

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARAYOLUNDA HAREKET HALİNDEKİ ARAÇLARIN EMİSYON
MİKTARLARININ WEB TABANLI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNDE ANALİZİ:
İSTANBUL ÖRNEĞİ

Arzu YÜKSEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Uzaktan Algılama ve CBS Programı

Danışman

Doç. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY

Temmuz, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARAYOLUNDA HAREKET HALİNDEKİ ARAÇLARIN EMİSYON
MİKTARLARININ WEB TABANLI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNDE ANALİZİ:
İSTANBUL ÖRNEĞİ

Arzu YÜKSEL tarafından hazırlanan tez çalışması 12.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Uzaktan Algılama ve CBS Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Doç.Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr.Öğr. Üyesi Alper ŞEN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof.Dr. Nebiye MUSAOĞLU

İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Doç. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Karayolunda Hareket Halindeki Araçların Emisyon Miktarlarının Web Tabanlı Coğrafi Bilgi Sisteminde Analizi: İstanbul Örneği başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Arzu YÜKSEL

İmza

Aileme



TEŐEKKÜR

Bu çalıőmanın ortaya çıkmasında, konusunun belirlenmesinde ve hazırlanma sürecinin her aşamasında değerli bilgi ve zamanını benimle paylaőan, çalışmam ile yakından ilgilenen, önerileriyle yol gősteren Danışman Hocam Doç. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY'a teőekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez sürecim boyunca desteklerini yanımda hissettiğim sevgili aileme ve arkadaşlarıma teőekkür etmek istiyorum.

Arzu YÜKSEL

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
TABLO LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xv
1 Giriş	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Hipotez	4
2 Hava Kirliliği Kaynakları, Hava Kalitesi İndeksi ve Emisyon Standartları	6
2.1 Enerji Tüketiminde Sektörel Dağılım.....	6
2.2 Hava Kirliliği ve Kirleticiler.....	8
2.2.1 Karbonmonoksit.....	10
2.2.2 Karbondioksit	10
2.2.3 Hidrokarbon	11
2.2.4 Azot Oksit	11
2.2.5 Partikül Madde.....	12
2.3 Araç Kaynaklı Emisyonlar	12
2.4 Hava Kalitesi İndeksi.....	14
2.5 Emisyon Standartları	18
2.5.1 Türkiye de Emisyon Standartları	21

3	Coğrafi Bilgi Sistemleri	23
3.1	Web Tabanlı CBS	23
4	Uygulama	25
4.1	Uygulama Alanı	25
4.2	Katman ve Öznitelik Tasarımı.....	27
4.3	Web App Builder	28
5	Coğrafi Bilgi Sisteminde Araç Emisyon Analizi	32
5.1	Araç Hızının Emisyona Etkisi.....	32
5.2	Yol Eğiminin Emisyonlara Etkisi.....	34
5.3	Araç Yakıt Tipinin Emisyona Etkisi.....	35
5.4	Model Farkının Emisyona Etkisi	37
5.5	Vatan Caddesi Model Farkının Emisyona Etkisi	40
5.6	Vatan Caddesi Yol Eğiminin Emisyona Etkisi.....	43
6	Sonuç ve Öneriler	46
A	Araç Test Bilgileri.....	51
	Tezden Üretilmiş Yayınlar	52

SİMGE LİSTESİ

cm ³	Santimetreküp
g	Gram
km	Kilometre
km/h	Kilometre/saat
mg	Miligram
m ³	Metreküp
mg/m ³	Miligram/metreküp

KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CH ₄	Metan
CO ₂	Karbondioksit
CO	Karbonmonoksit
EPA	Environmental Protection Agency
GIS	Geographic Information System
HC	Hidrokarbon
HCl	Hidroklorik asit
HF	Hidroflorik asit
HKİ	Hava Kalitesi İndeksi
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
H ₂ S	Hidrojen sülfür
IEA	International Energy Agency
NO _x	Azotoksit bileşikleri
NO	Azotoksit
NO ₂	Azotdioksit
O ₃	Ozon
PM ₁₀	Partikül madde
PAN	Peroksi asetil nitrat
PBN	Peroksi benzol nitrat
SO ₂	Kükürtdioksit

TÜİK Türkiye İstatistik Kurumu

WWW World Wide Web



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Ükelere göre kişi başına düşen CO ₂ emisyon miktarı	6
Şekil 2.2	Sektörlere ve kaynağa göre karbondioksit emisyonları yüzde oranı-Türkiye .	7
Şekil 2.3	İstanbul' daki araç dağılımı (Emniyet Genel Müdürlüğü, 2006)	8
Şekil 2.4	Hava kirliliği kaynakları ve kirletici türleri	9
Şekil 2.5	Hava kirliliğinin sağlık yönünden etkileri	15
Şekil 2.6	İstanbul, Aksaray bölgesi hava kalitesi değerleri	17
Şekil 2.7	AB temiz hava politikası-politika çerçevesi.....	18
Şekil 3.1	Web tabanlı CBS yapısı	24
Şekil 4.1	İstanbul ili çalışma alanları.....	26
Şekil 4.2	Altılık harita galerisi	29
Şekil 4.3	Yer imi	30
Şekil 4.4	Katman listesi.....	30
Şekil 4.5	Araçların CO gazı salınımına göre sınıflandırılması.....	31
Şekil 5.1	D-100 Ankara yönü dizel araç emisyon analizi	33
Şekil 5.2	Araçların CO gazı salınımına göre sınıflandırılması.....	34
Şekil 5.3	D-100 yolu benzinli araç için eğim etkisi	35
Şekil 5.4	D-100 yolu benzin-dizel araç karşılaştırması	36
Şekil 5.5	Araçların CO gazı salınımına göre sınıflandırılması.....	37
Şekil 5.6	D-100 yolu model farkının etkisi.....	38
Şekil 5.7	Haliç köprüsünde araç hız farkının etkisi-1.....	38
Şekil 5.8	Haliç köprüsünde araç hız farkının etkisi-2.....	39
Şekil 5.9	D-100 yolu araç hız farkının etkisi.....	40
Şekil 5.10	Vatan Caddesi aksaray yönü model etkisi	40
Şekil 5.11	Vatan Caddesi otomobil model etkisi.....	41
Şekil 5.12	Vatan Caddesi otobüs model etkisi	42
Şekil 5.13	Vatan Caddesi minibüs model etkisi	42
Şekil 5.14	Vatan Caddesi kamyon model etkisi	43

Şekil 5.15 Vatan Caddesi yolu benzinli araç için eğim etkisi-1.....	44
Şekil 5.16 Vatan Caddesi yolu lpg araç için eğim etkisi-2	44
Şekil 5.17 Vatan Caddesi yolu benzinli araç için eğim etkisi-3.....	45



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Tablo 2.2Türkiye devlet yollarındaki ağırlıklı günlük ortalama trafik dağılımı (%) değerleri	8
Tablo 2.2 Kullanım moduna göre kirletici emisyonları	13
Tablo 2.3 Trafikte kayıtlı otomobillerin yakıt cinsine göre yüzde dağılımları	14
Tablo 2.4 EPA hava kalitesi indeksi	16
Tablo 2.5 Ulusal hava kalitesi indeksi sınır değerleri	16
Tablo 2.6 İndeksi hesaplanan parametrelerin sınır değerleri	17
Tablo 2.7 Karbonmonoksit yoğunluğuna bağlı hava kalitesi indeksi	19
Tablo 2.8 Hafif hizmet tipi motorlu taşıtlar için Avrupa Birliği (AB) emisyon standartları (g/km)	19
Tablo 2.9 Euro 6 egzoz emisyon değerleri	22
Tablo 4.1 Dizel araca ait örnek katman ve öznitelik tasarımı	28

Karayolunda Hareket Halindeki Araçların Emisyon Miktarlarının Web Tabanlı Coğrafi Bilgi Sisteminde Analizi: İstanbul Örneği

Arzu YÜKSEL

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY

Karayolunda hareket halindeki motorlu araçlardan çıkan egzoz gazları kentsel ve küresel anlamda hava kirliliğine neden olmaktadır. Küresel etkiye sahip, iklim değişikliğine neden olan (CO₂) karbondioksit, metan (CH₄) ve diazotmonoksit (N₂O) gazlarıdır. Hareket halindeki motorlu araçlardan kaynaklanan karbonmonoksit (CO), hidrokarbon (HC), azotoksitler (NO_x) ve partikül madde (PM) ise yerel hava kirliliğine sebep olmaktadır. Hava kalitesinin düşmesinde etkili olan egzoz emisyonları yerel ölçekte insan ve canlı sağlığı açısından büyük öneme sahiptir. Araçların egzoz emisyonlarının belirli sınırlarda tutulması amacıyla dünya standartlarında limitler belirlenerek hava kalitesinin kontrolü sağlanmaya çalışılmaktadır. Dünya çapında belirlenen standartlar, referans alınarak her ülke egzoz emisyon standartlarını belirleyerek çeşitli uygulamalar yapmaktadır. Bu uygulamalara ek olarak, egzoz emisyon miktarlarının değerlendirilmesi amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile birtakım analizlerin yapılması mümkündür. Trafikte hareket halindeki araçlardan yayılan CO₂, CO, NO_x, HC gibi zararlı gazların miktarının belirlenmesi için özel donanımlarla ölçümler

yapılabilmektedir. Ölçüm esnasında her saniyede emisyon miktarları ve global konum belirleme (GPS) ile de enlem ve boylam verileri toplanabilmektedir. Bu çalışmada toplanan verilerin, araç yakıt tipi, araç üretim yılı ve yol eğiminin emisyonu etkisi araştırılacaktır. Araç kaynaklı emisyon miktarlarının CBS ile analiz edilmesi ve sonuçlarının web tabanlı CBS ile yayınlanması gerçekleştirilecektir. Bu sayede araçlardan çıkan egzoz gazlarına ilişkin emisyon analizi ulaşılabilir bir platforma taşınmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Web Tabanlı CBS, İnternette Yayın, Araç Emisyonları, CBS, Hava Kirliliği



Analysis of Emission Quantities of Vehicles in Motion on The Road in Web Based Geographic Information System: The Case of İstanbul

Arzu YÜKSEL

Department of Geomatics Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Assoc. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY

Exhaust gases from motor vehicles moving on the road cause air pollution in urban and global sense. Exhaust emissions, which are effective in decreasing air quality, are of great importance in terms of human and living health on a local scale. Carbon dioxide, methane and diazot monoxide are gases that have a global impact and cause climate change. Carbon monoxide, hydrocarbons, nitrogen oxides and particulate matter from motor vehicles responsible for local air pollution. Exhaust emissions, which are effective in decreasing air quality, are of great importance in terms of human and living health on a local scale. In order to keep the exhaust emissions of vehicles at certain limits, it is tried to control the air quality by setting limits in world standards. With reference to the standards set globally, each country makes various applications by determining exhaust emission standards. In addition to these applications, it is possible to make some analyzes with Geographical Information System (GIS) to contribute to the evaluation of exhaust emissions. Measurements can be made with special equipment to determine the amount of harmful gases such as CO₂, CO, NO_x, HC

emitted from moving vehicles in traffic. During the measurement, the emission amounts and global position determination (GPS) and latitude and longitude data can be collected second-by-second. In this study, the effect of the collected data on vehicle fuel type, year of production and road slope on emissions will be investigated. The emission amounts will be analyzed by GIS and the results will be published via web-based GIS. In this way, the emission analysis of the exhaust gases from the vehicles will be carried to an accessible platform.

Keywords: Web Based GIS, Web Publish, Vehicle Emissions, GIS, Air Pollution



1.1 Literatür Özeti

Hava kirliliği, doğa olayları ve insan faktörleri gibi kaynaklardan oluşur. Volkanik patlamalar, orman yangınları ile bitki örtüsü ve doğanın tahrip edilmesi doğal kaynaklara bağlı hava kirliliğine örnektir. Isınma, endüstriyel faaliyetler, ulaşım gibi faktörler ise insan kaynaklı hava kirliliğine örnek gösterilebilir [1]. Ulaşımda kullanılan araçlardan çıkan emisyonlar atmosfere kirliliğine neden olmaktadır. Atmosferde bulunan kirleticilerin artması sera etkisine ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. Şehirleşme, endüstrileşme, nüfus artışı ve gittikçe sayıları artan taşıtlardan çıkan egzoz gazları iklim değişikliğine etki eden etmenlerdendir. İklim değişikliğinin temel nedeni insanların faaliyetleridir. Bu süreç aşamaları şunlardır.

1. İnsan faaliyetleri emisyonu sebep olur.
2. Doğa emisyonları tamamiyle soğuramadığından, her sene atmosferdeki sera gazları birikimine neden olur.
3. Biriken gazlar enerjinin atmosferde hapsolmesine neden olur böylece dünyamız ısınmaya başlar.
4. Küresel ısınma iklim ve çevre değişikliklerine yol açar.
5. Çevre değişikliklerinden, insan sağlığı ve çevre etkilenir [2].

Atmosferin küresel ısınma eğiliminin engellenememesi durumunda, geri dönüşü olmayan iklim değişikliklerine, doğa olaylarına ve felaketlere yol açabileceği bilinmelidir [3].

Hava kirleticilerin etkileri; küresel boyutta, bölgesel ölçekte ve local ölçekte olmak üzere genel olarak üç kategoride incelenmektedir [1]. Küresel boyutta, sera gazı etkilerinin azaltılması ve toplum sağlığına etki eden olumsuz hava koşullarının

iyileştirilmesi amacıyla emisyon envanteri oluşturulmaktadır. Emisyon envanteri; emisyon miktar ve kirlilik kaynağına bağlı listelemeler yapmaktır. Bu envanterler yardımıyla hava kalitesinde ne oranda iyileşme sağlanabileceği anlaşılabilir.

Emisyon envanteri oluşturulmasında birtakım eksikliklerin giderilmesi için, Türkiye' de trafikte yer alan araç modellerine ve teknik özelliklerine göre bilinmesi gereklidir. Karayolunda araçlardan kaynaklanan emisyonların hesabı için trafikte yer alan araçlara ait güncel veriler bilinmelidir. Bununla birlikte araç emisyon standartlarının bilinmesi verilerin değerlendirilmesinde önem taşımaktadır. Trafikte yer alan otomobil, otobüs, kamyon gibi araçların sınıflandırılması envanter oluşturulmasında yeterli olmamaktadır. Taşıtlar, yakıt tipine göre benzin, dizel ve lpg olarak sınıflandırılmalı, araçların motor hacimleri gruplandırılmalı dikkate alınmalıdır. Bu kriterlere göre gruplandırılan araçlar emisyon kontrol teknolojisinin standartlarına göre kendi içinde değerlendirilmelidir [4].

Araç kaynaklı kirleticiler nüfusun fazla olduğu kentlerde ciddi sağlık ve çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bölgesel ölçekte hava kirliliğine neden olan şehir trafiğinde bulunan araçların; teknik bakımlarının yapılmaması, bilinçsiz kullanımı ve birçoğunun üretim yıllarının çok eski olmaları sebebiyle zararlı etkileri daha da artmaktadır.

Hareket halindeki araç kaynaklı emisyonların gerçek trafik koşullarında ölçülmesinde ve değerlendirme aşamasında zorluklar yaşanmaktadır. Emisyonlar trafik verilerine ve araca özgü emisyon faktörlerine göre hesaplanır. Bu emisyon faktörleri sadece araç tipine değil, aynı zamanda sürücü davranışlarına da büyük ölçüde bağlıdır. Ayrıca farklı yol şartlarında emisyon miktarları değişim gösterebilir. [5].

Emisyonları azaltıcı önemli bir faktör olan sürücü davranışlarının düzenlenmesine yönelik yapılan çalışmada, gerçek zamanlı trafik bilgisine dayalı akıllı ulaşım sistemi vardır. Bu sistem karayolu güvenliğini artırmanın yanısıra, araç emisyonlarını azaltmanın ve yakıt tüketimini en aza indirmenin en uygun maliyetli yöntemi olarak kabul edilmiştir. Böyle bir sistemle, sürücüler dinamik sürüş hızları ve hızlanma oranları açısından daha iyi sürüş manevraları için önceden planlama yapabilir hale gelmiştir. Bu

sistem yol durumuna göre tavsiyelerde bulunarak yakıt verimliliğine fayda sağlamıştır. Elde edilen sonuçlara göre sürücü performansına bağlı sürüş modlarının emisyona etkisi belirlenmiştir. Aşırı ivmelenme ile agresif sürüşün aynı yolculuktaki normal sürücüye göre 15 kat daha yüksek CO emisyonları ve 14 kat daha fazla HC emisyonundan sorumlu olduğunu belirtmiştir [6]. El-Shawarby ve ark. tarafından, ivmelenmeye bağlı araç manevraları arttıkça, yakıt tüketimi ve emisyon oranlarının da önemli ölçüde arttığı kanıtlanmıştır [7]. Bir diğer çalışmada, sürücülere ekonomik sürüş öğretiminin ortalama yakıt verimliliğini %17 artırabildiğini tahmin etmiştir. Bu tür sistemlerin kullanılması araç kaynaklı hava kirliliğinin azaltılmasında önemli faydalar sağlayabildiğini öngörmüştür [8].

Yapılan bir diğer çalışmada sürücülerin güzergah seçimine bağlı araç enerji tüketimi ve emisyon oranları GPS verileri aracılığı ile incelenmiştir. Sürücülerin seyahat sürelerini veya genel maliyetleri en aza indiren rotaları seçmelerinin yani hızlı karayolu rota seçiminin, çevresel ve enerji tüketimi açısından her zaman en iyi yol olmadığını göstermektedir. Emisyon ve enerji tüketimi açısından trafik koşuluna uygun araç kullanımının daha az emisyona neden olduğu belirlenmiştir. [9].

Toplam trafik emisyonları ile ilgili verilerin doğruluğu, hesaplanan zemin seviyesindeki kirlenici gaz konsantrasyonlarının belirlenmesinde de önem taşır. Trafik emisyon faktörleri hakkında bilgiler, model sonuçları ile bir zemin seviyesinde ölçümlerle karşılaştırılarak elde edilebilir. Dizel ve benzinli araçlardan çıkan emisyonlardan NO_x ve CO gaz ölçümlerinin elde edilmesi, analizlerde kullanılmasında ve emisyonların belirlenmesinde fayda sağlamaktadır. Farklı trafik koşulları ve araç modeline sahip seyir halindeki araçlar için yapılan benzer çalışmalar, emisyonların belirlenmesinde ek bilgiler sağlamaktadır [5].

Günümüzde grafik ve sözel bilgilerin internet ortamında sunulması GIS teknolojisinin avantajlarından [10]. GIS teknolojisi, havadaki kirlenicilerin emisyon tahminleri ve analiz etmede önemli gelişmeler sağlayabilir. Web tarayıcıları ve mobil cihazlar üzerinden ArcGIS Online 'a herhangi bir ek yazılıma gerek duyulmadan erişilebilir. Web tabanlı CBS uygulaması kullanıcılara kullanım kolaylıkları sunmaktadır [11].

1.2 Tezin Amacı

Hava kirliliğinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkilerinin araştırılması farklı disiplinlerin işbirliği yapmasını gerektirmektedir. Hava kirliliğine etki eden etmenlerin başında motorlu taşıtların egzozlarından çıkan emisyonlar bulunmaktadır. Bu emisyon miktarının belirlenmesi alınacak önlemler açısından önem taşımaktadır. Emisyon miktarlarının hesaplamasında günümüz teknolojileri büyük olanak sunmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri, emisyon miktarının hesaplanması ve analizlerin yapılmasında bir araç olarak kullanılabilir. Analiz sonuçlarına ilgili kişilerin her zaman ulaşabilmeleri Web tabanlı CBS ile mümkün olur. Bu yöntemlerle günümüzde ve gelecekte oluşabilecek emisyon miktarının kestirimi yapılabilir. Kestirim yapabilmek için test aracı olarak kullanılacak farklı model, farklı yakıt tipine sahip araçlar seçilmelidir. Belirli zaman aralığında belirli güzergahlarda özel donanımlarla araç kaynaklı emisyonların tespit edilmesi mümkündür. Bu çalışmada 2006 yılında İBB tarafından EMBARQ firması araçlara yerleştirdiği özel donanımlarla her saniyedeki egzozlardan çıkan gazların miktarı elde edilmiştir. Bu verilerin analiz edilmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu verilerin analizi sonucunda günümüzde taşıtlardan kaynaklanan kirliliğe dikkat çekilmiştir. Bu çalışmada da CBS kullanılarak araç tipi, yakıt tipi, yol eğiminin emisyon miktarına etkisi araştırılacaktır. Elde edilen sonuçlar sayısal verilerle ortaya konacaktır.

1.3 Hipotez

Ülkemizde enerji tüketiminin sektörel dağılımına bakıldığında sırasıyla ısınma, sanayi, ulaşım kaynakları gelmektedir. Türkiye de bu sektörlerin enerji tüketimine bağlı yıllık benzin tüketimi 2,3 milyon ton civarındadır [12]. Türkiye'nin yaklaşık % 18.4 oranda nüfusunun yaşadığı İstanbul'da insan faaliyetlerinin yoğunluğu diğer illere göre büyük artış göstermektedir [13]. İstanbul ilinde nüfusun yoğunluğu da göz önüne alındığında ulaşımına bağlı emisyon miktarlarında da artış görülmektedir.

Karayolu ulaşımında özellikle yerleşimin olduğu şehiriçi yollarda araç egzozlarının neden olduğu emisyonun belirlenmesi sağlık ve çevre açısından önem taşımaktadır. Emisyon miktarının artışına nedeni olan araç model yılı, yol tipi, yakıt tipi ve trafik

yoğunluğu gibi faktörlerin gerçek trafik koşullarında elde edilen verilerin analizi ile tespiti mümkün olmaktadır.

Trafik yoğunluğunun fazla olduğu Haliç bölgesinde ve Vatan Caddesinde, farklı araç tiplerinin oluşturduğu test verilerinin analizi ile;

1. Araç üretim yılına bağlı olarak eski teknolojiye sahip aracın fazla emisyonla neden olup olmadığı,
2. Yol eğiminin artışı dolayısıyla araç yakıt tüketimini artırarak emisyon artışına neden olup olmadığı,
3. Trafik akışına bağlı olarak, sürücünün şehir içi hız limitleri kapsamında yüksek veya düşük hızla araç kullanımının emisyon artışına neden olup olmadığı,
4. Dizel araçların benzinli araçlara göre daha fazla NO_x salınımına neden olup olmadığı araştırılacaktır.

Bu koşullara bağlı olarak emisyonların miktarı sayısal verilerle kanıtlanması sağlanacaktır. Günümüz ve gelecekte yol-trafik koşullarına göre toplam emisyon kestirimi yapılabilir.

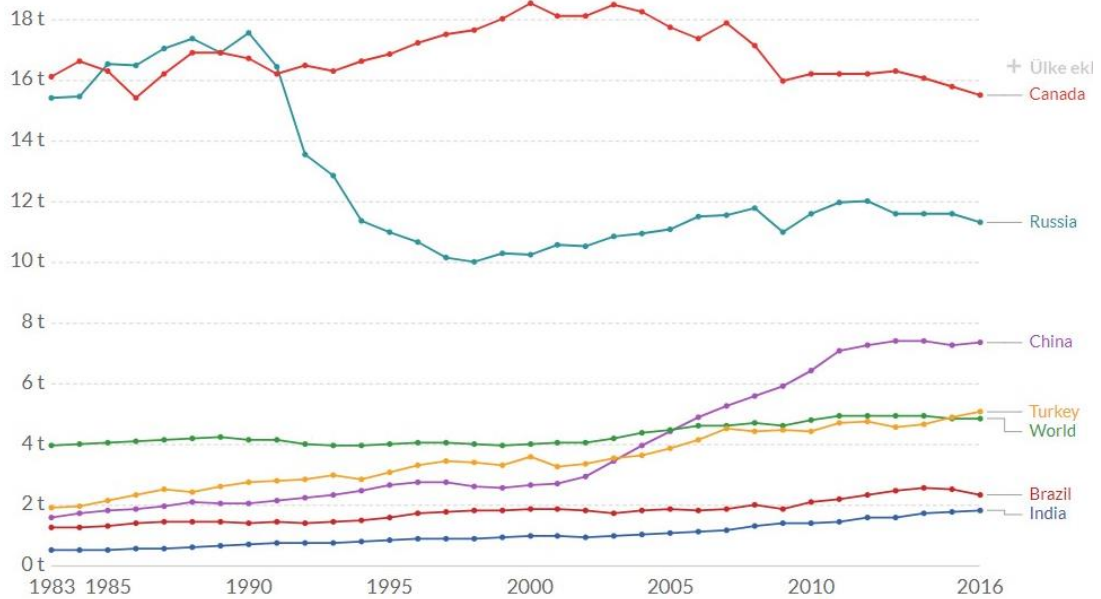
Araç kaynaklı emisyon faktörlerinin analizinde, hava kalitesinin artmasını sağlayacak koşulların araştırılması ve bu koşulların tespit edilmesine yönelik analizler yapılması ile mümkün olmaktadır.

2

Hava Kirliliği Kaynakları, Hava Kalitesi İndeksi ve Emisyon Standartları

2.1 Enerji Tüketiminde Sektörel Dağılım

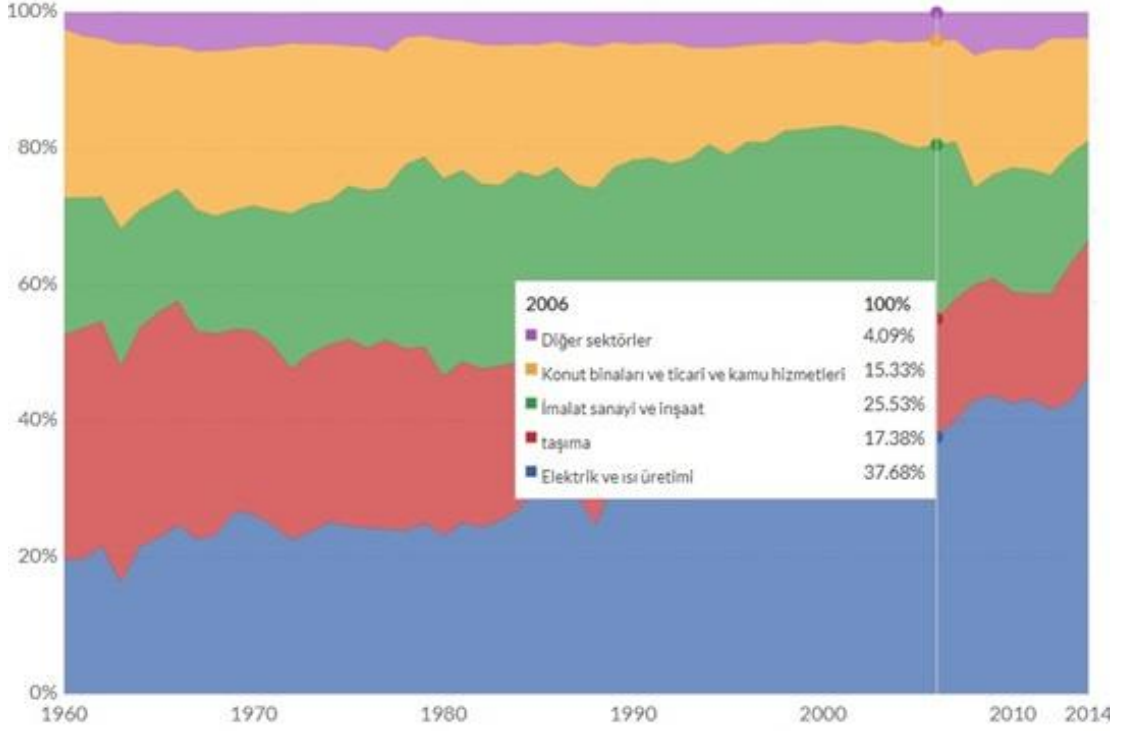
Karayollarında ulaşımında ve enerji santrallerinde petrol kaynaklı yakıtların kullanılması, endüstriyel faaliyetler, orman, katı atıkların yakılması sürecinde enerji tüketimine etki eden etmenlerdir [1]. Toplumların yaşam standartlarının artması enerji tüketimine neden olmaktadır. Bu durum enerji tüketimi yanında hava kirlenmesine de sebep olmaktadır.



Şekil 2.1 Ünelere göre kişi başına düşen CO₂ emisyon miktarı [14]

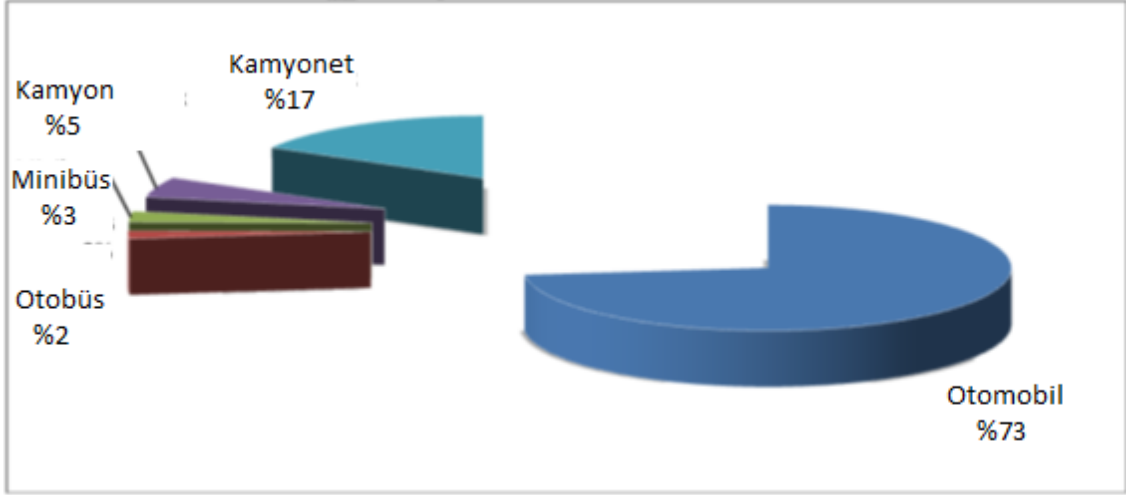
Ulusal düzeyde yüksek gelire sahip ülkelerdeki emisyon miktarları son yıllarda azalırken, düşük ve orta gelirli ekonomilere sahip ülkelerde CO₂ emisyon miktarında artış görülmektedir [14].

Şehir planlamasına özen gösterilmemiş ve nüfusu kontrol altına alınmamış şehirlerde, ulaşımda kullanılan araçlar hava kirliliğinin başlıca nedeni olabilmektedir [2]. Uluslararası enerji ajansı tarafından 2006 yılında yayınlanan Türkiye’deki yakıt kullanımının sektörel dağılımı incelendiğinde CO₂ emisyonunun ulaşımdaki payı %17.38 olup günümüzde artışı devam etmekte olduğu görülmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Sektörlere ve kaynağa göre karbondioksit (CO₂) emisyonları yüzde oranı- Türkiye (IEA) [14]

2006 yılı Emniyet Genel Müdürlüğü verilerine göre, İstanbul trafiğindeki araçların %73’ünü otomobiller oluşturmaktadır (Şekil 2.3). 2006 yılı verilerine göre, Türkiye’de bulunan 2.8 milyon aracın 2.3 milyonluk kısmının İstanbul’da kayıtlı olduğu bilinmektedir [15].



Şekil 2.3 İstanbul' daki araç dağılımı (Emniyet Genel Müdürlüğü, 2006) [15]

Türkiye devlet yollarındaki ağırlıklı günlük ortalama trafik dağılımı (%) değerleri Tablo 2.1 da görüldüğü gibi kişisel kullanıma bağlı otomobiller en fazla orana sahiptir.

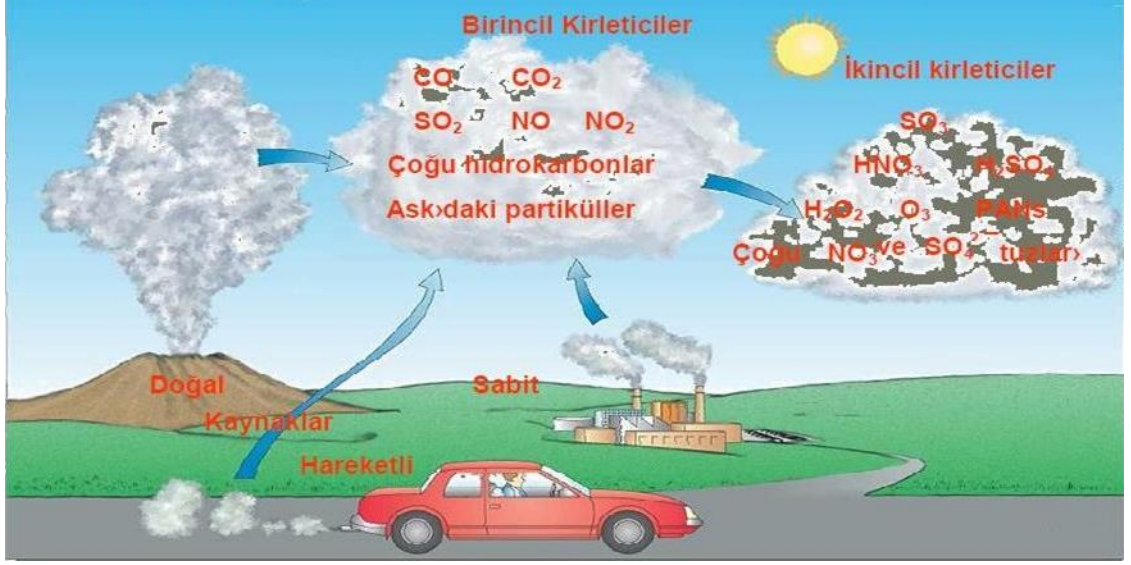
Tablo 2.1 Türkiye devlet yollarındaki ağırlıklı günlük ortalama trafik dağılımı (%) değerleri [16]

Yıl	Otomobil %	Otobüs %	Kamyon %	Toplam %
2002	63	6	31	100
2004	66	6	28	100
2006	66	5	29	100

Karayolu ulaşımında kullanılan araçlara ilişkin oranlar incelendiğinde, yakıt miktarına bağlı enerji tüketiminin boyutunun bilinmesi hava kirletici miktarlarının değerlendirilmesi aşamasında yararlı olacaktır.

2.2 Hava Kirliliği ve Kirleticiler

Hava kirliliği, atmosferdeki kirleticilerin insan, bitki ve hayvan yaşamına; çevreye zarar veren miktar ve sürelerde bulunması olarak tanımlanır. Atmosfere doğrudan salınan birincil kirleticiler, gaz (SO_2 , NO_x , HC, CO, CO_2) ve toz (duman, metal içerikli duman, uçucu kül, aerosoller) halindeki kirleticiler olmak üzere iki alt grupta değerlendirilmektedir. Atmosferde kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan ozon (O_3) ve PAN (peroksi asetil nitrat) ve PBN (peroksi benzol nitrat) gibi fotokimyasal oksitleyiciler ikincil hava kirleticileri olarak tanımlanır [1].



Şekil 2.4 Hava kirliliği kaynakları ve kirletici türleri [17]

İkincil kirleticiler, birincil kirleticiler tarafından oluşur. Hidrokarbon ve azot oksitler tarafından oluşan ozon kentsel alanlarda zemin seviyesinde bulunur. Taşıtların yerden yüksekliği yaklaşık 50 cm'yi olan seviyede egzoz gazı salınımı araç kaynaklı kirliliği diğer hava kirleticilerinden ayırır. Yapılan çalışmalarda özellikle büyük şehirlerde motorlu araç kaynaklı hava kirliliğinin, toplam kirlilikteki payının yüzde 70'den fazla olduğu ve ısınma kaynaklarından oluşan hava kirliliğinden en az 2 kat daha fazla kirliliğe neden olduğu görülmüştür (EPA, 1999) [17].

Araç kaynaklı egzoz gazı kirleticileri; egzoz gazında bulunan ve çevreyi kirleten bileşenleri içerir.

Bunlar,

- Fiziksel kirleticiler;
Katı parçacıklar (kül, toz),
- Kimyasal kirleticiler;
Kükürt bileşikleri (SO₂, SO₃, H₂S),
Azot bileşikleri (NO, NO₂, NO₃),
Oksijen bileşikleri (O₃, CO, CO₂),

Halojen bileşikleri (HF, HCl),

Organik bileşikleri (Aldehit, Hidrokarbon, Katran),

Radyoaktif gazlar

bu bileşenlerin kaynağını oluşturur [1].

Araçlardan çevreye HC, CO, NO, CO₂ gazı, kurşun, çinko, kadmilyum gibi ağır metaller verilir. Kirli hava insanların solunum yollarını etkileyerek, insanlarda kronik bronşit hastalığının artmasına neden olmaktadır. Nefes darlığı, astım gibi rahatsızlıkların ve akciğer kanserinin oluşmasında etkisi olduğu bilinmektedir [1].

2.2.1 Karbonmonoksit

Karbonmonoksit karbon içeren yakıtların tam yanmaması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Hava kirliliğine yol açan birincil gazlardan birisi olan karbonmonoksit, oksijenin az olması ve sıcaklığın yüksek olması durumunda gazın kalıcılık zamanı ve yanma odası türbülansı gibi sebeplerden eksik yanma sonucunda CO₂ yerine ortaya çıkmaktadır [16]. CO, havadan daha ağır olduğundan özellikle yere yakın seviyede yoğunlaşır. Kapalı otoparklarda yüksek konsantrasyonlar görülebilir.

CO emisyonunun en büyük pay benzinli araçlara aittir. Emisyon azalmasını sağlayan teknolojiye sahip olmayan, örneğin 1990 model araç 2004 üretim yılındaki araçtan 15 kat fazla CO emisyonuna neden olmaktadır [4].

Karbonmonoksit konsantrasyonu şehir merkezinde ve trafikte, 25-115 ppm, karayolu kalabalık trafikte, 10-75 ppm, şehiriçi trafikte, 5-20 ppm aralığındadır [1]. Havadaki karbonmonoksit kanda oksijen taşınmasını azaltır. Bu durum vücudun oksijen miktarını azalmasına neden olup ölümlere yol açmaktadır[18].

2.2.2 Karbondioksit

Atmosferde bulunan CO₂ gazının yaklaşık %80–85'i fosil yakıtların yakılması ile oluşmakta ve atmosfere salınmakta, %15-20 oranındaki payı mikroskobik canlıların organik maddeleri ayrıştırmasından ve canlıların solunumundan kaynaklanmaktadır [18]. Atmosferde bulunan CO₂ yoğunluğu fosil kaynaklı yakıtların yakılması nedeniyle her yıl 2.3 ppm artmaktadır. Bu miktarın yaklaşık üçte biri derin su kaynakları ve bitkiler

tarafından kullanılmaktadır. 1.5 ppm lik kısmı ise atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonuna eklenmektedir. Atmosfere eklenen CO₂ miktarı atmosferin ısınmasına neden olmakta ve sera etkisini gün geçtikçe daha da artırmaktadır [16]. Küresel ısınmaya karşı karbondioksit salınımının azaltılması konusunda uluslararası çapta çalışmalar yapılmaktadır[18].

2.2.3 Hidrokarbon

Hidrokarbonlar, petrol, doğalgaz ve kömür içerisinde büyük miktarda bulunur. Yanmamış veya kısmen yanmış benzinin buharlaşmış halinde havada bulunurlar.

Araçlardan kaynaklanan hidrokarbon emisyonları yakıtın tam yanmaması ve benzinin depodan buharlaşması sonucu ortaya çıkmaktadır. Hidrokarbonların bir diğer etkisi de NO ve güneş ışığı etkisi ile atmosferde ozon gazı meydana getirmesidir. Ozon gazı ise küresel ısınmaya neden olan sera gazı niteliğindedir[19].

Mesken bölgelerde yüksek konsantrasyonlara ulaşarak 50-200 farklı hidrokarbon çeşidi oluştururlar. İnsan sağlığı için yüksek konsantrasyonu zararlı ve bazı hidrokarbon bileşimleri kanserojen olduğu bilinmektedir. Diğer bir problem ise hidrokarbonlar fotokimyasal smog oluşumunda rol oynarlar. Fotokimyasal smog göz tahriş eden etkiye sahip olup, havanın kahverengi renk almasına sebep olur [1]. Hidrokarbonlar solunum sistemi ve göz bozukluklarına neden olup, kansere neden olmaktadır[20].

2.2.4 Azot Oksit

Yanma işlemi sonucunda yüksek sıcaklıkta meydana gelen NO gazı renksiz, kokusuz bir gazdır. Araçlardan kaynaklanan emisyonlarda önemli ölçüde ortaya çıkan bir gazdır. NO ve NO₂ şeklindeki gazlar atmosferde birleşik değeri NO_x ile temsil edilmektedir. NO_x gazının atmosferde kalıcılık süresi yaklaşık 1 gün olarak belirlenmiştir. NO_x bileşenlerinden olan N₂O gazının atmosferde çok daha uzun süreler kaldığı belirlenmiştir [21]. Küresel iklim değişimindeki payı %5 olarak tahmin edilen N₂O'nin atmosferde kalma süresi ise yüzyıldan fazladır [22]. NO fotokimyasal duman oluşumuna neden olmakta ve NO_x bileşikleri ozon tabakasına zarar vermektedir [19]

NO gazı, akciğerleri olumsuz etkileyerek mukoza zarını tahriş eder. NO gazı nitrik asit oluşumuna sebep olur. Çevre şartlarında kararsız olarak bulunan NO gazı oksijenle

birleşerek NO₂ gazına dönüşür [20]. NO₂ gazı seviyesindeki artış kanın oksijen taşıma kapasitesini etkiler. Suda çözünebilir bir gaz olan NO ve NO₂ bu şekilde kana karışarak insan ve bitki örtüsünde zehirlenmelere neden olur [19].

Araçlardan meydana gelen NO motor içindeki yüksek sıcaklık sebebiyle ortaya çıkmaktadır ve kontrolü çok güçtür [19]. Bunun için özel katalizörler kullanılması ve motor sıcaklığının azaltılması gereklidir. Motor sıcaklığının düşmesi ise hidrokarbon ve karbonmonoksit çıkışını artırmaktadır [1].

2.2.5 Partikül Madde

Partiküler madde, atmosferde normal şartlarda katı ya da sıvı olarak bulunan birleşmemiş su dışındaki maddelerlerdir. İçten yanmalı motorlarda yakıtın yanması sırasında yeterli miktarda oksijene sahip olmaması durumunda karbon moleküllerinin yanma reaksiyonuna katılmadan egzozdan atmosfere atılması sonucu oluşur. Özellikle dizel motorlarda bulunan partikül maddeler karbon, karbon-hidrojen bağları, kükürt dioksit ve sülfürik asit gibi bileşenlerden oluşmaktadır [20]. Dizel motorlu araçlarda, düşük kükürtlü yakıt kullanılması partikül madde salınımı büyük ölçüde azaltabilir [19].

2.3 Araç Kaynaklı Emisyonlar

Araç kaynaklı kirleticilerden CO₂, CH₄, N₂O küresel etkili olup, CO, HC, NO_x PM yerel etkili kirletici gazlardır [17]. Sera gazı etkisi olan CO₂ emisyonlarının %85'i karayolu ulaşımındaki araçlardan kaynaklanmaktadır [4].

Araçlardan kaynaklanan emisyonlar kullanılan aracın üretim yılı, yakıt özellikleri, meteorolojik şartlar, yol yapısı, sürücü davranışları ve trafik düzeni gibi faktörlere bağlı değişim göstermektedir. Eski teknolojiye sahip araçlarda kullanılan motor ve filtreleme sistemlerinin hava kirletici gaz salınımında azaltıcı etkilerinin yeterli gelmemesi sebebiyle günümüz standartlarına uyum sağlayamamaktadır. Üretim yılı eski olan araçların yakıt tüketiminde ve egzoz gazında CO₂ miktarında artışa neden olmaktadır [3]. Meteorolojik özelliklere bağlı sıcaklık değişimi benzin deposu ve karbüratör kaynaklı emisyonlara sebep olmasının yanısıra egzoz gazı salınımında da etkili olmaktadır. Ortam sıcaklığının artması hidrokarbon emisyonlarının artmasına sebep olmaktadır [19].

Topografik yapıya bağlı olarak (yol kalitesi, yol eğimleri, vb.) emisyon salınımını artıran etkenlerdendir. Sürücülerin yol ve aracın durumuna bağlı hızlanmaları veya yavaşlamaları yakıt tüketimini olumsuz yönde etkileyip egzoz emisyonlarında artışa sebep olmaktadır. Trafik akışının sağlanabildiği durumlarda araç emisyonları oldukça azalmaktadır. Yoğun trafikte araçlar rölantide beklemekte, sürekli durup kalkmakta ve hızlanıp, yavaşlaması sebepleri ile düzensiz kullanım sonucunda araçlardaki emisyon salınımlarında artış gözlemlenmektedir (Tablo 2.2) [20].

Tablo 2.2 Kullanım moduna göre kirletici emisyonları [19]

Kirletici Emisyonları			
Kullanım Modu	Karbonmonoksit (CO)	Hidrokarbonlar (HC)	Azotoksitler (NO_x)
Rölanti	Yüksek	Yüksek	Çok Düşük
Hızlanma	Düşük	Düşük	Yüksek
Yavaşlama	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Düşük
Sabit Hız			
Yavaş	Düşük	Düşük	Düşük
Hızlı	Çok Düşük	Çok Düşük	Orta

Egzoz gazı içinde bulunan CO, partikül madde, HC yerel kirleticiler olarak kabul edilmektedir. Benzinli araçlarda kurşun bileşikleri önemli bir kirleticidir. Rölanti durumda benzinli araçların motorlarında hava yetersizliğinden dolayı CO, HC emisyonları yüksek çıkmaktadır.

Ülkemizde kullanılan araçların 2004-2018 yılı aralığında yakıt cinsine göre dağılımına bakıldığında; dizel araçların benzinli araçlara göre %33 civarında yakıt ekonomisi sağladığı göz önüne alınırsa dizel araç kullanım yüzdesinde ciddi bir artış görülmektedir. Bilinmeyen dağılımı yakıt türü bilinmeyenleri ve elektrikli araçlara ait oranı ifade etmektedir (Tablo 2.3).

Yapılan çalışmalarda yıllara göre yakıt tipine bağlı kullanım oranlarının değişiminin CO, CO₂, NO_x emisyonlarını artırıcı veya azaltıcı etkilerinin olduğu gözlenmiştir. İnsanların araç seçiminde örneğin benzin fiyatının artışına bağlı dizel araçlara yönelmesi buna bağlı atmosfere daha az kirletici madde salınımının olması tespit edilmiştir [23].

Tablo 2.3 Trafikte kayıtlı otomobillerin yakıt cinsine göre yüzde dağılımları [24]

Yıl	Benzin Dağılım (%)	Dizel Dağılım (%)	LPG Dağılım (%)	Bilinmeyen Dağılım (%)
2004	75.2	4.7	14.7	5.4
2005	67.3	6.8	21.8	4.1
2006	62.5	9.5	24.8	3.2
2007	57.4	11.8	28.2	2.6
2008	52.0	13.9	32.6	1.5
2009	47.6	15.7	35.6	1.2
2010	42.3	18.3	38.4	0.9
2011	37.4	21.6	40.2	0.8
2012	33.9	24.3	41.3	0.6
2013	31.1	26.9	41.5	0.5
2014	29.0	29.2	41.4	0.4
2015	27.6	31.6	40.3	0.4
2016	26.8	33.6	39.2	0.4
2017	25.9	35.4	38.4	0.4
2018 ⁽¹⁾	25.7	35.8	38.2	0.3

Günümüzde hava kalitesini iyileştirmek amacıyla, yakıt tipine göre araçlarda filtrelemeler ile emisyonu azaltıcı önlemler alınmaya çalışılmaktadır. İçten yanmalı motorlarda egzoz gazları, egzoz gazı resirkülasyonu (EGR), katalitik konvertörler, yakıt buharlaştırma, karter havalandırma ile kontrol altına alınmaktadır. Dizel motora sahip araçlarda ise kullanılan partikül madde çıkışını engelleyici filtreler emisyon azaltıcı olarak kullanılmaktadır [20].

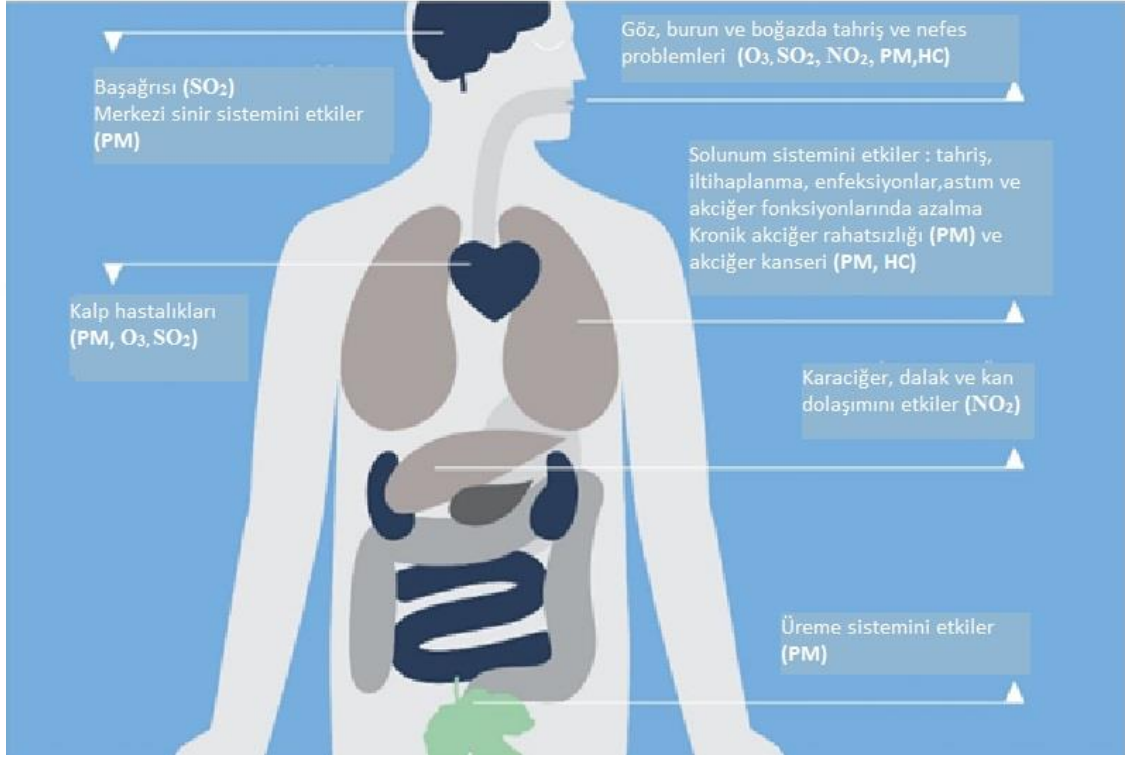
2.4 Hava Kalitesi İndeksi

Hava kalitesi, hava kalitesi indeksine göre solunan havanın temiz ya da kirli olduğunu ifade eder. Hava kalite indeksi, hava kirliliğinin boyutunu açıklamak için kirletici yoğunluklarının derecelendirilmesi ile oluşturulan sınıflandırmadır. Bu sınıflandırma; hava kirliliğinin insan sağlığı üzerinde etkilerinin yerel ölçüde sorgulanabilir ve anlaşılabilir bir bilgi niteliğindedir.

AB Çevre Politikası'nda temel uygulama alanlarından olan hava kalitesi standartları ile belirlenerek Hava Kalitesi İndeksi (EPA) oluşturulmuştur. Ülkemizde bu standartlar referans alınarak günlük olarak ulusal hava kalitesi indeksi olarak yayınlanmaktadır (Tablo 2.6). Egzoz gazları içerisindeki kirletici maddelerin oluşumunda standartlarla

sınırlandırılan bileşenler; CO, HC, NO_x ve PM olup, CO₂, CH₄, N₂O sera gazları bileşenleridir.

Avrupa Çevre Ajansı tarafından yayınlanan hava kirliliğinden kaynaklanan sağlık risklerinin değerlendirilmesi Şekil 2.5' de görülmektedir. Önlenemeyen ve artan ve egzoz gazlarının insan sağlığı üzerinde ciddi problemleri oluşturabileceği bilinmelidir.



Şekil 2.5 Hava kirliliğinin sağlık yönünden etkileri [26]

Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı'nın yayınlamış olduğu standartlara uygun ulusal çapta hava kalite indeksi sınır değerleri Tablo 2.5 yer almaktadır. Bu tabloda indeks ölçümü yapılan her kirletici için sınır değerler ve belirli sınıflarda farklı renk ve tanımlar kullanılarak ifade edilmektedir (Tablo 2.4).

Tablo 2.4 EPA hava kalitesi indeksi [25]

Hava Kalitesi İndeksi (AQI) Değerler	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
<i>Hava Kalitesi İndeksi bu aralıkta olduğunda..</i>	<i>..hava kalitesi koşulları..</i>	<i>..bu renkler ile sembolize edilir..</i>	<i>..ve renkler bu anlama gelir.</i>
0 - 50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51 - 100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101- 150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151 - 200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201 - 300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301 - 500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Tablo 2.5 Ulusal hava kalitesi indeksi sınır değerleri [25]

İndeks	HKİ	SO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	CO [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM10 [µg/m ³]
		1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
İyi	0 – 50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51 – 100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101 – 150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151 – 200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
Kötü	201 – 300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
Tehlikeli	301 – 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

Hava kalitesi indeksi 5 temel kirlenici gaz için hesaplanmaktadır. Bunlar; karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂), partikül madde (PM10) ve ozon (O₃) dur (Tablo 2.5).

Tablo 2.6 İndeksi hesaplanan parametrelerin sınır değerleri [25]

Parametre	SO ₂ [mg/m ³]	NO ₂ [mg/m ³]	CO [mg/m ³]	O ₃ [mg/m ³]	PM10 [mg/m ³]
	1 Saat Ortalama	1 Saat Ortalama	1 Saat Ortalama	1 Saat Ortalama	1 Saat Ortalama
Ulusal Sınır Değer	380	260	10.000	120	60
AB Üye Ülkeleri Sınır Değer	350	200	10.000	120	50

Hava kalitesine ait bilgiler e-raporlama veritabanında (EEA, 2018A) düzenli olarak güncellenmektedir. İstanbul, Aksaray bölgesinde yer alan istasyona ait hava kalitesi değerleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait "Hava Kalitesi İzleme İstasyonları" web sitesinin "mobil.havaizleme.gov.tr" adresinde bulunan "Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı" bölümünden indirilmiştir. Hava kalitesi izleme ağı; Şekil 2.6'da görüleceği üzere günlük ortalama kirletici konsantrasyonları ve sınır değerlerin aşımı ile ilgili bilgileri içerir.



Şekil 2.6 İstanbul, Aksaray bölgesi hava kalitesi değerleri [25]

Yıllık sınır değerinin üzerinde değerlere sahip istasyonların %98'i kentsel veya banliyö bölgelerinde yer almıştır. Trafikteki taşıtlar NO₂ ve NO gaz salınımında önemli bir

kaynaktır. NO₂ atmosfer ortamında ozonun (O₃) ayrışması sonucu açığa çıkan O₂ ile azot monoksitin tepkimeye girmesiyle oluşmaktadır. Aynı zamanda NO₂ ozonu tahrip eden bileşiklerin başında gelir. Bu nedenle, NO₂ konsantrasyonlarında ve aşımalarında gerekli bilgilendirmelerde trafik ve kentsel alanlara odaklanılmıştır [26].

Büyük şehirlerde trafiğin yoğun olduğu bölgelerde oluşan duman ve kirli hava baş ağrısı, kalp ve kan dolaşımı rahatsızlıklarına yol açar. Gözlenen hava kalitesi koşullarında insan sağlığına endişe oluşturabilecek aralığın belirtilmesi, halkı bilgilendirmenin yanısıra anlaşılabilir ve uyarıcı niteliktedir (Tablo 2.7) [26].

Tablo 2.7 Karbonmonoksit yoğunluğuna bağlı hava kalitesi indeksi [26]

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ/AQI)	Sağlık Seviyesi	Uyarılar
0-50 arasında	İyi	Yok
51-100 arasında	Orta	Yok
101-150 arasında	Hassas gruplar için sağlıksız	Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, dış ortamda yoğun efor sarfını azaltmalı ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınmalıdır.
151-200 arasında	Sağlıksız	Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, dış ortamda orta seviyede efor sarfını azaltmalı ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınmalıdır.
201-300 arasında	Çok sağlıksız	Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, dış ortamda efor sarfetmekten ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınmalıdır.
301-500 arasında	Tehlikeli	Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, dış ortamda orta seviyede efor sarfetmekten ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınmalıdır. Bunun dışında herkes, yoğun efor sarfını azaltmalıdır.

2.5 Emisyon Standartları

Araç emisyon faktörleri 1 km'lik yol alan kirletici kaynaklardan atmosfere salınan kirletici maddelerin gram olarak aşılması gereken miktarlar şeklinde belirlenmektedir [19]. Dünyada emisyon salınım miktarları ile ilgili sınırlamalar ve düzenlemeler ilk olarak 1968'de Kaliforniya'da ve AB ülkelerinde getirilmiştir. 1992 yılında Euro 1 ile başlayan emisyon standartları günümüze kadar gün geçtikçe

azaltılmaktadır [27]. Tablo 2.8 'de Avrupa Birliği (AB) tarafından belirlenen hafif hizmet tipi motorlu taşıtlar için emisyon standartları görülmektedir [20].

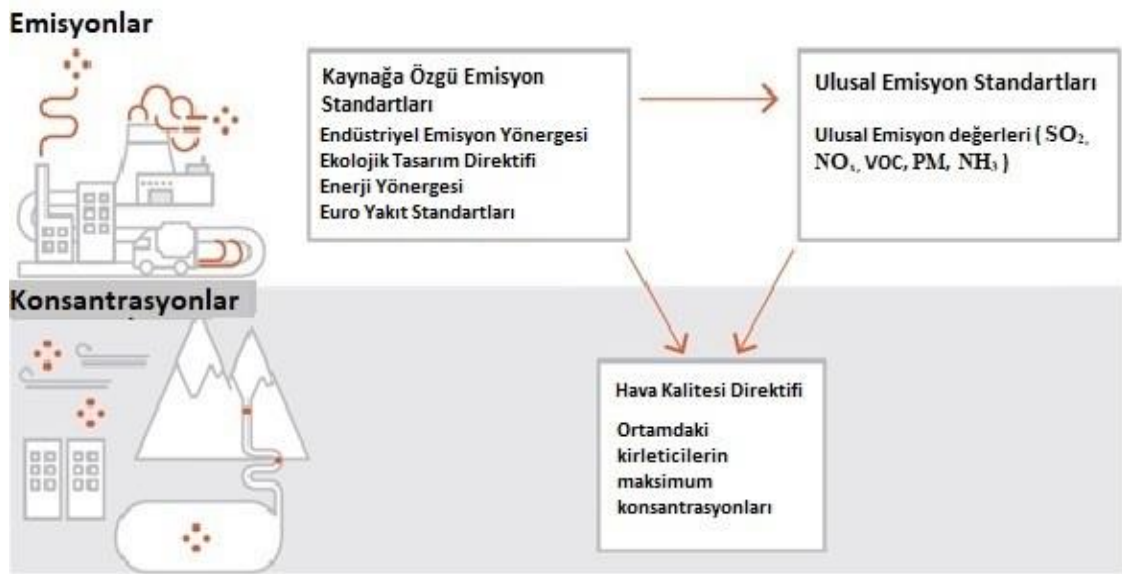
Tablo 2.8 Hafif hizmet tipi motorlu taşıtlarda Avrupa Birliği (AB) emisyon standartları (g/km) [20]

Standart	Tarih	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
Benzinli Motorlu Taşıtlar						
Euro 1	1992.07	2,72		0,97		
Euro 2	1996.01	2,2		0,5		
Euro 3	2000.01	2,3	0,2		0,15	
Euro 4	2005.1	1	0,1		0,08	
Euro 5	2009.09	1	0,1		0,06	0,005
Euro 6	2014.09	1	0,1		0,06	0,005
Dizel Motorlu Taşıtlar						
Euro 1	1992.07	2,72		0,97		0,14
Euro 2	1996.01	1		0,7		0,08
Euro 3	2000.01	0,64		0,56	0,5	0,05
Euro 4	2005.1	0,5		0,3	0,25	0,025
Euro 5	2009.09	0,5		0,23	0,18	0,005
Euro 6	2014.09	0,5		0,17	0,08	0,005

Günümüzde araçların kirletici egzoz emisyonlarını sınır değerlere göre kısıtlayıcı standartlar ve bu standartları destekleyici yönetmelikler uygulanmaktadır. Ayrıca Kyoto Protokolü kapsamında sera gazları olarak nitelendirilen CO₂ emisyonlarının azaltılması yönündeki çalışmalar sürdürülmektedir. Kullanılan araç sayısı ve çevresel etkilerinin artması ile birlikte atmosfere salınan CO₂ emisyonlarının azaltılması (Kyoto Protokolü) gibi hedeflerle, dört-beş yıl aralığında gittikçe düşürülmektedir [21].

Ulaşım taleplerinin yönetimi ve kontrolünü sağlamak amacıyla ulaştırma politikalarının düzenlenmesi sera gazı emisyonlarının kontrolünde yapılan uygulamalardan birisidir. Karayolu ulaşımında araçların yakıt tüketimi açısından elverişli olan hızlarda seyredebilmesi için; trafik akışının düzenlenmesi, maksimum hızların sınırlandırılması alınabilecek önlemler arasındadır [28]. Avrupa ülkelerinde mevcut genel hız sınır limitleri otoyollarda 130-100 km/sn, yerleşim dışı alanlarda 120-60 km/sn, yerleşim alanlarında 70-30 km/sn aralığındadır.

Avrupa Birliği, kirliliğe sebep olan etmenleri kaldırmak azaltmak, önlemek üzerine bir çevre politikası benimsemiştir. Doğal kaynakların, ekolojik dengeye zarar vermeyecek şekilde kullanılmasını gerçekleştirerek sürdürülebilir kalkınma sağlamayı, çevreye zarar veren etmenlerin kaynağında önlenmesini ve çevreyi korumanın diğer sektörlere ait politikalarla (ulaştırma, enerji vb.) entegrasyonunu sağlamayı amaçlamaktadır [29].



Şekil 2.7 AB temiz hava politikası-politika çerçevesi [26]

2008 yılına ait 'Hava Kalitesi Direktifi', tüm kirletici maddeler için hava kalitesinin değerlendirilmesine, izleme gereklilikleri ve yöntemlerine, temiz hava plan ve programları ile ilgili kurallar getirmektedir. Bu düzenlemelerde, kullanılan yakıt kalitesinin değerlendirilmesi, ozon tabakasına zarar veren maddelerin azaltılması, uçucu organik bileşiklerin (VOC) oluşturduğu emisyonlar yer almaktadır (Şekil 2.7) [29]

1973 yılından itibaren hazırlanan Çevre Eylem Programları Avrupa Birliği'nin çevre politikasının gelişiminde etkili olmuştur. 7. Çevre Eylem Planı 31 Aralık 2020 tarihine kadar öncelikli hedefleri belirlemiştir. Verimli kaynak kullanımını sağlayan ekonominin oluşturulması, çevre ile ilgili risklere karşı insanların sağlık ve refahının korunması, çevre mevzuatı ile ilgili bilgi ve deneyimin artırılması, şehirlerin sürdürülebilirliğinin güçlendirilmesi gibi hedefler yer almaktadır [29].

Türkiye çevre konusunda AB'ye tam uyum sağlayabilmesi için 60 milyar civarında kaynağa gereksinim duymaktadır. Mali sorunların yanısıra, teknik imkanların yetersizliği, nitelikli personel bulunamaması ve çevre bilincinin yeterince gelişmiş olmaması da etkilidir [30]. Belirlenen hedefler kapsamında ulusal çapta çevre bilincinin gelişmesine ve birtakım önlemler alınmasına yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

2.5.1 Türkiye de Emisyon Standartları

Her ülke kendi koşulları ile uyumlu olarak motorlu araçlar için emisyon kısıtlamaları getirmektedir. Avrupa ülkelerinde ve Türkiye'deki emisyon kısıtlamaları taşıtın tanımlanan kullanım koşullarında, 1 km yol aldığı anda çevreye bırakılan kirleticilerin gram olarak aşılması gereken miktarlar şeklinde belirlenmektedir [19].

Ülkemizde Avrupa Birliği'nin öngördüğü motorlu araçlarda kullanılan benzin ve motorinin üretilmesi 2004 yılında "Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği" ile yayımlanmıştır. Bu yönetmelik ile, kurşunlu benzin içindeki kurşun oranı 1 Ocak 2005 tarihinden itibaren düşürülmüştür. Kurşunlu benzinin satışı ise 1 Ocak 2006 tarihinden itibaren yasaklanmıştır. Avrupa Birliği'nin mevzuatı ile uyumlu benzin ve motorin üretimine 1 Ocak 2007 tarihinden itibaren başlanmıştır.

Ülkemizin Eylül 2014 yılında sunulan Euro 6 emisyon standartlarına uyum zorunluluğu bulunmaktadır. Tablo 2.9 'de belirli araç tiplerine göre Euro 6 egzoz emisyon sınır değerleri görülmektedir [27]. Araç referans kütle, yakıt tipi gibi sınıflandırmalar ile belirlenen emisyon sınır değerleri detaylandırılmıştır.

Tablo 2.9 Euro 6 egzoz emisyon değerleri [27]

Euro 6 Emisyon Sınır Değerleri								
		Referans kütle (kg)	CO (g/km)		THC (g/km)		NHMC (g/km)	
			Benzinli	Dizel	Benzinli	Dizel	Benzinli	Dizel
Binek araçlar			1	0,5	0,1		0,068	
Hafif ticari araçlar	1	m<1305	1	0,5	0,1		0,068	
	2	1305<m<1760	1,81	0,63	0,13		0,09	
	3	m>1760	2,27	0,74	0,16		0,108	
		Referans kütle (kg)	NOx (g/km)		THC +NOx (g/km)		PM (g/km)	
			Benzinli	Dizel	Benzinli	Dizel	Benzinli	Dizel
Binek araçlar			0,06	0,08		0,17	0,0045	0,0045
Hafif ticari araçlar	1	m<1305	0,06	0,08		0,17	0,0045	0,0045
	2	1305<m<1760	0,075	0,105		0,195	0,0045	0,0045
	3	m>1760	0,082	0,125		0,215	0,0045	0,0045

Emisyon miktarlarının azaltılması konusunda araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalarda dizel ve benzinli araçlara ait emisyon kontrol sistemleri geliştirilmiştir [20]. Geliştirilen bu sistemlerin kurumlar tarafından birtakım uygulamalarla kontrolü gerçekleştirilmektedir.

Ülkemizde hava kirliliğinin önlenmesi amacıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 'Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği' ve trafikten kaynaklı emisyon standartlarını belirlemeye yönelik 'Egzoz Gazı Emisyon Kontrolü Yönetmeliği' oluşturulmuştur. Bu kapsamda egzoz gazı emisyon ölçüm, önlem, denetimlere ait uygulamalar mevcuttur. 'Egzoz Gazı Emisyon Kontrolü Yönetmeliği' kapsamında önlemlerin alınabilmesi öncelikli olarak emisyon faktörlerinin ve kaynaklarının boyutunu doğru şekilde belirlemeyi gerektirmektedir.

Standartların oluşturulmasında kullanılan gerçek dünya koşullarına bağlı trafik faktörü farklılıklar gösterebilmektedir [31]. Trafik faktörünün değerlendirilmesi bu kapsamda önem taşımaktadır. Hareket halindeki araçlardan eş zamanlı toplanan emisyon miktarlarının çalışmalarda kullanımı daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri biçimi ve konumu bilinen coğrafi varlıklara ait grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, analizi ve gösteriminin yapılmasını sağlar. Bilgisayar ortamında coğrafi bilgilerin kullanılarak sunulmasına olanak sağlayan donanım, yazılım ve işlem bileşenlerini bütünlük olarak kapsayan özel bilgi sistemleridir [32].

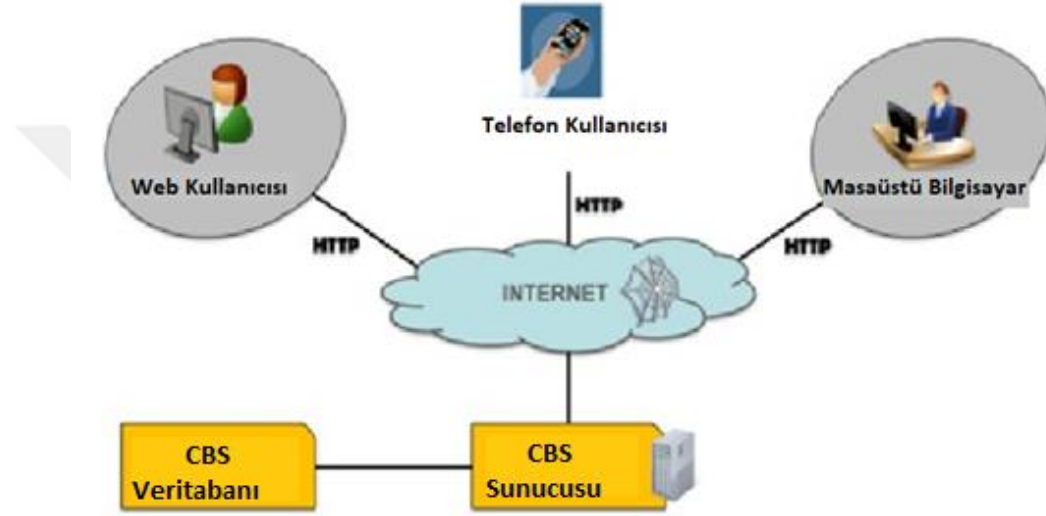
Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisi, havadaki kirletici emisyonlarını tahmin ve analiz etmede önemli katkılar sağlayabilir. Buna ek olarak, CBS mahalle düzeyinde halk sağlığı hava kirliliği etkilerini değerlendirilmesinde önemli bir araçtır. İnternet ile birlikte CBS, hava kirliliği sonuçlarının halka daha etkili bir şekilde gösterilmesine ve kirlilik kaynaklarının daha iyi anlatılmasına yardımcı olur [11].

3.1 Web Tabanlı CBS

İnternette harita görüntüleme, World Wide Web üzerinde harita tasarlama, uygulama, üretme ve sunma işlemidir. İnternet tabanlı coğrafi bilgi sistemleri, internet aracılığıyla bilgisayar ağında coğrafi veriye erişim, analiz fonksiyonlarına erişim ve bu analizlerin görüntülenmesini sağlar [31]. Web tabanlı CBS kaynaklarının artışı, mekansal bilgiye erişimi kolaylaştırmış ve mekânsal analiz kapsamını genişletmiştir. Web tabanlı CBS 'de mekansal analiz, önemli bir bileşendir. Web tabanlı CBS uygulamalarının Coğrafi Bilgi Sisteminde yapılan tüm mekânsal analiz fonksiyonunu içermesi gerekli değildir. Web tabanlı CBS uygulamaları, kullanıcılara sorgu veya analitik yeteneği sağlamak için belirli sayıda hedefe yönelik mekânsal işlevi içermesi yeterlidir [32]. Bu sayede kullanıcılar CBS eğitimine ihtiyaç duymadan, mekansal bilgi arayabilir, özelleştirilmiş haritalar oluşturabilir ve basit mekansal analiz yapabilir.

Web-GIS teknolojileri veri tabanlarına erişim sağlayarak grafik ve HTML ile bağlantılı haritalar kullanmaktadır [33]. Web tabanlı sistemler, bir istemci/sunucu

yapılandırmasına bağlı en az iki bilgisayar içerir. Sistemde, sunucu bir web uygulaması sunucusu ve istemci olarak bir web tarayıcısı içeren bir masaüstü uygulaması veya bir mobil uygulama olarak kabul edilir [34]. İstemci sunucudan verilere ilişkin istekte bulunur. Sunucu isteği yerine getirerek veri ve analiz fonksiyonlarını HTML sayfası olarak istemciye gönderir. Sunucu tarafında bulunan CBS yazılımları sayesinde işlemler sunucu bilgisayar üzerinde gerçekleşir. İstemci sadece internet tarayıcısı aracılığıyla sunucuya bağlanarak istekte bulunur ve sonuçlar internet tarayıcı ile ekranda görüntülenir [32].



Şekil 3.1 Web tabanlı CBS yapısı [33]

Web tabanlı bir platform, telefon, masaüstü bilgisayar aracılığıyla uzmanlar, vatandaşlar ve özel kuruluşlar arasında iş birliği ve veri paylaşımı sağlar (Şekil 3.1).

Web tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi erişilebilir ve anlaşılabilir bir yapıya sahip olması nedeniyle emisyon analizine yönelik uygulamaların gerçekleştirilmesine uygundur. CBS’de mekânsal ve zamansal verilerin kullanımı sayesinde emisyon envanteri mekânsal çözünürlük özelliği kazanır. Web, masaüstü ve mobil uygulamalar aracılığıyla ArcGIS Online tarafından oluşturulan katmanlara internet erişimi olan herhangi bir yerden erişilebilir. Web App Builder, tema, harita, pencere ögesi ve öznitelik dahil olmak üzere iş akışı sekmelerine erişerek uygulamalar oluşturulmasına olanak sağlar. Böylece harita ve veriler ArcGIS Online’da oluşturulan katmanlar olarak yayınlanır.

4.1 Uygulama Alanı

Uygulama alanı olarak iki ayrı bölge belirlenmiştir. Birinci çalışma alanı olarak İstanbul ilinde trafiğin yoğun olduğu güzegah belirlenerek D-100 Karayolunda yüzde üç eğime sahip bir km uzunluğu olan bölge ile eğimi binde bir olan Haliç Köprüsü üzeri yaklaşık bu bölgede de bir km uzunluğundaki yol seçilmiştir. D-100 Karayolu otoyol olarak tasarlanmış olup 8 şeritli yüksek trafik kapasitesine sahiptir. Diğer yollara kavşaklarla bağlanmaktadır [35]. Boğaziçi Köprüsü çevre yollarının Haliç geçişini sağlayan Haliç köprüsü, Ayvansaray ile Halıcıoğlu arasında yer alır. Haliç köprüsünün, uzunluğu 995 m, genişliği 32 m, deniz yüzeyinden yüksekliği 22 m'dir [36].

İkinci çalışma alanı olarak seçilen merkezi alanda ana arter olarak tanımlanan Vatan Caddesi yol güzergahlari içinde araç geçişlerinin fazla olduğu caddedir. Vatan caddesi genişliği 2250 metre olup 4 gidiş, 4 geliş olmak üzere 8 şerittir [37]. Toplu taşıma hatlarının bu yol üzerinden geçmesinin ana arter olan bu yolda önemli bir etkisi vardır. Ayrıca kavşak yapısı ve sinyalizasyon sorunlarından dolayı belirli saatlerde trafik sıkışıklığına oluşmaktadır. Vatan Caddesi bu tür sıkışıklıkların fazlaca yaşandığı caddelerden biridir [35]. Bu çalışma alanında eğimin yüzde iki olduğu yaklaşık iki km yol boyunca hareket eden araçların Vatan Caddesi üzerindeki test verileri kullanılacaktır. Bu bölgede otomobil tipi araçlar yanında otobüs ve kamyonet tipi dizel ve benzinli araçlara ait emisyon miktarları analiz edilecektir. Böylece gerçek yol koşullarında hareket eden araçların, belirlenen bölgelerde egzoz gazlarından çıkan emisyonların karşılaştırılmasına dayalı analizler gerçekleştirilecektir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 İstanbul ili çalışma alanları

Bu bölgelerde 2006 yılında dizel, benzin ve lpg yakıt kullanan araçlara özel donanımlar ilave edilerek, araçların emisyonları ölçülmüştür. İstanbul sınırlarında belirlenen çalışma alanlarında emisyon test cihazları yerleştirilen araçlardan 36-50 dakika aralığında veri toplamıştır. CO, CO₂, toplam hidrokarbonlar (THC), NO_x ve NO₂ emisyonlarını ölçmek için Semtech sensörü gaz emisyonları test ünitesi kullanılmıştır. Sensör ünitesi, CO ve CO₂ emisyonunu ölçmek için kızılötesi absorpsiyon teknolojisini, NO_x ve NO₂ emisyonunu ölçmek için ultraviyole absorpsiyon teknolojisini ve toplam hidrokarbon emisyonlarını ölçmek için alev iyonizasyon dedektörünü kullanmaktadır. Sensör test ünitesi, yoldaki araçların emisyon yoğunluklarını belirlemek amacıyla test programlarında kullanılmak üzere tasarlanmış entegre bir emisyon test cihazıdır. Emisyon konsantrasyonlarını belirlemek için egzoz akış hızları ve ortam sıcaklıkları ve basınç değerlerinin sistemde tanımlanması gerekmektedir. Sensörde konumu ve hızı ölçmek için bir GPS cihazı yer almaktadır. SEMTECH sistemi her saniyede ölçülen emisyonları excel olarak açılabilen bir elektronik tabloya gönderir. Böylece araçlara ait emisyon ölçümleri, GPS teknolojisiyle eş zamanlı toplanarak saniyede salınım yapan

kirletici gazların miktarları elde edilmiş olur [38]. Üst geçit, köprü gibi sinyal alımına engel teşkil eden yapılardan dolayı GPS cihazı ile veri ölçümü kesintiye uğramıştır. Bu bölgelerde konum bilgisine bağlı alınan emisyon miktarları değerlendirilememiştir.

Kullanılacak test verileri analizlere uygun karşılaştırmalar yapılmak üzere yakıt tipi, araç model yılı, araç hızı, yol eğimi gibi faktörlere göre sınıflandırılmıştır. Belirlenen rotalara ait test verileri yakıt tüketimine bağlı emisyon miktarlarına ek olarak, araç tipi, hızı ve aracın hareketine bağlı konum bilgisini de içerecek şekilde excel dosyasında toplanmıştır. Seyir halindeki aracın her saniyede kaydedilen hızı yol boyunca aracın hareketine bağlı artmakta veya azalmaktadır. Test verilerinin karşılaştırılabilir hale getirilmesi amacıyla araçların katettiği yol boyunca ortalama hızları kullanılmıştır. İlgili yollarda (Haliç köprüsü, D-100 karayolu) gidiş ve dönüş olmak üzere benzinli ve dizel otomobil tipi araçlara ait 5 farklı test verisi kullanılmıştır. Ayrıca Vatan Caddesi üzerinde benzin, lpg, dizel yakıt tipindeki araçlara ait toplam 11 farklı test verisi kullanılmıştır. Kullanılan dizel ve benzinli araç test verilerine ait detaylı bilgi ekte verilmiştir.

4.2 Katman ve Öznitelik Tasarımı

Web tabanlı Coğrafi Bilgi Sisteminin oluşturulması için öncelikle bir veri tabanı tasarım ve uygulama aşamalarından geçilmesi gerekmektedir [33]. Veri tabanı tasarımında gereksinimler doğrultusunda test verilerin sınıflandırılması yapılmıştır. Test verileri araç hızının, yol eğiminin, araç yakıt tipinin, model farkının emisyon miktarlarına etkisinin araştırılmasını gerçekleştirecek şekilde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya uygun tasarım yapılmış ve üzere ilgili katmanlar belirlenmiştir.

Test verilerinin sisteme aktarımını gerçekleştirmek üzere ArcGIS programı ArcCatalog aracı ile veri tabanı (geodatabase) oluşturulmuştur. Koordinat sistemi "Future Dataset" WGS84 olarak belirlenmiştir. Böylece GPS aracılığıyla enlem boylam olarak ölçülen noktasal emisyon miktarları CBS ortamına aktarılmıştır. Ayrıca bu verilerin analizi için katman ve öznitelik tasarımına ihtiyaç duyulmuştur. Katman ve öznitelik tasarımı belirli standartlara uyularak hazırlanmış, örnek olarak dizel araca ait katman ve öznitelik tasarımı Tablo 4.1'de verilmiştir. Katmanda yer alacak öznitelik bilgileri saptanarak öznitelik bilgilerinin girişi sağlanmıştır.

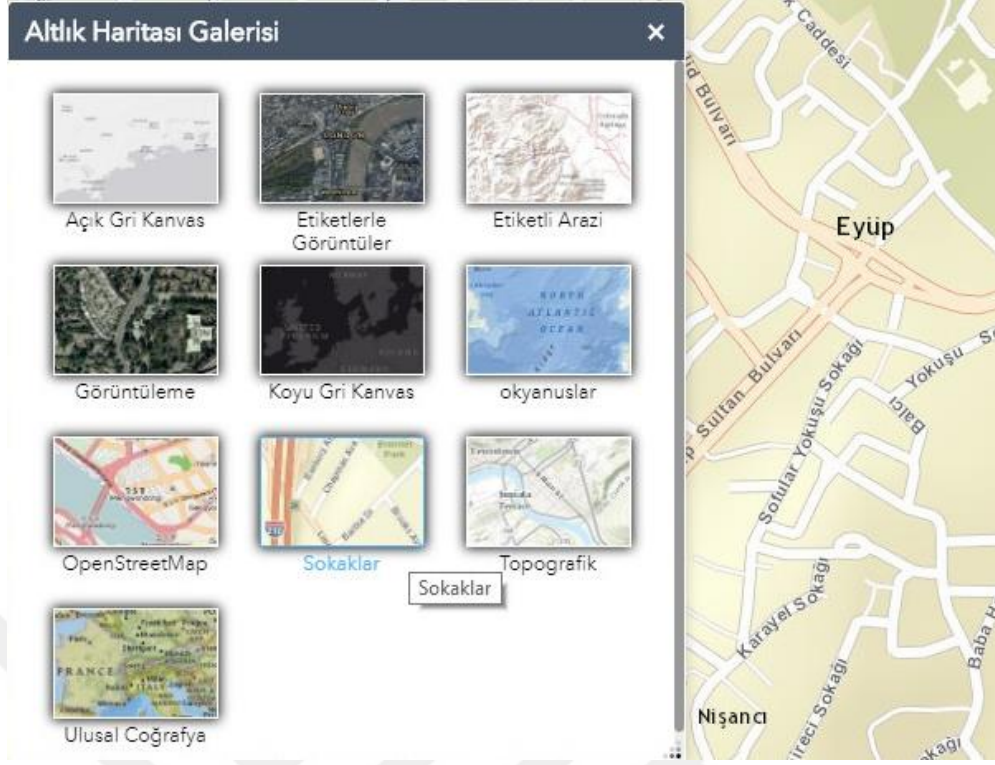
Tablo 4.1 Dizel araca ait örnek katman ve öznitelik tasarımı

Katman Tasarımı				
Katman Adı	Katman Takma Adı	Katman Tipi		
DizelTestBilgisi	Dizel Test Bilgisi	Çizgi		
Öznitelik Tasarımı				
Adı	Takma Adı	Tipi	Uzunluğu	Örnek Data Girişi
OrtalamaHız	Ortalama Hız	Long		24
AracYılı	Araç Yılı	String	4	1997
ToplamHCmgkm	Toplam HC mg/km	Double		1,6857
ToplamNOmgkm	Toplam NOx mg/km	Double		1,294
ToplamCO2gkm	Toplam CO2 g/km	Double		0,091833
ToplamCOmgkm	Toplam CO mg/km	Double		1,95415
Bilgi	Bilgi	String	200	D100 Ankara Yönü 1997 Model Ortalama Hızı 24 km

4.3 Web App Builder

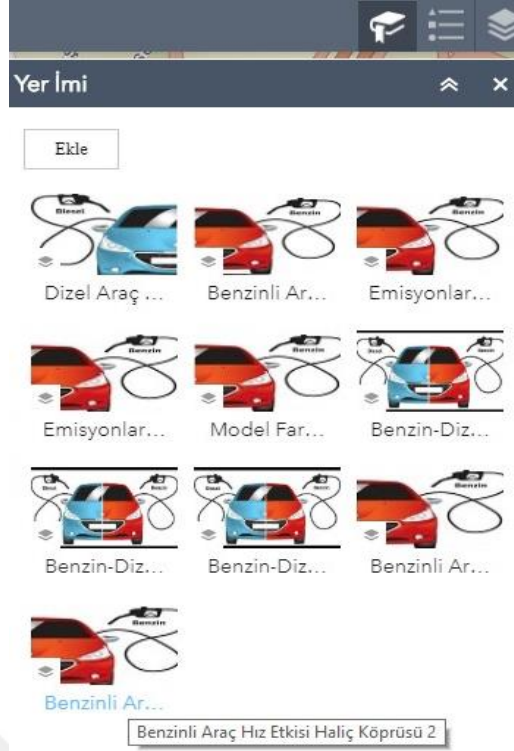
CBS oluşturma süreçleri kapsamında, CBS çalışmasının web tabanlı olarak gerçekleştirilebilmesi için yayın işlemi yapılmalıdır. ArcGIS server üzerinden yayın yapılması için hazırlanan veriler ArcMap "File" menüsünden "Share As" altındaki "Service" ile gerçekleştirilmiştir. Bu işlemden sonra ArcGIS Online yazılımı ile Web yayında aramalar ve sorgulamaları düzenlenebilmektedir [39].

ArcGIS Online ile verilerin yayına hazırlanması aşamasında Web App Builder kullanıma hazır temalardan biri kullanılarak, altlık harita olarak şekilde görüldüğü üzere 'basemap gallery' den çalışmaya uygun yol bilgilerinin yer aldığı sokak haritası seçilmiştir (Şekil 4.2).



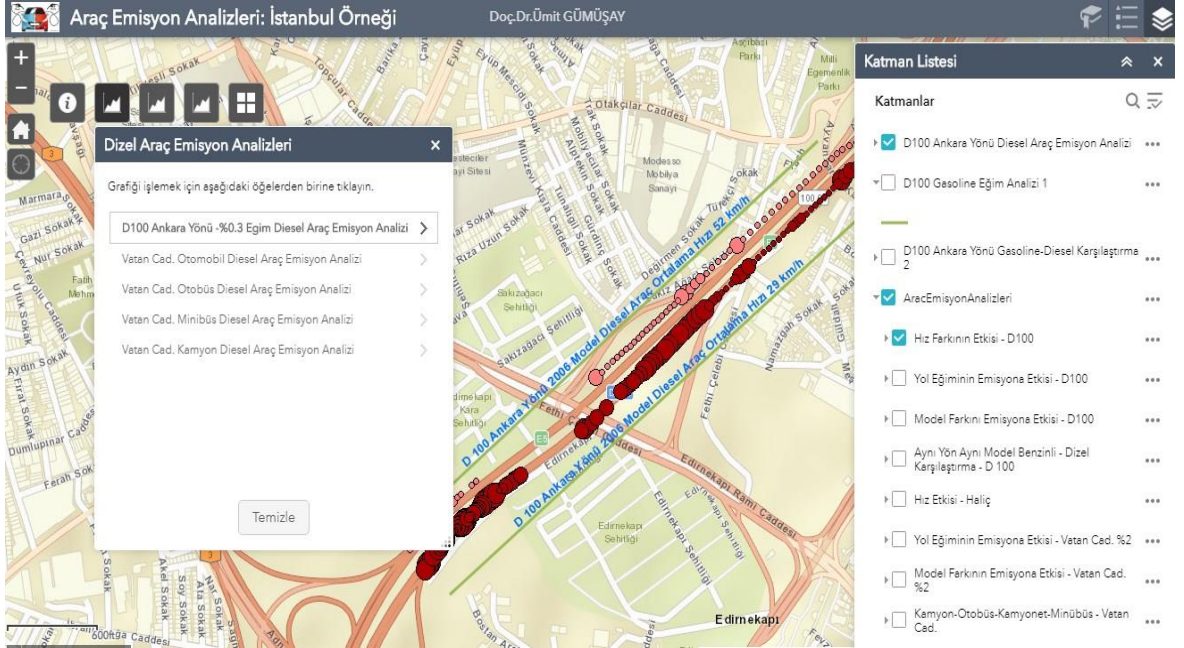
Şekil 4.2 Altık harita galerisi

Web App Builder aracılığıyla verilerin aktarımı için 'Foldable' teması seçilerek bu tema üzerinden verilerin sunumu gerçekleştirilmiştir. CBS ortamında test verilerinin sınıflandırılan özelliklerine göre katmanlar oluşturulmuştur. Araç (Widget) sekmesinden uygulamaya işlevsellik kazandırmak amacıyla çeşitli araçlar seçilmiştir.



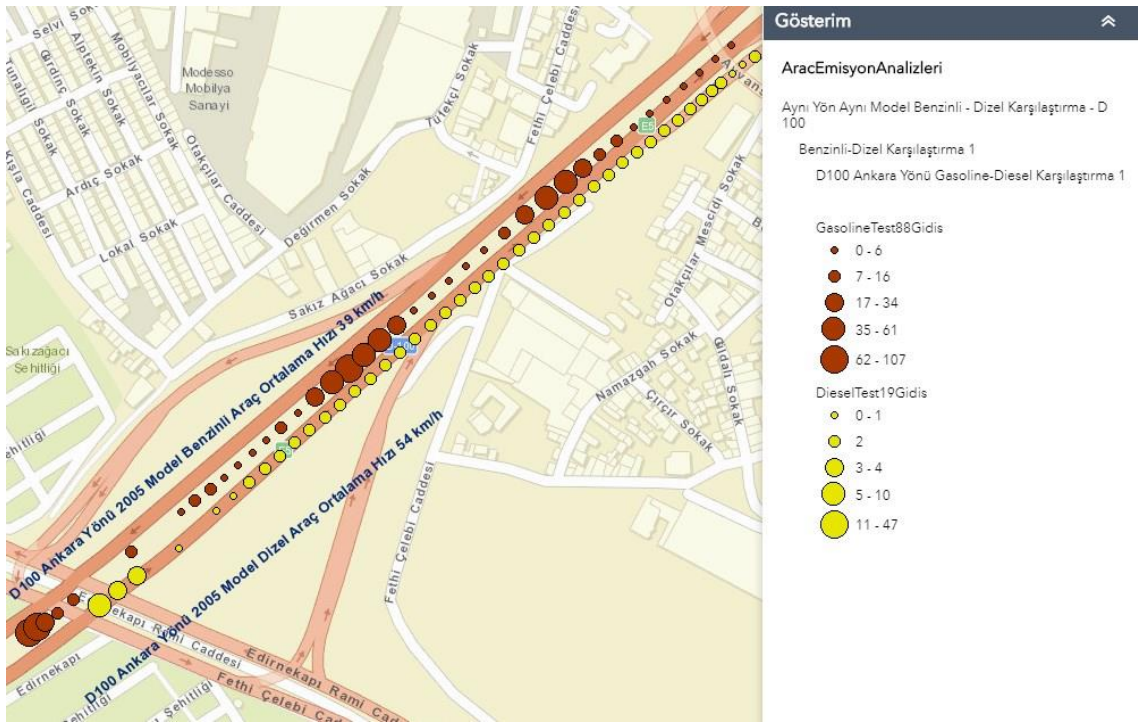
Şekil 4.3 Yer imi

Widget'lar, yardımı ile sorgu, arama ve analiz işlemleri yapılmaktadır. Analizlerin yerini belirleyerek gezinme işlemi ise yer imi aracında seçilecek seçimler ile yapılabilir (Şekil 4.3).



Şekil 4.4 Katman listesi

Hazırlanan tasarım, "ArcMap" in "Share" özelliği ile "ArcGIS Server" den yayınlanmıştır (Şekil 4. 4). Hareket halindeki aracın anlık konum bilgisi ile eş zamanlı toplanan CO emisyon miktarı noktasal nesnelere ile sınıflandırılmıştır. Bu nesneleredeki büyüme veya küçülme CO miktarlarındaki artış veya azalışı ifade etmektedir. Araçların hareket yönüne bağlı güzergah bilgisi ve noktasal nesnelere oluşturulan saniyede salınım yaptığı CO emisyon yoğunluğu harita üzerinde ilgili seçimler ile görülebilmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Araçlardan çıkan saniyedeki CO (mg/s) gaz miktarının gösterimi

Coğrafi Bilgi Sisteminde Araç Emisyon Analizi

Şehir ulaşımının hava kalitesine emisyon katkısının hesaplanması amacıyla, taşıtlar sınıflandırılmalıdır. Sınıflandırılmış taşıtlar için emisyon faktörleri belirtilmelidir [18]. Seçilen bölgede emisyon faktörlerinin karşılaştırılabilmesi için araçlara ve yola ait özellikler gibi belirli özellikleri incelenerek sınıflandırılmıştır. Emisyon miktarlarının karşılaştırılması amacıyla toplam CO, HC, CO gazlarının bir kilometrede salınım yapan mgram cinsinden; CO₂ gazının ise gram cinsinden toplam miktarları değerlendirilmiştir. CO₂ diğer gazlara göre büyük bir değere sahip olduğundan grafik üzerinde karşılaştırılabilir olması amacıyla mg olarak belirlenmiştir. Daha önce tasarlanan katman ve öznitelik tasarımına uygun şekilde excel ortamındaki verilerin belirlenen katmanlara göre CBS ortamına aktarımı gerçekleştirilmiştir. CBS'nin online özelliği sayesinde yapılacak analizlerin http uzantılı adres ile web ortamına taşınmış böylece insanların erişimine açılmıştır.

Web Tabanlı CBS aracılığıyla verilerin; araç tipi, model yılı, yakıt cinsi, araç hızı, yolun eğimine bağlı olarak seçilen bölgelerde karşılaştırmalar yapılarak analizler gerçekleştirilecektir.

5.1 Araç Hızının Emisyona Etkisi

Aynı yol koşullarında aynı yöne hareket eden iki farklı dizel araca ait emisyon analizinde; araç hızlarının emisyon etkisi araştırılması konusunda çalışma yapılmıştır.

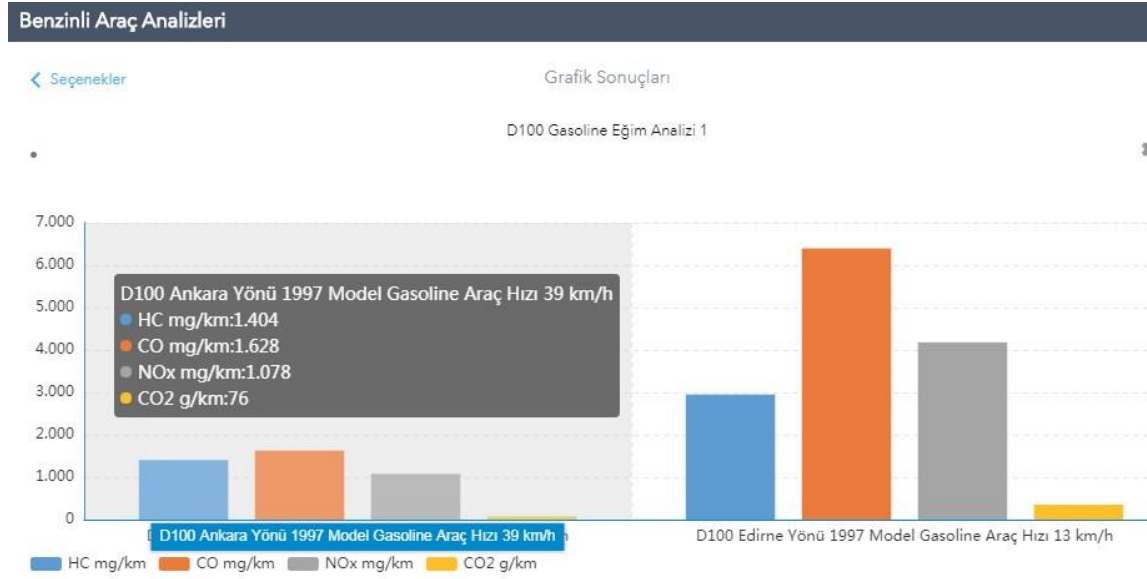
D-100 Ankara yönünde hareket eden dizel araçlara ait emisyon analizinde; 2006 model yılına ait iki farklı hızdaki aracın toplam emisyonların grafik sonuçları Şekil 5.1' de görüleceği üzere, aynı üretim yılına ait araçlardan şehir içi hız limitlerine göre düşük hızla (29 km/h) hareket eden aracın tüm emisyon değerleri fazla çıkmıştır.



Şekil 5.1 D-100 Ankara yönü dizel araç emisyon analizi

Şekil 5.1 deki grafik sonucunda düşük hızla hareket eden aracın emisyon salınımlarında toplam karbonmonoksit (CO) gazı salınım miktarı 1,173 mg/km iken, ortalama hızı daha yüksek olan aracın toplam karbonmonoksit salınım miktarı 98 mg/km çıkmıştır. Şehir içi hız limitleri kapsamında, araçların ortalama 50-60 km/h hız ile hareketi yakıt tüketiminin en düşük olduğu koşulları sağlamaktadır [18]. Bu koşul dolayısıyla araç hızının artışı emisyon miktarlarının salınımlarında da düşüşe neden olmaktadır.

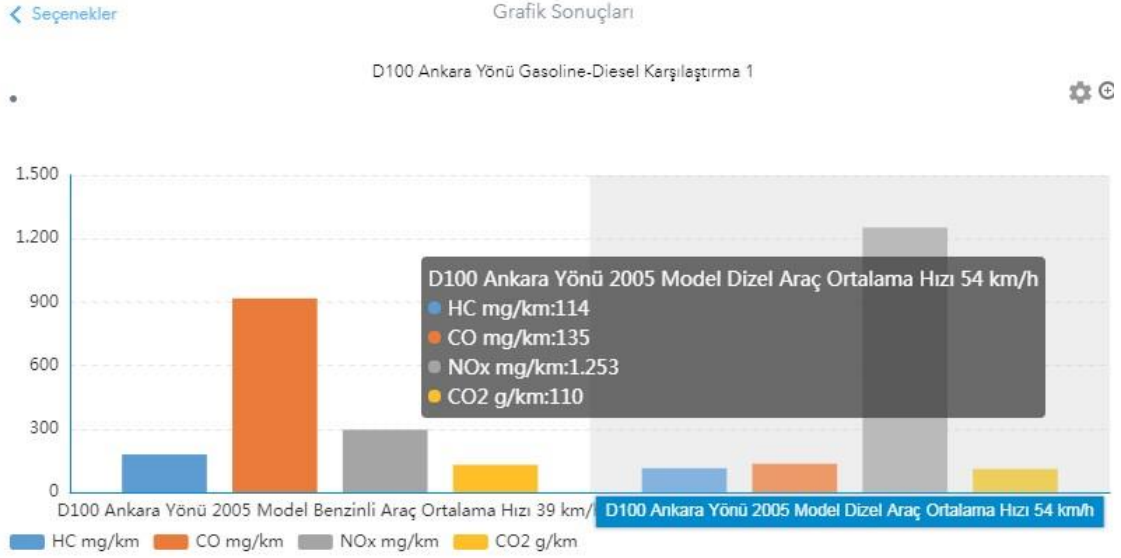
olan bu analizde NO_x artışının yol eğimi artışına bağlı aracın hızlanma eğiliminden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5.3 D-100 yolu benzinli araç için eğim etkisi

5.3 Araç Yakıt Tipinin Emisyona Etkisi

Bu analizde, D-100 Ankara yönünde hareket eden 2005 yılına ait benzin ve dizel yakıt tipine sahip araçların, emisyon değerleri karşılaştırılmıştır. Aynı yönde farklı hızlarla hareket eden ve farklı yakıt tipine sahip araçlardan; hızı diğerinden ortalama 15 km/h yüksek (54 km/h) olan dizel aracın zararlı gaz salınım miktarlarından NO_x salınımı fazla olup, CO ve HC gazı salınımı azalmıştır.



Şekil 5.4 D-100 yolu benzin-dizel araç karşılaştırması

Analizde kullanılan iki aracın NO_x ve CO gazları salınım miktarlarındaki fark yakıt tipi farklılığından kaynaklandığı görülmüştür. Dizel aracın toplam NO_x salınım miktarı 1,253 mg/km, benzinli aracın toplam NO_x salınım miktarı 296 mg/km'dir. Dizel aracın CO salınım miktarı 135 mg/km, benzinli araca ait CO salınımı 917 mg/km olup dizel araca göre yüksek miktardadır (Şekil 5.4). Ayrıca her iki aracın NO_x miktarlarının yol üzerinde anlık araç hareketine göre sınıflandırılmış değerleri Şekil 5.5'de görülmektedir. Benzinli aracın dizel araca göre hızının düşük olmasının yanısıra kullanılan yakıtın farklı olması NO_x emisyon miktarının artışında önemli faktördür. Şekil 5.5'de yol üzerinde araçların NO_x miktarlarına ilişkin noktasal değerlerde büyüme fark edilebilir boyuttadır.

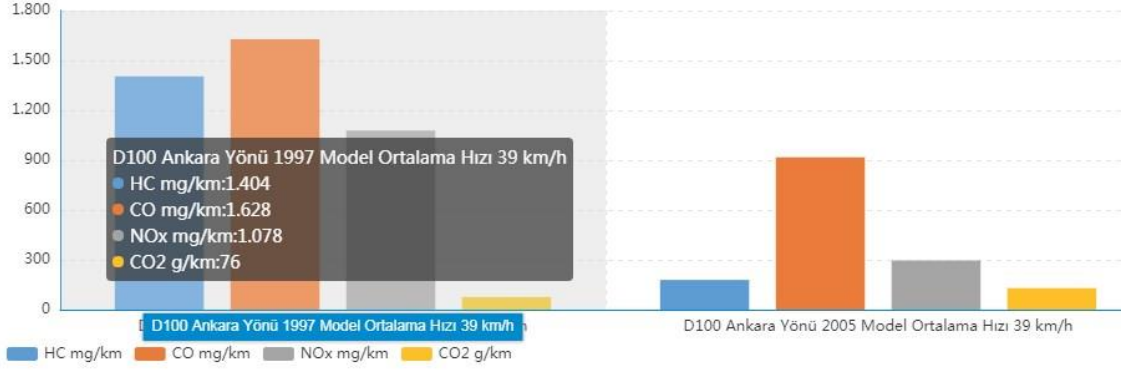
Dizel motorlu araçlarda aşırı hava girişi olduğundan, benzinli araçlara göre daha iyi bir yanma işlemi gerçekleşir. Bu sebeple egzoz gazlarında daha az CO, HC gazı bulunur. Buna karşılık dizel araçlarda NO_x emisyonları, benzinli araçlardan daha fazla olur [3]. Grafik sonuçları bu değerlendirmeleri rakamsal değerlerle destekler niteliktedir (Şekil 5.4).

Benzinli Araç Analizleri

< Seçenekler

Grafik Sonuçları

D100 Ankara Yönü -%3 Eğim Model Farkı Etkisi



Şekil 5.6 D-100 yolu model farkının etkisi

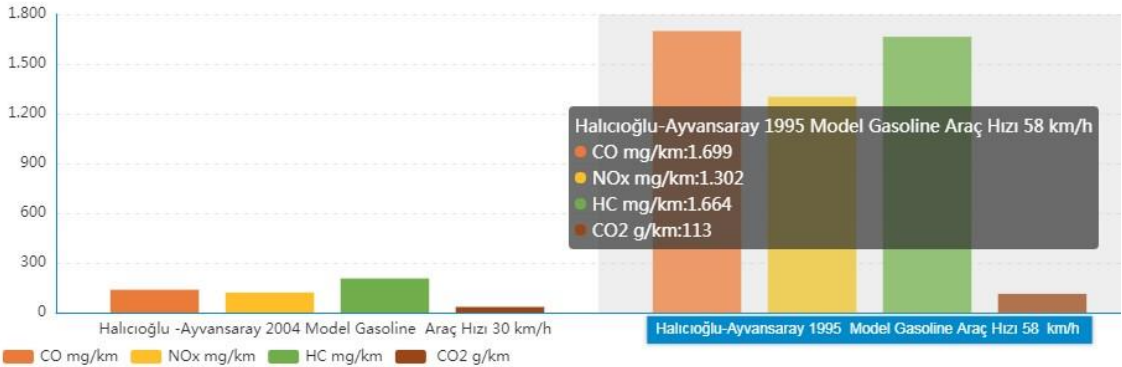
Haliç Köprüsü üzerinde Ayvansaray-Halıcıoğlu ve Halıcıoğlu-Ayvansaray yönünde hareket eden benzinli araçların üretim yılının farklı olmasının yanında emisyon analizinde hızın etkisi araştırıldı. Şekil 5.7’de 1995 yılı araca ait toplam emisyon miktarları sırasıyla CO 1,699 mg/km, NO_x 1,302 mg/km, HC 1,664 mg/km, CO₂ 113 g/km; 2004 yılı araca ait CO 138 mg/km, NO_x 121 mg/km, HC 206 mg/km, CO₂ 34 g/km’dir. Araç üretim yılının yeni olması emisyon miktarlarında düşüşe neden olmakta, hızı yüksek olmasına rağmen eski teknolojiye sahip aracın emisyonları ise her koşulda yüksek çıkmaktadır.

Benzinli Araç Analizleri

< Seçenekler

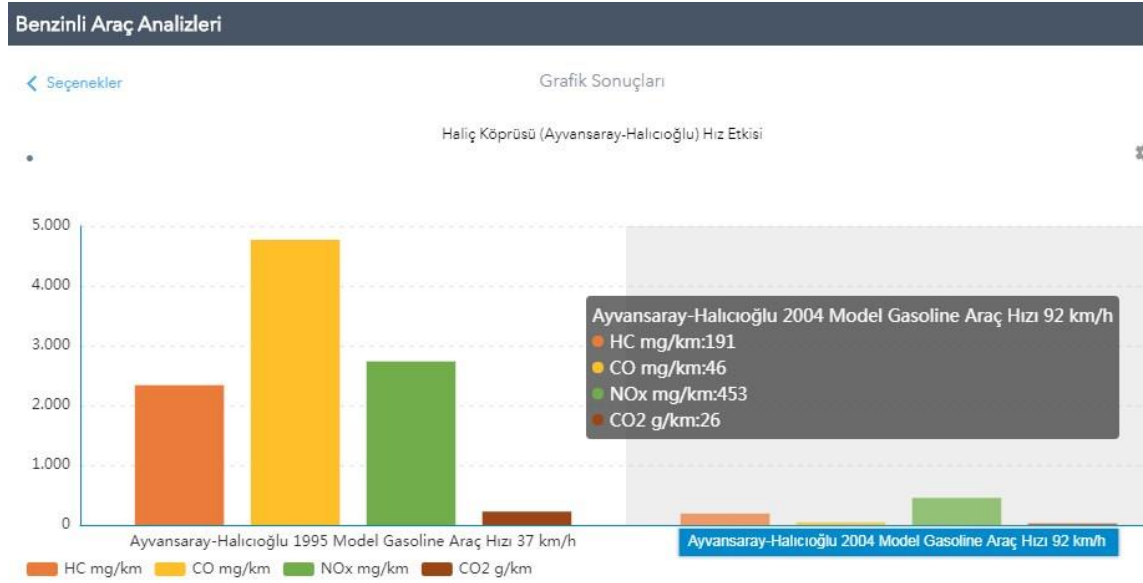
Grafik Sonuçları

Haliç Köprüsü (Halıcıoğlu-Ayvansaray) Hız Etkisi



Şekil 5.7 Haliç köprüsünde araç hız farkının etkisi-1

Haliç köprüsü üzerinde 1995 üretim yılına sahip, hızı 37 km/h olan aracın toplam HC miktarı 2,339 mg/km, CO 4,771 mg/km, NO_x 2,736 mg/km, CO₂ 0,224 g/km'dir. Aynı yol üzerinde 2004 yılına ait hızı 92 km/h olan aracın emisyonlarından toplam HC miktarı 191 mg/km, CO 46 mg/km, NO_x 453 mg/km, CO₂ 26 g/km'dir (Şekil 5.8). Üretim yılının emisyonlar üzerinde daha etkili olduğu ayrıca hız farkının arttığı bu analizde yüksek hızın egzoz gazı salınımının azalmasında etki gösterdiği ispatlanmıştır.



Şekil 5.8 Haliç köprüsünde araç hız farkının etkisi-2

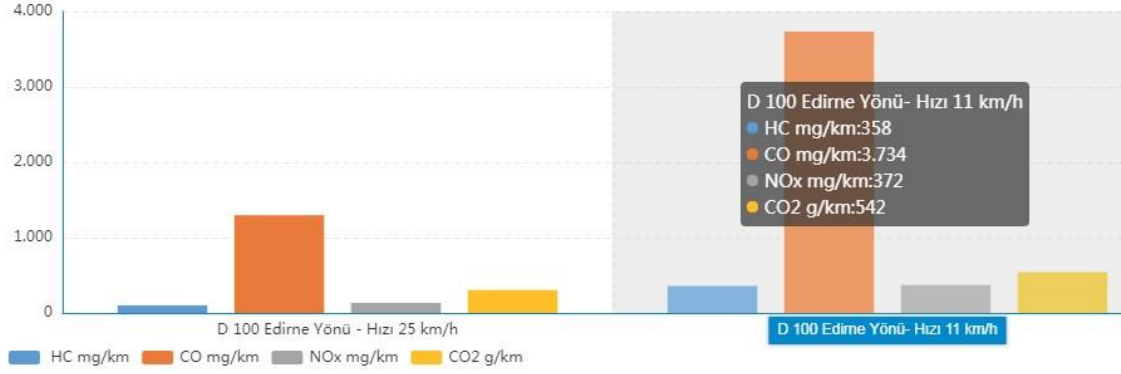
Haliç Köprüsüne ek olarak, D-100 Edirne yönünde benzinli araçlara ait hız etkisine bağlı emisyon analizi gerçekleştirilmiştir. Analizde 2005 üretim yılına ait iki araçtan hızı 25 km/h olan aracın toplam emisyon miktarları HC 101 mg/km, CO 1,297 mg/km, NO_x 134 mg/km, CO₂ 305 g/km'dir. Hızı 11 km/h olan aracın toplam emisyon miktarları ise HC 358 mg/km, CO 3,734 mg/km, NO_x 372 mg/km, CO₂ 542 g/km'dir. Araç hızının düşük olması önceki analiz sonuçlarını destekleyerek emisyonların yüksek çıkmasına sebep olmaktadır (Şekil 5.9).

Benzinli Araç Analizleri

< Seçenekler

Grafik Sonuçları

D100 Edirne Yönü %3 Egim Gasoline Araç Emisyon Analizi



Şekil 5.9 D-100 yolu araç hız farkının etkisi

5.5 Vatan Caddesi Model Farkının Emisyona Etkisi

Vatan Caddesi üzerinde hareket halindeki araçlardan elde edilen emisyon analizinde, benzinli ve dizel araçların emisyonlar üzerinde model etkisi araştırılmıştır. Benzinli araçların model karşılaştırmasına göre aksaray bölgesi ve bayrampaşa ilçesi yönünde hareket eden araçların analiz sonuçları elde edilmiştir. Şekil 5.10' de görülebileceği üzere diğer araçlara göre yeni teknolojiye sahip üretim yılı 2004 olan aracın en düşük CO, HC, NO_x ve CO₂ gaz salınımı gerçekleşmiştir. 1997 yılına ait aracın zararlı gaz salınım miktarları HC 2,834 mg/km, CO 7,912 mg/km, NO_x 1,986 mg/km, CO₂ 194 g/km olup emisyon miktarları en yüksek değerdedir.

Benzinli Araç Analizleri

< Seçenekler

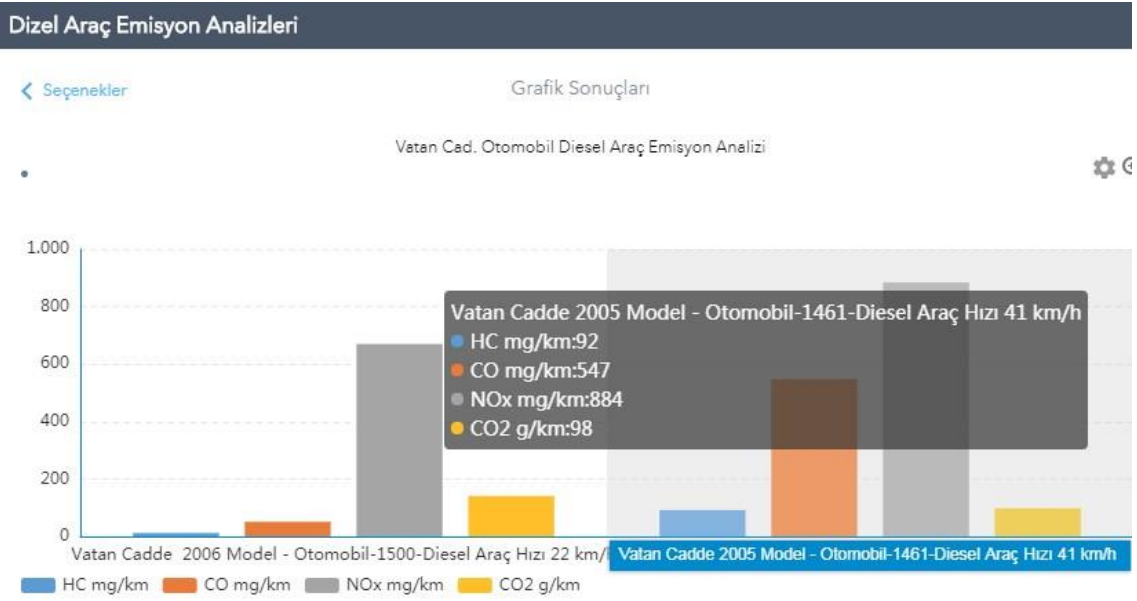
Grafik Sonuçları

Vatan Cad. Aksaray Yönü -%2 Egim Model Farkı Etkisi



Şekil 5.10 Vatan Caddesi aksaray yönü model etkisi

Vatan Caddesi üzerinde seyir halindeki dizel araçların ortalama hızları arasında büyük fark olmayıp düşük hızlarda hareket eden araçların model yılları farklarının emisyon miktarlarına etkisi analiz edilmiştir. 1987-1996-2001-2004-2006 yıllarına ait otobüs, minibüs, kamyon ve otomobil tipi araçların motor hacimleri de göz önünde bulundurulduğunda; düşük hızın motor hacmi fazla olan araçlarda emisyon etkisinin çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.11 Vatan Caddesi otomobil model etkisi

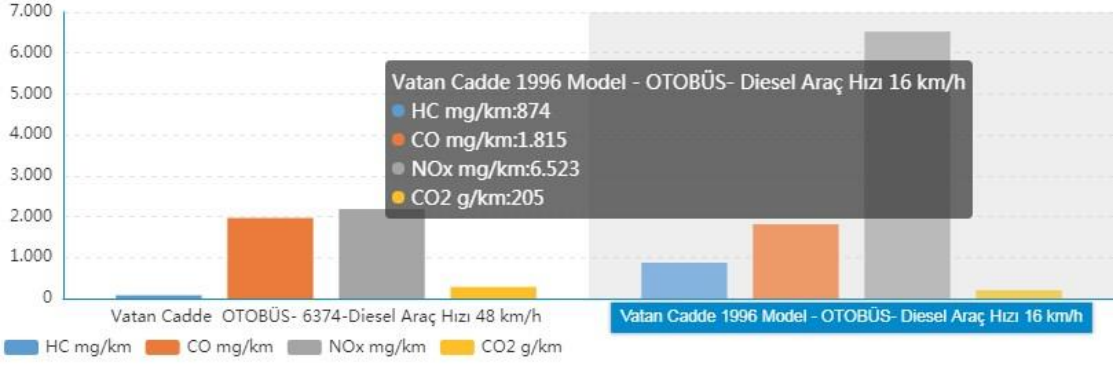
Otomobil araç tipine ait analizde Şekil 5.11 görüleceği üzere 2005 üretim yılına sahip hızı 41 km/h olan dizel aracın CO miktarı 547 mg/km ve NO_x miktarı 884 mg/km olup yüksek değerdedir. Buraya kadar yapılan analizlerde araç hızının düşük olması emisyonun artışına sebep olmuştur. Bu analizde hızın düşük olmasına rağmen emisyon miktarları daha az çıkmış, ortaya çıkan bu durumla diğer analiz sonuçları çelişmektedir. Bu durum aracı üreten firma farkından kaynaklanmaktadır.

Dizel Araç Emisyon Analizleri

< Seçenekler

Grafik Sonuçları

Vatan Cad. Otobüs Dizel Araç Emisyon Analizi



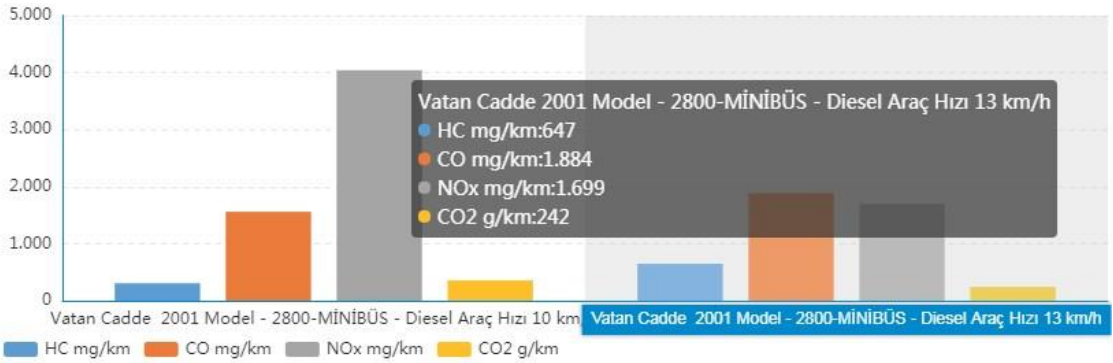
Şekil 5.12 Vatan Caddesi otobüs model etkisi

Dizel Araç Emisyon Analizleri

< Seçenekler

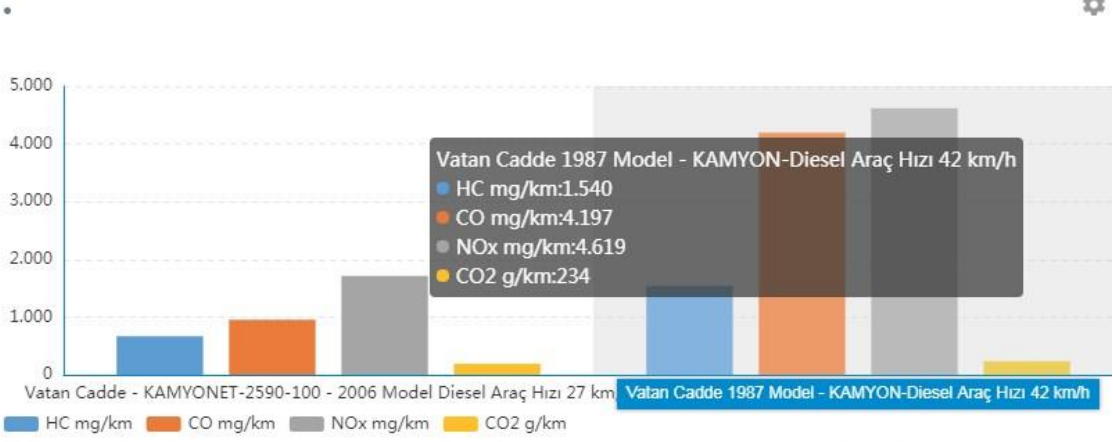
Grafik Sonuçları

Vatan Cad. Minibüs Dizel Araç Emisyon Analizi



Şekil 5.13 Vatan Caddesi minibüs model etkisi

Şekil 5.12 ve Şekil 5.13 grafik sonuçlarına göre otobüs ve minibüs tipindeki araçlardan hızı düşük olan araçların emisyon miktarları yüksek miktardadır. Hızı 48 km/h olan dizel aracın NO_x miktarı 2,187 mg/km iken, hızı 16 km/h olan dizel aracın NO_x miktarı 6,523 mg/km dir. Dizel yakıt tipindeki araçların diğer analizlerde bulunan sonuçları destekler şekilde en fazla NO_x miktarında fark yaratmaktadır.

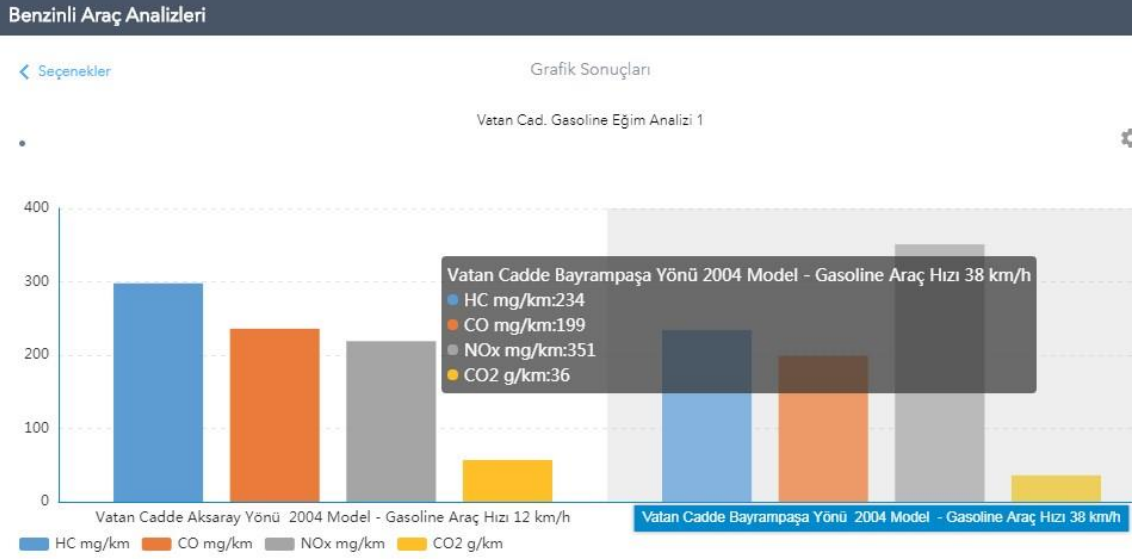


Şekil 5.14 Vatan Caddesi kamyon model etkisi

Şekil 5.14 de kamyon araç tipine sahip 2006 ve 1987 üretim yılındaki iki aracın analiz sonucunda, araç hızının farkı emisyonların değerlendirilmesinde önemini kaybetmiştir. Eski teknolojiye sahip bir aracın emisyon etkisinin çok daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

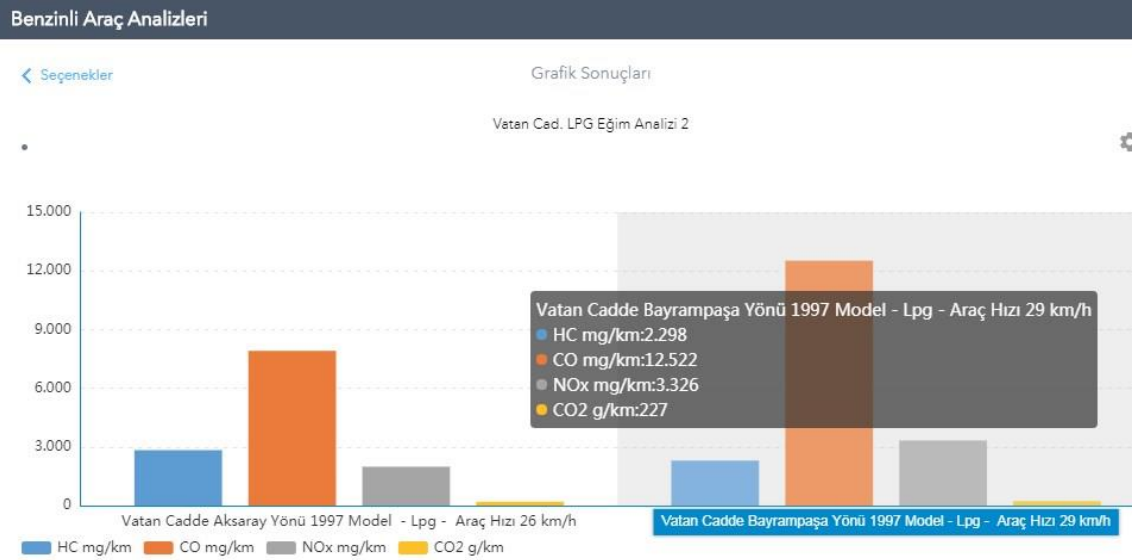
5.6 Vatan Caddesi Yol Eğiminin Emisyona Etkisi

Vatan Caddesi üzerinde hareket halindeki araçlardan elde edilen emisyon analizinde, yol eğiminin emisyon salınımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Eğimi yüzde iki olan yolda benzinli araçlara ait test verilerin değerlendirilmesinde aynı zamanda hız faktörü ve model farkının etkisi de sonuçları etkilemiştir.



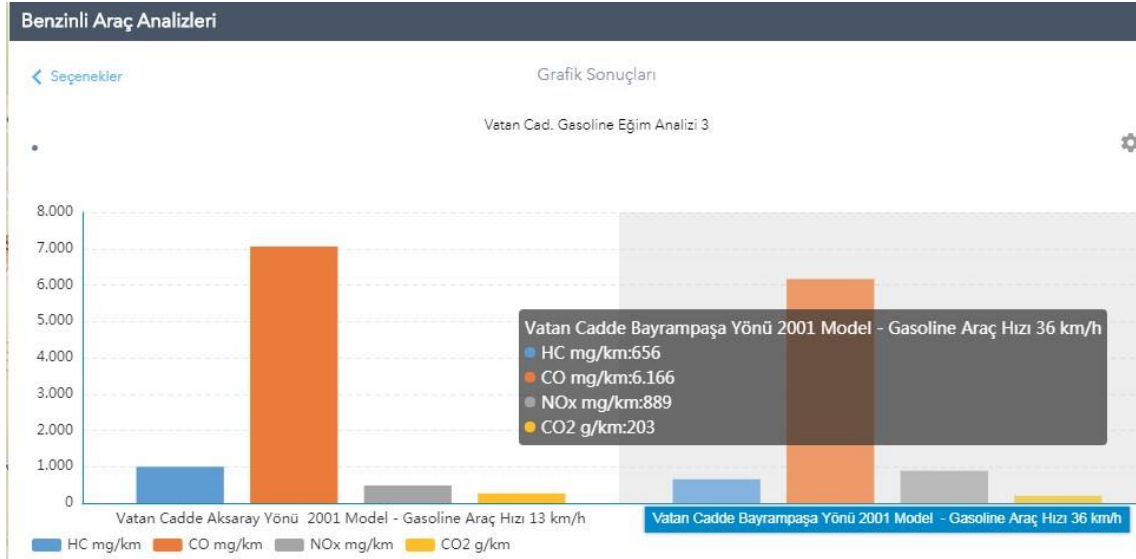
Şekil 5. 15 Vatan Caddesi yolu benzinli araç için eğim etkisi-1

Yakıt tipi benzin ve üretim yılı 2004 olan iki aracın Aksaray yönünde azalan yüzde iki eğimle ve Bayrampaşa yönünde artan yüzde iki eğimle hareketi sonucu emisyon salınımları değerlendirilmiştir. Şekil 5.15’de yol eğimin artışının yanısıra araç hızının yüksek olması HC, CO, CO₂ emisyon miktarlarında düşüşe neden olmuştur. Eğimin azaldığı yönde CO salınımının azalması beklenmekte, fakat araç hızının 1/3 oranında azalması CO miktarının artmasına neden olmuştur. Ayrıca bu analizde düşük hızda seyir eden aracın NO_x salınımı da azalmaktadır.



Şekil 5.16 Vatan Caddesi yolu lpg araç için eğim etkisi-2

Yakıt tipi lpg ve üretim yılı 1997 olan iki aracın emisyon analizi sonucunda emisyon miktarları arasında çok büyük farklar görülmektedir. Aksaray yönünde hareket eden aracın CO salınım miktarı 7,912 mg/km iken, Bayrampaşa yönünde hareket eden aracın CO salınımı 12,522 mg/km'dir. (Şekil 5.16). Bayrampaşa yönünde eğimin artışına bağlı CO gazı salınımında ciddi artış olmuştur.



Şekil 5.17 Vatan Caddesi yolu benzinli araç için eğim etkisi-3

Şekil 5.17’de yüzde iki artan ve azalan eğimde seyir eden araçlardan, 2001 yılına ait ve benzinli iki aracın hızları arasında fark yüksek oranda CO salınımını etkilemiştir. Hızın düşük olması önceki analizleri destekler şekilde NO_x miktarında düşüşe ve CO miktarının artışına neden olmaktadır.

Araç ve yol özelliklerine göre kullanılan çeşitli veriler Coğrafi Bilgi Sistemi aracılığıyla yapılan analizler sayesinde günümüz koşullarında farklı araç ve yol tiplerine de uyarlanabilir. Bu sayede günümüz ve gelecekte oluşabilecek araç kaynaklı emisyonların miktarı ve boyutu tahmin edilebilir hale gelir.

6

Sonuç ve Öneriler

Coğrafi bilgi sistemi ve internetin güncel çevresel sorunların ortaya konması ve sorgulama ve analizlerin yapılması, sonuçların kartografik görselleştirmelerle sunulması hava kirliliğinin azaltılması konusunda yapılan çalışmalara katkı sağlayacaktır. Bu çalışma ile trafikte yakıt tüketimine bağlı emisyon değerlerinin artış gösterme sebeplerini ortaya koyarak, trafik parametreleri ile yakıt tüketimine bağlı, emisyon miktarının birtakım kriterlerle araştırılarak çevresel anlamda geleceğe yönelik çıkarımlar elde edilmiştir.

Yapılan analizlerin sonucunda, eski teknolojiye sahip araçların kullanımı, sürücü davranışı, yol sınıfı, araç yakıt tipi gibi birçok parametrenin emisyon miktarları üzerindeki etkisi anlaşılır ve analiz edilebilir hale getirilmeye çalışılmıştır.

Benzin ve dizel yakıt tipine sahip araçların motor yapısına bağlı olarak yakıtın yanma işlemlerinin farklılığı emisyon kaynak ve miktarlarında ciddi farklar ortaya koymaktadır. Araç egzozlarından çıkan kirletici miktarını azaltmak için birçok yol vardır. Yakıt tasarrufunu en üst düzeye çıkarmak ve buna bağlı olarak araç emisyonlarını azaltmak için yeni teknolojinin kullanımı önem taşımaktadır. Yeni motor teknolojiler ile üretilen düşük emisyonlu hibrit motorlara sahip araçların ve elektrikli araçların, üretimi ve performansı artırılarak kullanımı yaygınlaştırılabilir.

Otobüs, kamyon gibi ağır vaista araçlarından çıkan emisyon miktarları otomobillere göre çok yüksek miktarda olduğu görülmüştür. Bu nedenle şehir içerisindeki yollarda zorunlu durumlar dışında bu tip araçların kullanılması ibb tarafından yasaktır.

Araç emisyon miktarını etkileyen bir diğer unsur olan sürücü ve yola bağlı davranışları konusunda sürücülerin bilinçlenmesini sağlayacak uygulamaların görsel ve yazılı platformlarda yer alması etkili olacaktır. Şehir içi trafik yavaş seyrettiğinde dur-kalk noktalarının artması veya sürücü davranışına bağlı vites değişimi, yüksek miktarda yakıt

tüketerek çevre kirliliğine sebep olmaktadır [3]. Ayrıca sürüş verimliliği açısından güzergah optimizasyonu sağlayan navigasyon, bilgi ve iletişim sistemlerinin kullanılması ve geliştirilmesi faydalı olacaktır [22].

Gelecek çalışmalar için, taşıtların ürettiği emisyonlar, motor ve kontrol sistemleri tasarımlarıyla araçların ve geliştirilmiş altyapının daha iyi kullanılması, araç sürüş alışkanlıklarının, araç ve ulaşım seçimleriyle azaltılabilir.

Kişisel bilincin yanısıra toplum bilincinin gelişmesine yönelik birtakım yaptırımlarla trafikteki araç sayısını sınırlandırıcı yöntemler bulunarak toplu taşımacılığına yönlendirilmelidir. Ulaşımın yoğun olduğu kentlerde araçlara alternatif ve sürdürülebilir ulaştırma modlarının tanıtılması, şehirdeki hava kirliliğinin azaltılması için en önemli gereksinimlerden biridir [40]. Ulaşım planlama ve işletmecilik anlayışında kirliliğin yoğunlaştığı merkezi alanlarda çevreye en az zarar veren alternatif ulaşım modlarına teşvik sağlanmalıdır. Merkezi alanlarda yayalara özel alanların artırımı ve bisiklet yolları sağlayan bir ulaşım ağının oluşturulması hava kirliliğinin azaltılmasına katkıda bulunacaktır. Özetle, daha az fosil yakıt kullanmanın en etkili yolu, yenilenebilir enerji kullanımını artırmak ve alternatif ulaştırma modlarını teşvik etmektir [6].

Kaynakça

- [1] Y. Muslu, "Ekoloji ve Çevre Sorunları", İstanbul: Aktif Yayınevi, 2000.
- [2] N. Stern, "Yaşanabilir Bir Gezegen Projesi", İstanbul: Doğan Yayıncılık, 2009, p. 47.
- [3] İ. Göcen, "Kara Ulaşım Araçlarının Karbondioksit Emisyonlarına Eko-Verimlilik Yaklaşımı", Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi sayı:277, 2012. [Çevrimiçi]. Available: <https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/kara-ulasim-araclarinin-karbondioksit-co-2-emisyonlarına-eko-verimlilik-yaklasimi/165>, 12.05.2018
- [4] M. A. Pekin, "Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları", İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Otomotiv Programı Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [5] R. Berkowicz, M. Winther ve M. Ketzel, "Traffic Pollution Modelling and Emission Data", Environmental Modelling & Software 21, pp. 454-460, 2006.
- [6] Q. Li, Fengxiang Qiao ve L. Yu, "Will Vehicle and Roadside Communications Reduce Emitted Air Pollution?", International Journal of Science and Technology, sayı 5, no. 1, pp. 17-23, 2015.
- [7] H. Rakha, K. Ahn, ve I. El-Shawarby, "Comparative Field Evaluation of Vehicle Cruise Speed And Acceleration Level Impacts On Hot Stabilized Emissions", Transportation Research Part D Transport and Environment, sayı:10 pp.13-30, 2005.
- [8] Mc Kinsey & Company, "Roads Toward a Low-Carbon Future: Reducing CO2 Emissions from Passenger Vehicles in the Global Road Transportation System", 2009.
- [9] H. Rakh, K. Ahn, "The Effects Of Route Choice Decisions On Vehicle Energy Consumption And Emissions", Transportation Research Part D Transport and Environment, sayı:13 pp.151-167, 2008.
- [10] M. Ü. Gümüşay, Y. Çiçek, "Otağ-ı Hümayun Binasının Dış Cephesinin Üç Boyutlu Modellenmesi ve İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemine Animasyon Olarak Aktarılması", TUFUAB, Trabzon, 2013.
- [11] P. Gaffney, "Developing a Statewide Emission Inventory Using Geographic Information Systems (GIS)", U.S. EPA Annual Emission Inventory Conference, Atlanta, Georgia, 2002.
- [12] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Bakanlik-Haberleri/Petrol-urunleri-pazarinda-istihdam-200-bin>, 01.05.2019
- [13] Available: <https://www.ntv.com.tr/turkiye/son-dakika-turkiyenin-nufusu-aciklandi-2018-tuik-verileri,QzFOktjusUex4xpyjjDRaw>, 01.05.2019

- [14] M. R. Hannah Ritchie, University of Oxford-Global Change Data Lab, Mayıs 2017. [Çevrimiçi]. Available: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#annual-co2-emissions>, 10.05.2018
- [15] A. Kılıç, "Marmara Bölgesi' ndeki Deniz Ve Hava Taşımacılığında Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Oluşturulması Ve Hava Kirliliğinin Modellenmesi", İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Programı Doktora Tezi, 2014.
- [16] B. Özoğuz, "Estimation of Turkish Road Transport Emissions and Emission Reduction Scenarios", Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, sayı 26, no. 3, pp. 198-205, 2008.
- [17] Ü. Munzuroğlu, "İstanbul Trafiğindeki Ticari Taksilerin Emisyon Açısından Olumsuz Etkileri", İstanbul Teknik Üniversitesi, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi, 2010.
- [18] Sakarya Üniversitesi: Sahakk-i Projesi, Şubat 2019. [Çevrimiçi]. Available: http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava_kirliligi_ve_kirleticiler_rapor1.pdf, 10.03.2018
- [19] H. A. T. Öztürk, "Şehir Çevriminin Abd ve Avrupa Test Çevrimleri İle Emisyon Faktörleri ve Yakıt Tüketimi Açısından Deneysel Olarak Karşılaştırılması", İstanbul: Makine Mühendisliği, Otomotiv Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [20] F. Kelen, "Motorlu Taşıt Emisyonlarının İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri", Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, pp. 80-87, 2014.
- [21] R. K. Yürük, "Trafik Yoğunluğunun Enerji Tüketimi ve Hava Kirliliğine Etkilerinin Analizi", İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi, 2010.
- [22] M. Ü. Bingöl, "Egzoz Gazlarının Bitkilere Etkileri ve Koruma Önerileri", Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 3, pp 63-67, 2010.
- [23] A. A. M. Zubir, Y. Yusup ve A. F. M. Alkarkhi, "Emission Inventory for Power Plants and Passenger Cars in Peninsular", International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT), Malaysia, 2017.
- [24] Otomotiv Sanayi Derneği, "TUİK - Motorlu Kara Taşıtları Sayısı" , 2018. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.osd.org.tr/bilgi-bankasi/tuik/>, 12.06.2018
- [25] T.C. Çevre ve Şehircilik Laboratuvar Ölçüm ve İzleme Dairesi, Mart 2019. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.havaizleme.gov.tr/Services/AirQuality>, 8.03.2019
- [26] (EEA), The European Environment Agency, Mayıs 2019. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>, 10.07.2018

- [27] A. Uyumaz, "Taşıt Egzoz Emisyonlarını Azaltma Yöntemlerindeki Gelişmeler", Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, no. 1, pp. 15-24, 2017.
- [28] C. Soruşbay, "Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Karbondioksit Emisyonlarının Çevreye Etkisi ve Kontrolü", Mühendis ve Makina, sayı 48, no. 564, pp. 22-26, 2008.
- [29] "Avrupa Birliği Başkanlığı", 2018. [Çevrimiçi]. Available: https://www.ab.gov.tr/fasil-27-cevre_92.html, 10.06.2018
- [30] B. Duru, "Avrupa Birliği Çevre Politikası", [Çevrimiçi]. Available: acikarsiv.ankara.edu.tr, 10.06.2018
- [31] Sahakk-i Projesi "Taşıt Emisyonları Dersi- Emisyon Yönetmelikleri", Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 2011.
- [32] M. Ü. Gümüşay, K. Şahin, "İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Orman Yangınlarında Kullanılması" Harita Dergisi, no: 138, pp. 69-83, 2007.
- [33] N. Kong, "Evaluation of Web GIS Functionality in Academic Libraries", Applied Geography 60, pp. 288-293, 2015.
- [34] M. Belgiu, "Introduction to Web GIS", Salzburg: University of Salzburg, 2015.
- [35] İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı (İuap) Mayıs 2011, http://www.ibb.gov.tr/trTR/kurumsal/Birimler/ulasimPlanlama/Documents/%C4%B0UAP_Ana_Raporu.pdf, 20.07.2019
- [36] Available: <http://emlakansiklopedisi.com/wiki/halic-koprusu-istanbul>, 20.07.2019
- [37] Available: <http://www.degisti.com/index.php/archives/7179>, 20.07.2019
- [38] J. Lents, A. Ünal, N. Mangır, M. Osses, S. Tolvett ve Ö. Yunusoğlu "A Study of the Emissions from Diesel Vehicles Operating in Istanbul, Turkey" İSSRC, Ocak 2007
- [39] M. Ü. Gümüşay, "Web Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamaları (YTÜ Davutpaşa Kampüsü)", Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, sayı 17 özel sayı, pp. 215-222, 2017.
- [40] E. Yurtseven, M. Bosat. S. Vehid, S. Köksal ve C. N. Yurtseven, "Assessment of Ambient Air Pollution in Istanbul During 2003- 2013", Iran J Public Health, sayı 47, no. 8, pp. 1137-1144, 2018.

Araç Test Bilgileri

A-1 Dizel ve Benzinli Araca ait Test Bilgileri

Dizel Araç					
Test	Ölçüm Tarihi	Araç Tipi	Araç Yılı	Motor Hacmi (cm ³)	Ölçüm Zaman Aralığı
5	1.11.2006	Kamyonet	1996	2500	05:17:15-05:19:07
13	6.11.2006	Otomobil	2005	1461	06:09:55-06:12:35
13	6.11.2006	Otomobil	2005	1461	05:38:39-05:40:12
14	7.11.2006	Otomobil	2006	1560	08:13:54-08:15:13
15	7.11.2006	Otobüs	2006	6374	00:55:42-00:57:21
19	8.11.2006	Otobüs	2005		03:08:39-3:09:54
20	9.11.2006	Otobüs	1996		08:35:33-08:37:21
22	9.11.2006	Kamyon	1987		02:26:46-02:29:24
24	9.11.2006	Kamyonet	2001	2800	06:00:47-06:07:28
36	15.11.2006	Kamyonet	2001	2800	23:51:14-23:57:15
42	15.11.2006	Kamyon	2006	2593	04:18:30-04:20:43
42	16.11.2006	Kamyon	2006	2593	04:46:07-04:50:13
Benzinli Araç					
Test					
37	7.11.2006	Otomobil	1995	1700	03:21:15-03:22:17
37	7.11.2006	Otomobil	1995	1700	03:13:42-03:15:25
45	8.11.2006	Otomobil	2004	2000	05:47:48-05:48:27
45	8.11.2006	Otomobil	2004	2000	05:54:06-05:56:07
45	8.11.2006	Otomobil	2004	2000	06:09:25-06:10:31
45	8.11.2006	Otomobil	2004	2000	06:02:06-06:08:07
48	8.11.2006	Otomobil	1997	1400	09:16:10-09:20:22
48	8.11.2006	Otomobil	1997	1400	09:09:03-09:10:39
48	8.11.2006	Otomobil	1997	1400	09:23:32-09:25:45
48	8.11.2006	Otomobil	1997	1400	09:27:32-09:29:57
63	10.11.2006	Otomobil	2001	1400	05:28:07-05:34:29
66	10.11.2006	Otomobil	2005	1600	09:32:28-09:34:53
88	14.11.2006	Otomobil	2005	1600	08:43:24-08:49:39

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: arzuyuksel@yandex.com

Konferans Bildirileri

1. A. Yüksel, M.Ü. Gümüşay, "Karayolunda Hareket Halindeki Araçların Emisyon Miktarlarının Web Tabanlı Coğrafi Bilgi Sisteminde Analizi: İstanbul Örneği" 10. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu- Tam Metin Bildiri Kitabı, no:10, pp. 6-11, 2019.

