



DEÜ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ
Cilt: 12 Sayı: 1 sh. 1-17 Ocak 2010



**İZMİR KENT MERKEZİNDE KARAYOLU TRAFİĞİNDEN KAYNAKLANAN
HAVA KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**(DETERMINATION OF THE AIR POLLUTION FROM ROAD TRANSPORT IN THE
CITY CENTER OF İZMİR)**

**Tolga ELBİR, Abdurrahman BAYRAM, Melik KARA*, Hasan ALTIOK, Remzi
SEYFİOĞLU, Pınar ERGÜN, Sedef ŞİMŞİR**

ÖZET/ABSTRACT

Son yıllarda araç sayısındaki artışa bağlı olarak, İzmir kent merkezinde trafikten kaynaklanan hava kirletici emisyonları, kentin hava kalitesini etkilemeye başlamıştır. Bu nedenle, kentteki trafik kaynaklı emisyonların dağılımlarının ve miktarlarının belirlenmesi gerekli bir hal almıştır. Bu çalışmanın temel amacı, İzmir kent merkezindeki önemli caddelerdeki araç sayılarını tespit etmek ve emisyon faktörlerini kullanarak caddelerde hareket halindeki motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirletici emisyon miktarlarını belirlemektir. Çalışmada, 2007 yılı İzmir kent merkezindeki trafikten atmosfere verilen emisyon miktarları CO için 5607 ton, NO_x için 2502 ton, NMVOC için 772 ton, SO₂ için 340 ton ve PM₁₀ için 104 ton olarak hesaplanmıştır. CO, NO_x ve NMVOC emisyonlarının yarısından fazlası otomobillerden kaynaklanırken, otobüs+ kamyon kategorisi tek başına SO₂ emisyonlarının %80'ine neden olmaktadır. Minibüs+kamyonet kategorisi ve Motorsikletler PM₁₀ emisyonlarının önemli bir kaynağıdır. Bunun yanı sıra, hesaplanan emisyonlar CALPUFF dağılım modeli yardımıyla kent merkezindeki hava kalitesi seviyelerini belirlemek için kullanılmıştır. Modelleme sonuçlarına göre, en kötü meteorolojik şartlar için maksimum saatlik konsantrasyonlar CO için 400 µg/m³, NO_x için 222 µg/m³, NMVOC için 60 µg/m³, SO₂ için 40 µg/m³ ve PM₁₀ için 12 µg/m³ olarak hesaplanmıştır.

In recent years, emissions from mobile sources have become more important for urban air quality in İzmir due to the increase of vehicle numbers in the city. So, it has become important to estimate the emissions and their geographical distribution. The main purpose of this paper is to present the traffic emissions calculated by using emission factors from literature and vehicle activity data from vehicle counting campaigns in the main streets of the city. The results showed that the total emissions of CO, NO_x, NMVOC, SO₂ and PM₁₀ from vehicles in İzmir city center for the year 2007 were 5607 t, 2502 t, 772 t, 340 t and 104 t, respectively. When the passenger cars contributed over half of CO, NO_x and NMVOC, the heavy duty vehicles such as trucks and buses were responsible for 80% of SO₂ emissions. Light-duty vehicles and motorcycles are the main source of PM₁₀ emissions. Besides, the emissions estimated were used to simulate the air quality level in city center by CALPUFF model. Accordingly, the maximum hourly concentrations estimated in city were 400 µg/m³ for CO, 222 µg/m³ for NO_x, 60 µg/m³ for NMVOC, 40 µg/m³ for SO₂ and 12 µg/m³ for PM₁₀ during the worst meteorological conditions.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Trafik emisyonları, emisyon envanteri, hava kalitesi, İzmir
Traffic emissions, emission inventory, air quality, İzmir

* Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Tınaztepe Yerleşkesi Buca 35160 İzmir

1. GİRİŞ

Son yıllardaki hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme; büyük şehirlerdeki çevre kirliliği sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Konutlar ve sanayi tesisleri gibi sabit emisyon kaynaklarından ileri gelen hava kirliliğinin yanı sıra motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz kirliliği de aynı derecede önemli bir sorundur. Son yıllarda, otomotiv sanayisinin gelişmesi, nüfus artışı ve ülkemizde yaşam seviyesinin yükselmesi sonucunda, motorlu karayolu taşıtları sayısında büyük bir artış olmuştur. Bunun sonucu olarak karayollarında seyir halindeki motorlu taşıtların egzozlarından kent atmosferine verilen kirleticilerin seviyeleri, bölgenin meteorolojik ve topoğrafik koşullarının etkisiyle zaman zaman insan sağlığını tehdit edici boyutlara ulaşabilmektedir.

Benzin ve motorin kullanan motorlu taşıtlardan atmosfere salınan egzoz gazlarının bileşiminde; parafinler, olefinler ve aromatikler gibi yanmamış hidrokarbonlar; aldehitler, ketonlar, karboksilik asitler gibi kısmen yanmış hidrokarbonlar (HC); karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO₂), kurşun bileşikleri ve partikül maddeler (PM₁₀) bulunmaktadır. Benzinli motorlarda CO ve yanmadan kalan HC; dizel motorlarda ise NO_x, SO₂ ve partikül madde gibi kirleticiler daha önemlidir (Alkaya vd., 2000). Motorlu taşıtların egzoz gazları, trafiğin yoğun olarak yaşandığı kent merkezlerindeki karbon monoksit emisyonlarının %43,9'undan, azot oksit emisyonlarının %41,0'inden, hidrokarbon emisyonlarının %26,2'sinden ve havada asılı partikül madde emisyonlarının %16,4'ünden sorumludur (EEA, 2007).

Bu emisyonlar, yakıt bileşimleri ve yakıt katkı maddeleri ile ilişkili olduğu kadar, motor türü ve yanma verimi ile de doğrudan ilişkilidir. Bunun yanında yakıtların taşıtların depolarına doldurulması ve motorun sıcaklığı ile yakıt/yağ buharlaşmalarından oluşan uçucu organik madde emisyonları da önemli emisyon kaynaklarıdır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar; taşıtın yaşı, motorun çalışma devri, çalışma sıcaklığı, ortam sıcaklığı, ortam basıncı, yakıt türü ve kalitesi gibi parametrelere bağlıdır. Motorların işletme şartları da emisyon oluşumunda önemli bir etkiye sahiptir (Ergeneman, 1998).

Motorlu taşıtlardan atmosfere verilen emisyonların başlıca üç kaynağı bulunmaktadır. Bunlar taşıt motorunun ısınmasına kadar geçen süre içinde atılan emisyonlar, motor ısındıktan sonra oluşan sıcak egzoz emisyonları ve motor bölgesi ile yakıt tanklarından yakıtın buharlaşması sonucu oluşan buharlaşma emisyonlarıdır. Literatür incelendiğinde bir taşıtın egzoz borusunda meydana gelen kirleticilerin, aynı taşıttan gelen toplam kirleticilerin %65-85'ini oluşturduğu görülür. Egzoz sisteminin yanı sıra bir taşıtta diğer önemli emisyon kaynakları; yakıt tankı (%5-7), karbüratör (%5-10) ve karter havalandırması (%18-22)'dir (Ergeneman, 1998).

Motorlu karayolu taşıtlarından kaynaklanan hava kirletici emisyonların belirlenmesine yönelik yurtdışında yapılmış çok sayıda çalışma mevcuttur. Fakat ülkemizde veri eksikliğinden dolayı bu konu ile ilgili çok fazla çalışma yapılamamış ve bunun sonucunda da karayolu trafiğinden kaynaklanan kirletici emisyon miktarlarına dair yerel ölçekte çok az veri üretilebilmiştir. Bu sıkıntının en önemli nedeni, kent merkezleri içinde seyir halindeki taşıt sayılarının belirlenmesine yönelik detaylı bir çalışmasının olmamasıdır. Özellikle trafiğin yoğun olarak görüldüğü İstanbul, Ankara, İzmir, vb. gibi büyük şehirlerimizde trafikten kaynaklanan kirletici emisyon miktarlarının belirlenmesinde en ideal yöntem, hedef karayollarında taşıt sayımları yaparak bu yollardaki trafik yoğunluklarının belirlenmesidir.

Bu çalışma kapsamında, ülkemizin üçüncü büyük kenti olan İzmir'de karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliği seviyeleri araştırılmıştır. Çalışmada, İzmir kent merkezi içinde seçilen önemli caddeler üzerinde hareket halindeki tüm motorlu karayolu taşıtları kategorize

edilerek sayılmıştır. Ayrıca sayımlar yıl içinde bir yaz bir de kış mevsiminde aynı noktalarda birer hafta boyunca kesintisiz olarak gerçekleştirilmiş, böylece kentin trafik yoğunluklarının ve trafik akış hızlarının mevsimsel, günlük ve saatlik karakteristikleri ortaya çıkarılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında, taşıt sayım bilgileri ve literatürden seçilen emisyon faktörleri kullanılarak trafik kaynaklı emisyonlar hesaplanmıştır. Çalışmada motorlu taşıtlardan kaynaklanan temel kirleticilerin başında gelen azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), havada asılı partikül madde (PM_{10}), kükürt dioksit (SO_2) ve metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC) ile çalışılmıştır. Hesaplanan emisyonlar bir matematiksel hava kalitesi dağılım modeli yardımıyla kent atmosferinde dağıtılmış ve yıl içinde yaşanmış bazı episodlarda trafikten kaynaklanan hava kirliliği seviyeleri incelenmiştir. Ayrıca bir mobil dış hava kalitesi ölçüm istasyonu ile taşıt sayımı yapılan caddelerde eş zamanlı hava kalitesi ölçümleri yapılmış ve model çalışmaları bu veriler ile desteklenmiştir.

İzmir kenti ölçeğinde gerçekleştirilen bu çalışma, bu detayda ülkemizde hazırlanan ilk çalışma olup; hem önemli bir veri eksikliğini gidermesi hem de bundan sonra benzer ulusal çalışmalara yön verecek olması nedeniyle güncel ve önemli bir araştırmadır.

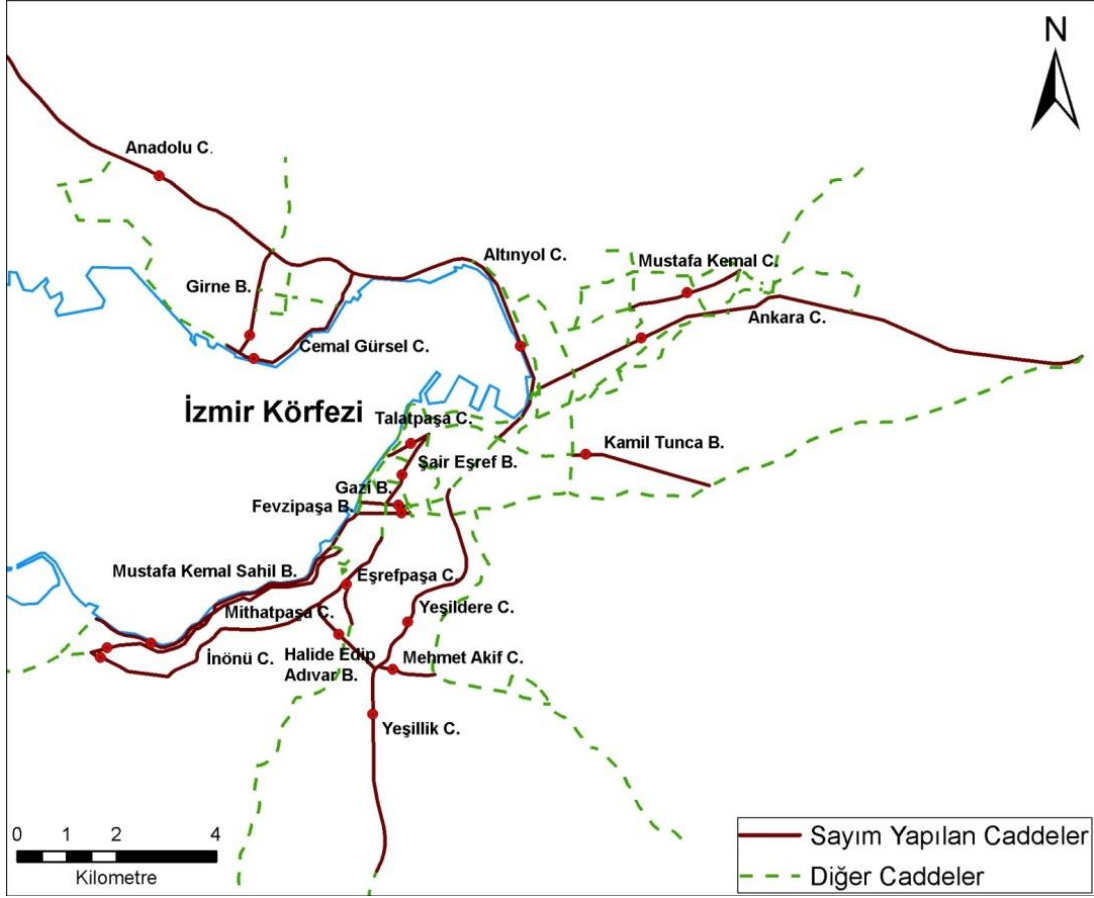
2. MATERYAL VE METOD

2.1. Çalışma Yapılan Caddeler ve Çalışma Dönemleri

Bu çalışma Türkiye'nin üçüncü büyük kenti olan İzmir Kent merkezi için gerçekleştirilmiştir. İzmir Türkiye genelinde motorlu taşıt sayısında %6,7'lik bir pay ile üçüncü büyük şehirdir (TÜİK, 2007). Çalışma kapsamında, İzmir kent merkezinde yer alan 65 ana cadde dikkate alınmıştır. Bu caddeler yıl boyunca sahip oldukları trafik yoğunluğu açısından kentin hava kalitesini doğrudan etkileyebilecek nitelikteki büyük caddelerdir. Bu caddeler dışındaki küçük cadde ve sokakların trafik yoğunlukları seçilen caddelere nispeten çok düşük oldukları için çalışmaya dâhil edilmemiştir.

Bu çalışmada, çalışma süresinin ve çalışmada kullanılan teknik altyapının izin verdiği ölçüde 19 ana caddede mevsimsel, günlük ve saatlik değişimleri belirleyebilmek için yaz ve kış dönemlerinde birer haftalık periyotlarla 24 saat kesintisiz detaylı taşıt sayımı çalışmaları yapılmıştır. 65 ana cadde içindeki bu 19 caddeyi önemli kılan nokta, bunların metropol alan içinde anahtar konumundaki caddeler olmalarıdır. Diğer bir ifade ile, kentteki hemen hemen bütün önemli caddeler bu seçilen 19 ana caddeye bağlanmaktadır. Dolayısıyla bu 19 caddedeki trafik yoğunluklarının çözülmesi diğer caddelerdeki trafik yoğunluklarının da belli metotlarla tahmin edilmesini olanaklı kılmaktadır. Bu 19 caddenin dışındaki diğer 46 caddede haftalık taşıt sayısı bilgileri türetilmiştir. Türetme işlemi, bu 46 caddenin taşıt sayımı yapılan 19 cadde ile bağlantı durumlarına göre daha çok kavşaklarda yapılan kamera çekimleri ve Google Earth'in uydu görüntülerinden yapılan taşıt sayımları ile gerçekleştirilmiştir.

Şekil 1 çalışma kapsamında taşıt sayımı yapılan 19 ana caddenin ve diğer 46 önemli caddenin coğrafi konumlarını ve caddeler üzerinde taşıt sayımı yapılan noktaları göstermektedir. Sırasıyla Çizelge 1 de, taşıt sayımı yapılan 19 caddenin isimleri, çalışma dönemleri, uzunluk, genişlik ve şerit sayısı bilgileri, Çizelge 2 de ise Çizelge 1 de verilen caddeler dışında geriye kalan diğer 46 caddenin isimleri listelenmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kapsamındaki ana caddeler ve taşıt sayımı yapılan noktalar

2.2. Taşıt Sayımları

Bu çalışma kapsamında taşıt sayımları için bir taşınabilir sayım sistemi kullanılmıştır. Seçilen caddelerde hareket halindeki taşıtların sayımları Metrocount firmasının “Vehicle Classifier System – 5600 Series” cihazları ile yapılmıştır (Metrocount, 2008). Bu cihazlar yol üzerine birbirine paralel yerleştirilen 2 adet pnömötik (havalı) hortum üzerinden geçen taşıtların hava basıncı etkisiyle sayılması ve sınıflandırılması esasına dayanan taşınabilir otomatik sayım ve sınıflandırma cihazlarıdır. Bu cihazları ülkemizde T.C. Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü de çeşitli devlet karayollarında 1056 noktada başarı ile kullanmaktadır (KGM, 2008).

Çizelge 1. Taşıt sayımı yapılan caddeler, sayım dönemleri ve caddelerin bazı özellikleri

Yol No	Cadde Adı	Uzunluk (m)	Ortalama Genişlik (m)	Şerit Sayısı	Kış Mevsimi Çalışma Periyodu	Yaz Mevsimi Çalışma Periyodu
1	İnönü Caddesi	6.000	25	4	10 – 17 Ocak 2007	3 – 11 Temmuz 2007
2	Eşrefpaşa Caddesi	2.075	20	4	18 – 25 Ocak 2007	3 – 11 Temmuz 2007
3	Mehmet Akif Caddesi	1.170	20	4	29 Ocak – 6 Şubat 2007	11 – 23 Temmuz 2007
4	Halide Edip Adivar Caddesi	1.780	25	6	29 Ocak – 6 Şubat 2007	11 – 23 Temmuz 2007
5	Mithatpaşa Caddesi	5.950	25	4	8 – 18 Şubat 2007	24 Temmuz – 1 Ağustos 2007
6	Mustafa Kemal Sahil Bulvarı	6.525	25	6	8 – 18 Şubat 2007	24 Temmuz – 1 Ağustos 2007
7	Talatpaşa Bulvarı	920	15	4	19 – 27 Şubat 2007	1 – 8 Ağustos 2007
8	Şair Eşref Bulvarı	1.675	25	4	19 – 27 Şubat 2007	1 – 8 Ağustos 2007
9	Kamil Tunca Bulvarı	2.850	15	4	28 Şubat – 9 Mart 2007	8 – 16 Ağustos 2007
10	Fevzipaşa Bulvarı	1.060	20	4	10 – 18 Mart 2007	21 – 29 Ağustos 2007
11	Gazi Bulvarı	950	25	4	10 – 18 Mart 2007	21 – 29 Ağustos 2007
12	Yeşillik Caddesi	4.225	25	6	19 – 29 Mart 2007	4 -10 Eylül 2007
13	Yeşildere Caddesi	4.520	25	6	19 – 29 Mart 2007	4 -10 Eylül 2007
14	Mustafa Kemal Caddesi	2.370	15	4	30 Mart – 10 Nisan 2007	8 – 16 Ağustos 2007
15	Cemal Gürsel Caddesi	3.600	25	6	30 Mart – 10 Nisan 2007	17 Eylül – 11 Ekim 2007
16	Girne Bulvarı	2.175	20	4	10 – 18 Nisan 2007	17 – 24 Eylül 2007
17	Anadolu Caddesi	21.300	25	6	10 – 18 Nisan 2007	2 – 10 Eylül 2007
18	Altınyol Caddesi	5.050	25	6	17 – 29 Mayıs 2007	26 Haziran – 3 Temmuz 2007
19	Ankara Asfaltı	11.530	40	6	17 – 29 Mayıs 2007	6 – 13 Ağustos 2007

Metrocount trafik sayım ve sınıflandırma cihazları ile her bir taşıta ait ölçüm tarihi ve zamanı, taşıt sayım numarası, hareket yönü, aks sayısı, yol şeridi numarası, taşıt tipi, hızı, bir önce geçen taşıt ile arasındaki süre (saniye) farkı ve ölçümün geçerliliği gibi bilgiler kaydedilmektedir. Sayımlar her caddede gidiş-geliş yönleri için ayrı ayrı ve aynı anda kesintisiz 1 hafta boyunca yapılmıştır. Taşıtlar, aks sayıları ve akslar arasındaki mesafeler dikkate alınarak bu çalışma kapsamında 4 ana kategoriye ayrılarak sayılmıştır. Bu kategoriler;

1. Motosiklet
2. Otomobil
3. Minibüs + Kamyonet
4. Otobüs + Kamyon'dur.

Çizelge 2. Taşıt sayımı yapılanlar dışındaki caddeler

Yol No	Cadde Adı	Yol No	Cadde Adı	Yol No	Cadde Adı
1	Mürselpaşa Bulvarı	17	Manas Caddesi	33	Menderes Caddesi
2	Şehitler Caddesi	18	Sakarya Caddesi	34	Doğuş Caddesi
3	Dr. Refik Saydam Bulvarı	19	Yüzbaşı İbrahim Hakkı Caddesi	35	Akçay Caddesi
4	Liman Caddesi	20	Gediz Caddesi	36	Önder caddesi
5	Ziya Gökalp Bulvarı	21	Fatih Caddesi	37	Abdülhamit Yavuz Caddesi
6	Dr. Mustafa Enver Caddesi	22	Üniversite Caddesi	38	Caher Dudayev Bulvarı
7	Mimar Sinan Caddesi	23	Fevzi Çakmak Caddesi	39	Yeni Havaalanı Caddesi
8	Bozkurt Caddesi	24	Kazım Karabekir Caddesi	40	2038 Sokak
9	S. Nevres Bulvarı	25	Sanayi Caddesi	41	Hasan Ali Yücel Bulvarı
10	Gazi Osman Paşa Bulvarı	26	Gençlik Caddesi	42	Bahriye Üçok Bulvarı
11	Birleşmiş Milletler Caddesi	27	119 Sokak	43	Atatürk Bulvarı
12	Gürçeşme Caddesi	28	Mürselpaşa Bulvarı (2. kısım)	44	Alaybey Caddesi
13	Eski İzmir Caddesi	29	Gaziler Caddesi	45	Girne Bulvarı (2. kısım)
14	Cumhuriyet Bulvarı	30	Dumlupınar Caddesi	46	Atatürk Caddesi
15	Anadolu Caddesi (2. kısım)	31	İstanbul Caddesi		
16	Nur Sultan Hazarbeyev Caddesi	32	Kemalpaşa Caddesi		

2.3. Emisyon Envanteri

Çalışmada taşıt sayımlarının yapıldığı ve türetildiği caddeler için emisyon hesapları yapılmıştır. Emisyonlar, farklı kategorilerdeki taşıtların sayıları ve literatürden seçilen emisyon faktörleri kullanılarak her bir yol için saatlik, günlük ve haftalık toplamalar halinde hesaplanmıştır. Çalışmada “EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook” isimli veritabanında yer alan CORINAIR tabanlı emisyon faktörleri (EEA, 2007) kullanılmıştır. Bu veritabanında verilen emisyon faktörleri;

- taşıt türü (motosiklet, otomobil, hafif yük vasıtaları ve ağır yük vasıtaları)
- motor teknolojisi (üretim yılı, motor hacmi,vb.)
- kullanılan yakıt türü (benzin, motorin, LPG)
- taşıt hızı (otoyol, kentiçi yol, kentdışı yol) parametrelerine bağlıdır ve kullanım tarzları

daha çok taşıt hızlarına bağlı eşitlikler şeklindedir. İzmir kentindeki motorlu taşıtların yaşlarına, kullandıkları teknolojiye ve kullandıkları yakıtlara göre dağılımlarına ilişkin detaylı bilgiye ulaşılamamıştır. Bu nedenle çalışmada ihtiyaç duyulan veriler, İstanbul Büyükşehir Belediyesi ile Shell Şirketinin vakfı konumundaki EMBARQ tarafından hazırlanan bir araştırma projesi kapsamında İstanbul için kullanılan verilerden sağlanmıştır (Ünal vd., 2007).

2.4. Dış Hava Kalitesi Ölçümleri

Çalışma esnasında taşıt sayımı yapılan caddelerde İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından çalışmada kullanılmak üzere satın alınan bir mobil dış hava kalitesi ölçüm istasyonu ile dış hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır.

Ölçüm istasyonu içinde;

- Kükürt dioksit (SO₂)
- Karbon monoksit (CO)
- Azot oksitler (NO-NO₂-NO_x)
- Partikül madde (PM₁₀)
- Ozon (O₃)
- Metan dışı toplam uçucu organik bileşikler
- Rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, nem, sıcaklık ve basınç gibi parametreler sürekli ölçüm cihazları ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

Mobil dış hava kalitesi ölçüm istasyonu; projede taşıt sayımı yapılan caddelerde yol ile arasında engel olmayacak şekilde taşıtların etkisinin doğrudan izlenebileceği yola yakın ve gün boyu güvenliğinin sağlanabildiği ve elektrik ihtiyacının karşılanabildiği noktalara yerleştirilmiştir. Mobil istasyon, her bir ölçüm noktasında günlük ve saatlik salınımları görebilmek için yaklaşık 10 gün boyunca sürekli olarak işletilmiştir.

2.5. Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi

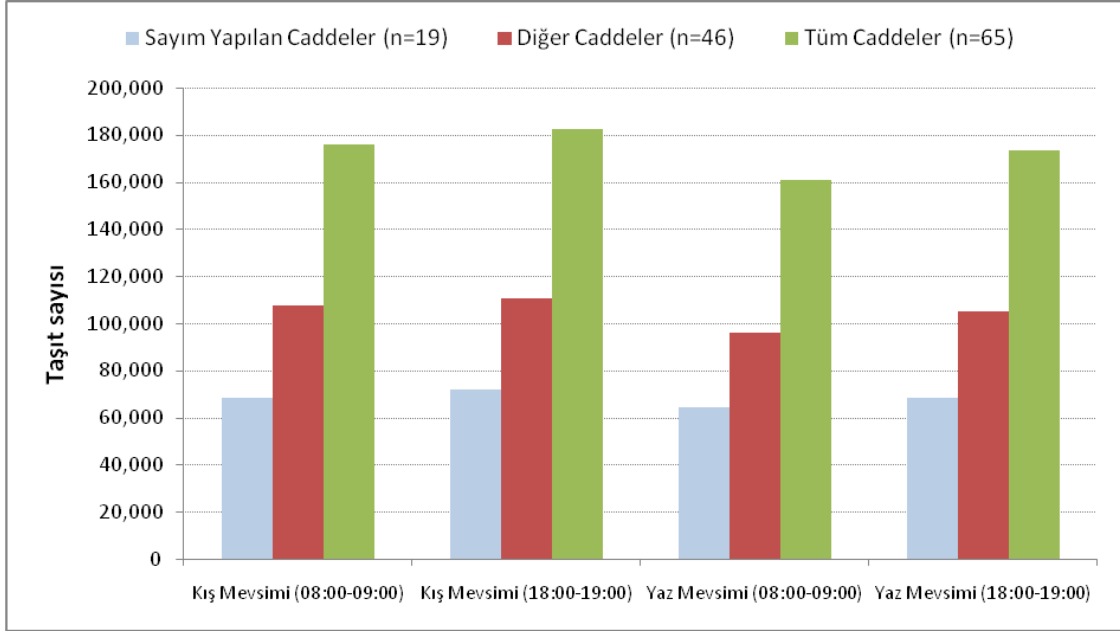
Caddelerde hesaplanan emisyonların araç egzozlarından atıldıktan sonra atmosferde nasıl davranacağı ve bu emisyonların cadde içinde veya yakınlarında neden olacağı hava kirletici konsantrasyon seviyelerinin belirlenmesi amacıyla bir matematiksel hava kalitesi dağılım model kullanılmıştır. Bu amaçla bir bölgesel Gaussian dağılım modeli olan CALPUFF (Scire vd., 2000) kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR VE BULGULAR

3.1. Taşıt Sayımları

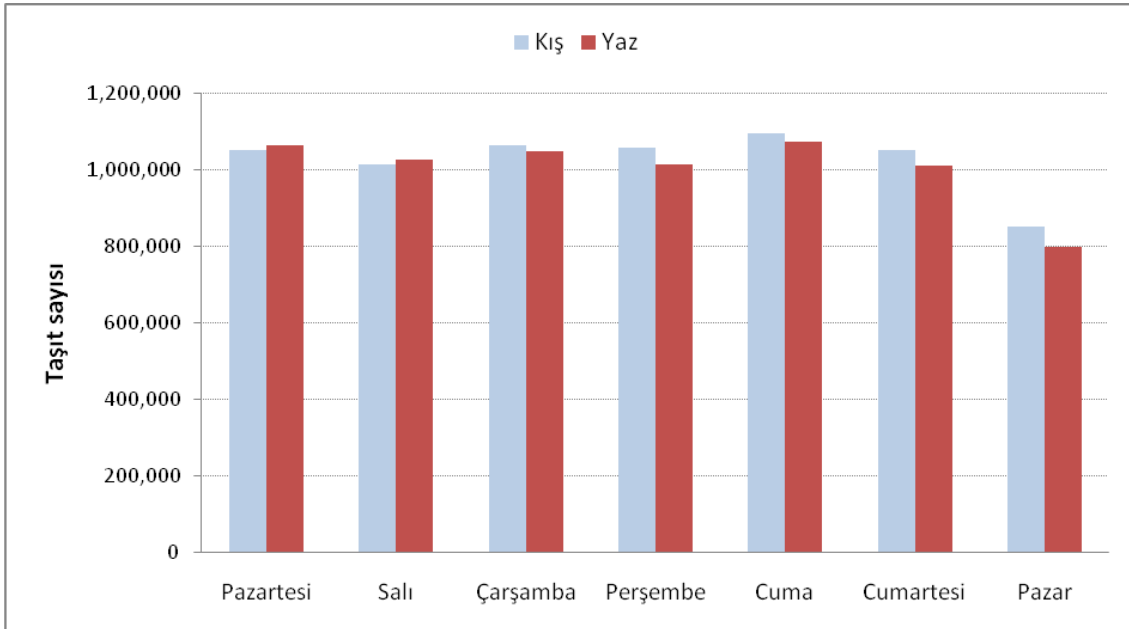
Bu çalışma kapsamında İzmir kentinin önemli caddelerinde yapılan taşıt sayımları sonuçlarına göre en fazla taşıtın trafikte bulunduğu 1 saat boyunca kentteki tüm önemli caddelerde (n=65) toplam 160.000 – 180.000 civarında taşıtın trafikte seyir halinde olduğu görülmektedir. Bu hesaplamalarda aynı saat içinde bir taşıtın birden fazla yolda sayılabileceği olasılığı göz ardı edilmiştir.

İzmir kent merkezinde trafiğin en yoğun olduğu saatler sabah 8:00 – 9:00 ile akşam 18:00 – 19:00 arasındadır. Bu saatlerde trafik sayım ve sınıflandırma cihazları ile sayım yapılan caddelerden (n=19) geçen toplam taşıt sayısı kış mevsiminde sabah 08:00 – 09:00 saatleri arasında 68.108, akşam 18:00-19:00 saatleri arasında ise 71.860'dır. Yaz mevsiminde bu sayılar sırasıyla 64.097 ve 68.180 olmaktadır. Doğrudan sayım yapılan caddeler (n=19) ve taşıt sayıları tahmin edilen diğer caddelerle (n=46) birlikte kent genelinde aynı saatlerde trafikte görülen toplam taşıt sayıları Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. İzmir kent merkezinde pik saatlerdeki toplam taşıt sayıları, taşıt/saat

Trafik yoğunluğunun günlere göre dağılımı incelendiğinde ise en yoğun günün kent genelinde Cuma günü olduğu, en sakin günün ise Pazar günü olduğu görülmektedir. Sayım yapılan caddelerde (n=19) Cuma günü boyunca toplam 1.000.000'un üzerinde taşıtın trafikte olduğu tespit edilmiştir. Pazar günleri ise aynı sayının 800.000'in altına düştüğü görülmektedir. Şekil 3'de haftanın tüm günleri için toplam taşıt sayıları verilmektedir.

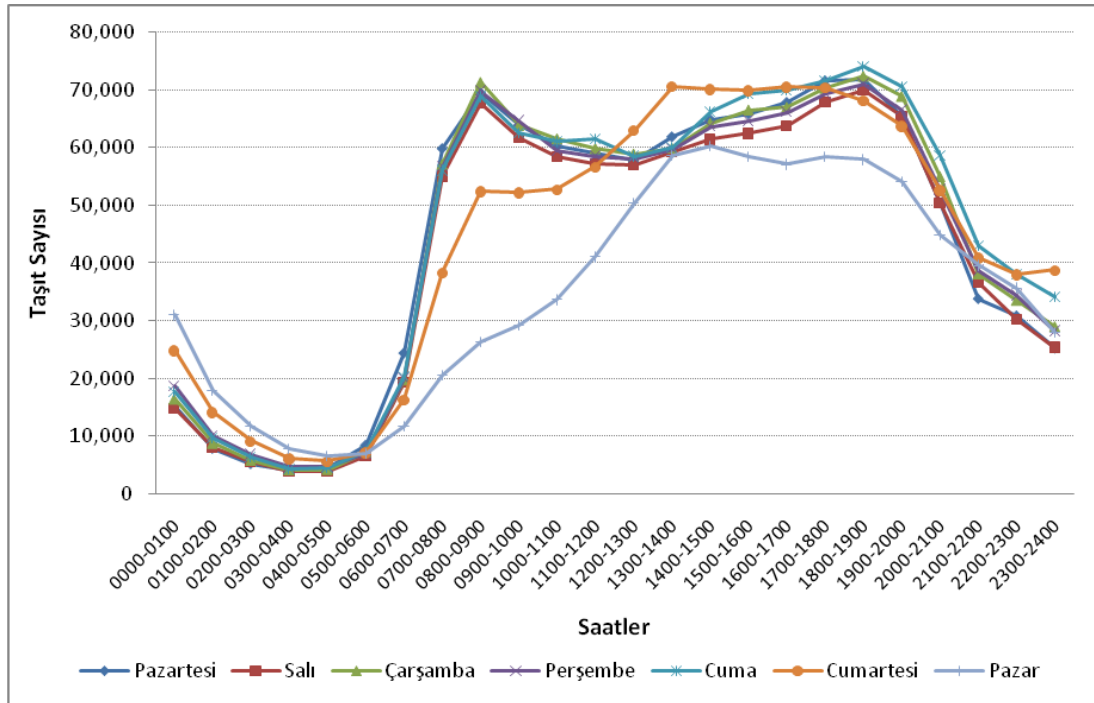


Şekil 3. Sayım yapılan caddelerde günlük toplam taşıt sayıları, taşıt/gün

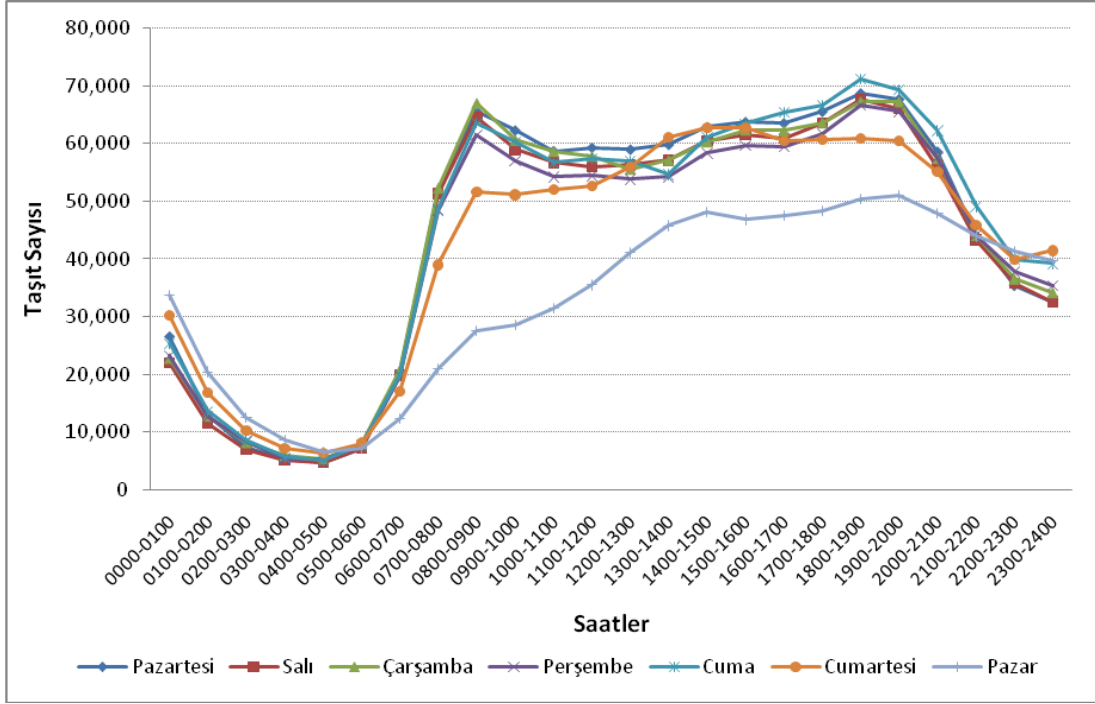
Trafik yoğunluklarındaki saatlik değişimler incelendiğinde sayım yapılan tüm caddelerde (n=19) daima sabah 8:00 – 9:00 ve akşam 18:00 – 19:00 saatleri arasında en yoğun trafik görülmekte, 3:00 - 5:00 saatleri arasında ise en az trafik yoğunluğu yaşanmaktadır. Şekil 4’de kış mevsiminde sayım yapılan yollar (n=19) genelinde saatlik taşıt sayılarının değişimi, Şekil 5’te ise benzer şekilde yaz mevsimine ait sonuçlar görülmektedir.

Taşıtların türlerine göre dağılımlarına bakıldığında, trafikteki taşıtların hafta içi günlerde ortalama %82,0’sinin otomobil, %12,5’inin minibüs+kamyonet, %4,2’sinin otobüs+kamyon ve kalan %1,3’ünün motosiklet olduğu görülmektedir. Hafta sonu günlerinde ise bu dağılım ortalama %83,3’ünün otomobil, %11,5’inin minibüs+kamyonet, %4,0’ünün otobüs+kamyon ve kalan %1,2’sinin motosiklet şeklinde değişmektedir.

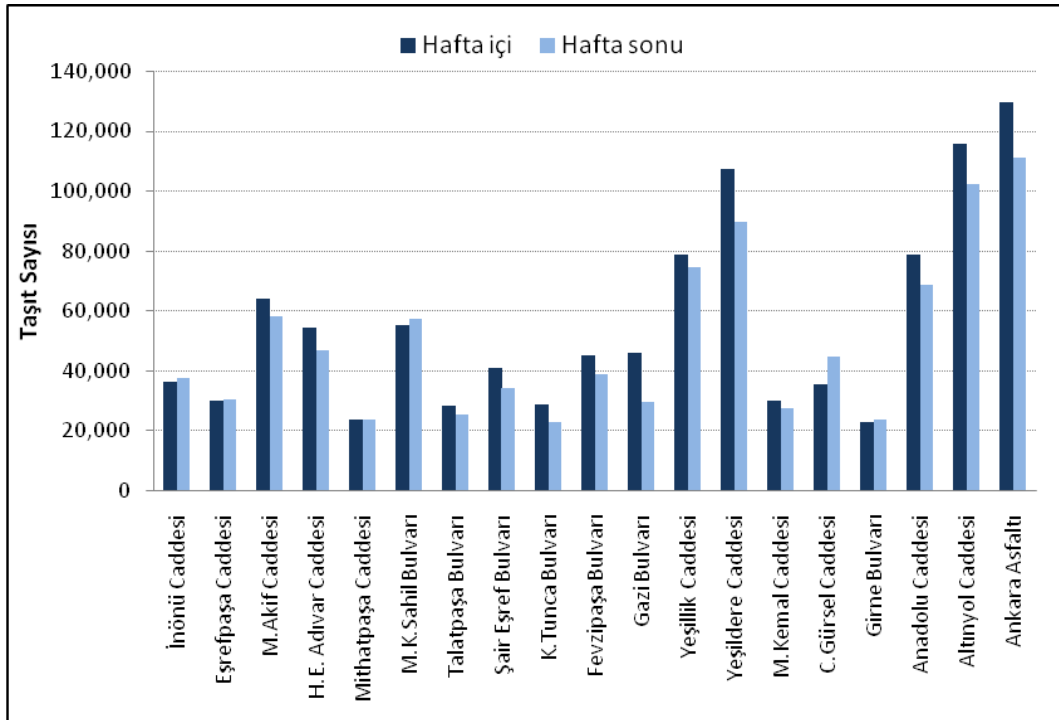
Sayım yapılan caddelerde ortalama hafta içi ve hafta sonu taşıt durumları (Şekil 6 ve 7) incelenecek olursa en kalabalık caddenin her iki sayım dönemi içinde de Ankara Asfaltı olduğu, en az taşıt yoğunluğuna sahip caddenin ise Mithatpaşa Caddesi olduğu görülmektedir.



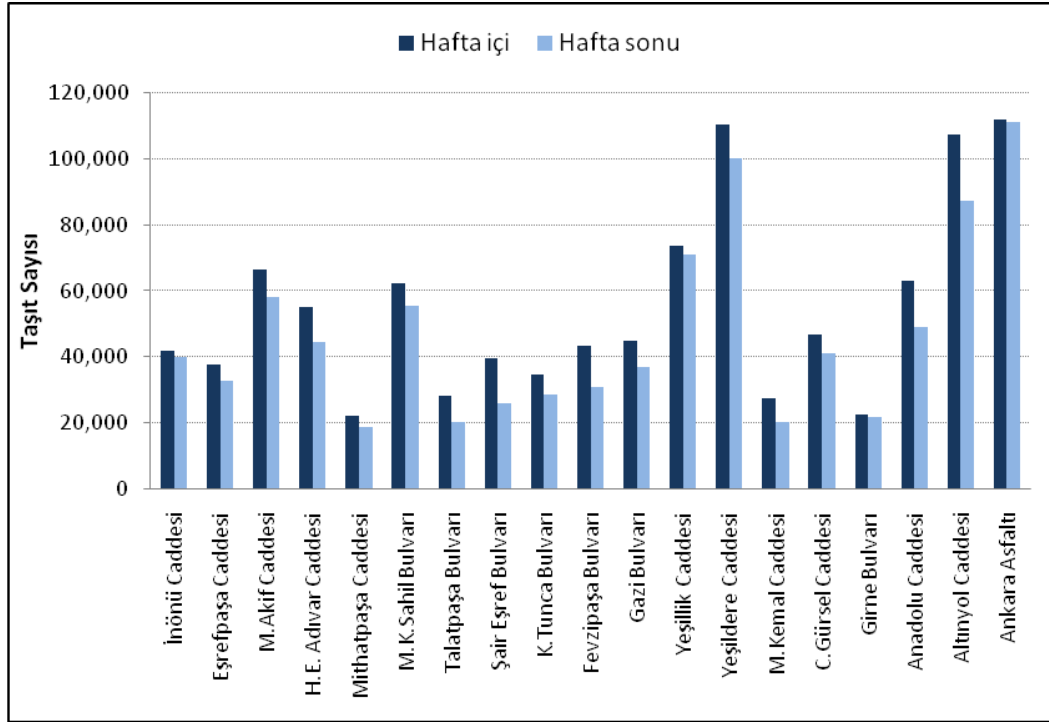
Şekil 4. Kış mevsiminde toplam taşıt sayılarının saatlere göre değişimi, taşıt/saat



Şekil 5. Yaz mevsiminde toplam taşıt sayılarının saatlere göre değişimi, taşıt/saat



Şekil 6. Kış mevsiminde hafta içi ve sonu ortalama günlük taşıt sayıları, taşıt/gün



Şekil 7. Yaz mevsiminde hafta içi ve sonu ortalama günlük taşıt sayıları, taşıt/gün

3.2. Emisyon Envanteri

Çalışma kapsamında, emisyonlar 5 kirletici (CO, NO_x, NMVOC, PM₁₀ ve SO₂) için hesaplanmıştır. Buna göre kent merkezindeki önemli caddelerden (n=65) 1 hafta boyunca atmosfere verilen toplam emisyon miktarları; kış mevsiminde CO için yaklaşık 108 ton, NMVOC için 14 ton, NO_x için 48 ton, PM₁₀ için 2 ton ve SO₂ için 6 ton olarak bulunmuştur. Aynı değerler yaz mevsiminde CO için 107 ton, NMVOC için 15 ton, NO_x için 48 ton, PM₁₀ için 2 ton ve SO₂ için 7 ton olarak bulunmuştur.

Taşıt sayımı yapılan caddelerde (n=19) ve taşıt sayıları tahmin edilen diğer caddelerde (n=46) haftalık toplam emisyonlar Çizelge 3'de verilmiştir. Haftalık emisyonlara taşıt türlerinin katkısı incelendiğinde her iki mevsimde de SO₂ ve PM₁₀ hariç tüm kirletici türleri için en büyük payın %56-77 aralığında bir oran ile otomobillere ait olduğu görülmektedir. PM₁₀ için tüm araç türlerinin payı hemen hemen eşittir. SO₂ için ise yoğun motorin kullanımından dolayı minibüs+kamyonet kategorisi en büyük paya sahiptir.

İzmir kent merkezindeki toplam emisyonların yaz ve kış mevsimlerinde günlük değişimlerine bakıldığında, kentte tüm kirleticiler için en fazla emisyonların Pazartesi ve Cuma günü, en az emisyonların Pazar günü olduğu görülmektedir.

3.3. Dış Hava Kalitesi Ölçümleri

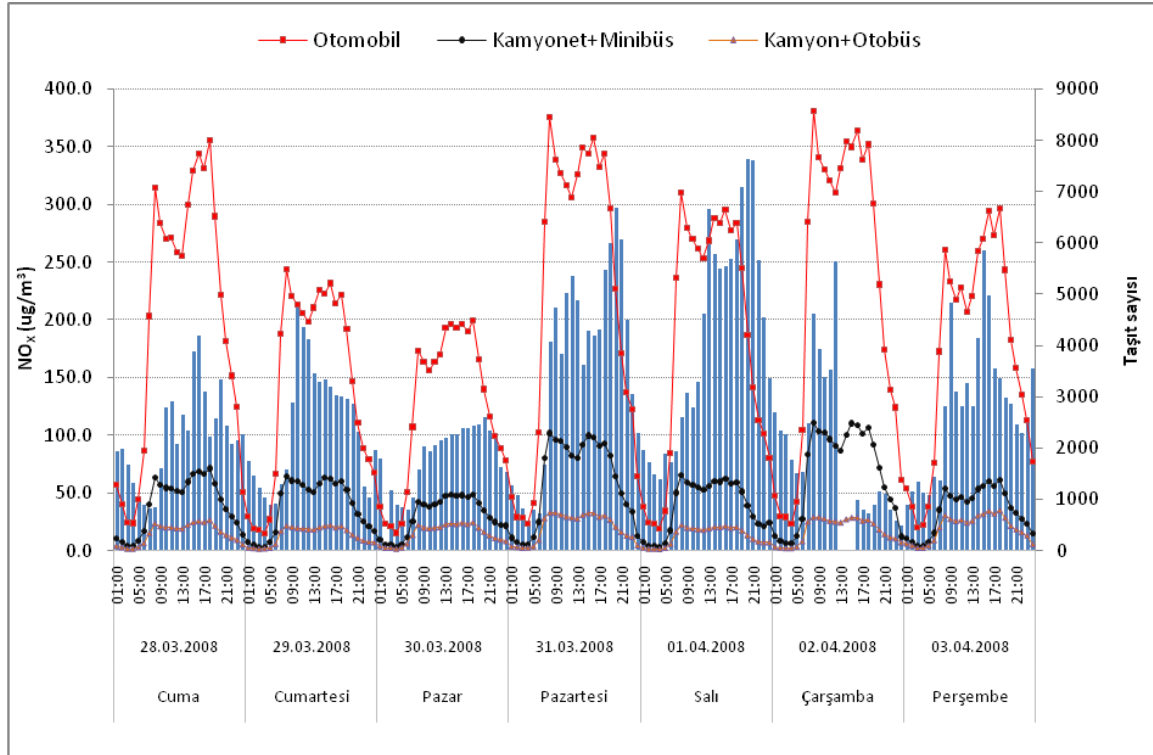
Çalışmada kapsamında, 19 caddede kesintisiz hava kalitesi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler taşıt sayımları ile eş zamanlı olacak şekilde ve her bir caddede 10 ila 15 gün arasındaki bir dönemde yapılmıştır. Söz konusu caddelerde mobil ölçüm istasyonu ile PM₁₀, CO, SO₂, NO_x ve O₃ kirleticileri ile rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, sıcaklık, basınç ve nem gibi meteorolojik parametreler ölçülmüştür. Tüm ölçüm sonuçları istasyonda bulunan bir bilgisayar ve yazılım aracılığıyla sürekli olarak kaydedilmiştir. Ölçülen kirleticilerin araç

sayıları ve zamana göre değişimlerine örnek olarak Ankara Asfaltı'nda ölçülen NO_x sonuçları Şekil 8 de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde konsantrasyonlar ile araç sayılarının benzer bir eğilim gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 3. İzmir'de kış ve yaz mevsimlerinde tüm caddelerden kaynaklan haftalık toplam emisyon miktarları, ton/hafta

Yollar	YAZ					KIŞ				
	CO	NMVOC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂	CO	NMVOC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
İnönü Caddesi	3,32	0,50	1,20	0,06	0,17	3,04	0,45	1,06	0,05	0,14
Eşrefpaşa Caddesi	1,28	0,20	0,37	0,02	0,05	1,22	0,19	0,34	0,02	0,05
Mehmet Akif Caddesi	0,89	0,13	0,35	0,01	0,04	0,85	0,12	0,34	0,01	0,04
Halide Edip Adivar Caddesi	1,07	0,15	0,41	0,02	0,05	1,13	0,16	0,42	0,01	0,05
Mithatpaşa Caddesi	1,62	0,25	0,63	0,03	0,07	1,81	0,27	0,65	0,03	0,07
Mustafa Kemal Sahil Bulvarı	4,22	0,55	1,79	0,06	0,14	3,84	0,48	1,67	0,04	0,13
Talatpaşa Caddesi	0,44	0,07	0,10	0,01	0,01	0,49	0,07	0,11	0,01	0,01
Şair Eşref Caddesi	1,08	0,18	0,35	0,02	0,05	1,23	0,19	0,37	0,02	0,05
Kamil Tunca Bulvarı	1,08	0,17	0,45	0,03	0,08	0,97	0,15	0,41	0,02	0,07
Fevzipaşa Bulvarı	0,76	0,12	0,18	0,01	0,02	0,78	0,11	0,18	0,01	0,02
Gazi Bulvarı	0,71	0,10	0,17	0,01	0,02	0,67	0,09	0,15	0,01	0,02
Yeşillik Caddesi	4,73	0,66	1,35	0,05	0,18	3,67	0,49	1,53	0,05	0,18
Yeşildere Caddesi	5,10	0,63	2,33	0,07	0,23	4,90	0,61	2,17	0,06	0,20
Mustafa Kemal Caddesi	0,88	0,14	0,29	0,02	0,04	1,06	0,16	0,32	0,02	0,05
Cemal Gürsel Caddesi	1,89	0,26	0,80	0,03	0,08	1,58	0,22	0,67	0,02	0,07
Girne Bulvarı	0,70	0,11	0,25	0,01	0,03	0,73	0,11	0,25	0,01	0,03
Anadolu Caddesi	16,46	2,38	9,55	0,46	1,68	17,58	2,19	8,92	0,31	1,08
Altinyol Caddesi	6,23	0,73	3,27	0,13	0,43	6,34	0,73	3,39	0,14	0,49
Ankara Asfaltı	16,85	1,94	9,13	0,39	1,35	18,14	1,97	9,76	0,38	1,37
Ara Toplam	69,30	9,28	32,95	1,42	4,73	70,03	8,77	32,71	1,20	4,13
Diğer Caddeler (n=46)	38,01	5,98	14,97	0,70	2,05	38,32	5,64	15,61	0,66	2,17
TOPLAM (İZMİR GENELİ)	107,31	15,26	47,92	2,12	6,78	108,35	14,41	48,32	1,86	6,30

Ölçüm sonuçları incelendiğinde; kirletici seviyelerinin caddelere göre farklılık gösterdiği, araç türleri ve sayılarına göre kirliliğin değiştiği gözlenmektedir. Genel olarak hava kirleticiler bu parametrelerin dışında yerel emisyon kaynakları ve meteorolojik koşullara göre değişmektedir.

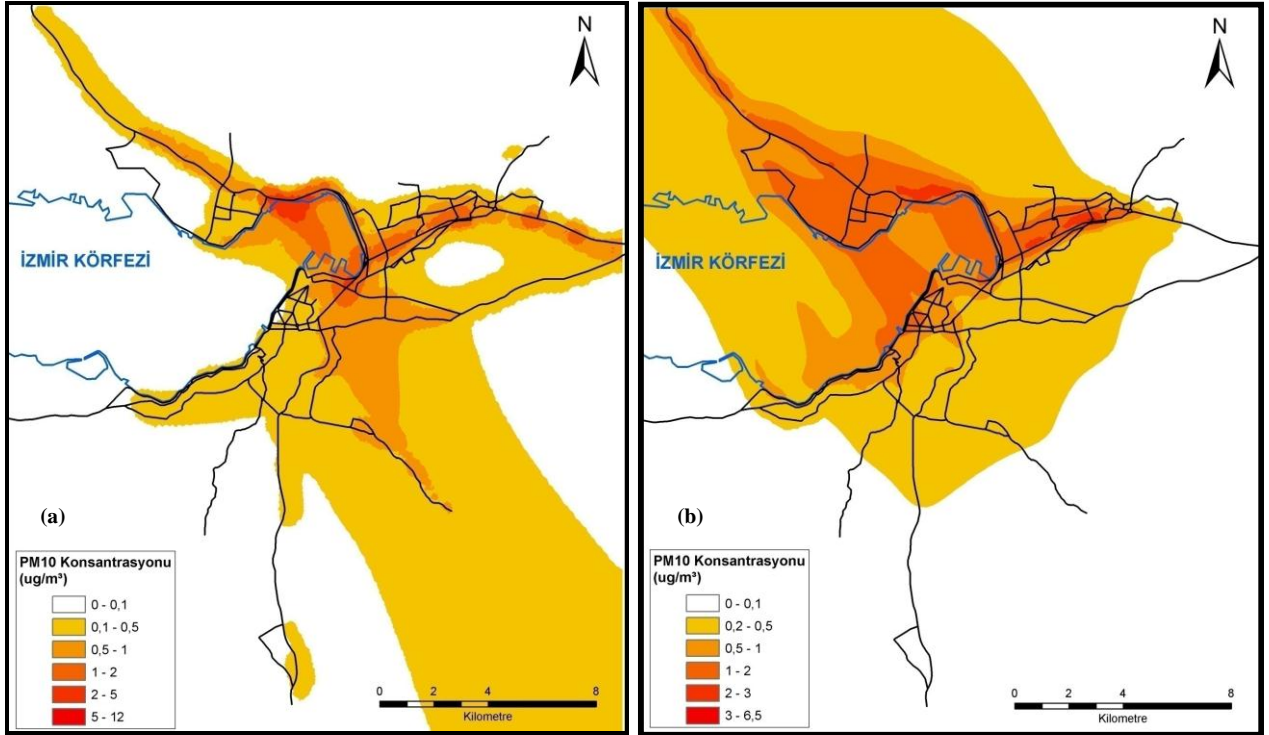


Şekil 8. Ankara Asfaltı'nda bir hafta boyunca ölçülen saatlik NO_x konsantrasyonları ile aynı saatlerdeki taşıt sayıları

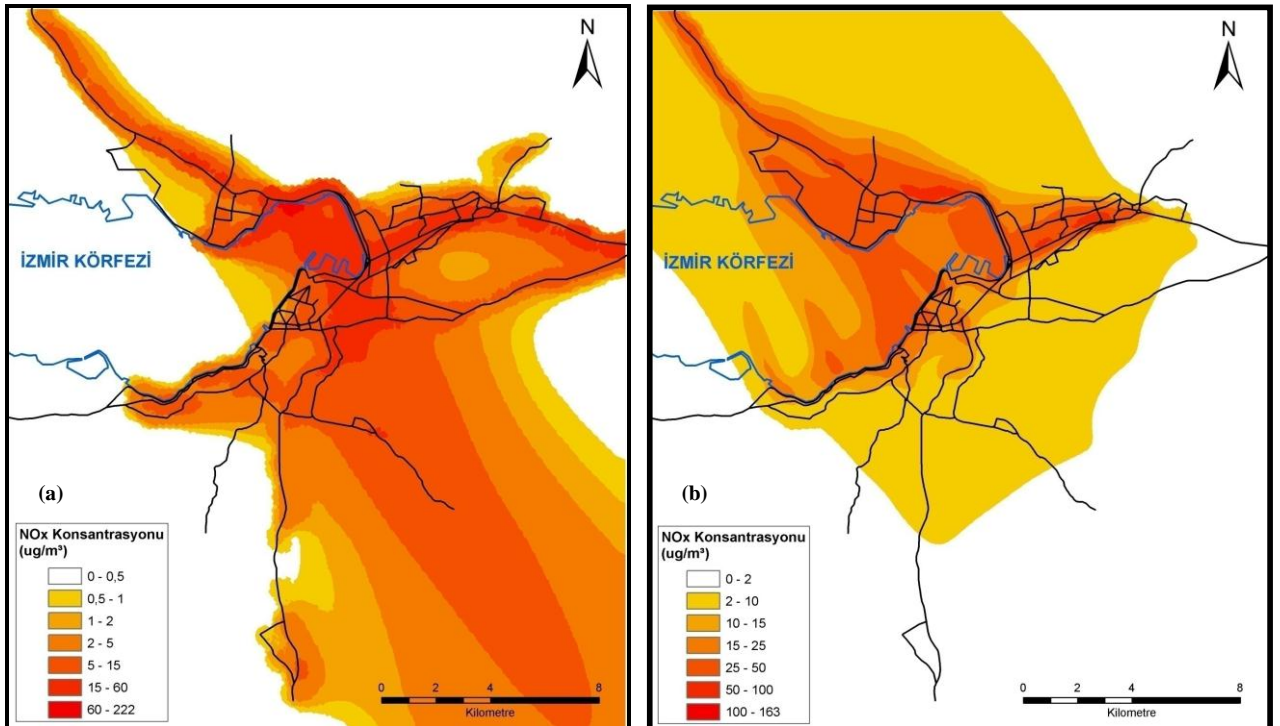
3.4. Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi

Çalışma kapsamında CALPUFF dağılım modeli ile taşıt egzozlarından salınan emisyonların kent atmosferinde neden olacağı hava kalitesi seviyeleri incelenmiştir. Modelleme çalışmaları kent merkezinde yıl içinde ölçülmüş yüksek kirliliğin görüldüğü günler için gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bu günler için yapılmasının amacı, kentte kötü hava kalitesinin yaşandığı anlarda (mevsim, gün ve saatlerde) trafiğin katkısını görebilmektir. Şehir merkezinde yüksek kirliliğin görüldüğü günlerin tespiti için İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı 4 sabit dış hava kalitesi ölçüm istasyonunda (Bornova, Karşıyaka, Güzelyalı ve Alsancak) 2006 yılı boyunca ölçülmüş günlük SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları incelenmiştir ve inceleme sonucunda birisi yaz diğeri kış mevsimini temsil edecek şekilde 16 Ağustos ve 4 Aralık 2006 tarihleri bu çalışma kapsamında modelleme çalışmaları için seçilmiştir.

Bu günlerde model özellikle trafiğin en kalabalık olduğu sabah saat 08:00'deki hava kalitesi seviyeleri belirlemek için çalıştırılmıştır. 25 km x 30 km boyutlarındaki çalışma alanı içinde 250 m çözünürlüklü grid sisteminde 65 cadde çizgisel kaynak olarak tanımlanmıştır. Oluşan dağılım haritaları ArcGIS isimli Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı yardımıyla haritalanmıştır. Şekil 9 ve 10 da sırasıyla kent atmosferinde beklenen saatlik ortalama PM₁₀ ve NO_x konsantrasyonlarının dağılım haritaları gösterilmektedir.



Şekil 9. İzmir kent merkezinde (a) 16 Ağustos 2006 (b) 4 Aralık 2006 günlerinde saat 08:00'de trafikten kaynaklanan PM₁₀ dağılımları



Şekil 10. İzmir kent merkezinde (a) 16 Ağustos 2006 (b) 4 Aralık 2006 günlerinde saat 08:00'de trafikten kaynaklanan NO_x dağılımları

Model ile yaz dönemini temsil eden 16 Ağustos günü sabah trafiğinin en yoğun olduğu saat 08:00'de kent atmosferinde beklenen maksimum saatlik konsantrasyonlar CO için $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_x için $222 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{10} için $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NMVOC için $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_2 için $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Aynı değerler kış mevsimini temsil eden 4 Aralık günü aynı saatte CO için $311 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_x için $163 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{10} için $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NMVOC için $\mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_2 için $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Bu değerler insan sağlığı için önemli mertebelere sahiptir.

3.5. İzmir'de Ulaşım Projeleri ve Hava Kalitesi'ne Etkileri

İzmir'de hali hazırda büyük ulaşım projeleri üzerinde çalışılmaktadır. Bu projeler Metro hattının geliştirilmesi, Aliğa-Menderes Banliyö tren hattı projesi gibi genellikle raylı sistemlere ilişkin projelerdir. Bu projelerin hayata geçmesi ile İzmir kent merkezi içindeki karayolu ulaşımında bazı değişimlerin olması kaçınılmazdır. Bununla ilişkili olarak hava kalitesi seviyelerinde de değişimler olacaktır. Bu değişimlere örnek olması açısından çalışma da Metro hattının ikinci aşaması olarak inşaatı devam eden Üçyol – Fahrettin Altay güzergâhının devreye alınmasından sonra hava kalitesi seviyelerinde oluşacak değişimleri görmek için model bir senaryo çalışması için tekrar çalıştırılmıştır.

Çalışmada, bu değişimi tahmin etmek amacıyla yurtdışında gerçekleştirilen bir çalışmanın bulguları yaklaşım olarak benimsenmiştir. Sözü edilen çalışmada (VUK, 2005), Danimarka'nın Kopenhag kentinde 2002 yılında hizmete giren ilk metro hattının ardından 2003 yılında hizmete giren ikinci metro hattı ile karayolu trafiğindeki değişimler incelenmiştir. Yeni metro hattı açıldıktan sonra güzergâhtaki otomobil sayılarında %2,9 - 4,7 ve otobüs sayılarında ise %36,8 – 38,0 oranında bir azalma olduğu görülmüştür. Bu oranlardan yola çıkarak, bu çalışmada da İnönü Caddesi, Mithatpaşa Caddesi ve Mustafa Kemal Sahil Bulvarı'ndaki otomobil sayılarında %5, otobüs sayılarında %40 azalma olacağı kabul edilmiştir. Bu oranlara göre dağılım modeli 16 Ağustos 2006 günü saat 08:00 için tekrar çalıştırılmıştır. Senaryo çalışması sonuçlarına göre, yeni metro hattının hizmete alınmasından önce yapılan model çalışması ile en yüksek konsantrasyonların yaklaşık; CO için $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_x için $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NMVOC için $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_2 için $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM_{10} için $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olması beklenmektedir. Metro hattının açılması ile bu değerlerin yaklaşık; CO için $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_x için $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NMVOC için $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_2 için $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM_{10} için $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerlerine düştüğü görülmektedir. Değişimin az olması kirliliği belirleyen asıl kaynağın otomobiller olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak hafif raylı sistemin kentin tamamına yaygınlaştırılması ve toplu taşıma araç kullanımının özendirilmesi ile bu değişimin çok daha fazla olacağı beklenmektedir.

4. DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında, ülkemizin önemli metropollerinde yer alan İzmir'de karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliği seviyeleri araştırılmıştır. Çalışmada, kent merkezi içinde bulunan karayolu ağında seçilen önemli caddelerde hareket halindeki motorlu karayolu taşıtları kategorize edilerek sayılmıştır. Böylece kentin trafik yoğunluğundaki saatlik, günlük ve mevsimsel değişimler incelenmiş, taşıtların egzozlarından atılan hava kirlilik emisyolları hesaplanarak kentin karayolu ulaşımından kaynaklanan emisyon envanteri çıkarılmıştır. Taşıt egzozlarından atılan emisyonların kent atmosferinde neden olacağı hava kalitesi seviyeleri matematiksel hava kalitesi dağılım modelleri ile belirlenmiş, ayrıca modelleme çalışmalarının yanısıra caddelerde ölçüm çalışmaları ile de hava kalitesi seviyeleri tespit edilmiştir.

Yapılan taşıt sayımları ile kentin kendine özgü bir trafik yoğunluğu profili bulunduğu ortaya konmuştur. Taşıt sayılarının, hafta içindeki günlük ve gün içindeki saatlik değişimleri hemen hemen tüm caddelerde benzer trendleri izlemektedir. Bunun yanında kentin bazı ilçeleriyle beraber bir turizm merkezi olması, yaz aylarında tatil nedeniyle caddelerde daha az olması beklenen trafik yoğunluklarının görülememesine neden olmuştur. Kentteki çoğu cadde, konumu itibariyle alternatifsizdir. Bundan dolayı bu caddelerde gün boyunca görülen toplam taşıt sayılarının çok yüksek olduğu yine çalışmanın bir başka sonucu olarak göze çarpmaktadır.

Çalışma kent merkezindeki motorlu karayolu taşıtlarından kaynaklanan kirletici emisyonların, kentteki sanayi tesislerinden ve konutlardan atılan toplam emisyonlar kadar önemli olduğunu da belirlemiştir. Yapılan çalışma ile hesaplanan yıllık 2500 ton civarındaki NOx emisyonlarının, 2000 yılında İzmir için yapılan bir çalışmada (Elbir, 2004) konutlardan kaynaklanan 1100 ton/yıl ve sanayi tesislerinden kaynaklanan 2600 ton/yıl mertebelerindeki NOx emisyonları ile kıyaslandığında trafik sektörünün önemi ortaya çıkmaktadır.

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların özellikle İzmir gibi büyük kent merkezlerinde en asgari düzeye indirilmesi gerekmektedir. Bunun gerçekleştirilebilmesi için yapılacak çalışmalar, araçlara ilişkin teknik düzenlemeler ve kentteki trafik planlaması olarak iki grupta ele alınmalıdır. Birinci aşamada yeni araç ve yakıt teknolojilerinin kullanılması, araç bakımlarının eksiksiz yapılması gibi önlemler alınabilir. Trafik planlamasında ise toplu taşımanın yaygınlaştırılması, uygun kavşak ve sinyalizasyon sistemlerinin geliştirilmesi ve alternatif güzergahların oluşturulması gerekmektedir.

Sonuç olarak; yapılan bu çalışma ile ülkemizde şimdiye kadar gerçekleştirilen emisyon envanteri çalışmalarında eksik kalan trafik kaynaklı kirletici emisyonları hesaplanabilmiştir. Ayrıca, bu çalışma, detaylı araç sayımları, bir emisyon envanterinin hazırlanması, hava kalitesinin izlenmesi ve matematiksel modelleme gibi farklı çalışmaları bünyesinde barındıran ilk çalışma olması nedeniyle önemlidir ve ülkemizde bir ilktir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma 106Y009 nolu TÜBİTAK araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya destek veren TÜBİTAK ve İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

Alkaya, B. ve Yıldırım, M. (2000): "Taşıt Kaynaklı Kirleticilerin Azaltılma Yöntemleri", ÇEV-KOR Ekoloji Çevre Dergisi, 9, 34, Pp 15 – 20.

EEA (European Environment Agency), (2007): "EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook-2006".

Elbir, T., (2004): "Estimation of Emission Strengths of Primary Air Pollutants in the City of İzmir, Turkey", Atmospheric Environment, Vol 38, Pp 1851-1857.

Ergeneman, M., Mutlu, M., Kutlar, O. A. ve Arslan, H. (1998): "Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler", İstanbul, Birsan Yayınevi, Pp 112.

KGM, T.C. Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, (2008): "2007 Trafik ve Ulaşım Bilgileri".

Metrocount, (2008): MetroCount Inc., <http://www.metrocount.com>.

Scire, J. S., Strimaitis, D. G., Yamartino, R. J., (2000): “A User’s Guide for The Calpuff Dispersion Model (Version 5)”, Earth Tech, Inc.

TÜİK (T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu), (2008): “2007 Yılı Ulaştırma İstatistikleri”, <http://www.tuik.gov.tr/ulastirmadagitimapp/ulastirma.zul>.

Ünal, A., Davis, N., Lenth, J., Mangır, N., Köylüoğlu, S. ve Pandis, M., (2007): “Measurement of In-Use Passenger Vehicle Emissions in Istanbul, Turkey – Gasoline Emissions”, Proje Raporu.

Vuk, G., (2005): “Transport Impacts of the Copenhagen Metro”, Journal of Transport Geography, 13, 3, Pp 223-233.