

# ADAPAZARI ŞEHİR İÇİ TRAFİK KARAKTERİSTİKLERİ VE ULAŞTIRMA KAYNAKLI EMİSYONLARIN SAATLİK İNCELENMESİ

Hülya SEMERCİOĞLU<sup>1</sup>, Ayda BAL<sup>2</sup>, Eyüp Fatih AY<sup>2</sup>, Şeref SOYLU<sup>2(\*)</sup>

<sup>1,2</sup> Sakarya Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Çevre Mühendisliği Bölümü  
54187 Esentepe/Sakarya

## ÖZET

Endüstrileşmeye bağlı olarak gelişen şehirleşme sonucu Adapazarı gibi ovaya kurulu ve fazla rüzgar almayan şehirlerde ticaret-alışveriş merkezleriyle yaşam alanlarının iç içe olması nedeniyle şehir merkezinde yoğun bir trafik oluşmaktadır. Bu durum hava kirliliği oluşturmakta ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Yapılan bu çalışmada Adapazarı'nda yaşayan insanların maruz kaldığı emisyonların saatlik envanter çalışması için Adapazarı temsil edici nitelikte 3 bölgeye ayrılmıştır. Her bir bölgeyi temsil edecek şekilde 6'şar cadde seçilerek saat 08.00 ile 22.00'ye kadar trafik karakteristikleri incelenmiştir. Toplam taşıt kilometresi yoğunluğunun % 18'i 1.bölgede, % 26'sı 2.bölgede ve % 56'sı ise 3.bölgede olduğu belirlenirken genel olarak taşıtların % 51'ini otomobillerin ve %40'ını ise hafif ticari taşıtların oluşturduğu bulunmuştur. Şehir içinde belirlenen üç bölge incelendiğinde CO emisyonları yoğunlukla otomobillerden, NO<sub>x</sub> emisyonları hafif ticari taşıt ve otobüslerden ve PM emisyonları ise hafif ticari taşıtlardan kaynaklandığı bulunmuştur. Adnan Menderes Caddesi incelendiğinde otomobil kaynaklı maksimum CO emisyonuna 16.00'da, hafif ticari taşıt kaynaklı NO<sub>x</sub> ve PM emisyonuna saat 10.00'da ulaşılmıştır. Maksimum CO, NO<sub>x</sub> ve PM emisyon değerleri ise sırasıyla 71750,11g, 4855,526g, 494,0592g olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Şehir içi ulaşım, taşıt aktivitesi, ulaştırma kaynaklı emisyonlar, hava kirliliği

## GİRİŞ

Hava kirliliği; insanların sosyal ve ekonomik faaliyetleri sonucu teneffüs edilen havanın bileşimindeki maddelerin konsantrasyonlarının normalin üzerine çıkması ile havanın doğal bileşiminin bozulmasıdır. Gelişmiş ve gelişmekte olan her ülkede hayati öneme sahip olan ulaştırma maalesef ki önemli ölçüde fosil yakıt tüketimine ve yanma ürünleri ile de hava kirliliğine sebep olmaktadır.

\*e-mail:ssoylu@sakarya.edu.tr

Özellikle gelişmiş ülkelerde ulaştırma, birincil enerji kaynaklarının % 21'ini tüketmekte ve dünya genelinde sera gazı emisyonlarının % 20'sini oluşturmaktadır (IEA,2006).

Ulaştırma, partikül madde (PM), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), karbon monoksit (CO) ve hidrokarbonlar (HC) gibi lokal emisyonlar ile insan sağlığına tehdit oluşturabilmektedir. Ulaştırma, AB15 envanterine göre toplam NO<sub>x</sub> emisyonlarının %42'sinden, toplam CO emisyonlarının %47'sinden ve toplam PM emisyonlarının %18,4'ünden sorumludur (ETC/ACC,2005). Ayrıca Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonunun ise %24 gibi büyük bir kısmından sorumludur (Saija ve Romano,2002).

Şehir içi ulaştırma kaynaklı emisyonların en büyük zararı ise bu kirleticilerin insanlara ulaşmadan önce zararsız konsantrasyon seviyesinde olacak şekilde seyreltilmesi için yeterli zaman bulunmamasıdır. Şehirlerde ticaret-alışveriş merkezleri, kamu kurum ve kuruluş binaları ile yaşam alanlarının iç içe olması, ayrıca topografik ve meteorolojik özelliklerin etkisi ile insanlar yoğun bir şekilde taşıt emisyonlarına maruz kalmaktadır. Bu emisyonların, kardiyovasküler ve solunum yolları rahatsızlığına, astıma, çocuklarda akciğer gelişiminde bozukluğa, bebek ölümlerine ve kanser gibi daha birçok rahatsızlığa neden olduğu yapılan literatür çalışmalarından bilinmektedir (WHO,2003,2005a,b). Şehirlerde yaşayan insanların maruz kaldığı taşıt emisyonlarının hava kalitesine etkisi ve bu emisyonların miktarını belirleyebilmek için emisyon envanterlerinin hazırlanması son derece önemlidir. Emisyon envanteri havada bulunan kirletici emisyonları ile ilgili verilerin toplanması ile oluşturulabilmektedir. Bu veriler emisyonların kimyasal tanımlarını, emisyonlara neden olan insan veya doğal aktivitelerin miktarı, emisyon faktörleri veya hesaplamalar için gerekli bilgileri, emisyonların mekansal ve zamansal değişikliklerini içermektedir (EEA,2004).

Ulaştırma kaynaklı emisyonların envanterlerinin hazırlanması taşıtların tiplerine, yaşına, motor ve egzoz emisyon kontrol teknolojilerine ve kullanılan yakıt türlerine bağlı olarak çeşitliliğinin belirlenmesi ile gerçekleştirilmektedir. Ayrıca taşıt aktivitesinin saate bağlı değişimi çalışmanın önemini vurgulamaktadır. Bu yüzden birçok emisyon modeli geliştirilmiş ve emisyon envanterleri ile elde edilen verilerle modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan modelleme çalışmaları ile farklı model çalışmalarının karşılaştırılması yapılarak incelenebilmektedir.

Ntziachristos ve arkadaşları (2008) tarafından Avrupa şehirlerinde 2000 ve 2020 yıllarında taşıt stokunu tahmin edebilmek için iki farklı senaryo çalışmasında TREMOVE modeli ve bu taşıtlardan oluşan emisyonları hesaplayabilmek için COPERT IV modeli kullanılmıştır. Bu çalışma ile mevcut yönetmelik senaryosuna göre 2020 yılı NO<sub>x</sub> ve PM emisyon değerlerinde 2000 yılı değerlerine göre ağır ticari taşıtlarda % 50, % 63 oranında bir azalma belirlenirken dizel otomobillerde sırasıyla %25 ve 61'lik bir azalma belirlenmiştir. Türkiye'de yapılan çalışmada ise 2004 yılı için ulaşım kaynaklı emisyonlar COPERT III modeli ile belirlenmiş ve emisyonları azaltmak için taşıt piyasasının yenilenmesi, toplu taşımaya geçiş, şehir içi ulaşımında ortalama taşıt hızının artması ile moped ve motosikletlerde dört zamanlıya geçiş senaryo çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Örneğin, filo yenileme ile HC, NO<sub>x</sub>, PM ve CO emisyonları için %88,%91,%89 ve %83, toplu taşımaya geçiş ile sırasıyla %92,%99,%101 ve %85 oranında azalma olacağı tahmin edilmiştir (Soylu,2007).

İtalya'da gerçekleştirilen farklı bir çalışmada ise ulaştırma kaynaklı emisyonların envanteri hazırlanmış ve COPERT III modeli kullanılmıştır. Bu modele göre emisyonlar şehir içi, kırsal ve otoyol olmak üzere 3 sürüş koşulunda hesaplanmıştır. 2001 yılı için CO, NMVOC, PM ve NO<sub>x</sub> emisyonları 79,520ton, 11,547ton, 1867ton ve 19,380ton olarak bulunmuştur (Bellasio vd.,2006).

Taşıt emisyonlarının hava kalitesine etkilerinin belirlenebilmesi için şehirlerde hava kirliliği ölçüm istasyonları bulunmaktadır. Fakat istasyonlarda ölçülen emisyon konsantrasyonları tüm şehrin yada herhangi bir lokasyonun yerel konsantrasyonunu temsil edememektedir. Bundan dolayı, şehrin her noktasında güvenilir veriler elde edebilmek için zamana ve mekana bağlı konsantrasyonların değişimi ile ilgili hava kalite modelleme çalışmaları yapılmaktadır (Soylu vd.,2009).

Berkowicz ve arkadaşları (2004) tarafından zamana bağlı emisyon envanteri çıkarılmış ve OSPM kullanılarak NO<sub>x</sub> ve CO emisyonlarının cadde konsantrasyonlarını hesaplanmıştır. Saatlik emisyonlarla oluşturulmuş model COPERT modeli ile karşılaştırılmış ve COPERT modeli ile elde edilen emisyon değerlerinin daha düşük olduğu bulunmuştur. Jensen (1998) OSPM ve nüfus tahmin modelini bir araya getirmiş ve NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO ve benzenin saatlik dağılımını CBS kullanarak göstermiştir. Oanh ve arkadaşlarının (2008) yapmış olduğu başka bir çalışmada ise OSPM modeli kullanılarak seçilen cadde kanyonunda taşıt kategorilerine göre farklı emisyon faktörleri ile max. NO<sub>x</sub> ve CO emisyon konsantrasyonları gün ortasında 6.2 kg/km-h, 54 kg/km-h olarak elde edilmiştir. Wallace ve arkadaşları da (2008) NO<sub>x</sub>, HC ve CO saatlik emisyonlarının sabah maksimum olduğu periyotta (7.00-8.00) ölçülmesinde IMULATED modeli kullanmış ve bu emisyonların yayılımında TAPM modeli uygulanmıştır. TAPM ile tahmin edilen NO<sub>x</sub> dağılımı max. periyotta 125-298ppb, ortalama saatlik 24-49ppb olarak bulunmuştur. Pekin'de gerçekleştirilen bir çalışmada ise seyir hali emisyon faktörlerinin karakteristiği ve emisyon tahmini yapılmıştır. Pekin bölgesi 3 farklı alana ayrılmış ve hafta içi - hafta sonu, gündüz-gece olmak üzere farklı zamanlarda saatlik PM, CO emisyonlarının değişimleri emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır. Örneğin, gündüz seyir hali CO emisyonu 4ppm, PM ise 8.17x10<sup>4</sup>/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir (Zhang vd.,2008).

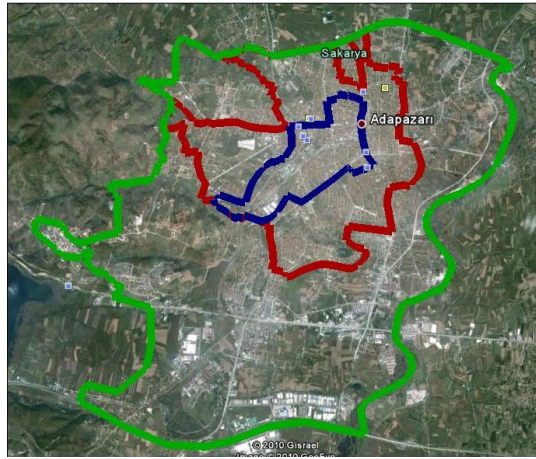
Kannai ve arkadaşları (2006) tarafından Japonya'da 1 km<sup>2</sup>'lik alanda saatlik emisyonlar, atmosferik emisyon envanter modeli EAGrid2000-Japan ile oluşturulmuştur. Japonya Bulk emisyon faktörleri ile CORINAIR Bulk emisyon faktörleri karşılaştırılması sonucunda Japonya Bulk emisyon faktörlerinin daha düşük olduğu bulunmuştur. Japonya Bulk emisyon faktörleri ile edilen NO<sub>x</sub>,PM<sub>10</sub>, CO emisyonları sırasıyla 945Gg, 75Gg ve 3927Gg olarak hesaplanmıştır. İspanya'da yapılan bir çalışmada ise 2004 yılında HERMES modeli ile 1km<sup>2</sup> mekansal ve 1 saatlik zamansal varyasyonda ısınma, endüstri ve ulaştırma başta olmak üzere tüm emisyon kaynakları ele alınarak emisyon tahminleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre CO emisyonlarının

%81'i, toplam askıda partikül madde (TSP) emisyonlarının %41'i ve NO<sub>x</sub>'in %37'si ulaştırmadan kaynaklanmaktadır (Baldasona vd.,2008).

Bu çalışmanın amacı ise Adapazarı şehir merkezinde taşıt ve trafik karakteristiğini belirlemek ve buna bağlı olarak şehirde yaşayan insanların maruz kaldığı saatlik PM, HC, CO ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının envanter çalışmasını COPERT III emisyon faktörleri kullanarak gerçekleştirmektir.

## METODOLOJİ

Adapazarı şehir içi trafik karakteristiğini ortaya koymak ve ulaştırma kaynaklı emisyon envanterini oluşturmak için Adapazarı'na ait tüm mahalle ve caddeler belirlenmiştir. Bu mahalle ve caddelerden belediye otobüs hatlarının geçme sıklığı ve yaşam alanlarının yoğunluğu göz önünde bulundurularak Adapazarı çok yoğun, yoğun ve az yoğun olmak üzere şekil 1'de görüldüğü gibi 3 bölgeye ayrılmıştır. Daha sonra her bir bölgeyi temsil edecek şekilde 6'şar cadde seçilmiş ve yarım saatlik video çekimleri yapıp bu çekimlerden taşıt sayımları gerçekleştirilmiştir. Taşıtlarda sınıflandırma otomobil, hafif ticari (kamyonet ve minibüs), otobüs, kamyon ve motosiklet şeklinde yapılmıştır. Otomobil ve hafif ticari taşıtların Euro sınıflarına göre dağılımı Sakarya Emniyet Müdürlüğü Trafik Tescil Şube Müdürlüğünden alınan taşıt kayıtlarına göre Tablo 1'de görüldüğü gibi yapılmıştır. Yarım saatlik çekimlerle elde edilen sayımların sonucuna göre seçilen caddelerde sabah 08: 00 ile akşam 22:00 arası trafik karakteristiği incelenmiş ve her bölge için günlük taşıt kilometreleri Tablo 2'de gösterilen aktivasyon fonksiyonları kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Adapazarı'nın Sınırlarla Belirlenen Üç Bölgesi

Tablo 1. 2007 yılı Emniyet kayıtlarına göre Euro sınıfları

%	Benzinli			Dizel			
	Otomobil	Hafif Ticari Taşıt	Motosiklet	Otomobil	Hafif Ticari Taşıt	Otobüs	Kamyon
pre Euro	62	6	100	1	47	100	100
Euro 1	21	0	0	5	44	0	0
Euro 2	0	0	0	0	0	0	0
Euro 3	11	3	0	0	0	0	0

Tablo 2. Aktivasyon Fonksiyonlar (Soylu,2009)

	Otomobil	Hafif Ticari	Otobüs	Kamyon	Motosiklet
<b>Öğleden Önce</b>	$f(t)=-5,7667t^2 + 184,7x - 229,93$	$f(t)=-7,0222t^2 + 146,22t + 308,64$	$f(t)=-3,9444t^2 + 86,011t - 417,04$	$f(t)=-0,3667t^2 + 7,1667t - 15,467$	$f(t)=-0,1778t^2 + 5,1778t - 2,0444$
<b>Öğleden Sonra</b>	$f(t)=-43,711t^2 + 1411,2t - 9964,4$	$f(t)=-16,078t^2 + 489,61t - 2723,9$	$f(t)=-0,9t^2 + 30,567t - 237,53$	$f(t)=-0,3667t^2 + 11,3t - 73,333$	$f(t)=-0,7111t^2 + 21,378t - 124,31$

Emisyon değerleri ise 1,1’de yer alan formül kullanılarak her bir taşıt sınıfı için taşıt kilometrelerine göre ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$\text{Emisyon (gr)} = \text{Emisyon Faktörü (gr/km)} \times \text{Aktivite (km)} \quad (1.1)$$

Her bir Euro sınıfına ait emisyon faktörleri COPPERT III model raporundan hesaplanmıştır (Ntziachristos vd., 2000). Emisyon faktörleri belirlenirken taşıtların ortalama hızı  $30\text{km h}^{-1}$  olarak kabul edilmiştir. Tablo 3,4 ve 5’te yer alan emisyon faktörleri kullanılarak emisyon envanteri oluşturulmuştur.

Tablo 3. Otomobil için emisyon faktörleri

Otomobil	Benzinli			Dizel		
	pre Euro	Euro 1	Euro 3	pre Euro	Euro 1	Euro 3
EF(g/km)						
CO	32,97	3,82	2,14	0,77	0,62	0,62
NO <sub>x</sub>	1,975	0,35	0,084	0,59	0,81	0,62
HC	2,87	0,23	0,03			
PM				0,24	0,07	0,05

Tablo 4. Hafif ticari taşıtlar için emisyon faktörleri

Hafif ticari	Benzinli			Dizel		
	pre Euro	Euro 1	Euro 3	pre Euro	Euro 1	Euro 3
EF(g/km)						
CO	22,33	6,81	3,54	1,25	0,49	0,40
NO <sub>x</sub>	2,49	0,46	0,096	2,29	1,29	1,08
HC	2,57	0,28	0,04			
PM				0,281	0,08	0,05

Tablo 5. Otobüs, kamyon ve motosiklet için emisyon faktörleri

Otobüs	Dizel	Kamyon	Dizel	Motosiklet	Benzinli
EF(g/km)	pre Euro	EF(g/km)	pre Euro	EF(g/km)	pre Euro
CO	4,69	CO	3,512	CO	15
NO <sub>x</sub>	15,9	NO <sub>x</sub>	7,49	NO <sub>x</sub>	0,03
VOC	1,32	VOC	2,03	VOC	9
PM	0,64	PM	0,813	PM	

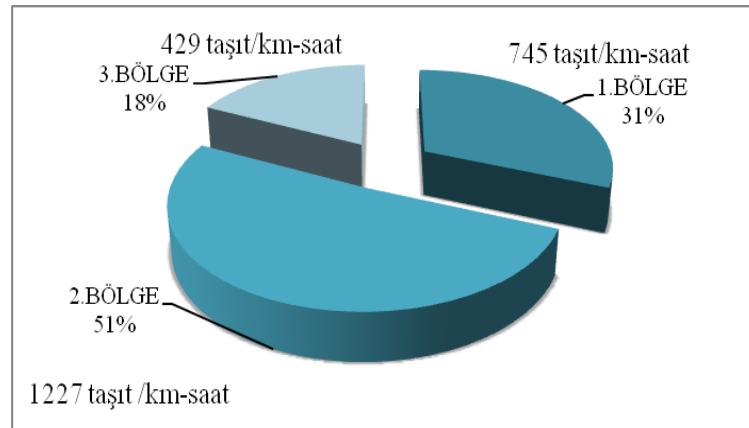
## TARTIŞMA

**Trafik karakteristiği** Adapazarı'nın bölgelere ayrılması, caddelerin seçimi ve seçilen caddelerde yapılan taşıt sayımlarının sonucu olarak her bir bölgenin taşıt kilometresi hesaplanmıştır. Toplam taşıt kilometresi 1.212.668,38km-taşıtlık olup, taşıt kilometresinin % 18'i 1.bölgede, % 26'sı 2.bölgede ve % 56'sı ise 3.bölgede olduğu belirlenmiştir. Belirlenen bölgeler için taşıt yoğunluğu Grafik 1'de gösterildiği gibi bulunmuştur. Saatlik ölçümler yapılan tüm caddelerdeki taşıtların % 50'sini otomobil, %43'ünü hafif ticari taşıt, %4'ünü otobüs, %1'ini ağır ticari taşıt ve %2'sini ise motosiklet sınıfının oluşturduğu bulunmuştur.

Saatlik sayım sonuçlarına göre, 1.bölgedeki toplam taşıt sayısı 8603, 2.bölgedeki toplam taşıt sayısı 7366 ve 3.bölgedeki toplam taşıt sayısı ise 6319 olarak belirlenmiştir. Seçilen 3 bölge için trafik karakteristiği ise Grafik 2,3 ve 4'te gösterilmektedir.

Bölge 1 için Grafik 2'de görüldüğü gibi trafikte toplam aktif taşıt sayısının %52'sini otomobil sınıfının, %42'sini hafif ticari taşıt sınıfının, %2'sini otobüs sınıfının ve %1'ini ağır ticari taşıt sınıfının oluşturduğu yani otomobil sınıfının diğer taşıt sınıflarına oranla çok daha büyük bir orana sahip olduğu sayımlar sonucunda bulunmuştur.

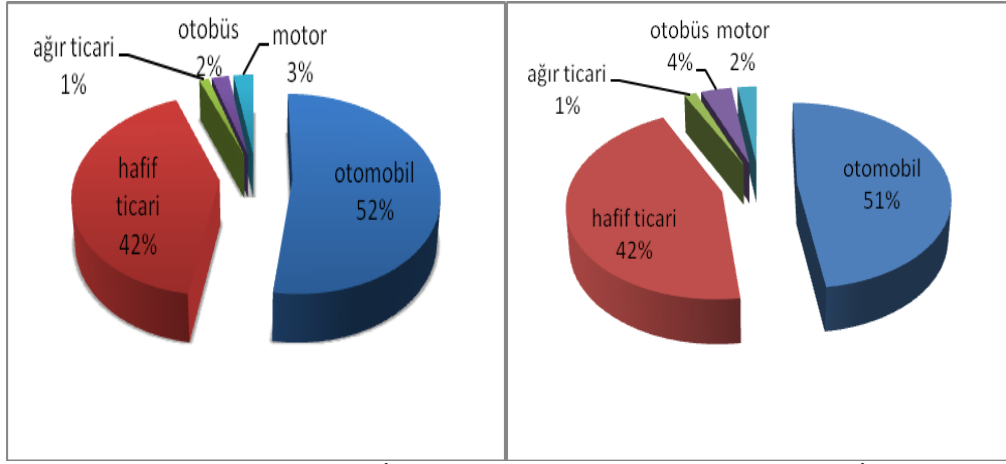
Bölge 2 için Grafik 3'te görüldüğü gibi trafikte toplam aktif taşıt sayısının %51'ini otomobil sınıfının, %42'sini hafif ticari taşıt sınıfının, %4'ünü otobüs sınıfının ve %1'ini ağır ticari taşıt sınıfının oluşturduğu ve otobüs sayısının arttığı bulunmuştur. Bölge 3 için Grafik 4'te görüldüğü gibi trafikte toplam aktif taşıt sayısının %52'sini otomobil sınıfının, %33'ünü hafif ticari taşıt sınıfının, %11'ini otobüs sınıfının ve %3'ünü ise ağır ticari taşıt sınıfının oluşturduğu bulunmuştur. Aynı zamanda bölge 3, bölge 1 ve bölge 2 ile kıyaslandığında otobüs ve ağır ticari taşıt sayısının daha büyük bir paya sahip olduğu belirlenmiştir.



Grafik 1. Seçilen 3 Bölgeye Ait Taşıtlık Yoğunlukları

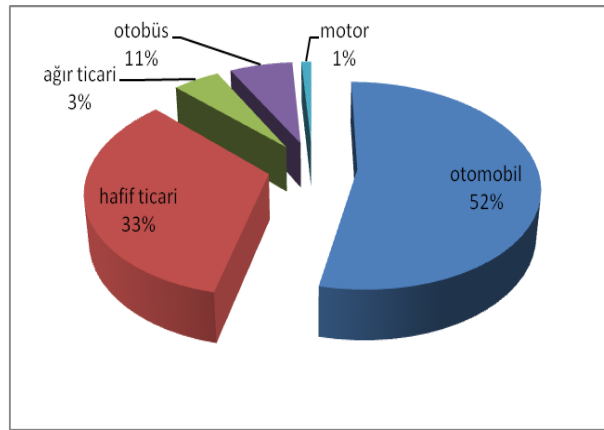
İncelemeler sonucunda otomobil ve hafif ticari taşıtların seçilen bölgelerde trafiğin önemli bir kısmından sorumlu olduğunu ve hatta bölge 1 ve 2 trafiğin %90'dan fazlasından sorumlu olduğu belirlenmiştir.

**Emisyon Envanteri** Çekimler sonucunda taşıt sınıflandırılması Sakarya Emniyet Müdürlüğü Trafik Tescil Şube Müdürlüğünden alınan 2007 yılı emniyet kayıtlarına göre yapıldıktan sonra her bir taşıt sınıfına ait taşıt sayısı aktivasyon katsayıları kullanılarak bulunmuştur. Seçilen caddelerde benzinli ve dizel taşıtlar için NO<sub>x</sub>, CO, HC ve PM emisyon miktarları ise cadde uzunlukları ve emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan bu hesaplamalar diğer taşıt türleri ve seçilen tüm caddeler için tekrarlanmıştır. Hesaplamalara göre zamana bağlı emisyon değerlerine örnek olarak Tablo 6.a ve 6.b'de gösterilen Adnan Menderes Caddesinde oluşan ulaştırma kaynaklı emisyon değerleri verilmektedir.



Grafik 2. Bölge 1 için Taşıt İstatistiği

Grafik 3. Bölge 2 için Taşıt İstatistiği



Grafik 4. Bölge 3 için Aktif Taşıt İstatistiği

Tablo 6.a. Adnan Menderes Caddesi için Emisyon Değerleri(g)

Adnan Menderes Caddesi		Otomobil (benzin)			Hafif ticari (dizel)		
	Zaman	NO <sub>x</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO	PM
	8	2693,769	44245,12	3774,865	4675,409	2270,726	475,7319
	9	2959,485	48609,5	4147,221	4797,374	2329,962	488,1421
	10	3189,84	52393,08	4470,025	4855,526	2358,204	494,0592
	11	3384,834	55595,85	4743,276	4849,864	2355,454	493,483
	12	3544,467	58217,81	4966,974	4780,387	2321,711	486,4136
	13	3668,738	60258,97	5141,12	4647,097	2256,976	472,8511
	14	3757,649	61719,33	5265,713	4449,992	2161,247	452,7953
	15	4196,17	68922,03	5880,227	4556,003	2212,734	463,5821
	16	4368,352	71750,11	6121,511	4515,982	2193,296	459,5099
	17	4272,5	70175,75	5987,191	4329,852	2102,898	440,5708
	18	3908,615	64198,94	5477,267	3997,614	1941,539	406,765
	19	3276,696	53819,69	4591,739	3519,268	1709,218	358,0923
	20	2376,744	39037,98	3330,607	2894,814	1405,937	294,5529
	21	1208,758	19853,82	1693,87	2124,251	1031,694	216,1466
	Toplam	46806,62	768798	65591,61	58993,43	28651,6	6002,696

Tablo 6.b. Adnan Menderes Caddesi için Emisyon Değerleri(g)

Adnan Menderes Caddesi		Otobüs (dizel)			Kamyon (dizel)			Motosiklet (benzin)		
	Zaman	NO <sub>x</sub>	CO	PM	NO <sub>x</sub>	CO	PM	NO <sub>x</sub>	CO	VOC
	8	7781,36	2386,83	325,71	161,61	75,78	17,542	2,22	1110,173	666,104
	9	15701	4816,06	657,2	169,81	79,62	18,432	2,391	1195,628	717,377
	10	20326,3	6234,8	850,81	171,56	80,44	18,622	2,534	1266,984	760,19
	11	21657,3	6643,07	906,52	166,87	78,24	18,113	2,649	1324,24	794,544
	12	19694	6040,86	824,34	155,73	73,02	16,904	2,735	1367,395	820,437
	13	14436,4	4428,16	604,27	138,16	64,78	14,996	2,793	1396,451	837,871
	14	5884,47	1804,98	246,31	114,14	53,52	12,389	2,823	1411,408	846,845
	15	7715,79	2366,72	322,96	119,99	56,26	13,024	2,884	1441,8	865,08
	16	8829,62	2708,37	369,59	119,4	55,98	12,96	2,831	1415,389	849,233
	17	9191,71	2819,43	384,74	112,36	52,68	12,196	2,665	1332,586	799,552
	18	8802,06	2699,91	368,43	98,878	46,36	10,733	2,387	1193,392	716,035
	19	7660,67	2349,81	320,66	78,956	37,02	8,5703	1,996	997,8069	598,684
	20	5767,53	1769,11	241,41	52,592	24,66	5,7086	1,492	745,8304	447,498
	21	3122,65	957,831	130,71	19,785	9,277	2,1476	0,875	437,4626	262,478
	Toplam	156571	48025,9	6553,6	1679,8	787,7	182,34	33,27	16636,55	9981,93

Tablo 6.a ve Tablo 6.b’de görüldüğü gibi otomobiller için maksimumu NO<sub>x</sub>, CO ve HC emisyon değerlerine saat 16.00’da ulaşılmış ve bu değerler sırasıyla 4368,3524g, 71750,11g ve 6121,511g şeklinde olurken hafif ticari taşıtlarda maksimum NO<sub>x</sub>, CO ve PM değerlerine saat 10.00’da ulaşılmış ve emisyon değerleri 4855,526g, 2358,204g ve 494,0592g olarak bulunmuştur.



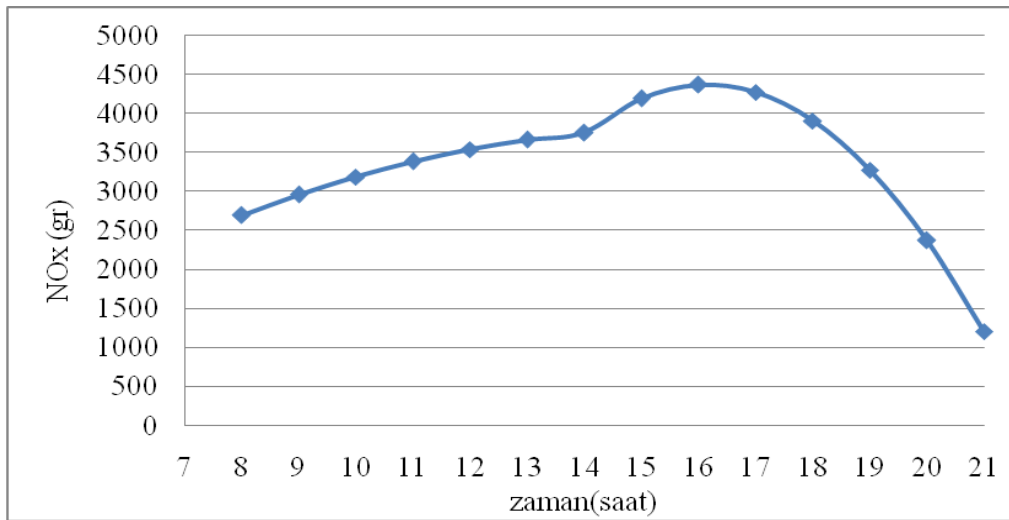
Adnan Menderes Caddesinde ve seçilen diğer caddelerde benzinli taşıtlarda NO<sub>x</sub>, CO ve HC emisyonlarının maksimum olduğu saatler otomobiller için 16.00, hafif ticari taşıtlar için 10.00 olduğu görülmektedir. Dizel taşıtlarda maksimum NO<sub>x</sub>, CO ve PM emisyonlarının görüldüğü saatler otomobillerde 16.00, otobüslerde 11.00, kamyonlar ve hafif ticari taşıtlarda 10.00 şeklindedir. Motosikletler için maksimum NO<sub>x</sub>, CO ve VOC emisyonları ise saat 15.00'da sırasıyla 2,884g, 1441,8g ve 865,08g olarak belirlenmiştir.

Caddelerde mevcut aktif taşıt sayısı zamana bağlı olarak değişim göstermekte ve bu değişim oluşan emisyon değerlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu yüzden emisyon tahmini yapılırken zamana bağlı değişim göz önünde bulundurulması envanterin güvenilirliğini daha da artıracaktır.

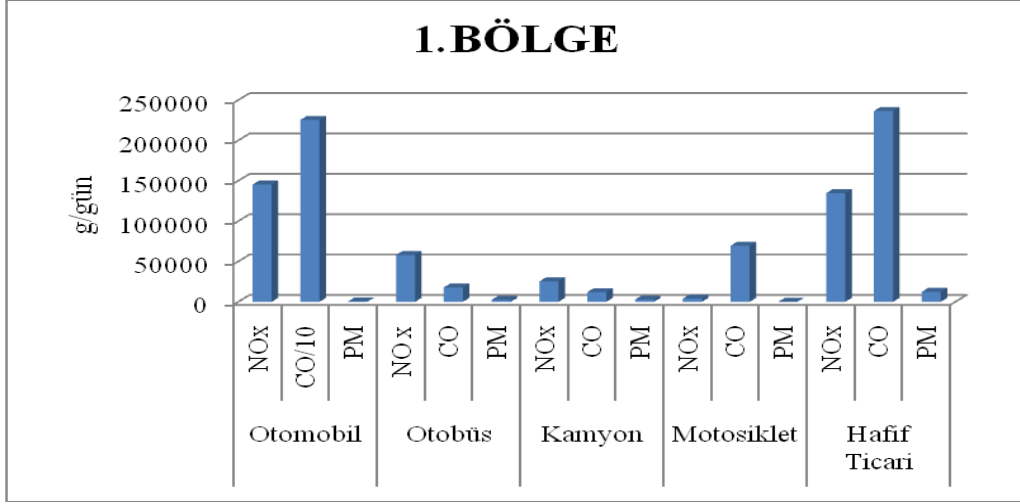
Adnan menderes Caddesinde otomobil kaynaklı NO<sub>x</sub> emisyonlarının saatlik değişimi Grafik 5'te gösterildiği bulunmuştur. Maksimum NO<sub>x</sub> emisyon değerine saat 15.00 ile 17.00 arasında ulaşıldığı görülmektedir.

Seçilen bölgelerde taşıt sınıflarına göre oluşan emisyon miktarları Grafik 6,7 ve 8'de gösterildiği gibidir. Grafik 6'da görüldüğü gibi 1.bölgede CO emisyonları en çok otomobillerden, NO<sub>x</sub> emisyonları otomobil ve hafif ticari taşıtlardan, PM emisyonları ise hafif ticari taşıtlardan kaynaklanmaktadır. Otomobillerden kaynaklanan NO<sub>x</sub> emisyonu 145,365kg gün<sup>-1</sup>, CO emisyonu 2254,006kg gün<sup>-1</sup>, hafif ticari taşıtlardan kaynaklanan PM ve NO<sub>x</sub> emisyonları ise sırasıyla 12,3617kg gün<sup>-1</sup>, 134,658kg gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

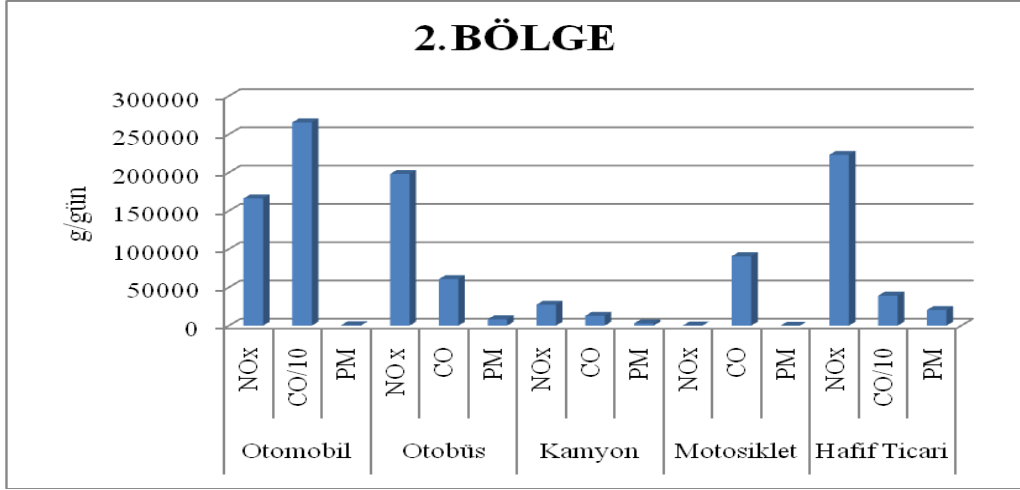
Grafik 7'de görüldüğü gibi 2.bölge için NO<sub>x</sub> emisyonları en çok otobüs ve hafif ticari taşıtlardan, PM hafif ticari taşıtlardan ve CO emisyonları ise otomobillerden kaynaklanmaktadır. Bu emisyon değerleri sırasıyla 198,063 kg gün<sup>-1</sup>, 223,145kg gün<sup>-1</sup>, 20,485 kg gün<sup>-1</sup> ve 2655,23kg gün<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. 3.bölgede ise Grafik 8'de görüldüğü gibi NO<sub>x</sub> emisyonları yoğunlukla otobüslerden kaynaklanmakta ve NO<sub>x</sub> emisyonu 835,628kg gün<sup>-1</sup> değerindedir. PM hafif ticari taşıtlardan ve CO emisyonları ise otomobillerden kaynaklanmakta ve sırasıyla 510,425 kg gün<sup>-1</sup> ve 11583,495kg gün<sup>-1</sup> değerindedir.



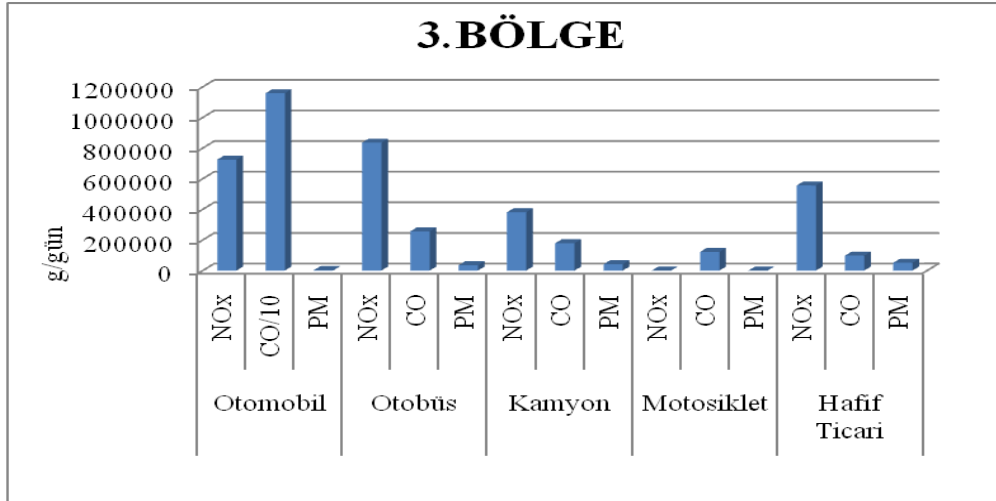
Grafik 5. Adnan Menderes Caddesi NO<sub>x</sub> emisyonları



Grafik 6. Bölge 1 için Taşıt Sınıflarına Göre Emisyon Miktarı(g/gün)



Grafik 7. Bölge 2 için Taşıt Sınıflarına Göre Emisyon Miktarı(g/gün)



Grafik 8. Bölge 3 için Taşıt Sınıflarına Göre Emisyon Miktarı(g/gün)

## SONUÇLAR

Yapılan incelemeler sonucu otomobil ve hafif ticari taşıtların, Adapazarı şehir içi trafiğinde sırasıyla %51 ve %40 olmak üzere büyük bir orana sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum şehir içi ulaştırma kaynaklı emisyonların genel kaynağının otomobil ve hafif ticari taşıtlar olduğunu göstermektedir. Bu emisyonların minimize edilmesinde hedef alınacak taşıt sınıfının da öncelikle otomobil ve hafif ticari taşıtlar olduğu belirlenmiştir. Şehir içinde belirlenen üç bölge incelendiğinde, 1.bölgede otomobil ve hafif ticari taşıtlar aktif taşıt sayısının sırasıyla %52 ve %42'sini, 2.bölgede %51 ve %42'sini ve 3.bölgede ise %52 ve %33'ünü oluşturmaktadır. Ayrıca 3.bölgede şehir içi ve şehirlerarası otobüs sayısı diğer iki bölgeye göre daha büyük bir paya sahip olduğundan hafif ticari taşıt sayısı bu bölgede azalma göstermiştir.

Şehir içi trafik karakteristikleri ve emisyonları zamana bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu sebeple emisyon envanterinin daha güvenilir olarak oluşturulabilmesi için şehir içi trafik karakteristiklerinin zamana bağlı değişimi incelenmiştir. Adnan Menderes Caddesi emisyon değerleri incelendiğinde, saat 08:00'de otomobil kaynaklı CO emisyonu 44245,12g, 12:00'de 4966,974g, 15:00'de 68922,03g, 18:00'da 64198,94g ve saat 21:00'de ise 19853,82g değerinde bulunmuştur. Hafif ticari taşıt kaynaklı NO<sub>x</sub> emisyonları ise saat 08.00'de 4675,409g, 12.00'da 4780,387g, 15.00'de 4556,003g, 18.00'de 3997,614g ve saat 21.00'da 2124,251g olarak bulunmuştur.

Ulaştırma kaynaklı emisyonların saatlik envanterinin belirlenmesi, gerçek zamanlı hava kalitesi modelleme çalışmaları için güvenilir girdi datalarının elde edilmesinde son derece önemlidir. Emisyon envanteri belirlenirken zamana bağlı değişimler göz önüne alındığında doğruluğu yüksek emisyon tahmini gerçekleştirilmiş olmaktadır. Yaptığımız bu çalışmada hem trafik karakteristiği belirlenmiş hem de gerçek zamanlı hava kalitesi modelleme çalışması için girdi dataları olarak kullanılacak emisyon envanteri elde edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Baldasano Jose´ Mari´a , Gu´ereca Leonor Patricia , Lo´pez Eugeni, Gasso´Santiago, Jimenez-Guerrero Pedro, Development of a high-resolution (1 km-1 km, 1 h) emission model for Spain: The High-Selective Resolution Modelling Emission System (HERMES), Atmospheric Environment 42 (2008) 7215–7233
- Bellasio R., Bianconi R., Corda G., Cucca P., Emission inventory for the road transport sector in Sardinia (Italy), Atmospheric Environment 41 (2007) 677–691
- Berkowicz R., Winther M., Ketzel M., Traffic pollution modelling and emission data Environmental Modelling & Software 21 (2006) 454-460
- European Environment Agency, 2004. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook—third ed. September 2004 Update. Technical Report no. 30.
- ETC/ACC 2005, Air Emissions Spreadsheet for Indicators 2004. Copenhagen, Denmark
- IEA, 2006. World Energy Outlook. International Energy Agency, ISBN 92-64-10989-7.

Jensen Steen Solvang, Mapping human exposure to traffic air pollution using GIS, *Journal of Hazardous Materials* 61 \_1998. 385–392

Kannai Akiyoshi, Tonooka Yutaka, Baba Tsuyoshi, Murano Kentaro, Development of multiple-species 1 km \_ 1 km resolution hourly basis emissions inventory for Japan, *Atmospheric Environment* 41 (2007) 3428–3439

Kousoulidou Marina, Ntziachristos Leonidas, Mellios Giorgos, Samaras Zisis, Road-transport emission projections to 2020 in European urban environments, *Atmospheric Environment* 42 (2008) 7465–7475

Ntziachristos, L., Samaras, Z., 2000. COPERT III Computer programme to calculate emissions from road transport. methodology and emissions factors (Version 2.1), EEA, Technical Report No. 49, Copenhagen.

Oanh N.T. Kim, Martel M., Pongkiatkul P., Berkowicz R., Determination of Fleet Hourly Emission and on-road Vehicle Emission Factor Using Integrated Monitoring and Modeling Approach, *Atmospheric Research* 89 (2008) 223–232

Saija Salvatore, Romano Daniela, A methodology for the estimation of road transport air emissions in urban areas of Italy *Atmospheric Environment* 36 (2002) 5377–5383

Soylu Seref, Estimation of Turkish Road Transport Emissions, *Energy Policy*, Volume 35, Issue 8, Pages 4088-4094, 2007.

Soylu S., Gümrükçüoğlu M., Bal A., Şentürk G., Aydınlar B., “Examination of urban transport characteristics and its emissions - Adapazari case study”, (Poster no: 064) ETTAP09 17th Transport and Air Pollution Symposium - 3rd Environment and Transport Symposium - June 2-4, 2009 Toulouse

Wallace Julie , Kanaroglou Pavlos, Modeling NOx and NO2 emissions from mobile sources: A case study for Hamilton, Ontario, Canada, *Transportation Research Part D* 13 (2008) 323–333

Westerdahl Dane , Wang Xing , Pan Xiaochuan , Zhang K. Max, Characterization of on-road vehicle emission factors and microenvironmental air quality in Beijing, China, *Atmospheric Environment* 43 (2009) 697–705

WHO, 2003, Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone, and nitrogen dioxide. Report on a WHO Working Group, Germany, 2003. /www.who.int/en

WHO, 2005a., Air quality guidelines for Europe; second edition Copenhagen. WHO Regional Office for Europe, WHO Regional Publications. European series; No 91. [www.euro.who.int/air/activities/20050223\\_4](http://www.euro.who.int/air/activities/20050223_4)

WHO, 2005b, Health effects of transport-related air pollution. WHO Regional Office for Europe Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen, Denmark