CO, VOC, $VOC_{buharlaşan}$, NO_x, SO_x ve PM'dir. Bunların Marmaray Projeli ve Projesiz durumlarında emisyon hızına yapacak etkileri hem araç teknolojilerinin değişmesi açısından, hem de araç artış hızının daha farklı olması açısından birbirinden ayrı olacağından, % değişim değerleri 2015 ve 2030 yılları için aşağıdaki alt bölümlerde olduğu gibi ayrı ayrı incelenecektir.

7.1.1 2015 yılı sonuçları için değerlendirme

Aşağıdaki Şekil 7.2'de 2015 senesi için Marmaray Projeli ve Projesiz durum birbiriyle kıyaslandığında elde edilen kriter kirletici emsiyonlarındaki % değişim değerleri gösterilmektedir.



Şekil 7.2 : Kriter Kirleticiler için 2015 yılında öngörülen azaltım miktarı

CO Emisyonu: 2007 yılı sonuçları incelendiğinde toplam 1012 ton/gün CO ortaya çıktığı görülmüştür. Bunun yanı sıra 2015 yılına kadar hiçbir önlemin alınmaması durumunda; otomobil sayısındaki hızlı artış ile bu değerin 1073 ton/gün CO değerine ulaşacağı; önlem alınması durumunda ise 930 ton/gün CO değerine ulaşacağı belirlenmiştir. Bu son bulunan değerin 2007 mevcut durumundan bile daha düşük emisyon çıkarmasının sebebi 2015 yılında Marmaray Projesiyle trafikten çekilecek araç sayısının şu an trafikteki mevcut 2007 yılı araç sayısından da daha az bir trafiğe sebebiyet vermesi yüzünden olacaktır.

CO emisyonu 2015 yılı Projeli ve Projesiz durumları birbiriyle kıyaslandığında ise Şekil 6.1'de olduğu gibi başlangıç modunda %2.96; işletim modunda %10.4 azaltıma neden olacaktır. Trafikten çekilen araç %'sinin 2015 yılında Bölüm 4.3.3.2'de bulunduğu gibi %13'lük bir azaltımının olması; paralel oranda bir CO azaltımının olacağını göstermektedir.

VOC Emisyonu: 2015 yılı Projeli ve Projesiz Durum birbiriyle kıyaslandığında başlangıç modunda %11,04 ve işletim modunda %2.34 olmak üzere toplam %13.5 civarında bir azatlıma neden olmaktadır ki trafikten çekilecek otomobil sayısının % 13 olacağı düşünülürse, azalan emisyonun azanla trafikle doğru orantılı olduğu söylenebilir.

$VOC_{buharlaşan}$ Emisyon: Bu tip kirleticide azalma miktarı projeli ve projesiz durum için toplam %6.3 olaraka bulunmuştur. Bu tip kirletici motordaki yanmadan değil de daha çok motor harici diğer aksamlarda yakıtın uçuculuğuna bağlı olarak oluşur. Dolayısıyla %13 araba azalışına karşılık % 6 gibi bir oranla $VOC_{buharlaşan}$ emisyonunun olması, trafikteuçuculuğu yüksek olan benzinli araçların yanı sıra uçuluğu düşük olan dizel araçlarının da bu orana etki ettiğini göstermektedir.

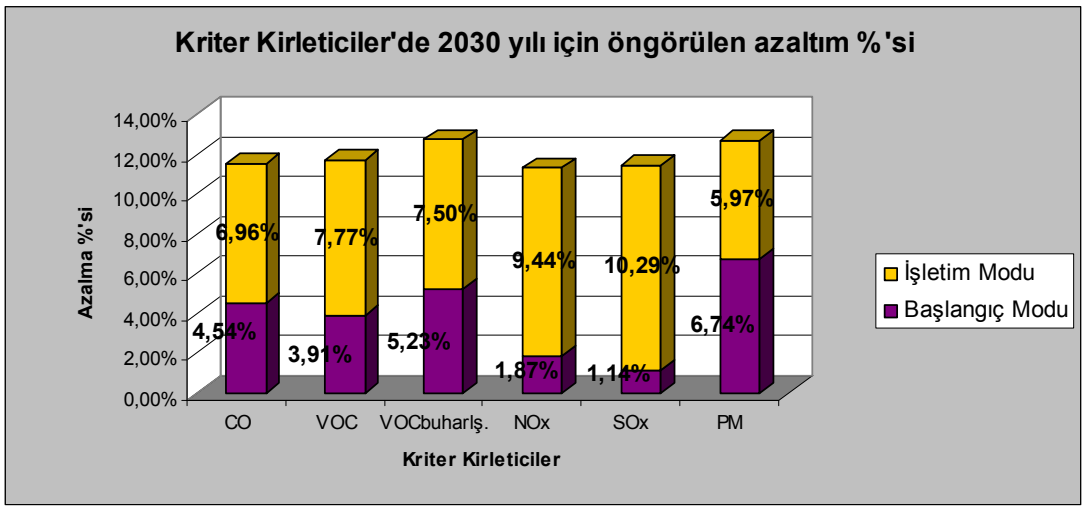
NO_x Emisyonu: Trafikten azalacak otomobil %'sinin 2015 senesi için %13 olacağı düşünüldüğünde NOx'deki toplam azalmanın %13,5 civarında (%11,71 işletim; %1,71 başlangıç) olması olağan bir sonuçtur.

SO_x Emisyonu: Trafikten azalacak otomobil %'sinin 2015 senesi için %13 olacağı düşünüldüğünde SOx'deki toplam azalmanın %12,97 civarında (%12,21 işletim; %0,76 başlangıç) olması olağan bir sonuçtur. SOx'in genellikle dizel araçlardan kaynaklanan bir kirletici olduğu düşünülürse; başlangıç modundaki kirlilik oranının işletim moduna oranına kıyasla azlığı daha anlaşılabilir olmaktadır, çünkü dizel araçlar karakter olarak fazla başlangıç emisyonu çıkarmazlar.

PM Emisyonu: Bu sonuçlarda dikkat edilecek en büyük faktör, başlangıç modundaki PM emisyon azaltım yüzdesinin, işletim modundaki % azaltım değerine eşit çıkacak olmasıdır. Bunun sebebi projeli ve projesiz durumda çıkan PM emisyonunun başlangıç ve işletim modları için yakın oranlarda çıkıyor olmasıdır. Bunun dışında toplam PM emisyon azaltım değerinin %13.1 civarında olması; otomobil azaltımındaki %13 civarı azatlımla doğru orantılı olduğunu göstermektedir.

7.1.2 2030 yılı sonuçları için değerlendirme

Aşağıdaki Şekil 7.3'de 2030 senesi için Marmaray Projeli ve Projesiz durum birbiriyle kıyaslandığında elde edilen kriter kirletici emsiyonlarındaki % değişim değerleri gösterilmektedir.



Şekil 7.3 : Kriter Kirleticiler için 2030 yılında öngörülen azaltım miktarı

2030 senesi emisyon değerleri de bir önceki bölümde 2015 senesi değerleri için yapıldığı gibi bir karşılaştırma yapıldığında hemen hemen her kirletici tipinde ve bunların da işletim modları ve başlangıç modlarında azaltım miktarının % olarak çok büyük oranda arttığı gözlemlenmektedir. Bunun nedeni 2030 senesinde trafikte olacağı düşünülen araçların, teknoloji tipleri bakımından 2015 yılı için seçilen araçlara kıyasla daha gelişmiş, daha az emisyon yaratabilen, hava/yakıt oranının daha kontrollü olduğu ve daha üst limitlere çekilmiş Euro Standartlı araçlar olmasından kaynaklanmaktadır.

Karşılaştırmada esas olan kriterlerden biri Bölüm 4.3.3.2'de bulunduğu gibi 2030 senesi için trafikteki otomobil sayısında %14,4'lük bir azaltımının olması önemli olacaktır. Buna bakılarak tüm emisyonlar için yaklaşık %14 civarı bir azaltımın gerçekleştiği görülmektedir.

Bunun dışında $VOC_{buharlaşan}$ miktarında 2015 senesine kıyasla çok ciddi miktarda bir azaltım %'si görülmektedir. Bunun en makul açıklaması olarak, 2015 ve 2030 seneleri arasında kalan otomobil sınıflandırmasında daha çok uçuculuğu diğer araçlara kıyasla benzinli araçların tercih edilmesi olmalıdır.

Dolayısıyla azalan otomobil sayısı ile kirletici emisyonları azaltım %'leri karşılaştırıldığında 2015 ve 2030 yılları için bu değerlerin birbiriyle orantılı olduğu görülmektedir.

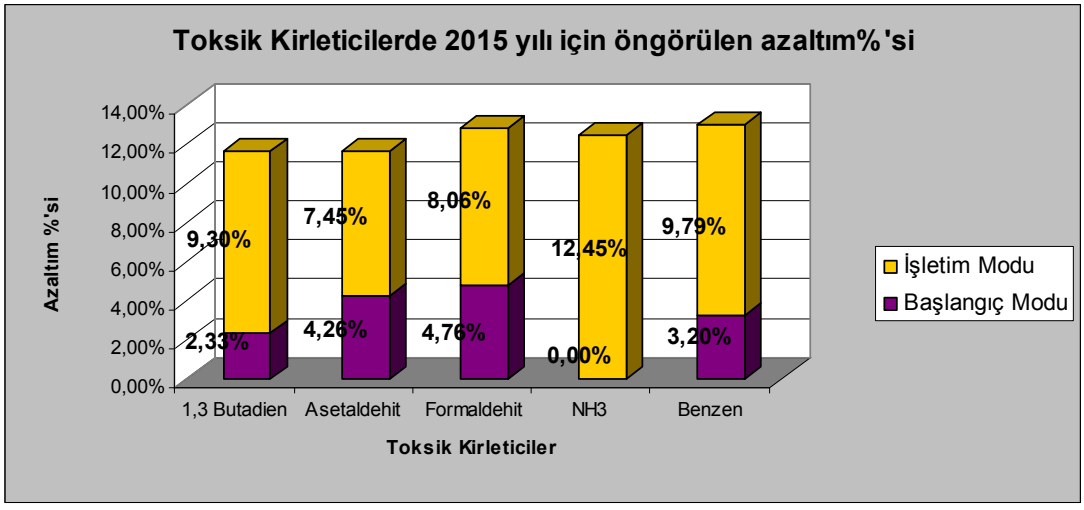
Bunun dışında kriter kirletici emisyonlarında başlangıç ve işletim modlarının yartatıkları emisyon %'leri değerlendirildiğinde 2007 yılından ve 2030 seneseine doğru gidildikçe oluşacak emisyonun, başlangıç modu olarak payının arttığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi seneler ilerledikçe artan araç sayısının da etkisiyle, (artan durma-kalkma ve rölanti oranının), eksik yanmayla daha fazla CO, HC ve diğer kirleticilerin emisyonuna sebebiyet vermesi yüzünden olacaktır.

7.2 Toksik Kirleticiler için Alınan Sonuçlar ve Değerlendirme

Toksik Kirletici başlığı altında incelenecek kirleticiler 1,3 Butadien, Asetaldehit, Formaldehit, NH_3 ve kurşundur. Bunların Marmaray Projeli ve Projesiz durumlarında emisyon hızına yapacak etkileri (% değişim değerleri) 2015 ve 2030 yılları için ayrı ayrı incelenecektir.

7.2.1 2015 yılı sonuçları için değerlendirme

Aşağıdaki Şekil 7.4'de 2015 senesi için Marmaray Projeli ve Projesiz durum birbiriyle kıyaslandığında elde edilen toksik kirletici emsiyonlarındaki % değişim değerleri gösterilmektedir.

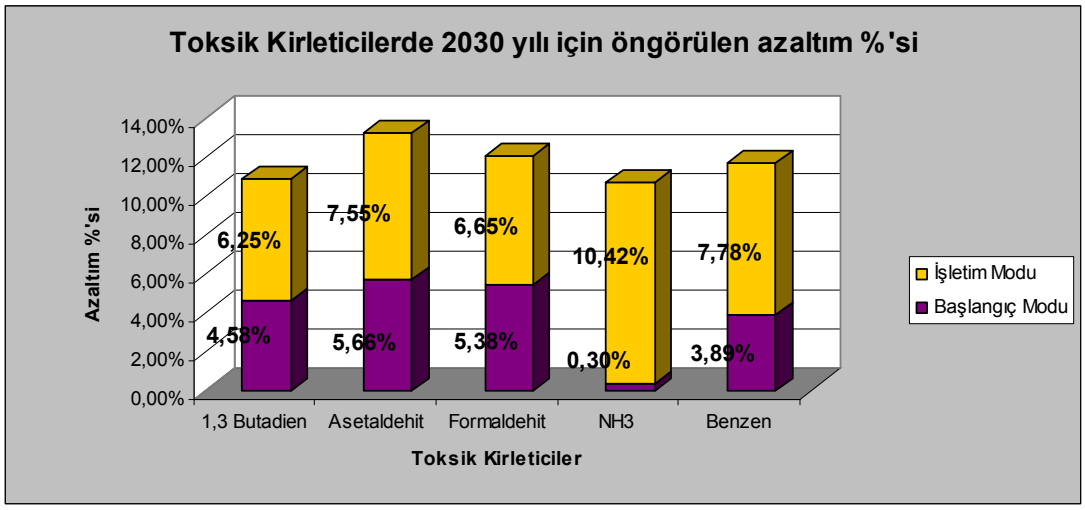


Şekil 7.4 : Kriter Kirleticiler için 2015 yılında öngörülen azaltım miktarı

Bu şekile göre 2015 yılı için öngörülen %13'lük trafikteki araç azaltımının kriter kirleticilerde olduğu gibi yine %13 mertebelerinde bir azatlıma neden olamadığı; aksine bu seviyenin % 6-7 civarında olduğu görülmektedir. Bunun başlıca nedeni bu toksik kirletici kaynaklarının daha çok benzinli araçlar olması sebebiyle; oluşacak emisyon azaltımının da, ileride sadece trafikten çekileceği düşünülen benzinli araçlar ile olacağıdır.

7.2.2 2030 yılı sonuçları için değerlendirme

Aşağıdaki Şekil 7.5'de 2030 senesi için Marmaray Projeli ve Projesiz durum birbiriyle kıyaslandığında elde edilen toksik kirletici emsiyonlarındaki % değişim değerleri gösterilmektedir.



Şekil 7.5 : Kriter Kirleticiler için 2030 yılında öngörülen azaltım miktarı

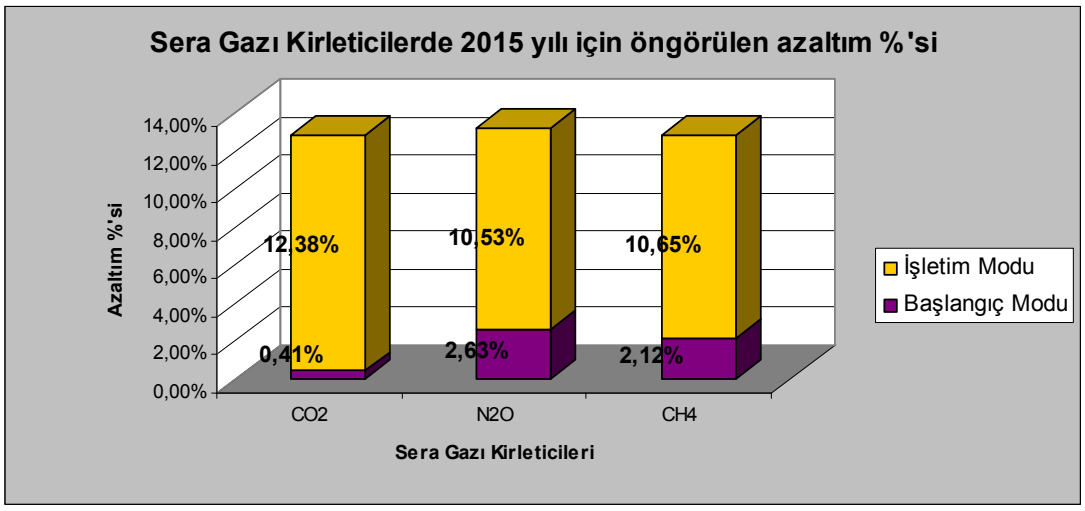
Yukarıdaki şekil incelendiğinde, toksik kirleticiler için bulunan %8 civarındaki azaltım %'sinin çok büyük bir artışla %14'ler civarına çıktığı görülmektedir. Bunun tek açıklaması olarak 2030 yılında seçilen araçların daha çok benzinli araçlar olduğu ve 2030 yılında benzin kalitesinin de artırılacağı düşünülerek, benzin kalitesinde yapılan seçimlerin bir etkisi olarak bu kadar yüksek azaltım değerleri ile karşılaşıldığı düşünülmektedir.

7.3 Sera Gazı Kirleticileri için Alınan Sonuçlar ve Değerlendirme

Sera Gazı Kirletici başlığı altında incelenecek kirleticiler CO_2, N_2Ove CH_4'tür. Bunların Marmaray Projeli ve Projesiz durumlarında emisyon hızına yapacak etkileri (% değişim değerleri) 2015 ve 2030 yılları için ayrı ayrı incelenecektir.

7.3.1 2015 yılı sonuçları için değerlendirme

Aşağıdaki Şekil 7.6'da 2015 senesi için Marmaray Projeli ve Projesiz durum birbiriyle kıyaslandığında elde edilen sera gazı kirletici emisyonlarındaki % değişim değerleri gösterilmektedir.

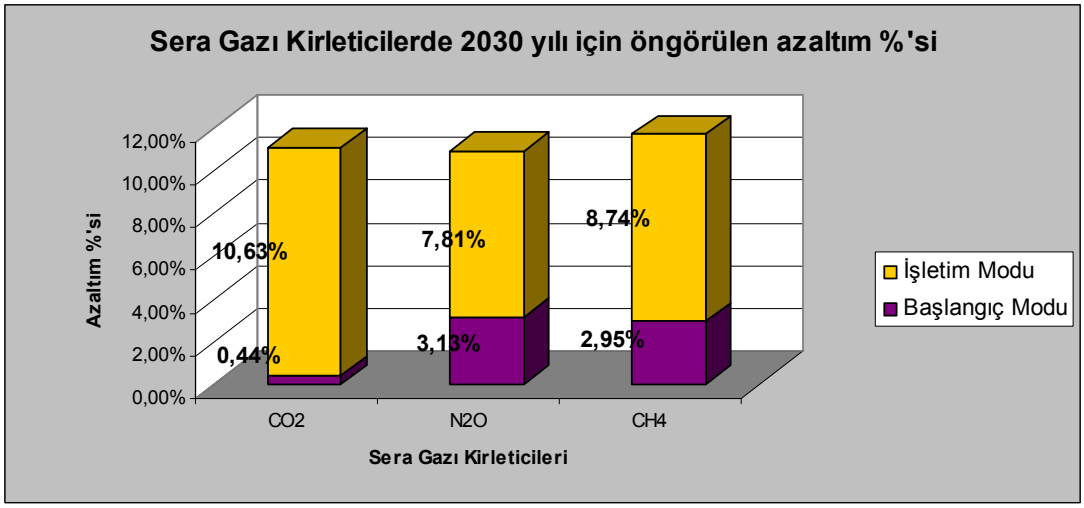


Şekil 7.6 : Kriter Kirleticiler için 2015 yılında öngörülen azaltım miktarı

Yukarıdaki şekil incelendiğinde; 2015 yılında trafikte %13'lük bir otomobil azatlımı yapılacağı düşünüldüğünde; CO_2 ve CH_4'de o % değerine uygun sonuçlar verirken; N_2O'daki azaltım miktarı %7 civarlarında kalmıştır. Bunun sebebi trafikten azaltıldığı düşünülen araçların veya girilen benzin kalitesinin N_2O'yu azaltmada doğru orantılı bir etkileyişi olmadığı içindir.

7.3.2 2015 yılı sonuçları için değerlendirme

Aşağıdaki Şekil 7.7'de 2030 senesi için Marmaray Projeli ve Projesiz durum birbiriyle kıyaslandığında elde edilen sera gazı kirletici emisyonlarındaki % değişim değerleri gösterilmektedir.



Şekil 7.7 : Kriter Kirleticiler için 2030 yılında öngörülen azaltım miktarı

Yukarıdaki şekil incelendiğinde, 2015 senesi N_2O için bulunan % 6 civarındaki azaltımın %'sinin 2030 senesinde çok büyük bir artışla %14'ler civarına çıktığı görülmektedir. Bu oran 2030 senesinde %14'lük trafik azaltımının yapılacağı düşünüldüğünde normal bir sonuçtur. Fakat %6'dan %14'lük azaltıma çıkılması durumu 2030 senesinde girilen araç teknolojilerinin, yakıt kalite değerlerinin N_2O'yu çok daha fazla azaltabilen opsiyonlar üzerine yapıldığı düşünülmektedir.

Bunun dışında belirtilmesi gereken bir diğer husus CO_2 emisyonunun 2015 senesinde %13.5 civarlarından, 2030 senesinde %15 civarlarına çıkartılmış olmasının başlıca sebebi olarak (daha çok büyük taşıtların CO_2 emisyonunu artırdığı esas alınarak); 2030 yılında araba sayısı artsa da, o yılla ilgili araç teknoloji dağılımı yapılırken daha çok küçük araçların kullanılması olarak yorumlanır. Küçük araçlar kullanıldıkça, CO_2 emisyonundaki miktarın daha fazla azatlıma neden olduğu düşünülmektedir.

7.4 Genel Değerlendirme

7.4.1 Yakıt tipine göre elde edilen emisyon faktörleri

Yukarıda anlatılanların da dışında IVE Model yardımıyla araçların teknolojisi genel olarak yakıt tipine göre ayrıldığında (benzinli, dizel ve doğalgaz olmak üzere) bu ayrıma göre bulunabilecek 2007 yılı ortalama emsiyon faktörleri aşağıdaki Çizelge 7.1 'deki gibi elde edilmiştir. Bu çizelgede belirtilen emisyon faktörlerinin kıyaslanması , daha önce bahsedilen benzin tiplerinin emisyona olan etkisinde anlatılanların doğruluğu kontrol edilebilir.

Çizelge 7.1 : IVE Model ile bulunan yakıt tipine göre emisyon faktörleri

Hava Kirleticileri için Modelden Bulunan Emisyon Faktörleri (gr/km)				
		BENZİNLİ	**DİZEL**	**LPG**
CO	Bşl.	298,600	10,550	294,300
	İş.	22,700	1,780	21,190
VOC	Bşl.	18,400	2,520	4,930
	İş.	2,850	0,796	0,760
$VOC_{buharl.}$	Bşl.	1,268	0,000	1,440
	İş.	0,349	0,000	0,390
NO_x	Bşl.	5,410	0,156	6,540
	İş.	1,830	1,110	1,670
SO_x	Bşl.	0,065	0,006	0,000
	İş.	0,029	0,022	0,000
PM	Bşl.	0,054	0,366	0,000
	İş.	0,011	0,114	0,000
1,3 Butadien	Bşl.	0,021	0,004	0,000
	İş.	0,008	0,002	0,000
Asetaldehit	Bşl.	0,037	0,006	0,010
	İş.	0,014	0,003	0,005
Formaldehit	Bşl.	0,097	0,019	0,110
	İş.	0,037	0,010	0,040
NH_3	Bşl.	0,034	0,007	0,020
	İş.	0,049	0,003	0,032
Benzen	Bşl.	0,969	0,000	0,000
	İş.	0,000	0,000	0,000
CO_2	Bşl.	181,000	51,630	157,100
	İş.	263,000	224,000	212,000
N_2O	Bşl.	0,017	0,005	0,012
	İş.	0,000	0,000	0,000
CH_4	Bşl.	0,368	0,000	22,170
	İş.	0,570	0,000	3,430

Daha önce anlatılan bilgiler ışığında, Çizelge 7.1'de belirtilen emisyon faktörleri incelendiğinde benzinli, dizel ve LPG'li araçların hepsinde birtakım farklar olduğu görülmektedir.

Genel olarak bakıldığında burada CO_2 ve CH_4 hariç tüm başlangıç emisyon faktörlerinin, işletim durumunda elde edilen emisyonlara oranla daha fazla olduğu görülmektedir.

CO emisyonu benzinli araçlarda çok fazla miktardayken, dizel araçlarda bunun çok daha az olduğu görülmektedir. Bununla birlikte ikisinde de başlangıç modunda çıkan CO emisyonu, işletim modunda çıkan emisyonun neredeyse 10 katıdır. Bunun en büyük sebebi, rölanti gibi devrelerde eksik yanmanın fazla olması sebebiyle CO salınımının da fazla olmasıdır.

Bunun dışında $VOC_{buh.}$ emisyonunun dizel araçlarda hiç olmadığı görülmektedir. Bunun sebebi daha önce de bahsedildiği gibi, dizel araçların uçuculuğunun çok az olmasıdır.

Fakat bununla birlikte dizel araçlarda da benzinli araçlara kıyasla daha fazla PM emisyonunun olduğu görülmektedir.Bu emisyonu önlemek amacıyla çoğu araçta filtre gibi koruma yöntemleri olsa da, bu emisyonlar benzinli araçların emisyonuna kıyasla daha fazla çıkar.

Asetaldehit, formaldehit gibi hidrokarbon yapıları daha çok benzinin içeriğinde bulunan katkı maddeleri sebebiyle oluştuğundan, bu emisyon faktörünün de dizel araçlara kıyasla daha fazla oluşması normaldir.

Bunların da dışında genel olarak değerlendirme yapmak gerekirse; genellikle başlangıç modundaki emsiyonların işletim modundaki emisyonlara kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir (CO_2 Hariç) ve yakıt tipleri farklı olunca çıkacak emisyonun miktarı ve cinsi de değişmektedir.

7.4.2 Emisyonda % azaltım değerleri

7.4.2.1 Kirletici cinsine göre

Aşağıdaki Çizelge 7.2'de IVE Model'de hesaplanmış olan 2015 ve 2030 yıllarında Marmaray Projeli ve Projesiz durum birbiriyle kıyaslandığında elde edilen % azaltım oranları verilmektedir.

Çizelge 7.2 : Kriter, Toksik ve Sera gazlarında % azaltım değerleri (IVE Model)

	Senelere göre Azaltım %'leri			
	KİRLETİCİ	**2007**	**2015**	**2030**
Kriter Kirleticiler	CO	0%	12,97%	11,50%
	VOC	0%	12,87%	11,68%
	VOC_{buhar}	0%	12,90%	12,70%
	NO_x	0%	12,71%	11,31%
	SO_x	0%	12,31%	11,43%
	PM	0%	12,81%	12,72%
	ORTALAMA	**0%**	**12,76%**	**11,89%**
Toksik Kirleticiler	1,3 Butadien	0%	11,63%	10,83%
	Asetaldehit	0%	11,70%	13,21%
	Formaldehit	0%	12,82%	12,03%
	NH3	0%	12,45%	10,72%
	Benzen	0%	12,99%	11,67%
	ORTALAMA	**0%**	**12,32%**	**11,69%**
Sera Gazı Kirleticiler	CO_2	0%	12,79%	11,07%
	N_2O	0%	11,07%	10,94%
	CH_4	0%	12,77%	11,69%
	ORTALAMA	**0%**	**12,21%**	**11,23%**

Bu çizelge incelendiğinde 2015 yılındaki % azaltım miktarının 2030 yılındaki azaltım miktarına oranla hep daha fazla olduğu görülmektedir. Bundaki en büyük sebep, 2030 yılında, 2015 yılına oranla otomobil sahipliği durumunun artacak olması ve bu artışın, azalan emisyon miktarının da önüne geçecek olmasıdır. Bu sebeple emisyon azaltım % oranı, otomobil sayısının artmasıyla yıldan yıla azalacaktır.

Bunun dışında yukarıda Çizelge 7.2 ile verilen IVE Model ile elde edilmiş azaltım miktarları Çizelge 7.1 ilke verilmiş emisyon faktörlerine göre kaba olarak elle hesaplandığında ise aşağıdaki Çizelge 7.3'deki azaltım değerleri elde edilmektedir. Bu değerler Çizelge 7.2 değerleri ile karşılaştırıldığında aradaki %'lik dilimin daha fazla olduğu görülmektedir. Bunda en büyük etken elle hesaplamda sürüş çevirimi için elde edilen katsayıların, başlangıç durumunun göz ardı edilmesidir.

Çizelge 7.3 : Kriter, Toksik ve Sera gazlarında % azaltım değerleri (Elle hesaplama)

	Senelere göre Azaltım %'leri			
	KİRLETİCİ	**2007**	**2015**	**2030**
Kriter Kirleticiler	CO	0%	14,23%	12,38%
	VOC	0%	13,44%	13,34%
	VOC_{buhar}	0%	14,42%	12,16%
	NO_x	0%	13,97%	12,31%
	SO_x	0%	13,05%	13,43%
	PM	0%	13,06%	12,20%
	ORTALAMA	**0%**	**13,70%**	**12,64%**
Toksik Kirleticiler	1,3 Butadien	0%	13,05%	13,95%
	Asetaldehit	0%	13,57%	13,22%
	Formaldehit	0%	14,24%	12,17%
	NH_3	0%	13,97%	12,80%
	ORTALAMA	**0%**	**13,71%**	**13,04%**
Sera Gazı Kirl.	CO_2	0%	13,81%	12,37%
	CH_4	0%	15,78%	9,95%
	ORTALAMA	**0%**	**14,80%**	**11,16%**

7.4.2.2 Sürüş moduna göre

Aşağıdaki Çizelge 7.3'de ulaşımda en büyük kirlilik payını oluşturan CO_2, NOx, CH_4, NMVOC, CO, PM ve SO_x için ayrı ayrı 2015 ve 2030 senelerinde bir otomobilin normalde yeni çalıştırılmış durumu ve sıcak motorlu (işletim) durumundeyken çıkacak emisyon miktarındaki % azaltım değerleri verilmektedir. Burada 2015 yılındaki değerler toplandığında o kirletici için 2015 yılı için elde edilmesi düşünülen daha önce Çizelge 7.2 ile gösterilen % azaltım miktarları elde edilmiş olunur.

Çizelge 7.4 : Başlangıç ve işletim durumunda oluşacak % azaltım değerleri

	SÜRÜŞ MODU AZALTIM %'LERİ			
	BAŞLANGIÇ		İŞLETİM	
	2015	2030	2015	2030
CO_2	0,41%	0,44%	12,38%	10,63%
NO_x	1,52%	1,87%	11,19%	9,44%
CH_4	2,12%	2,95%	10,65%	8,74%
NMVOC	3,16%	3,91%	9,70%	7,77%
CO	3,85%	4,54%	9,12%	6,96%
PM	5,85%	6,74%	6,96%	5,97%
SO_x	0,00%	1,14%	12,31%	10,29%
ORTALAMA	**2,42%**	**3,08%**	**10,33%**	**8,54%**

Yukarıdaki çizelge incelendiğinde, Başlangıç Emisyonlarının 2015 senesinden 2030 senesine geçildiğinde emisyon azaltımında % miktarının arttığı görülmektedir. Bunun tam tersi olarak işletim modu sırasında meydana gelen emisyonların ise 2030 senesine doğru gidildikçe daha yavaş bir azalma gösterdiği çizelgeden anlaşılmaktadır.

Bunun başlıca sebebinin 2030 yılında seçilen araç filosunun, 2015 yılında seçilen araç filosuna oranla yanma işlemi olurken hava/yakıt oranını daha iyi ayarlayabilen mekanizmalı araçlardan seçildiği, böylelikle başlangıç sırasında, motora fazla yakıt gönderilmesiyle oluşabilecek emisyonların daha fazla önüne geçilmiş olduğu düşünülmektedir.

7.4.2.3 Yol tipine göre

IVE Model'de bir aracın yol üzerinde nasıl kullanıldığı ve dolayısıyla yolun sıkışıklık durumu, hız değerleri, durma-kalkma miktarının azlık ve çokluğu gibi sebepler bir otomobilden kaynaklanan emisyonu ciddi derecede etkiler. Aşağıdaki Çizelge 7.4 'de yine ulaşım için en önemli olan emisyonların şehiriçi (devlet yolları) ve şehirdışı (otoyol ve il yolları) yollardaki 2015 ve 2030 seneleri için yapacağı emsiyon azaltım % değerleri verilmektedir.

Çizelge 7.5 : İstanbul'un şehiriçi ve şehirdışı yollarında % azaltım miktarları

	YOL TİPİ AZALTIM %'LERİ			
	ŞEHİRDIŞI		ŞEHİRİÇİ	
	2015	2030	2015	2030
CO_2	*2,75%*	*-0,48%*	*9,82%*	*11,54%*
NO_x	*3,01%*	*-0,16%*	*9,79%*	*11,42%*
CH_4	*2,81%*	*0,06%*	*9,96%*	*11,63%*
NMVOC	*2,98%*	*0,16%*	*9,95%*	*11,52%*
CO	*3,17%*	*0,31%*	*9,71%*	*11,15%*
PM	*2,51%*	*0,77%*	*10,31%*	*11,75%*
SO_x	*2,31%*	*-0,57%*	*10,00%*	*12,00%*
ORTALAMA	**2,79%**	**0,11%**	**9,93%**	**11,57%**

Bu Çizelge'de % azaltım değerlerinin başında eksi (-) işaretinin olması, o emisyonun o sene içinde azalmayıp, aksine artış gösterdiğini belirtmektedir. Buna göre yukarıdaki Çizelge incelendiğinde 2015 yılı sonuçları birbirine kıyaslandığı zaman Şehir İçi yolların emisyonlarının, Şehir Dışı yollarınınkine oranla daha fazla azalma gösterdiği görülmektedir. Bunun en büyük sebeplerinden biri bu yolların üzerinde daha fazla kullanımın gerçekleşmesidir. Şehirdışı bir yolda 2015 ve 2030 yılı azaltım oranları kıyaslandığında ise, 2015 yılında daha fazla % azaltım oranı olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak 2030 yılında trafik sıkışıklığının % olarak daha fazla artış göstereceği düşünülebilir. Şehir dışı yolda trafik sıkışıklığı, otomobilin daha fazla durup-kalkmasına neden olacağından hava yakıt oranının ayarını da bozar, dolayısıyla daha fazla emisyon salınımı gerçekleşir. % azaltım denilen sonuçlari bu sebeple bazen %artım olarak da elde edilebilir.

Bunun dışında tam tersi olarak Şehiriçi yollarda ise, 2030 yılına doğru gidildikçe , emisyon azaltım %'sinin giderek arttığı görülmektedir.

7.4.3 IVE Model ile elde edilen sonuçların diğer çalışmalarla kıyaslaması

1) Marmaray Projesi'nin hava emisyonunu nasıl etkileyebileceği sorusunun cevabı bulunurken en önemli unsurlardan biri İstanbul trafiğinin ne kadar rahatlayacağının tahminidir.

Azalan yolcu sayısı hakkındaki hesaplar ve tahminler daha önce bu çalışma içerisinde Bölüm 5.3.3.1 içinde yer alan Çizelge 5.7'de verilmişti.

Bulunan bu azalmış yolcu verilerinin Çevre ve Orman Bakanlığı'nın İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi kapsamında hazırladığı benzer bir çalışmaya esasla hesaplanmış Marmaray Projesi ile azalan yolcu sayısı konusundaki

kıyaslaması ise Çizelge 7.5 ’de verilmektedir.[35]. Her iki çalışmada da Marmaray Projesi yardımıyla günlük olarak tasarruf edilecek yıllık yolcu sayısı verilmektedir.

Çizelge 7.6 : Marmaray Projesiyle birlikte azalacak yolcu tahmininin kıyaslaması

Çevre ve Orman Bakanlığı Raporu [35]		Tez Çalışması	
Yıl	Yolcu-km	Yıl	Yolcu-km
2009	1.759.986	2010	1.634.797
2014	1.787.700	2015	1.781.301
2030	2.424.66	2030	2.166.592
$Ortalama_1$	2.011.228	$Ortalama_2$	1.860.897

Yukarıdaki çizelgeden de görüldüğü üzere 2 çalışma arasında da yolcu sayısı bakımından çok az bir fark bulunmaktadır. Bu da, tezde emisyon hesaplanırken esas alınan yolcu sayısının daha önceki hesaplara uygunluğunu kanıtlar.

2) Yine aynı raporda [35] elde edilen sonuçların kıyaslamasında ulaşımda belli başlı en büyük kirletici olan gazlar ve Marmaray Projesiyle günlük, yıllık ve 25 yıllık azaltım miktarları aşağıdaki Çizelge 7.6 ile verilmektedir.

Bu Çizelge’de sol tarafta verilen değerler Çevre ve Orman Bakanlığı’nın daha önce bahsedilen raporunda Marmaray Projesi için yapılmışemisyon azaltım miktarlarını göstermektedir.

Çizelge 7.7 : Emisyon azaltımı kıyaslaması

	Çevre ve Orman Bakanlığı Raporu [35]			Tez Çalışması		
	Günlük Ortalama	Yıllık Ortalama	25 Yıllık Toplam	Günlük Ortalama	Yıllık Ortalama	25 Yıllık Toplam
Emisyon	(Ton/gün)	(Ton/yıl)	(Ton)	(Ton/gün)	(Ton/yıl)	(Ton)
NMHC	8,5	2.740	68.504	2,7	864	21.600
CO	49	15.815	395.372	33,2	10.624	265.600
NO_x	18	5.897	147.430	15,43	4.938	123.450
SO_x	2,2	705	17.614	0,23	73	1.825
PM	1,7	550	13.760	0,74	237	5.925
CO_2	327	104.628	2.615.701	1.906	610.000	15.250.000

Yukarıdaki çizelge incelendiğinde, Bakanlığın raporunda elde edilen değerlerin, bu tez çalışmasında elde edilen değerlere oranla yaklaşık 5-10 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebi bu çalışmada sadece otomobil azaltımına göre

hesaplamalar yapılırken, bahsedilen raporda otobüs, minibüs, otomobil ve feribot olmak üzere tüm araçlar için emisyon azaltımı göz önüne alınmaktadır.

Bunun haricinde elde edilen CO2 miktarında ise, tez çalışmasında elde edilen değerlerin Bakanlığın raporunda elde edilen CO2 değerinden neredeyse 5 kat fazla sonuç verdiği görülmektedir. Bunun sebebi olarak, çalışmada sadece otomobil azaltımı düşünüldüğünde ve kamyon, otobüs gibi büyük araçların zamanla artışı hesaba katılmadığında, bu araçların trafik sırasında verdikleri yüklü miktarda emisyonun göz ardı edilmiş olmasından doğan yüklü bir azaltımın olacağı düşünülmektedir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada İstanbul'da toplu ulaşım alanında önemli bir açılımı temsil eden ve şehrin iki yakasını raylı sistemle birleştirmeyi sağlayacak olan Marmaray Projesi'nin faaliyete geçmesi ile şehrin trafiğinden çekilecek olan otomobil sayısının neden olacağı hava kirletici emisyonların hesaplanması yapılmıştır. Bu hesaplamada şehrin trafiğine kayıtlı araç kayıtları, değişik kurumların veri tabanları ve ilgili kişilerle yapılan görüşmelerden elde edilen bilgiler esas alınmış belirsizlik seviyesi minimize edilmeye çalışılmıştır. Ancak yine de bir kısım bilgilerin temsiliyeti istenen seviyelere çıkarılamamıştır. Emisyonların hesabında konu ile ilgili en yeni geliştirilmiş modellerden biri olan IVE MODEL'i kullanılmıştır.

Modelin ihtiyaç duyduğu bilgiler büyük ölçüde trafikte yer alan araç parkını bire bir temsil edecek şekilde ve gerçek yol koşullarında oluşturacakları emisyon koşullarını baz almaktadır. Bu bakımdan modelin kalibrasyonu ile ilgili İstanbul'da yapılan çalışma sonuçları dikkate alınmıştır. Araçların İstanbul trafiğinde farklı yol kalite ve araç kompozisyonunu ve günün değişik saatlerini temsil edecek şekilde yol koşullarında test sürüşü sonuçlarını içerdiği kabul edilmiştir.

Model araçların soğuk çalışma(cold start)/sıcak çalışma(Hot start), durma/kalkma, hızlanma/yavaşlama gibi modları ve modlara ait emisyonları ve bütün modların ortalaması olmak üzere ortalama emisyon faktörleri elde edilmesine imkan vermektedir.

IVE Model yardımıyla yapılan bu çalışmada Marmaray Projesi'nin gelecek senelere olabilecek Hava Kalitesindeki etkisi araştırılmıştır. Elimizde Projenin işletmeye alınması durumunda ne kadarlık bir kapasiteyle kullanılabileceği bilgisi olmadığından, %100 kapasite durumunda trenin taşıyacağı insan sayısının hesabı ve 1000 kişi başına düşen otomobil sayısının dikkate alınmasıyla trafikte otomobil kullanımında 2015 senesinde %13, ve 2030 senesinde %14 civarında otomobilin trafikten çekileceği öngörülmektedir.İklim değişikliği kapsamında ülkelerin emisyonlarını azaltma yönündeki çabaları istikametinde İstanbul'da Marmaray Projesinin bu etkisi Türkiye'nin sera gazı emisyonlarında önemli bir paya sahip

ulaşım kaynakları bakımından ciddi bir azalmanın sağlanmasına tekabül etmektedir. İstanbul Şehri bu emisyon azalmasının "gönüllü karbon ticareti" kapsamında değerlendirerek önemli kazanımlar elde edebilecektir.

Bununla birlikte azalan bu otomobil sayısı, emisyonda da yaklaşık bu seviyelerde bir azaltıma neden olur. Burada 2015 ve 2030 senesindeki farklılıkları yaratan, bu seneler için araba teknolojilerinin seçimi yapılırken, seneler arttıkça, teknolojinin de daha iyi olacağı ve daha kontrollü, daha standartlara uygun araçların trafikteki yüzdesinin giderek artacağı düşüncesiyle yola çıkılmıştır. Fakat otomobilin hızla artış oranı mevcut 2007 yılıyla durum kıyaslandığında açıkça görülebilmektedir. Marmaray Projesi'nin olmadığı durumda meydana gelecek artış, her ne kadar iyileşecek teknolojilerin trafiğe girdiği düşünülmüş olsa da; çok büyük miktarda olan emisyon artışının önüne geçememektedir.

IVE Model kullanımıyla en başta farklı teknolojilerden kaynaklanan emisyon hızlarının bulunmasında etkili olarak emisyon faktörleri kıyaslandığında, başlangıç modundaki emisyonların, işletim modunda çıkan emisyonlara kıyasla 5-10 kat fazla olduğu görülmektedir. Bunun en büyük sebebi, bir aracı durma konumundan çalışma konumuna alırken, motora fazla yakıt enjekte edilir ve hava/yakıt oranı yeterince iyi ayarlananamadığından, eksik yanmanın oluşmasıyla, yeni çalıştırma konumunda emisyon miktarı da çok fazla olur. Otomobillerden kaynaklanan emisyonu azaltmanın taşıt kaynaklı sorunlarından en büyüğü olan hava/yakıt oranını iyi sağlayabilecek teknolojilerin işletmeye girmesiyle çıkacak emisyon miktarının ciddi oranda iyileştirileceği düşünülmektedir. Bu konuda belki yine IVE Model'in kullanımıyla bir çalışma yapılabilir.

Bunların dışında IVE Model ile elde edilen % emsiyon azaltım değerleri, el ile hesaplandığında azaltım miktarlarının daha fazla olacağı gözlemlenmiştir. Örneğin 2015 yılı için IVE Model'de %13'lük bir emsiyon azatlımı öngörülürken; el ile hesaplamada %15'lik bir azalma öngörülür. Bunun başlıca nedeni, el ile hesaplamada İstanbul'da sürüş koşullarının, araç teknolojilerinin göz ardı edilerek hesaplanmasıdır.

TARTIŞMALAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma şu an işletimde olmayan, fakat yapımı birkaç sene içerisinde bitecek bir projenin varlığı üzerine olduğundan, yolcu sayımı üzerine birçok varsayımda bulunmuş ve en yararlı olarak %100 kapasitenin kullanılacağı öngörülmüştür. Bu da trafikten çekilecek maksimum otomobil sayısı demektir. Elde edilen emisyon azaltımları da buna bağlı olarak "en iyi ihtimal" esasına dayandırılmıştır. Yine de işletimde olacak zamanla ilgili işletim durumu ve koşulları bilinebilseydi, çokm daha gerçeğe yakın bir sonuca ulaşılacağını düşünüyorum.

Bunun dışında IVE Model'in en önemli kalemi otomobil sınıflandırmasıdır. Mevcut durum sınıflandırması her ne kadar veri eksikliğinde olsa da; birtakım sağlam varsayımlar grafikler yardımıyla artış hızlarının bulunması yardımıyla elde edilmiştir. Fakat 2015 ve 2030 seneleri için yapılana sınıflandırma ne yazık ki 2007 kadar gerçeğe yakın sonuçlar içermememektedir. Burada esas olan, teknolojinin giderek daha artacağı düşüncesidir, fakat hangi teknolojinin, % kaç artırılmasıyla ilgili konular soru işaretidir ve daha çok kullanıcının düşüncesiyle şekillenmiştir.

Son olarak bu çalışmada Marmaray Projesi'nin sadece otomobil emisyonuna söz konusu olabilecek bir azaltımından bahsedilemektedir. Bunun en büyük sebebi, banliyö hattı ile diğer toplu ulaşım alternatiflerinin ulaşım bakımından her zaman aynı güzergahı takip etmiyor olmasıdır. Fakat banliyönun aktarma sistemleri metro ve diğer otobüs hatlarının da kullanılması ve banliyö ile koordine edileceği düşünüldüğünde; trafikten ağır taşıt grubuna giren çok sayıda özel ve İETT otobüslerinin düşürülmesi de mümkündür. Bu çalışma üzerinden daha geniş kapsamlı olan ve muhtemelen otobüs azaltımını da dikkate alan ve çok daha fazla emisyon azaltımını da öngörecek böyle bir projenin çok yararlı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] **Japan Uluslararası İşbirliği Bankası,** 2007. Türkiye Cumhuriyeti İstanbul Boğaz Demiryolu Tüp Geçit Projesi (I) ve (II) ile ilgili Proje Uygulaması için özel yardım (SAPI) Sonuç Rapor, Haziran.

[2] **Çevirgen, S., Soruşbay, C., Ergeneman, M., Pekin, M.,** 2008. Türkiye'de Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Bölgesel Olarak Değerlendirilmesi, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, İstanbul, 17-19 Aralık.

[3] **Lents, J., Unal, A., Mangir, N., Osses, M., Tolvett, S., Yunusoglu, O.,** 2007. A Study of the Emissions from Diesel Vehicles Operating in Istanbul, Turkey, *IVE Model Emission Activity Report*, ISSRC . Turkey.

[4] **Lents, J., Davis, N., Nikkila, N., Osses, M., Fernandez, M, Lents, M., Shewmaker, D., Garibay, S.,** 2001. Santiago Vehicle Activity Study, Turkey, *IVE Model Emission Activity Report*, ISSRC . Santiago.

[5] **Türkiye İstatistik Kurumu,** 2007. Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri 2007, Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası Yayın No.3149, Ankara, Haziran.

[6] **Özoğuz, B.,** 2008. Türkiye Kara Yollarında Oluşan Emisyon Miktarının Belirlenmesi ve Emisyon Azaltım Senaryoları, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Araştırma Makalesi Cilt 26/Sayı3*, İstanbul, Ekim.

[7] **Öztürk, Z.,** 1999. Motorlu Araçlardan Oluşan Kirlilik ve Egzoz Emisyon Regülasyonları, *2.Ulaşım ve Trafik Kongresi-Sergisi Bildiriler Kitabı*, Ankara, 29 Eylül-02 Ekim, syf.201-212.

[8] **Çavdar, A., İskurt A., Kılıçaslan, İ.,** 2009. Trafik Parametrelerinin Elde Edilmesi için Yeni bir Yöntem Yaklaşımı, *5. Uluslarası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Kocaeli, 13- 15 Mayıs.

[9] **ISSRC,** 2008. User's Guide to IVE (International Vehicle Emission) Model Version 2.0, (http://www.issrc.org/ive).

[10] **Müezzinoğlu, A.,** 2000. Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları, *Dokuz Eylül Yayınları ISBN 975-6981-36-9*, İzmir, Haziran 2009.

[11] **Url-1** <*http://www.aqbook.org.tr/*>, alındığı tarih 10.06.2009.

[12] **Davis, N., Lents, J., Nikkilo, N., Osses, M., Barth, M.,** 2005. Understanding Mobile Source Emissions in Developing Nations Using IVE, Latin America Conference, South America, January 9.

[13] **Url-2 <***http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet.htm/***>,** alındığı tarih Ağustos, 2009.

[14] **Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, 2006.** Karayolu Ulaşım İstatistikleri, Ankara.

[15] **Url-3** <http://www.tuik.gov.tr/MetaVeri.do?tb_id=52&ust_id=15>, alındığı tarih Haziran, 2009.

[16] **Akça, L., Koçer, A.Ü., Coşgun, A.Y.,** 2009. *Ulaştırma Bakanlığı 10. Ulaştırma Şurası Intermodel Çevre Çalıştayı (ÇVAG) Taslak Raporu*, İstanbul, Ağustos**.**

[17] **Gumusay, M.U., Unal, A., Aydın, R.,** 2008. Use of Geographical Information System in Analyzing Vehicle Emissions, Istanbul as a Case Study, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1*. Beijing.

[18] **Soruşbay, C.,** 2007. Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan CO2 Emisyonlarının Çevreye Etkisi ve Kontrolü, *Mühendis ve Makina Dergisi*, *Cilt:48, Sayı:564, syf: 22-27,* İstanbul, Ocak.

[19] **Soruşbay, C.,** 2005. Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazları, Çevre ile Uyumlu Ulaşım Alternatifleri, İklim değişikliğinin Türkiye ve Sanayiye Etkileri Toplantısı, Çevre ve Orman Bakanlığı-TOBB, Ankara, 22 Kasım.

[20] **Soruşbay, C.,** 2008. Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltımı, *Türkiye ve İklim Değişikliği Çalıştayı*, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, MDG Achievement Fund, Ankara, 30 - 31 Ekim.

[21] **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2005.** *Enerji Sektöründe Sera Gazı Azaltım Çalışma Grubu Raporu*, Ankara.

[22] **Url-4 <** http://www.marmaray.com.tr/mr/marmaray-anasayfa >, alındığı tarih Haziran, 2009.

[23] **Url-5 <** http://www.tuik.gov.tr/MetaVeri.do?tb_id=52&ust_id=15 >, alındığı tarih Haziran, 2009.

[24] **Gerçek, H., Demir, O.,** 2003. *Report About Traffic Forecasts of the Marmaray Project*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

[25] **International Vehicle Emissions Model.,** 2008. Attachment A- Development of the Base Emission Rates for Use in the IVE Model Version 1.2, ISSRC , April.

[26] **International Vehicle Emissions Model.,** 2008. Attachment B- Development of the Correction Factors for Use in the IVE Model , ISSRC, April.

[27] **International Vehicle Emissions Model.,** 2008. Attachment C- Characterizing Emission Variations due to Driving Behavior from On-road Vehicles, ISSRC, April.

[28] **T.C. Maliye ve Sanayi Bakanlığı,** 2007. Vergi Daire Başkanlığı Veri talebi, Ankara, Aralık.

[29] **Otomotiv Sanayi Derneği.,** 2009. Otomotiv Sanayi Genel ve İstatistik Bülteni, 2009-01, İstanbul, Mart.

[30] **Otomotiv Distribütörleri Derneği.,** 2008. 2006, 2007 ve 2008 yılları için Otomotiv Pazarı Raporu, İstanbul.

[31] **Wang, H., Chen, C., Huang, C., Fu, L.,** 2007. On-road Vehicle Emission Inventory and Its Uncertainty Analysis for Shanghai, China, *Elsevier Science Direct Article- Science of the Total Environment 398(2008) 60-67*, Shangai, Aralık.

[32] **Hui, G., Qing-yu, Z., Yao, S., Da-hui, W.,** 2007. Evaluation of the International Vehicle Emission (IVE) Model with on-road Remote Sensing Measurements, *Science Direct Article, Journal of Environmental Sciences,* Hangzhou-China, Mart.

[33] **Soylu, Ş.,** 2007. Estimation of Turkish Road Transport Emissions, *Science Direct Article- Energy Policy, Volume 35, Issue 8, Pages: 4088-4094,* Sakarya-Turkey, Ağustos.

[34] **Joumard, R., Andree, M., Vidon, R., Tassel, P.,** 2003. Characterizing Real Unit Emissions for Light Duty Good Vehicles, *Elsevier- Atmospheric Environment Article, Volume 37, Pages: 5217-5225*, Bron-Cedex-France, Şubat.

[35] **Çevre ve Orman Bakanlığı,** 2007. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kapsamında İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, Ankara-Türkiye, Ocak.

EKLER

EK A : İstanbul için IVE Model Uygulamasında Kullanılan 2007, 2015 ve 2030 yılları için ayrı ayrı % Otomobil Dağılım Değerleri

---

EK B : IVE Model Uygulaması Sonunda Kriter, Toksik ve Sera Gazları için ayrı ayrı Alınan Sonuçlar

---

EK C : Projeli ve Projesiz Durumlar için Kriter, Toksik ve Sera Gazlarının Değişimlerinin Birbiriyle Kıyaslanması

EKLER

EK A. İstanbul için IVE Model Uygulamalarında Kullanılan Otomobil Dağılımı

Çizelge A. 1 : İstanbul'da 2007 yılı Otomobil % Dağılımı

2007 OTOMOBİL VERİLERİ

Yakıt	Depo Hacmi	Emisyon	Senelik	Araç Ort.Km.	Araç	Gidilen km/gün	Oranla	Inde
Benzinli	...<1500 CC	E.Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	168.662	6.931.315,07	11,12	2
Benzinli	1500<...<3000C	E.Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	78.147	3.211.520,55	5,15%	5
Benzinli	3000 CC<…	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	809	33.246,58	0,05%	8
Benzinli	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	15.000	80<…<161.000	18.787	772.068,49	1,24%	10
Benzinli	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	100.207	4.118.095,89	6,61%	11
Benzinli	1500<...<3000C	ECE15.00 Serisi	15.000	80<…<161.000	17.023	699.575,34	1,12%	13
Benzinli	1500<...<3000C	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	49.721	2.043.328,77	3,28%	14
Benzinli	3000 CC<…	ECE15.00 Serisi	15.000	80<…<161.000	249	10.232,88	0,02%	16
Benzinli	3000 CC<…	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	1.057	43.438,36	0,07%	17
Benzinli	...<1500 CC	Euro1	15.000	80<…<161.000	40.830	1.677.945,21	2,69%	172
Benzinli	...<1500 CC	Euro1	15.000	> 161.000 km	44.318	1.821.287,67	2,92%	173
Benzinli	1500<...<3000C	Euro1	15.000	80<…<161.000	6.308	259.232,88	0,42%	175
Benzinli	1500<...<3000C	Euro1	15.000	> 161.000 km	6.565	269.794,52	0,43%	176
Benzinli	3000 CC<…	Euro1	15.000	80<…<161.000	93	3.821,92	0,01%	178
Benzinli	3000 CC<…	Euro1	15.000	> 161.000 km	140	5.753,42	0,01%	179
Benzinli	...<1500 CC	Euro2	15.000	> 161.000 km	26.786	1.100.794,52	1,77%	182
Benzinli	1500<...<3000C	Euro2	15.000	> 161.000 km	24.133	991.767,12	1,59%	185
Benzinli	3000 CC<…	Euro2	15.000	> 161.000 km	586	24.082,19	0,04%	188
Benzinli	...<1500 CC	Euro3	10.550	< 80.000 km	77.661	2.244.722,05	3,60%	189
Benzinli	...<1500 CC	Euro3	12.400	80<…<161.000	31.123	1.057.329,32	1,70%	190
Benzinli	1500<...<3000C	Euro3	10.550	< 80.000 km	54.331	1.570.389,18	2,52%	192
Benzinli	1500<...<3000C	Euro3	12.400	80<…<161.000	25.394	862.700,27	1,38%	193
Benzinli	3000 CC<…	Euro3	10.550	< 80.000 km	956	27.632,33	0,04%	195
Benzinli	3000 CC<…	Euro3	15.000	80<…<161.000	379	15.575,34	0,02%	196
Benzinli	...<1500 CC	Euro4	10.550	< 80.000 km	64.257	1.857.291,37	2,98%	198
	1500<...<3000C							
Benzinli		Euro4	10.550	< 80.000 km	43.427	1.255.218,77	2,01%	201

Benzinli	3000 CC<…	Euro4	10.550	< 80.000 km	498	14.394,25	0,02%	204
LPG	...<1500 CC	Kontrolsüz	10.550	< 80.000 km	11.490	332.108,22	0,53%	261
LPG	...<1500 CC	Kontrolsüz	15.000	80<…<161.000	9.894	406.602,74	0,65%	262
LPG	...<1500 CC	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	79.140	3.252.328,77	5,22%	263
LPG	1500<...<3000C	Kontrolsüz	10.550	< 80.000 km	8.452	244.297,53	0,39%	264
LPG	1500<...<3000C	Kontrolsüz	15.000	80<…<161.000	8.662	355.972,60	0,57%	265
LPG	1500<...<3000C	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	23.039	946.808,22	1,52%	266
LPG	3000 CC<…	Kontrolsüz	10.550	< 80.000 km	164	4.740,27	0,01%	267
LPG	3000 CC<…	Kontrolsüz	15.000	80<…<161.000	127	5.219,18	0,01%	268
LPG	3000 CC<…	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	380	15.616,44	0,03%	269
LPG	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	10.550	< 80.000 km	10.213	295.197,67	0,47%	288
LPG	1500<...<3000C	ECE15.00 Serisi	10.550	< 80.000 km	6.498	187.818,90	0,30%	291
LPG	3000 CC<…	ECE15.00 Serisi	10.550	< 80.000 km	58	1.676,44	0,00%	294
Dizel	...<1500 CC	Kontrolsüz	15.000	80<…<161.000	21.323	876.287,67	1,41%	739
Dizel	...<1500 CC	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	207.738	8.537.178,08	13,69	740
Dizel	1500<...<3000C	Kontrolsüz	15.000	80<…<161.000	19.119	785.712,33	1,26%	742
Dizel	1500<...<3000C	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	99.875	4.104.452,05	6,58%	743
Dizel	3000 CC<…	Kontrolsüz	15.000	80<…<161.000	280	11.506,85	0,02%	745
Dizel	3000 CC<…	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	1.524	62.630,14	0,10%	746
Dizel	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	11.611	477.181,48	0,77%	767
Dizel	1500<...<3000C	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	5.594	229.908,92	0,37%	770
Dizel	3000 CC<…	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	56	2.306,87	0,00%	773
Dizel	...<1500 CC	Euro1	10.550	< 80.000 km	2.937	84.899,21	0,14%	783
Dizel	...<1500 CC	Euro1	10.550	80<…<161.000	1.897	54.844,95	0,09%	784
Dizel	...<1500 CC	Euro1	15.000	> 161.000 km	7.305	300.205,48	0,48%	785
Dizel	1500<...<3000C	Euro1	10.550	< 80.000 km	25.049	724.019,04	1,16%	786
Dizel	1500<...<3000C	Euro1	15.000	> 161.000 km	2.330	95.753,42	0,15%	788
Dizel	3000 CC<…	Euro1	10.550	< 80.000 km	371	10.723,42	0,02%	789
Dizel	3000 CC<…	Euro1	15.000	> 161.000 km	28	1.150,68	0,00%	791
Dizel	...<1500 CC	Euro2	15.000	> 161.000 km	21.480	882.739,73	1,42%	794
Dizel	1500<...<3000C	Euro2	15.000	80<…<161.000	19.352	795.287,67	1,28%	796
Dizel	3000 CC<…	Euro2	15.000	> 161.000 km	470	19.315,07	0,03%	800
Dizel	...<1500 CC	Euro3	10.550	< 80.000 km	26.119	754.946,44	1,21%	801
Dizel	...<1500 CC	Euro3	12.400	80<…<161.000	24.425	829.780,82	1,33%	802
Dizel	1500<...<3000C	Euro3	10.550	< 80.000 km	18.664	539.466,30	0,87%	804

Dizel	1500<...<3000cc	Euro3	12.400	80<…<161.000	19.953	677.855,34	1,09%	805
Dizel	3000 CC<…	Euro3	10.550	< 80.000 km	398	11.503,84	0,02%	807
Dizel	3000 CC<…	Euro3	12.400	80<…<161.000	298	10.123,84	0,02%	808
Dizel	...<1500 CC	Euro4	10.550	< 80.000 km	51.207	1.480.092,74	2,37%	810
Dizel	1500<...<3000C	Euro4	10.550	< 80.000 km	34.678	1.002.336,71	1,61%	813
Dizel	3000 CC<…	Euro4	10.550	< 80.000 km	397	11.474,93	0,02%	816

EK A. İstanbul için IVE Model Uygulamalarında Kullanılan Otomobil Dağılımı

Çizelge A. 2 : İstanbul'da 2015 yılı Otomobil % Dağılımı (Projeli & Projesiz Durum)

2015 OTOMOBİL VERİLERİ

Yakıt Türü	Depo Hacmi	Emisyon Kontrolü	Senelik Km	Araç Ort.Km.	Araç Sayısı	Gidilen km/gün	Oranlar	Index
Benzinli	...<1500 CC	E.Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	168.662	6.931.315,07	**8,98%**	2
Benzinli	1500<...<3000CC	E.Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	78.147	3.211.520,55	**4,16%**	5
Benzinli	3000 CC<…	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	809	33.246,58	**0,04%**	8
Benzinli	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	118.994	4.890.164,38	**6,33%**	11
Benzinli	1500<...<3000CC	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	66.744	2.742.904,11	**3,55%**	14
Benzinli	3000 CC<…	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	1.306	53.671,23	**0,07%**	17
Benzinli	...<1500 CC	Euro1	15.000	> 161.000 km	85.148	3.499.232,88	**4,53%**	173
Benzinli	1500<...<3000CC	Euro1	15.000	> 161.000 km	12.873	529.027,40	**0,69%**	176
Benzinli	3000 CC<…	Euro1	15.000	> 161.000 km	233	9.575,34	**0,01%**	179
Benzinli	...<1500 CC	Euro2	15.000	> 161.000 km	26.786	1.100.794,52	**1,43%**	182
Benzinli	1500<...<3000CC	Euro2	15.000	> 161.000 km	24.133	991.767,12	**1,28%**	185
Benzinli	3000 CC<…	Euro2	15.000	> 161.000 km	586	24.082,19	**0,03%**	188
Benzinli	...<1500 CC	Euro3	10.000	< 80.000 km	36.648	1.004.054,79	**1,30%**	189
Benzinli	...<1500 CC	Euro3	10.550	80<…<161.000 km	77.661	2.244.722,05	**2,91%**	190
Benzinli	...<1500 CC	Euro3	12.400	> 161.000 km	31.123	1.057.329,32	**1,37%**	191
Benzinli	1500<...<3000CC	Euro3	10.000	< 80.000 km	19.523	534.876,71	**0,69%**	192
Benzinli	1500<...<3000CC	Euro3	12.400	80<…<161.000 km	79.725	2.708.465,75	**3,51%**	193
Benzinli	3000 CC<…	Euro3	10.000	< 80.000 km	305	8.356,16	**0,01%**	195
Benzinli	3000 CC<…	Euro3	10.550	80<…<161.000 km	956	27.632,33	**0,04%**	196
Benzinli	3000 CC<…	Euro3	15.000	> 161.000 km	379	15.575,34	**0,02%**	197
Benzinli	...<1500 CC	Euro4	10.000	< 80.000 km	146.592	4.016.219,18	**5,20%**	198
Benzinli	...<1500 CC	Euro4	10.550	80<…<161.000 km	64.257	1.857.291,37	**2,41%**	199
Benzinli	1500<...<3000CC	Euro4	10.000	< 80.000 km	78.093	2.139.534,25	**2,77%**	201
Benzinli	1500<...<3000CC	Euro4	10.550	80<…<161.000 km	43.427	1.255.218,77	**1,63%**	202
Benzinli	3000 CC<…	Euro4	10.000	< 80.000 km	1.221	33.452,05	**0,04%**	204
Benzinli	3000 CC<…	Euro4	10.550	80<…<161.000 km	498	14.394,25	**0,02%**	205
LPG	...<1500 CC	Kontrolsüz	10.550	80<…<161.000 km	11.490	332.108,22	**0,43%**	262
LPG	...<1500 CC	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	89.034	3.658.931,51	**4,74%**	263
LPG	1500<...<3000CC	Kontrolsüz	10.550	80<…<161.000 km	8.452	244.297,53	**0,32%**	265
LPG	1500<...<3000CC	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	31.701	1.302.780,82	**1,69%**	266
LPG	3000 CC<…	Kontrolsüz	10.550	80<…<161.000 km	164	4.740,27	**0,01%**	268

LPG	3000 CC<…	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	507	20.835,62	**0,03%**	269
LPG	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	10.000	< 80.000 km	35.436	970.849,32	**1,26%**	288
LPG	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	10.550	80<…<161.000 km	10.213	295.197,67	**0,38%**	289
LPG	1500<...<3000CC	ECE15.00 Serisi	10.000	< 80.000 km	14.928	408.986,30	**0,53%**	291
LPG	1500<...<3000CC	ECE15.00 Serisi	10.550	80<…<161.000 km	6.498	187.818,90	**0,24%**	292
LPG	3000 CC<…	ECE15.00 Serisi	10.000	< 80.000 km	234	6.410,96	**0,01%**	294
LPG	3000 CC<…	ECE15.00 Serisi	10.550	80<…<161.000 km	58	1.676,44	**0,00%**	295
Dizel	...<1500 CC	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	229.061	9.413.465,75	**12,19%**	740
Dizel	1500<...<3000CC	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	118.994	4.890.164,38	**6,33%**	743
Dizel	3000 CC<…	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	1.804	74.136,99	**0,10%**	746
Dizel	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	11.611	477.181,48	**0,62%**	767
Dizel	1500<...<3000CC	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	5.594	229.908,92	**0,30%**	770
Dizel	3000 CC<…	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	56	2.306,87	**0,00%**	773
Dizel	...<1500 CC	Euro1	10.550	80<…<161.000 km	4.835	139.751,37	**0,18%**	784
Dizel	...<1500 CC	Euro1	15.000	> 161.000 km	7.305	300.205,48	**0,39%**	785
Dizel	1500<...<3000CC	Euro1	10.550	80<…<161.000 km	25.049	724.019,04	**0,94%**	787
Dizel	1500<...<3000CC	Euro1	15.000	> 161.000 km	2.330	95.753,42	**0,12%**	788
Dizel	3000 CC<…	Euro1	10.550	80<…<161.000 km	371	10.723,42	**0,01%**	790
Dizel	3000 CC<…	Euro1	15.000	> 161.000 km	28	1.150,68	**0,00%**	791
Dizel	...<1500 CC	Euro2	15.000	> 161.000 km	21.480	882.739,73	**1,14%**	794
Dizel	1500<...<3000CC	Euro2	15.000	> 161.000 km	19.352	795.287,67	**1,03%**	797
Dizel	3000 CC<…	Euro2	15.000	> 161.000 km	470	19.315,07	**0,03%**	800
Dizel	...<1500 CC	Euro3	10.000	< 80.000 km	24.067	659.369,86	**0,85%**	801
Dizel	...<1500 CC	Euro3	10.550	80<…<161.000 km	26.119	754.946,44	**0,98%**	802
Dizel	...<1500 CC	Euro3	12.400	> 161.000 km	24.425	829.780,82	**1,07%**	803
Dizel	1500<...<3000CC	Euro3	10.000	< 80.000 km	15.655	428.904,11	**0,56%**	804
Dizel	1500<...<3000CC	Euro3	10.550	80<…<161.000 km	18.664	539.466,30	**0,70%**	805
Dizel	1500<...<3000CC	Euro3	12.400	> 161.000 km	19.953	677.855,34	**0,88%**	806
Dizel	3000 CC<…	Euro3	10.000	< 80.000 km	245	6.712,33	**0,01%**	807
Dizel	3000 CC<…	Euro3	10.550	80<…<161.000 km	398	11.503,84	**0,01%**	808
Dizel	3000 CC<…	Euro3	12.400	> 161.000 km	298	10.123,84	**0,01%**	809
Dizel	...<1500 CC	Euro4	10.000	< 80.000 km	96.268	2.637.479,45	**3,42%**	810
Dizel	...<1500 CC	Euro4	10.550	80<…<161.000 km	51.207	1.480.092,74	**1,92%**	811
Dizel	1500<...<3000CC	Euro4	10.000	< 80.000 km	62.620	1.715.616,44	**2,22%**	813
Dizel	1500<...<3000CC	Euro4	10.550	80<…<161.000 km	34.678	1.002.336,71	**1,30%**	814
Dizel	3000 CC<…	Euro4	10.000	< 80.000 km	978	26.794,52	**0,03%**	816

EK.A İstanbul için IVE Model Uygulamalarında Kullanılan Otomobil Dağılımı

Çizelge A. 3 : İstanbul'da 2030 yılı Otomobil % Dağılımı (Projeli & Projesiz Durum)

2030 OTOMOBİL VERİLERİ

Yakıt Türü	Depo Hacmi	Emisyon	Senelik Km	Araç Ort.Km.	Araç Sayısı	Gidilen km/gün	Oranlar	Index
Benzinli	...<1500 CC	E.Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	168.662	6.931.315,07	**6,40%**	2
Benzinli	1500<...<3000CC	E.Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	78.147	3.211.520,55	**2,97%**	5
Benzinli	3000 CC<…	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	809	33.246,58	**0,03%**	8
Benzinli	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	118.994	4.890.164,38	**4,52%**	11
Benzinli	1500<...<3000CC	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	66.744	2.742.904,11	**2,53%**	14
Benzinli	3000 CC<…	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	1.306	53.671,23	**0,05%**	17
Benzinli	...<1500 CC	Euro1	15.000	> 161.000 km	85.148	3.499.232,88	**3,23%**	173
Benzinli	1500<...<3000CC	Euro1	15.000	> 161.000 km	12.873	529.027,40	**0,49%**	176
Benzinli	3000 CC<…	Euro1	15.000	> 161.000 km	233	9.575,34	**0,01%**	179
Benzinli	...<1500 CC	Euro2	15.000	> 161.000 km	26.786	1.100.794,52	**1,02%**	182
Benzinli	1500<...<3000CC	Euro2	15.000	> 161.000 km	24.133	991.767,12	**0,92%**	185
Benzinli	3000 CC<…	Euro2	15.000	> 161.000 km	586	24.082,19	**0,02%**	188
Benzinli	...<1500 CC	Euro3	12.400	> 161.000 km	145.432	4.940.703,56	**4,56%**	191
Benzinli	1500<...<3000CC	Euro3	12.400	> 161.000 km	99.248	3.371.712,88	**3,11%**	194
Benzinli	3000 CC<…	Euro3	15.000	> 161.000 km	1.640	67.397,26	**0,06%**	197
Benzinli	...<1500 CC	Euro4	9.000	< 80.000 km	192.370	4.743.369,86	**4,38%**	198
Benzinli	...<1500 CC	Euro4	10.000	80<…<161.000 km	115.420	3.162.191,78	**2,92%**	199
Benzinli	...<1500 CC	Euro4	10.550	> 161.000 km	210.849	6.094.402,60	**5,63%**	200
Benzinli	1500<...<3000CC	Euro4	9.000	< 80.000 km	102.478	2.526.854,79	**2,33%**	201
Benzinli	1500<...<3000CC	Euro4	10.000	80<…<161.000 km	61.486	1.684.547,95	**1,56%**	202
Benzinli	1500<...<3000CC	Euro4	10.550	> 161.000 km	121.520	3.512.427,40	**3,24%**	203
Benzinli	3000 CC<…	Euro4	9.000	< 80.000 km	1.602	39.501,37	**0,04%**	204
Benzinli	3000 CC<…	Euro4	10.000	80<…<161.000 km	961	26.328,77	**0,02%**	205
Benzinli	3000 CC<…	Euro4	10.550	> 161.000 km	1.719	49.686,16	**0,05%**	206
Benzinli	...<1500 CC	Hybrid	9.000	< 80.000 km	76.947	1.897.323,29	**1,75%**	207
Benzinli	1500<...<3000CC	Hybrid	9.000	< 80.000 km	40.991	1.010.736,99	**0,93%**	210
Benzinli	3000 CC<…	Hybrid	9.000	< 80.000 km	640	15.780,82	**0,01%**	213
LPG	...<1500 CC	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	100.524	4.131.123,29	**3,81%**	263
LPG	1500<...<3000CC	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	40.153	1.650.123,29	**1,52%**	266
LPG	3000 CC<…	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	671	27.575,34	**0,03%**	269
LPG	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	9.000	< 80.000 km	44.641	1.100.736,99	**1,02%**	288

LPG	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	10.000	80<…<161.000 km	29.760	815.342,47	**0,75%**	289
LPG	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	10.550	> 161.000 km	45.649	1.319.443,70	**1,22%**	290
LPG	1500<...<3000CC	ECE15.00 Serisi	9.000	< 80.000 km	18.806	463.709,59	**0,43%**	291
LPG	1500<...<3000CC	ECE15.00 Serisi	10.000	80<…<161.000 km	12.538	343.506,85	**0,32%**	292
LPG	1500<...<3000CC	ECE15.00 Serisi	10.550	> 161.000 km	21.426	619.299,45	**0,57%**	293
LPG	3000 CC<…	ECE15.00 Serisi	9.000	< 80.000 km	294	7.249,32	**0,01%**	294
LPG	3000 CC<…	ECE15.00 Serisi	10.550	> 161.000 km	292	8.440,00	**0,01%**	296
Dizel	...<1500 CC	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	229.061	9.413.465,75	**8,69%**	740
Dizel	1500<...<3000CC	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	118.994	4.890.164,38	**4,52%**	743
Dizel	3000 CC<…	Kontrolsüz	15.000	> 161.000 km	1.804	74.136,99	**0,07%**	746
Dizel	...<1500 CC	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	11.611	477.181,48	**0,44%**	767
Dizel	1500<...<3000CC	ECE15.00 Serisi	15.000	> 161.000 km	5.594	229.908,92	**0,21%**	770
Dizel	...<1500 CC	Euro1	15.000	> 161.000 km	12.140	498.904,11	**0,46%**	785
Dizel	1500<...<3000CC	Euro1	15.000	> 161.000 km	27.379	1.125.164,38	**1,04%**	788
Dizel	3000 CC<…	Euro1	15.000	> 161.000 km	399	16.397,26	**0,02%**	791
Dizel	...<1500 CC	Euro2	15.000	> 161.000 km	21.480	882.739,73	**0,82%**	794
Dizel	1500<...<3000CC	Euro2	15.000	> 161.000 km	19.352	795.287,67	**0,73%**	797
Dizel	3000 CC<…	Euro2	15.000	> 161.000 km	470	19.315,07	**0,02%**	800
Dizel	...<1500 CC	Euro3	12.400	> 161.000 km	74.611	2.534.729,86	**2,34%**	803
Dizel	1500<...<3000CC	Euro3	12.400	> 161.000 km	54.272	1.843.761,10	**1,70%**	806
Dizel	3000 CC<…	Euro3	12.400	> 161.000 km	941	31.968,22	**0,03%**	809
Dizel	...<1500 CC	Euro4	9.000	< 80.000 km	126.328	3.114.936,99	**2,88%**	810
Dizel	...<1500 CC	Euro4	10.000	80<…<161.000 km	75.796	2.076.602,74	**1,92%**	811
Dizel	...<1500 CC	Euro4	10.550	> 161.000 km	147.475	4.262.633,56	**3,94%**	812
Dizel	1500<...<3000CC	Euro4	9.000	< 80.000 km	82.175	2.026.232,88	**1,87%**	813
Dizel	1500<...<3000CC	Euro4	10.000	80<…<161.000 km	49.305	1.350.821,92	**1,25%**	814
Dizel	1500<...<3000CC	Euro4	10.550	> 161.000 km	97.298	2.812.312,05	**2,60%**	815
Dizel	3000 CC<…	Euro4	9.000	< 80.000 km	1.284	31.660,27	**0,03%**	816
Dizel	3000 CC<…	Euro4	10.000	80<…<161.000 km	770	21.095,89	**0,02%**	817
Dizel	3000 CC<…	Euro4	10.550	> 161.000 km	1.375	39.743,15	**0,04%**	818
Dizel	...<1500 CC	Hybrid	9.000	< 80.000 km	50.532	1.245.994,52	**1,15%**	821
Dizel	1500<...<3000CC	Hybrid	9.000	< 80.000 km	32.870	810.493,15	**0,75%**	822
Dizel	3000 CC<…	Hybrid	9.000	< 80.000 km	514	12.673,97	**0,01%**	825

EK B. IVE Model Kullanımıyla Kriter, Toksik & SeraGazları için Elde Edilen Sonuçlar EK B.1 Kriter Kirleticiler İçin Alınan Sonuçlar

Çizelge B.1. 1 : CO Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

CO (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					**Projeli Senaryo**				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	88.695	193.815	282.875	2007	Şehiriçi	88.695	193.815	282.875
	Şehirdışı	16.170	76.796	92.966		Şehirdışı	16.170	76.796	92.966
	TOPLAM	104.865	270.611	**375.841**		TOPLAM	104.865	270.611	**375.841**
2015	Şehiriçi	103.405	210.970	314.265	2015	Şehiriçi	89.790	183.960	273.750
	Şehirdışı	18.761	84.425	102.930		Şehirdışı	16.316	73.402	89.717
	TOPLAM	122.166	295.395	**417.195**		TOPLAM	106.106	257.362	**363.467**
2030	Şehiriçi	123.005	238.345	361.350	2030	Şehiriçi	105.120	204.400	309.520
	Şehirdışı	22.338	81.505	103.660		Şehirdışı	19.126	83.074	102.237
	TOPLAM	145.343	319.850	**465.010**		TOPLAM	124.246	287.474	**411.757**

Çizelge B.1. 2 : VOC Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli ve Projesiz Durumda)

VOC (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					**Projeli Senaryo**				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	8.067	24.565	32.631	2007	Şehiriçi	8.067	24.565	32.631
	Şehirdışı	1.467	7.848	9.308		Şehirdışı	1.467	7.848	9.308
	TOPLAM	9.534	32.412	**41.939**		TOPLAM	9.534	32.412	**41.939**
2015	Şehiriçi	9.183	25.733	34.894	2015	Şehiriçi	7.957	22.448	30.441
	Şehirdışı	1.643	8.176	9.873		Şehirdışı	1.453	7.118	8.541
	TOPLAM	10.826	33.909	**44.767**		TOPLAM	9.410	29.565	**38.982**
2030	Şehiriçi	10.403	26.098	36.500	2030	Şehiriçi	8.906	22.375	31.281
	Şehirdışı	1.894	6.899	8.797		Şehirdışı	1.621	7.103	8.724
	TOPLAM	12.297	32.996	**45.297**		TOPLAM	10.527	29.477	**40.004**

Çizelge B.1. 3 : $VOC_{buharlaşan}$ Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

$VOC_{buharls.}$ (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					**Projeli Senaryo**				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	1.391	2.869	4.260	2007	Şehiriçi	1.391	2.869	4.260
	Şehirdışı	252	847	1.099		Şehirdışı	252	847	1.099
	TOPLAM	1.643	3.716	**5.358**		TOPLAM	1.643	3.716	**5.358**
2015	Şehiriçi	1.832	3.537	5.366	2015	Şehiriçi	1.591	3.084	4.676
	Şehirdışı	332	1.037	1.369		Şehirdışı	288	902	1.190
	TOPLAM	2.164	4.573	**6.734**		TOPLAM	1.880	3.986	**5.866**
2030	Şehiriçi	3.449	5.741	9.191	2030	Şehiriçi	2.953	4.891	7.869
	Şehirdışı	628	1.427	2.055		Şehirdışı	537	1.434	1.971
	TOPLAM	4.077	7.169	**11.246**		TOPLAM	3.489	6.325	**9.840**

Çizelge B.1. 4 : NOx Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

NOx (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					**Projeli Senaryo**				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	3.332	23.732	27.065	2007	Şehiriçi	3.332	23.732	27.065
	Şehirdışı	602	7.851	8.453		Şehirdışı	602	7.851	8.453
	TOPLAM	3.935	31.583	**35.518**		TOPLAM	3.935	31.583	**35.518**
2015	Şehiriçi	3.876	26.025	29.930	2015	Şehiriçi	3.373	22.740	26.098
	Şehirdışı	701	8.505	9.198		Şehirdışı	610	7.410	8.019
	TOPLAM	4.577	34.529	**39.128**		TOPLAM	3.982	30.149	**34.117**
2030	Şehiriçi	4.814	30.036	34.850	2030	Şehiriçi	4.121	25.696	29.842
	Şehirdışı	872	8.140	9.016		Şehirdışı	745	8.340	9.085
	TOPLAM	5.687	38.175	**43.866**		TOPLAM	4.865	34.036	**38.927**

Çizelge B.1. 5 : SOx Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

SOx (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					**Projeli Senaryo**				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	14,6	284,7	303,0	2007	Şehiriçi	14,6	284,7	303,0
	Şehirdışı	3,7	84,0	87,6		Şehirdışı	3,7	84,0	87,6
	TOPLAM	18,3	368,7	**390,6**		TOPLAM	18,3	368,7	**390,6**
2015	Şehiriçi	18,3	350,4	368,7	2015	Şehiriçi	18,3	303,0	321,2
	Şehirdışı	3,7	102,2	105,9		Şehirdışı	3,7	91,3	94,9
	TOPLAM	21,9	452,6	**474,5**		TOPLAM	21,9	394,2	**416,1**
2030	Şehiriçi	29,2	485,5	514,7	2030	Şehiriçi	21,9	416,1	438,0
	Şehirdışı	3,7	120,5	124,1		Şehirdışı	3,7	124,1	127,8
	TOPLAM	32,9	605,9	**638,8**		TOPLAM	25,6	540,2	**565,8**

Çizelge B.1.6 : PM Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

PM (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					**Projeli Senaryo**				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	408,8	459,9	868,7	2007	Şehiriçi	408,8	459,9	868,7
	Şehirdışı	73,0	138,7	211,7		Şehirdışı	73,0	138,7	211,7
	TOPLAM	481,8	598,6	**1.080,4**		TOPLAM	481,8	598,6	**1.080,4**
2015	Şehiriçi	507,4	547,5	1.054,9	2015	Şehiriçi	441,7	478,2	919,8
	Şehirdışı	91,3	164,3	255,5		Şehirdışı	80,3	142,4	222,7
	TOPLAM	598,6	711,8	**1.310,4**		TOPLAM	522,0	620,5	**1.142,5**
2030	Şehiriçi	733,7	824,9	1.558,6	2030	Şehiriçi	627,8	708,1	1.335,9
	Şehirdışı	135,1	204,4	335,8		Şehirdışı	113,2	208,1	321,2
	TOPLAM	868,7	1.029,3	**1.894,4**		TOPLAM	741,0	916,2	**1.657,1**

EK B.2 Toksik Kirleticiler İçin Alınan Sonuçlar

Çizelge B.2.1 : 1.3 Butadien Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

1,3 Butadien (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					Projeli Senaryo				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	36,5	65,7	102,2	2007	Şehiriçi	36,5	65,7	102,2
	Şehirdışı	7,3	21,9	29,2		Şehirdışı	7,3	21,9	29,2
	TOPLAM	43,8	87,6	**131,4**		TOPLAM	43,8	87,6	**131,4**
2015	Şehiriçi	47,5	76,7	124,1	2015	Şehiriçi	43,8	65,7	109,5
	Şehirdışı	7,3	25,6	32,9		Şehirdışı	7,3	21,9	29,2
	TOPLAM	54,8	102,2	**157,0**		TOPLAM	51,1	87,6	**138,7**
2030	Şehiriçi	54,8	84,0	142,4	2030	Şehiriçi	47,5	73,0	120,5
	Şehirdışı	11,0	21,9	32,9		Şehirdışı	10,2	21,9	32,9
	TOPLAM	65,7	105,9	**175,2**		TOPLAM	57,7	94,9	**153,3**

Çizelge B.2.2 : Asetaldehit Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

Asetaldehit (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					**Projeli Senaryo**				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	80,3	131,4	211,7	2007	Şehiriçi	80,3	131,4	211,7
	Şehirdışı	14,6	43,8	58,4		Şehirdışı	14,6	43,8	58,4
	TOPLAM	94,9	175,2	**270,1**		TOPLAM	94,9	175,2	**270,1**
2015	Şehiriçi	109,5	160,6	270,1	2015	Şehiriçi	94,9	142,4	237,3
	Şehirdışı	18,3	54,8	73,0		Şehirdışı	18,3	47,5	62,1
	TOPLAM	127,8	215,4	**343,1**		TOPLAM	113,2	189,8	**299,3**
2030	Şehiriçi	127,8	182,5	310,3	2030	Şehiriçi	109,5	157,0	266,5
	Şehirdışı	21,9	54,8	76,7		Şehirdışı	18,3	51,1	69,4
	TOPLAM	149,7	237,3	**386,9**		TOPLAM	127,8	208,1	**335,8**

Çizelge B.2.3 : Formaldehit Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

Formaldehit (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					**Projeli Senaryo**				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	237,3	383,3	620,5	2007	Şehiriçi	237,3	383,3	620,5
	Şehirdışı	43,8	124,1	164,3		Şehirdışı	43,8	124,1	164,3
	TOPLAM	281,1	507,4	**784,8**		TOPLAM	281,1	507,4	**784,8**
2015	Şehiriçi	317,6	470,9	788,4	2015	Şehiriçi	277,4	412,5	686,2
	Şehirdışı	58,4	153,3	208,1		Şehirdışı	51,1	131,4	182,5
	TOPLAM	376,0	624,2	**996,5**		TOPLAM	328,5	543,9	**868,7**
2030	Şehiriçi	386,9	547,5	934,4	2030	Şehiriçi	332,2	467,2	799,4
	Şehirdışı	69,4	149,7	219,0		Şehirdışı	62,1	153,3	211,7
	TOPLAM	456,3	697,2	**1.153,4**		TOPLAM	394,2	620,5	**1.011,1**

Çizelge B.2.3 : NH3 Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

NH3 (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					**Projeli Senaryo**				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	11,0	467,2	478,2	2007	Şehiriçi	11,0	467,2	478,2
	Şehirdışı	3,7	167,9	171,6		Şehirdışı	3,7	167,9	171,6
	TOPLAM	14,6	635,1	**649,7**		TOPLAM	14,6	635,1	**649,7**
2015	Şehiriçi	14,6	613,2	627,8	2015	Şehiriçi	14,6	536,6	547,5
	Şehirdışı	3,7	219,0	222,7		Şehirdışı	3,7	189,8	193,5
	TOPLAM	18,3	832,2	**850,5**		TOPLAM	18,3	726,4	**741,0**
2030	Şehiriçi	21,9	927,1	949,0	2030	Şehiriçi	18,3	792,1	810,3
	Şehirdışı	3,7	273,8	277,4		Şehirdışı	3,7	281,1	284,7
	TOPLAM	25,6	1.200,9	**1.226,4**		TOPLAM	21,9	1.073,1	**1.095,0**

Çizelge B.2.4 : Benzen Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

Benzen (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					**Projeli Senaryo**				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	346,8	1.069,5	1.416,2	2007	Şehiriçi	346,8	1.069,5	1.416,2
	Şehirdışı	62,1	346,8	408,8		Şehirdışı	62,1	346,8	408,8
	TOPLAM	408,8	1.416,2	**1.825,0**		TOPLAM	408,8	1.416,2	**1.825,0**
2015	Şehiriçi	394,2	1.109,6	1.507,5	2015	Şehiriçi	343,1	967,3	1.314,0
	Şehirdışı	73,0	361,4	430,7		Şehirdışı	62,1	313,9	376,0
	TOPLAM	467,2	1.471,0	**1.938,2**		TOPLAM	405,2	1.281,2	**1.690,0**
2030	Şehiriçi	452,6	1.131,5	1.584,1	2030	Şehiriçi	386,9	970,9	1.357,8
	Şehirdışı	80,3	306,6	386,9		Şehirdışı	69,4	313,9	383,3
	TOPLAM	532,9	1.438,1	**1.971,0**		TOPLAM	456,3	1.284,8	**1.741,1**

EK B.3 Sera Gazı Kirleticileri için Alınan Sonuçlar

Çizelge B.3.1 : CO2 Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

CO2 * 1000 (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					**Projeli Senaryo**				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	105,9	2.931,7	3.037,5	2007	Şehiriçi	105,9	2.931,7	3.037,5
	Şehirdışı	19,2	879,7	898,6		Şehirdışı	19,2	879,7	898,6
	TOPLAM	125,0	3.811,3	**3.936,2**		TOPLAM	125,0	3.811,3	**3.936,2**
2015	Şehiriçi	127,5	3.609,9	3.737,2	2015	Şehiriçi	110,6	3.151,4	3.262,4
	Şehirdışı	23,1	1.075,3	1.098,7		Şehirdışı	20,0	935,1	955,2
	TOPLAM	150,5	4.685,1	**4.835,9**		TOPLAM	130,6	4.086,5	**4.217,6**
2030	Şehiriçi	171,3	5.050,9	5.222,1	2030	Şehiriçi	146,7	4.324,9	4.471,6
	Şehirdışı	30,7	1.247,9	1.278,6		Şehirdışı	26,5	1.283,2	1.309,6
	TOPLAM	202,0	6.298,8	**6.500,7**		TOPLAM	173,2	5.608,1	**5.781,2**

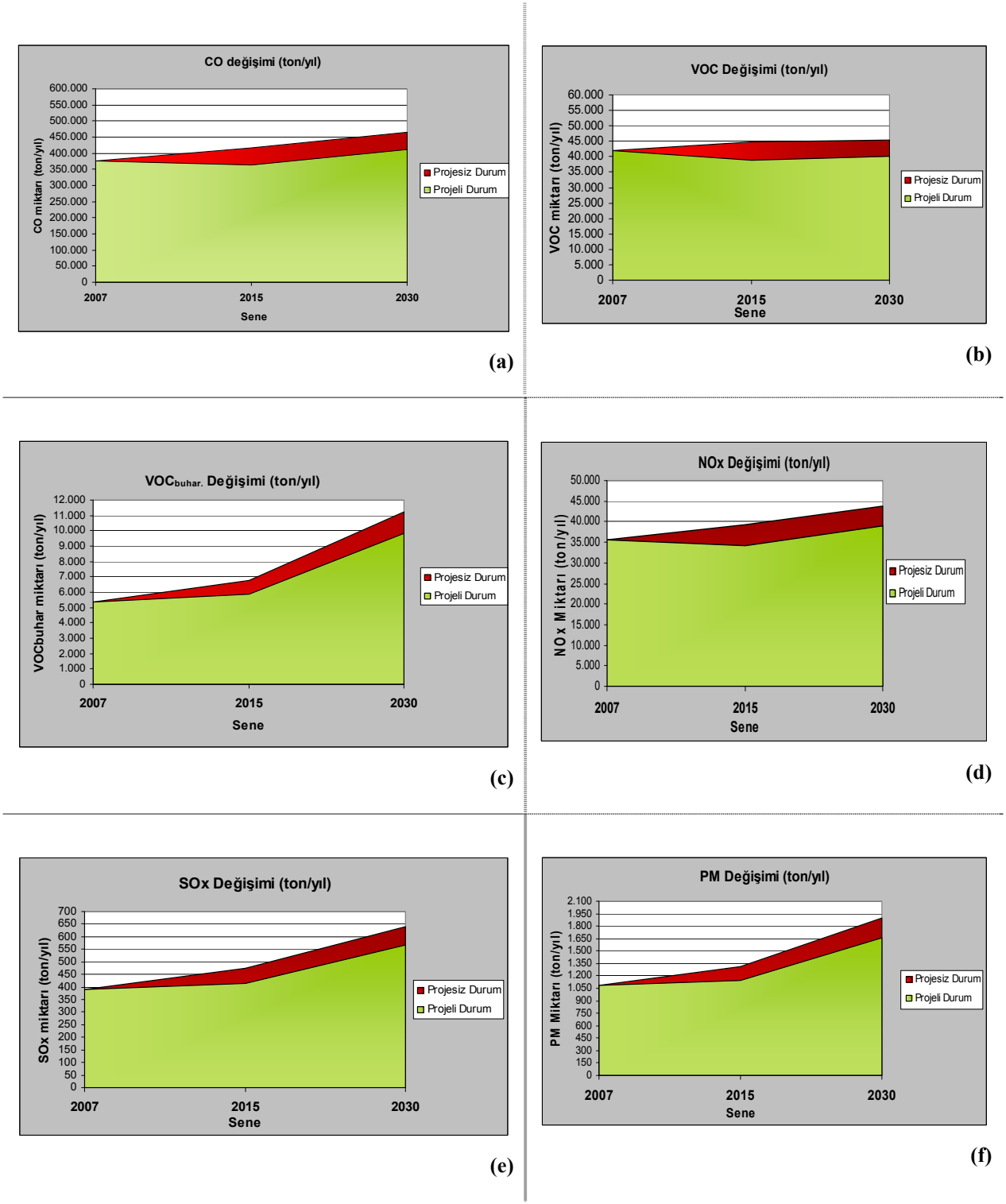
Çizelge B.3.2 : N2O Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

N2O (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					**Projeli Senaryo**				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	14,6	62,1	76,7	2007	Şehiriçi	14,6	62,1	76,7
	Şehirdışı	3,7	18,3	21,9		Şehirdışı	3,7	18,3	21,9
	TOPLAM	18,3	80,3	**98,6**		TOPLAM	18,3	80,3	**98,6**
2015	Şehiriçi	21,9	87,6	109,5	2015	Şehiriçi	18,3	76,7	94,9
	Şehirdışı	3,7	25,6	29,2		Şehirdışı	3,7	21,9	25,6
	TOPLAM	25,6	113,2	**138,7**		TOPLAM	21,9	98,6	**120,5**
2030	Şehiriçi	40,2	153,3	189,8	2030	Şehiriçi	32,9	131,4	164,3
	Şehirdışı	7,3	36,5	43,8		Şehirdışı	7,3	40,2	43,8
	TOPLAM	47,5	189,8	**233,6**		TOPLAM	40,2	171,6	**208,1**

Çizelge B.3.3 : CH4 Emisyonu için Alınan Sonuçlar (Projeli & Projesiz Durumda)

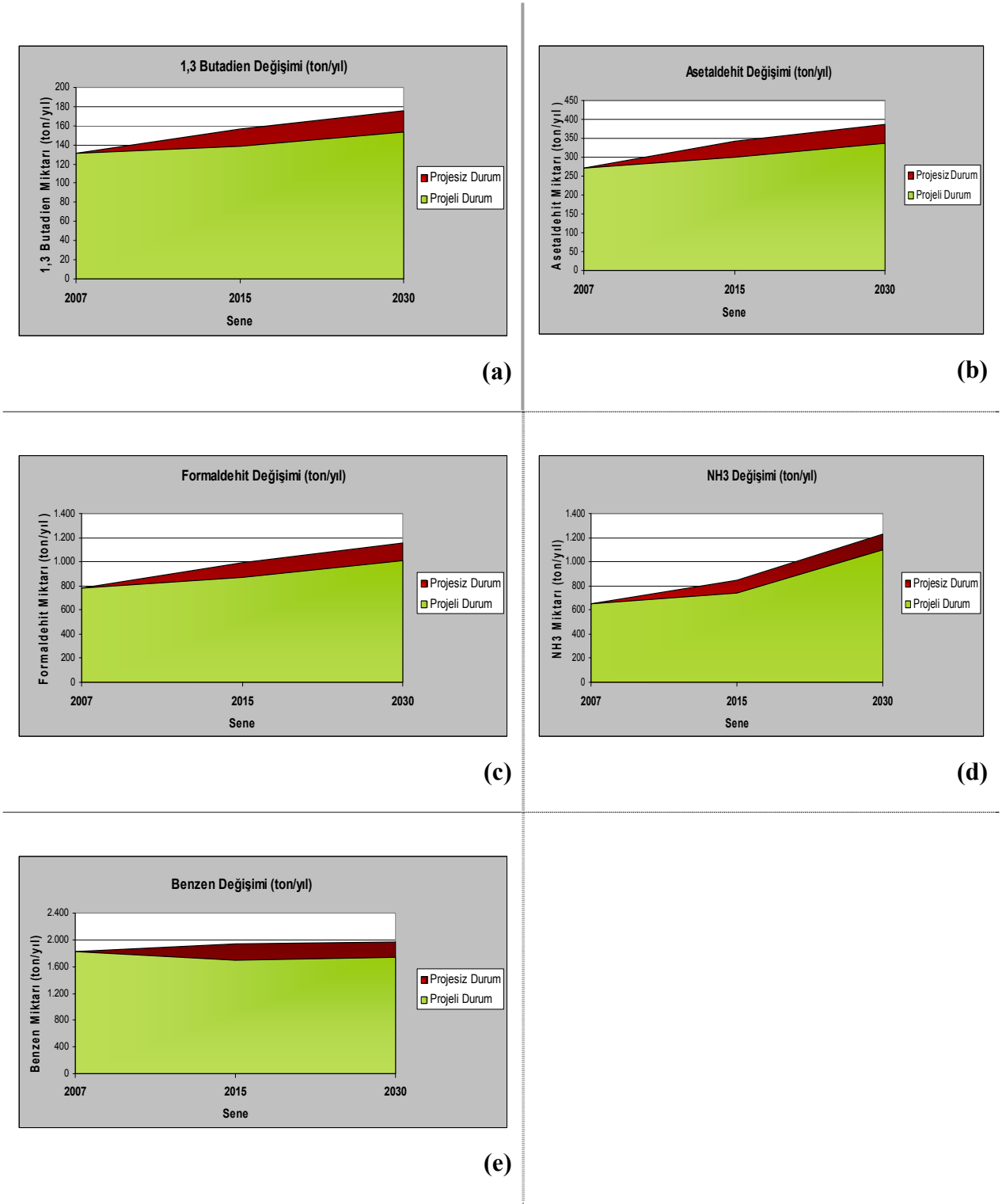
CH4 (ton/yıl)									
Projesiz Senaryo					Projeli Senaryo				
		Başlangıç	İşletim	Toplam			Başlangıç	İşletim	Toplam
2007	Şehiriçi	3.697,5	20.184,5	23.871,0	2007	Şehiriçi	3.697,5	20.184,5	23.871,0
	Şehirdışı	25,6	120,5	146,0		Şehirdışı	25,6	120,5	146,0
	TOPLAM	3.723,0	20.305,0	**24.017,0**		TOPLAM	3.723,0	20.305,0	**24.017,0**
2015	Şehiriçi	4.599,0	21.352,5	25.951,5	2015	Şehiriçi	4.007,7	18.651,5	22.659,2
	Şehirdışı	839,5	6.259,8	7.099,3		Şehirdışı	730,0	5.442,2	6.172,2
	TOPLAM	5.438,5	27.612,3	**33.050,8**		TOPLAM	4.737,7	24.093,7	**28.831,4**
2030	Şehiriçi	6.570,0	24.101,0	30.671,0	2030	Şehiriçi	5.624,7	20.637,1	26.265,4
	Şehirdışı	1.193,6	6.018,9	7.216,1		Şehirdışı	1.022,0	6.172,2	7.194,2
	TOPLAM	7.763,6	30.119,8	**37.887,0**		TOPLAM	6.646,7	26.809,3	**33.459,6**

EK C.1 Marmaray Projesinin Olduğu ve Olmadığı Durumda Emisyonların Karşılaştırması - Kriter Kirleticiler



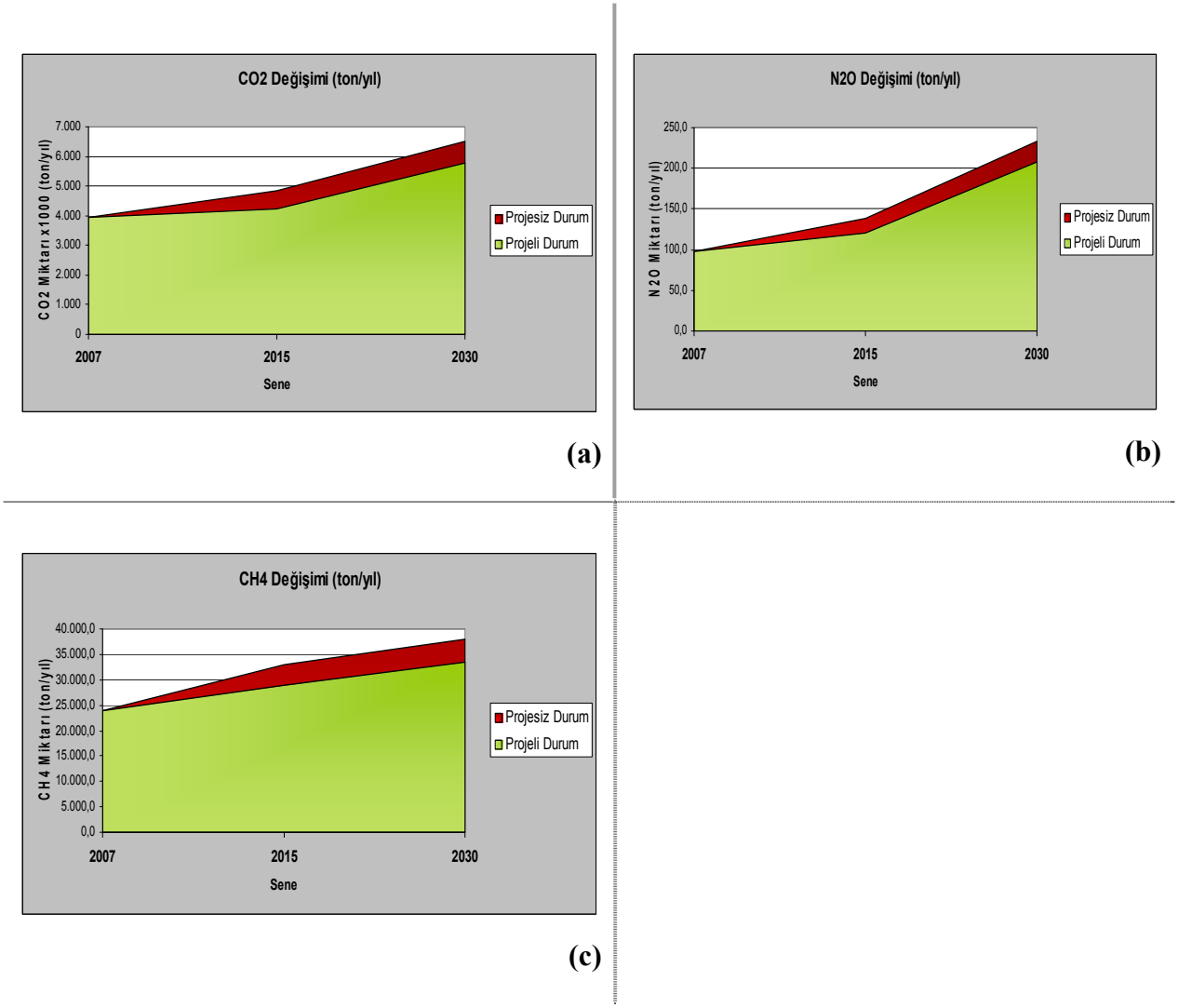
Şekil C.1 : Projeli & Projesiz durumda Kriter Kirleticilerin Değişimi : (a)CO. (b)VOC. (c)VOCbuharlaşan. (d)NOx. (e)SOx. (f) PM

EK C.2 Marmaray Projesinin Olduğu ve Olmadığı Durumda Emisyonların Karşılaştırması – Toksik Kirleticiler



Şekil C.2 : Projeli & Projesiz durumda Toksik Kirleticilerin Değişimi : (a)1,3Butadien. (b)Asetaldehit. (c)Formaldehit. (d)NH3. (e)Benzen.

EK C.3 Marmaray Projesinin Olduğu ve Olmadığı Durumda Emisyonların Karşılaştırması - Sera Gazı Kirleticileri



Şekil C.3 : Projeli & Projesiz durumda Toksik Kirleticilerin Değişimi : (a)CO2.(b)N2O. (c)CH4.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad:	Tuğba SAATÇIOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi:	Sakarya / 22 Nisan 1983
Adres:	Rahmanlar-Kartal / İSTANBUL
Lisans Üniversite:	Anadolu Üniversitesi / Çevre Mühendisliği Bölümü