

KENT ÖLÇEKLİ ULAŞIM İÇİN MOTORLU TAŞIT EMİSYON ENVANTERİNİN HAZIRLANMASINDA VERİ TOPLAMA ÇALIŞMASI

Lokman Hakan TECER^{1(*)}, Nadir İLTEN², İhsan SERT³

¹Balıkesir Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çağış Kampus, Balıkesir

²Balıkesir Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Çağış Kampus, Balıkesir

³Kara Kuvvetleri Komutanlığı, Ordu Donatım Okulu, Motor Bölümü, Balıkesir

ÖZET

Çeşitli kaynaklardan yayılan emisyon envanterinin hazırlanmasında kullanılan çeşitli yaklaşımlar vardır. Bu yaklaşımlar emisyon kaynaklarıyla ilgili yeterli nitel ve nicel verinin sağlanması durumunda yüksek güvenilirliğe sahip olabilmektedirler. Bu çalışmada, COPERT metodolojisi temel alınarak Balıkesir ilindeki motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirleticilerin envanterinin hazırlanmasında kullanılan veri toplama süreci değerlendirilmiştir.

Bir kaynaktan çıkan emisyon envanterinin hazırlanmasında; temel olarak emisyon faktörü ve aktivite bilgisine ihtiyaç bulunmaktadır. COPERT metodolojisine göre motorlu taşıt emisyon envanteri için emisyon faktörleri laboratuvar koşullarında belirlenir, araç başına yapılan yıllık toplam kilometre ise aktiviteyi oluşturur. Bu çalışmada, araç başına yapılan yıllık toplam kilometre ve ilişkili diğer veriler kentte yapılan anket çalışmasıyla elde edilmiştir. Tüm sınıflarda 71291 il trafiğine kayıtlı aracın bulunduğu kent merkezinde araç sınıf oranları dikkate alınarak; araç sahiplerine uygulanan toplam 925 anket çalışmasıyla tüketilen yakıt, araç parkı, sürüş koşullarına ilişkin veriler toplanarak, bir örneklem oluşturulmuştur. Böylelikle kent içi ulaşımında sıcak emisyon envanteri için her bir araç kategorisinde, ayrı yakıt tiplerine göre yıllık kat edilen toplam kilometre bilgeleri elde edilmiştir. Hıza bağımlı emisyon faktörleri de kullanılarak emisyon envanteri hazırlanmıştır. Bu çalışmada tüm bu veri toplama süreci değerlendirilmiştir.

ABSTRACT

There are several approaches to prepare emission inventory from different sources. These approaches is powerful and accurate, if necessary input data related to emissions sources is available. In this study, the input data collection process was evaluated to prepare emissions inventory from motor vehicle in Balıkesir based on COPERT methodology.

While calculating the emissions from any sources, it's basically needed the emission factor and the information of activity. The emissions factors for motor vehicle emissions inventory is determined by COPERT, and activity data are included the annual mileage per vehicle class. In this study, annual mileage per vehicle class data and related other data with the vehicles in city center is acquired with the public survey. The test subject number, 925, has been determined depending on the total vehicle number (71291) and the determined vehicle classes according as standards. In this public surveys, fuel combustion, vehicle park, driving condition are determined. Thus, in the city transport, annual mileage per vehicle class, per

* lhatecer@balikesir.edu.tr

fuel type was obtained. The emissions inventory was calculated using speed dependent emission factors. In this stud, all input data collection process was evaluated.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Motorlu Taşı Emisyon Envanteri, Kent İçi Ulaşımında Veri Toplama, COPERT, Balıkesir

GİRİŞ

Son yüzyıldan itibaren çeşitli kaynaklardan atmosfere yayılan emisyonlar, önemli çevre sorunlarından biri olan hava kirliliğinin ve etkilerinin ciddi boyutlara ulaşmasına sebep olmaktadır. Sürdürülebilir hava kalitesini yakalamak atmosferik emisyonlar hakkında daha fazla bilgi sahibi olmakla mümkündür. Atmosferik emisyon envanterleri, hava kalitesi çalışmaları ve emisyon azaltım stratejilerinin belirlenmesi süreçlerine önemli katkı sağlayan araçlardır. Hava kalitesi limit ve standartlarının belirlenmesinde ve uygulanmasında merkezi ve yerel otoritenin karar alma süreçlerine yardımcı olacak bilgiler vermektedir. Endüstriyel ülkelerde ve özellikle kent merkezlerinde atmosferik emisyonların önemli bir kısmı kara yolu ulaşımından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden motorlu taşıt kaynaklı emisyon envanterlerinin mümkün olduğunca doğru bir şekilde hesaplanması gereklidir. Motorlu taşıt kaynaklı emisyonların kent atmosferindeki kirleticilerin önemli bir kısmını oluşturmaları ve bu emisyonların kent yaşamını olumsuz etkilemeleri emisyon envanteri çalışmalarını arttırmıştır. Bu çalışmalar sektörel bazda atmosfere bırakılan kirleticilerin çevresel etkilerinin ortaya konulması temellidir ve emisyon kontrol stratejilerinin belirlenmesine, bununla ilgili plan ve programların uygulanabilmesine, gelecekteki muhtemel senaryoların belirlenmesine ve yöneticilerin karar alma süreçlerine hizmet etmektedir.

Bir atmosferik emisyon envanteri, atmosferdeki kirletici emisyonlarıyla ilişkili verilerin toplanması olarak tanımlanabilir. Bu veriler kirleticilerin kimyasal tanımlanmasını, emisyonlardan sorumlu doğal, antropojenik aktivitelerin miktar tayinlerini emisyon faktörlerini veya bununla ilgili hesaplamaları, emisyonların bölgesel ve zamansal değişimlerini ve aktivitelerin profil bilgilerini içermesi gerekir (Bellasio vd., 2007).

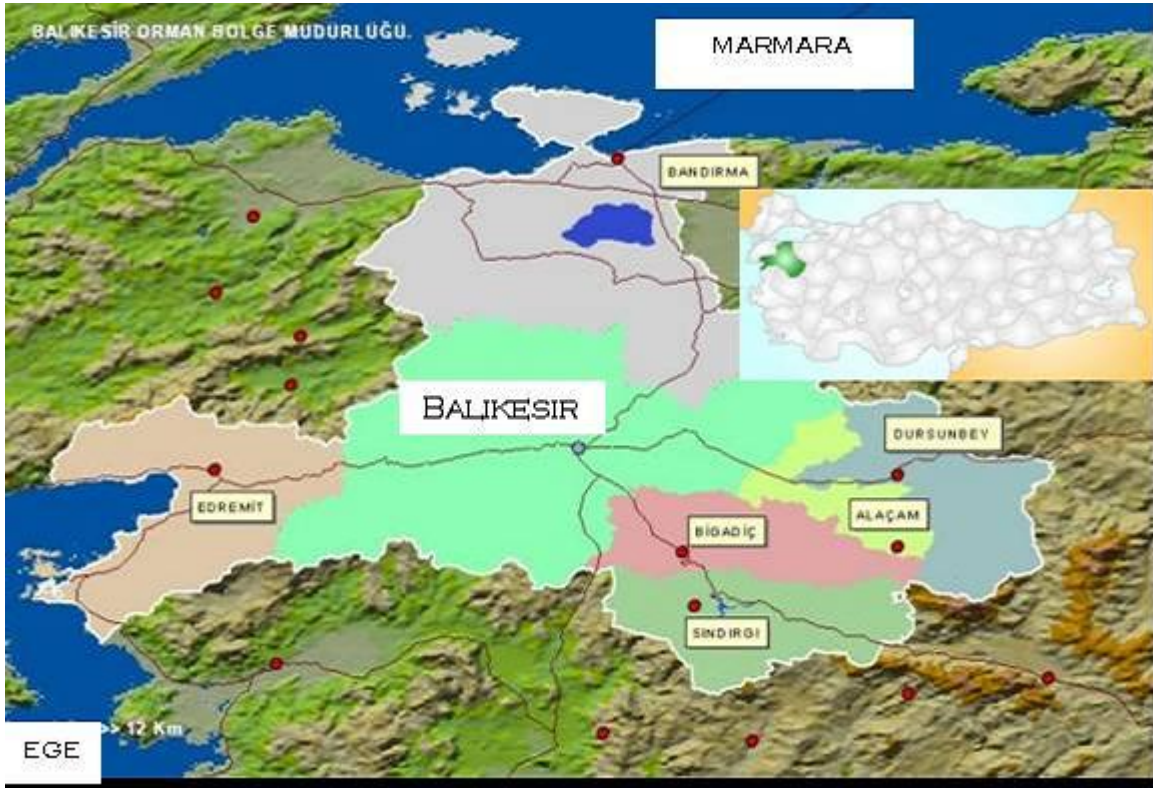
CORINAIR, MOBILE, MVEI gibi çeşitli seviyelerde gerçekleştirilen emisyon modellerinde yeterli verinin sağlanabilmesine bağlı olarak başarılı sonuçlar alınabilmektedir (Kouridis vd., 2000; Mobile, 2003; ARB 1996). Bu çalışmalar kara yolu ulaşımından kaynaklanan emisyonların envanterini ortaya koyarak mevcut durum ve gelecekle ilgili tahminleyici bir yaklaşımla değişik senaryolar üreterek yöneticilerin karar alma süreçlerine katkı sağlamışlardır. Bununla birlikte bir emisyon envanterinin gerektirdiği bazı detaylı verilerin (farklı araç katagorilerini için sürüş koşullarının belirlenmesi gibi) her koşulda temin edilmesi halen üstesinden gelinmesi gereken bir sorundur (Buron vd., 2004; Esktrom vd., 2004). Ancak yine de emisyon envanteri çalışmalarının önemi bu konuyla ilgili politikaların belirlenmesinde yön gösterici olması nedeniyle her geçen gün artmaktadır. Bu önem ve gereklilik, Avrupa ölçeğinde gerçekleştirilmiş bir emisyon envanteri çalışması olan CORINAIR ile kendini göstermiştir (EEA, 2004). CORINAIR emisyonlardan sorumlu aktiviteler gruplandırılarak, başlıca 11 sektör için 25 ülkeyi kapsayan bir envanter çalışmasıdır. Bu sektörlerden biri olan karayolu ulaşımı COPERT metodolojisi ile yerini almıştır. COPERT metodolojisi karayolu ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların hesaplanması için Avrupa seviyesinde hesaplama ve emisyon faktörlerinin belirlendiği bir

metodoloji çalışmasıdır. Karayolu ulaşımı kaynaklı emisyon envanteri için Avrupa’da en yaygın kullanılan modeldir (EEA, 2006).

Bu çalışmada, COPERT metodolojisine göre kent ölçeğinde bir emisyon envanteri hazırlaması aşamalarında gerekli verilerin elde edilmesine yönelik alan çalışması yapılmıştır. Anket çalışması yoluyla uygun veriler toplanarak emisyon envanteri hazırlanmıştır. Balıkesir kent merkezi motorlu taşıtlar emisyon envanteri için gerçekleştirilen veri toplama ve süreçleri değerlendirilmiştir.

Çalışma Bölgesi: Balıkesir

Balıkesir ilinin büyük bir kısmı Güney Marmara’da yer almakla birlikte, hem Marmara hem de Ege Bölgesi’nde toprakları bulunmaktadır. Doğuda Bursa, Kütahya, güneyde İzmir, Manisa; batıda Ege Denizi, Çanakkale ve kuzeyde Marmara Denizi ile çevrilidir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma bölgesi: Balıkesir

Balıkesir’de özellikle kış aylarında trafik, ısınma ve enerji kullanımı sebebiyle tüketilen fosil yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliği yaşanmaktadır. 2005-2006 kış sezonunda Balıkesir İl Merkezi, Türkiye genelinde hava kirliliği açısından I. Grup kirli iller arasında yer almıştır. Kentsel yerleşim planı, topoğrafik yapı ve meteorolojik şartlar da kentte yaşanan hava kirliliğinin hissedilmesine katkıda bulunmaktadır. Özellikle çanak şeklindeki yapı, kuvvetli rüzgarların azalması, yüksek basınç ve hava sıcaklığının düşmesi hava kirliliğini arttırmaktadır.

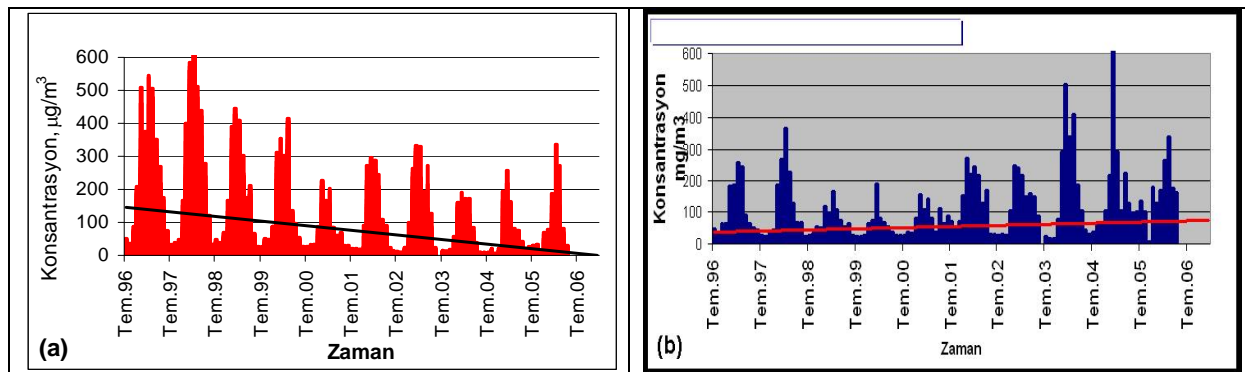
1996-2006 dönemine ait 10 yıllık hava kirleticileri (TPM, SO₂) istatistikleri Tablo 1’de verilmiştir. 10 yıllık gözlem sonuçlarından SO₂ trendinin azalma eğiliminde, TPM trendinin de artma eğiliminde olduğu Şekil 2’den görülmektedir.

Table 1. Kirletici konsantrasyonları ve meteorolojik veri istatistikleri (Tecer, 2008)

	1996-2006		1980-2006					
	TPM ($\mu\text{g m}^{-3}$)	SO ₂ ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Rüzgar (m sn^{-1})	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Nem (%)	Basınç (mb)	Bulutluluk (x/10)	Yağış (mm)
N	3529	3549	9826	9857	9857	9857	9862	3821
Ortalama	53,46	78,40	1,64	14,57	70,56	1000,79	4,28	3,79
Std. Sapma	51,85	95,71	1,66	8,10	12,70	6,40	3,29	7,53
Minimum	0	1	,0	-9,2	27,3	973,6	,0	,0
Maksimum	1119	666	19,4	32,6	99,7	1024,5	10,0	126,8
Yüzdelikler								
25	22,00	16,70	,50	7,80	61,70	996,40	1,00	,00
50	36,00	38,00	1,10	14,80	70,30	1000,10	3,70	,50
75	66,00	101,00	2,30	21,70	80,30	1005,00	7,00	4,40
90	113,20	213,00	3,90	25,00	87,70	1009,50	9,00	11,98
95	154,70	284,00	5,10	26,30	91,00	1012,00	10,00	18,20
99	241,38	455,50	7,40	28,50	95,70	1017,00	10,00	34,69

SO₂ konsantrasyonlarının ortalaması $78.40 \mu\text{g m}^{-3}$, standart sapması ise $95.71 \mu\text{g m}^{-3}$ tür. Bu standart sapma değeri ile SO₂ 10 yıllık dönem içerisinde oldukça değişkenlik göstermiştir. Maksimum ve minimum değerler arasındaki fark $666 \mu\text{g m}^{-3}$ olmuştur ki, bu değişim dönemsel epizotların yaşandığı anlamına gelmektedir.

1996-2006 döneminde TPM konsantrasyonları SO₂'nin aksine bir artış göstermiştir. 10 yıllık dönem ortalaması $53.46 \mu\text{g m}^{-3}$ ve standart sapması $51.85 \mu\text{g m}^{-3}$ 'tür. TPM konsantrasyonları da yıllar arasında değişkenlik göstermiştir. Ölçüm yapılan 3529 gün içerisinde yaklaşık 353 gün $113 \mu\text{g m}^{-3}$ 'ün üzerinde bir TPM kirliliği yaşanmıştır. Tüm ölçüm günlerinin %1'lik kısmında TPM konsantrasyonları $241 \mu\text{g m}^{-3}$ 'ün üzerinde ölçülmüştür. Zaman zaman pik değerlerin ölçüldüğü günler olmakla birlikte ölçümlerin %75'i $66 \mu\text{g m}^{-3}$ 'ün altındadır. Ancak TPM için genel artış trendi önemlidir. Bu artışın önemli kaynakları arasında kentteki araç sayısının artması gösterilebilir (Tecer 2008).



Şekil 2. 1996-2006 dönemi (a). SO₂, (b). TPM günlük ortalama ve trendleri (Tecer, 2008)

MATERYAL VE METOD

Çalışmada Balıkesir kent merkezi motorlu taşıtlar emisyon envanteri COPERT (COmputer Programme to Estimate emissions from Road Traffic) metodolojisine göre hazırlanmak istenmiş ve buna yönelik veri toplama süreçleri değerlendirilmiştir. Çalışma bölgesinin tanıtımı, emisyon envanteri ve anket çalışması detayları takip edilen bölümlerde verilmiştir.

Emisyon Envanteri

Bir emisyon envanteri hazırlanması için ideal metodoloji belirli bir bölge için belirli zamanda farklı kaynaklardan atmosfere atılan emisyonların direkt olarak ölçülmesi yoluyla belirlenmesidir. Ancak böyle bir yaklaşım pratikte uygulanabilir değildir. Çünkü envanterler genellikle tüm bölgeyi ve değişik emisyon kaynaklarını içine alan kapsamda gerçekleştirilmek istenir. Ayrıca çeşitli kaynaklardan yayılan emisyonların doğası gereği de direkt ölçümler yoluyla tam bir miktar belirlenmesi yapılamamaktadır. Bu yüzden emisyon ve kaynaklarıyla ilişkili verilerin toplanarak istatistiksel değerlendirilmelerinin yapıldığı yaklaşımlar yaygın olarak uygulanmaktadır. Veri toplama sürecinin tamamlanmasından sonra kaynak aktivitelerinin ve kaynağa özgü emisyon faktörlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu metod kaynak aktiviteleri ve emisyon arasındaki lineer bir ilişki üzerine kurulmuştur ve aşağıdaki denklemde ifade edilmiştir;

$$E_i = A * EF_i \quad (1)$$

Burada;

E_i : i kirleticinin emisyonu ($g \text{ yıl}^{-1}$)

A : Aktivite (yakıt tüketimi, yıllık kat edilen km vb.)

EF_i : i kirletici için emisyon faktörü ($g \text{ l}^{-1}$ üretim, $g \text{ km}^{-1}$ yol gibi)

Kirletici emisyonlarının doğru ve tam olarak belirlenmesi kirleticiyle ilişkili emisyon faktörünün ve kaynak aktivitesinin iyi değerlendirilmesi gerekmektedir.

Emisyon envanteri hesaplamalarında; yerel, bölgesel veya ulusal ölçeklerine bağlı olarak değişik yaklaşımlar kullanılabilir. Emisyon envanterlerinin ihtiyaç duydukları yüksek çözünürlükteki verilerinin kirletici grubu ve kaynağa göre sağlanabilmesi için kullanılan teknikler genel olarak 'aşağıdan yukarıya' ve 'yukarıdan aşağı doğru' olarak sınıflandırılabilir. Çalışma alanının küçük ve sınırlı olduğu durumlarda yeterli veri temin edilebiliyorsa aşağıdan yukarıya doğru yaklaşım uygulanabilir (Colville vd., 2001). Başka bir deyişle yerel ölçekte yukarıdan aşağı doğru yaklaşımın gerektirdiği yakıt tüketimi miktarı gibi verilerin belirlenmesi zordur. Bu emisyon envanteri tekniğinde ulusal ölçekli veriler kullanılarak ulusal envanterler hazırlanmaktadır. Emisyon envanterinin oluşturulmasındaki yaklaşımların seçimi, emisyon kaynağına, sektör ve bölgeye bağlı olarak değişmektedir. Envanterlerin ihtiyaç duyduğu verilerin nicel ve nitel olarak doğru bir şekilde temin edilmesi envanterin güvenilirliğini belirleyen en önemli parametrelerden birisidir. Karayolu ulaşımında aşağıdan yukarıya doğru yaklaşımla hazırlanacak bir envanter için; araç parkı ve kompozisyonunun doğru belirlenmesi, her bir araç grubunun toplam yaptığı yıllık kilometre, trafik akış şartları, hız bileşeni gibi verilerin uzaysal ve zamansal belirlenebilmesi önemlidir (Ariztegui vd., 2004).

Anket Çalışması ve Verilerin Toplanması

Karayolu ulaşımından atmosfere atılan emisyonların başlıca üç kaynağı bulunmaktadır;

-Eksoz emisyonları
-Soğuk emisyonlar; araç motorunun ısınmasına kadar ilave emisyon yayar.
-Buharlaşma emisyonları; araçların yakıt sistemlerinden, motor ve tanklardan yakıtın buharlaşması sonucu oluşur.
Motorlu taşıt kaynaklı emisyonların hesaplanmasında genel olarak;

$$Emisyon(E) = \sum_{abcd} (EF_{abcd} * A_{abcd}) + \sum_b soğ_b + \sum_b buhar_b \quad (2)$$

formülü kullanılır. Burada ;

Emisyon (E): kara yolu ulaşımından kaynaklanan toplam emisyon

EF: emisyon faktörü (g l⁻¹ üretim, g km⁻¹ yol gibi)

A: Aktivite (yakıt tüketimi veya katedilen yol)

Soğ: soğuk sürüş koşullarından kaynaklanan ekstra emisyonlar

Buhar: buharlaşmadan kaynaklanan ekstra emisyonlar

a: yakıt tipi (benzin, dizel, LPG vb.)

b: araç tipi (otomobil, kamyon vb.)

c: emisyon kontrol sistemleri

d: yol tipi veya araç hızını temsil etmektedir.

Bu genel denklemlerle ifade edilen motorlu taşıt kaynaklı emisyonların hesaplanması denklemler parametreleriyle ilişkili verilerin toplanmasını gerektirmektedir. Bu kapsamda gerekli veriler;

- Her bir yakıt tipi için tüketilen yakıt miktarı,
- Araç parkındaki her bir araca takılı emisyon kontrol sistemi,
- Sürüş karakteristikleri (ortalama hızı,yol tipi gibi),
- Bakım,
- Araç parkının model yaşı dağılımı,
- Sürüş mesafesi,
- İklim

Genellikle tüm bu dataların temin edilmesi mümkün değildir. Ancak çalışmanın ulusal veya yerel olmasına ve ulaşılabilen verilere bağlı olarak ‘yukarıdan aşağı doğru’ veya ‘aşağıdan yukarı doğru’ yaklaşımıyla emisyon envanteri çıkartılabilir. Mevcut verilerin kent ölçeğinde olduğu durumlarda aşağıdan yukarıya doğru yaklaşımı kullanılabilir. Bu çalışmada emisyonların hesaplanmasında gerekli olan tüm veriler Balıkesir şehir merkezi ölçeğinde anket çalışması yapılarak temin edilmiştir.

Anket; sistematik bir veri toplama yöntemi olarak tanımlanabilir. Bu yöntemle veriler, önceden belirlenmiş insan gruplarına amaca uygun bir dizi sorular sorularak elde edilir. Sıklıkla kullanılan bir veri toplama yöntemi olmakla beraber, uygun koşullar altında uygulandığında beklenen yararı sağlayacaktır. Ankette soruların hazırlanması, örneklerin seçimi, yönetimi, uygulama yöntemleri gibi hususlar anketin ‘geçerli’ ve ‘güvenilir’ olmasını doğrudan etkiler. Bu çalışmada; yukarıda sıralanan motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların hesaplanmasında gerekli verilerin temin edilmesi amacıyla anket çalışması yapılmıştır. Anketin amacı, Balıkesir il merkezindeki motorlu taşıtların sebep olduğu emisyonların hesaplanmasında gerekli olan; tüketilen yakıt miktarı, araç parkı, sürüş karakteristikleri, sürüş mesafesi gibi verilerin temin edilmesidir. Bu amaçla kentteki il trafik müdürlüğüne kayıtlı araç bilgilerinden hareketle anketin uygulanacağı örneklem grubu oluşturulmuştur.

Olasılık örnekleme yöntemlerinden ‘tabakalı rastgele örnekleme’ yaklaşımı seçilmiştir. Olasılık örnekleme yöntemi, birimlerin evrenden her seferinde eşit olasılıkla seçilmesidir. Bir başka deyişle örneklemedeki elemanlar evrenden rasgele seçilmiştir. Bu yöntemin içinde yer alan ‘tabakalı rasgele örnekleme’ ise incelenecek denekler herhangi bir özelliğine göre değişiklik gösteriyorsa yani bir tabakalanma içeriyorsa uygulanan bir yaklaşımdır. Bu çalışmada; il merkezindeki araç parkını oluşturan araçların tipi (otomobil, kamyon, otobüs gibi) birbirlerinden farklı özellikler gösterdiklerinden ve ayrı emisyon hesaplaması gerektirdiklerinden ‘tabakalı rastgele örnekleme’ yapılmıştır. Bu tabakadaki araç sayıları birbirlerine eşit olmadığından; orantılı seçim yapılmıştır. Örneklem büyüklüğü, evren büyüklüğü dikkate alınarak oluşturulmuştur. Anket ticari ve özel araç sahipleriyle yüz yüze görüşülerek, resmi kurumlardan ilgili kayıtlar alınarak ve şoförleriyle yüz yüze görüşerek gerçekleştirilmiştir.

Anketi oluşturan sorular;

- Aracın nerde ve ne amaçla kullanıldığı; özel, ticari veya kamuya ait olup olmadıkları,
- Aracın türü, markası ve model yılı,
- Aracın kullandığı yakıt türü,
- Aracın yılda kadettiği kilometre,
- Aracın hangi yol tipinde yılda ortalama kaç kilometre yol kat ettiği,
- Yıllık ortalama yakıt tüketimi,
- Yol tipine göre ortalama hız verilerine ulaşılmaya çalışılmıştır.

SONUÇLAR

İl merkezindeki sınıflarına göre araç ve uygulanan anket sayıları, yakıt ve emisyon kontrol sistemlerine göre sınıflandırmaları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Balıkesir il merkezi taşıt parkı ve uygulanan anket sayıları (2007).

Araç Sınıfı	% Taşıt Dağılımı	Taşıt Sayısı	Anket Sayısı
Otomobil	52.08	37127	354
Minibüs	2.45	1748	86
Kamyonet	16.07	11459	149
Otobüs	1.74	1237	87
Kamyon	4.62	3297	72
Motosiklet	23.04	16423	177
Toplam*	100	71291	925

Buna göre kent merkezindeki toplam 71291 araç için 925 anket yapılmıştır. Anketten taşıtların silindir hacmi, kullanılan yakıt türü, emisyon standartlara göre sınıflandırmaları ile yıllık kat edilen kilometre ve ortalama hızlara ait detaylı bilgiler de elde edilmiştir.

Tablo 3’de 6 taşıt sınıfına ait 39 ayrı kategoride ortalama kat edilen kilometre ve hızlar verilmektedir. Kent içi ulaşımda otomobillerin tüm sınıflarının 2007 yılında kat ettikleri yolun (ve hızlarının) ortalama 16.033 km (52 km saat⁻¹), minibüslerin 28.626 km (53 km saat⁻¹), kamyonetlerin 25.127 km (43 km saat⁻¹), otobüslerin 24.762 km (53 km saat⁻¹), kamyonların 22.629 km (43 km saat⁻¹), ve motosikletlerin 5.274 km (45 km saat⁻¹) olduğu bilgisine

ulaşmıştır. Dizel ve LPG yakıtlı araçların benzinli araçlara göre ortalamada daha fazla kilometre yaptığı görülmektedir.

Anket çalışmasıyla elde edilmek istenen diğer bir veri de yıllık toplam yakıt tüketimidir. Bu veriler yakıt tüketim miktarı, yakıt için ödenen bedel ve aracın katalog yakıt tüketim değerine ilişkin sorulardan ortalama miktarlar elde edilmiştir. Araç sürücülerinin bu sorulardan herhangi birine verdiği cevaplardan günlük, aylık ve yıllık olarak hesaplanan yakıt tüketim miktarları Tablo 4'te yakıt türlerine göre verilmiştir.

Kentte en çok dizel, daha sonra benzin ve LPG tüketimi olmaktadır. Hafif ticari araç olan kamyonetler dizel yakıt kullanan araçlar arasında en çok yakıt tüketen araç sınıfı olmuştur. Benzin tüketiminde otomobiller ilk sırayı almıştır.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, aşağıdan yukarıya doğru yaklaşımıyla COPERT metodolojisi kullanılarak taşıt ulaşımı kaynaklı emisyonların hesaplanmasında ihtiyaç duyulan dataların anket yoluyla temin edilmesi gerçekleştirilmiştir. Kent ölçeğinde yapılan çalışmalarda lokal kaynaklarla ilgili veri toplama süresinde benzer anket çalışmaları yapılabilmektedir (Bellasio vd., 2007).

Balıkesir il merkezi araç emisyonlarının COPERT metodolojisiyle ihtiyaç duyulan toplam kilometre her bir araç sınıfı için ayrı ayrı belirlenmiştir. Kent içi ulaşımda yıllık en fazla yolu 28.626 km ile minibüsler yapmaktadır. Bunları 25.127 km ilk hafif ticari araçlar olan kamyonetler ve 24762 km ile otobüsler izlemektedir.

Dizel otomobiller, benzinli otomobillere göre fazla yol kat etmiştir. Benzin /dizel araçlar için toplam katedilen yol miktarları sırasıyla 12.321 km ve 19.283 km dir. Bu oran Avrupa ülkelerinin pek çoğuyla uyum göstermiştir. Avusturya için benzin/dizel paylaşımı 16641 km/18156 km, Belçika için 14.319 km/22.774 km, Almanya için 11.596 km/15.353 km'dir (EEA 2006). Tüm Avrupa ülkelerinde en çok kilometre otobüs, ağır kirletici ve hafif kirletici araçlar tarafından kat edilmiştir. Motosiklet için bu çalışmada bulunan 5.274 km, İrlanda haricindeki tüm Avrupa ülkelerinden fazladır.

Kent içi ulaşımda her bir araç sınıfına göre ortalama hızlar 43-53 km saat⁻¹ aralığında değişmektedir. Araçların yıl boyunca tükettikleri yakıt miktarlarına bakıldığında yıllık 45.825 ton ile dizel yakıt, 10.595 ton ile benzin ve 11.579 ton ile LPG tüketildiği hesap edilmiştir. Benzin tüketiminde otomobiller, dizel yakıt tüketiminde ise kamyonetler ilk sırayı almıştır.

Tablo 3. Balıkesir il merkezi taşıt parkına ait sınıflandırma, ortalama kat edilen yol ve hızlar.

Araç Sınıfları	Silindir Hacmi (CC)/Ağırlığı (Ton)	Yakıt Türü	Emisyon Standardı	Ortalama km	Ortalama Hız (km saat ⁻¹)
Otomobil	0-1.4	Benzin	15.04	9843	46.67
	1.4-2	Benzin	15.04	11829	46.79
	0-1.4	Benzin	Euro I	15459	50
	1.4-2	Benzin	Euro I	15642	50
	0-1.4	Benzin	Euro III	9057	55
	1.4-2	Benzin	Euro III	12094	52,5
	0-2	Lpg	15.04 Öncesi	4360	49.12
	0-2	Lpg	15.04	19487	49.18
	0-2	Lpg	Euro I	15732	49.52
	0-1.4	Lpg	Euro III	37080	53
	<2	Dizel	15.04 Öncesi	3600	50
	<2	Dizel	Euro I	27500	47.50
	<2	Dizel	Euro III	26749	49.68
Minibüs	<3,5	Dizel	<Euro I	32320	48.93
	<3,5	Dizel	Euro I	26988	53,33
	<3,5	Dizel	Euro III	26569	52,83
Kamyonet	<3,5	Dizel	<EuroI	18059	45
	<3,5	Dizel	EuroI	29977	48.75
	<3,5	Dizel	Euro III	27345	53
Otobüs	<7,5	Dizel	<Euro I	13002	50
	<7,5	Dizel	Euro I	29512	46.11
	<7,5	Dizel	Euro III	30410	48.85
	2,5-7,5	Dizel	<EuroI	14444	60
	2,5-7,5	Dizel	Euro I	29844	50
	2,5-7,5	Dizel	Euro III	31360	48.75
Kamyon	<7,5	Dizel	<EuroI	23035	42.14
	<7,5	Dizel	Euro I	22484	43.75
	<7,5	Dizel	Euro III	17318	45.00
	2,5 -7,5	Dizel	<EuroI	17240	42
	2,5-7,5	Dizel	Euro I	25599	43
	2,5-7,5	Dizel	Euro III	30097	44.17
Motosiklet	<50 cm ³	Benzin	Euro I	3760	37.5
	>50 cm ³ 2 Z	Benzin	Euro I	5358	40
	>50 cm ³ 2 Z	Benzin	Euro III	6000	46.67
	<250 cm ³ 4 Z	Benzin	<EuroI	4157	48.33
	<250 cm ³ 4 Z	Benzin	Euro I	4163	48.75
	<250 am ³ 4 Z	Benzin	Euro II	4663	50
	250-750 cm ³ 4 Z	Benzin	Euro I	4933	45
	250-750 cm ³ 4 Z	Benzin	Euro III	4978	46.25

Tablo 4. Balıkesir il merkezi yakıt türlerine göre yıllık toplam yakıt tüketimi, (ton yıl⁻¹).

Yakıt türü	Benzin	Dizel	LPG
Tüketimi (ton yıl ⁻¹)	10.595	45.825	11.579

Karayolu ulaşımından kaynaklanan ve atmosfere atılan emisyonların Avrupa ölçeğinde yaygın olarak kullanılan COPERT metodolojisine göre hesaplanmasında ihtiyaç duyulan verilerin tam olarak temin edilmesi mümkün olamamaktadır. Yakıt türü ve tüketimi, araç parkı ve kompozisyonu, katedilen kilometre, ortalama hız, yol koşulları, emisyon faktörleri gibi veriler direkt gözlem-ölçüm, uzman kabulleri veya temsili istatistiksel datalarla temin edilmektedir. Ancak tüm emisyon modelleri yapısal olarak bir takım belirsizliklere sahiptirler. Genel olarak bu belirsizlikler pek çok çalışmaya konu olmuştur ve iki genel başlık altında ifade edilmiştir;

- Emisyon faktörlerinin belirlenmesi ve değişik coğrafi alanlara uygulanmasındaki belirsizlikler,
- Aktivite (toplam kilometre, sıcak-soğuk çalışma, ortalama hız, haftanın günleri gibi) datasıyla ilgili belirsizlikler emisyon miktarlarını önemli ölçüde etkileyebilmektedir.

Bunlara ilaveten anket çalışmasıyla veri toplama yöntemi de başlıca bir belirsizlik kaynağı oluşturabilmektedir. Oluşturulan örneklemin evreni temsil kabiliyeti, sorulara verilen cevapların geçerli ve güvenilir olup olmadığı gibi hususlar belirsizlik üretebilmektedir. Tüm bunlara rağmen, motorlu araçlardan atmosfere bırakılan emisyonların hesaplanması, modellenmesi, uzman kabulleri ve/veya temsili istatistiksel datalara ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca, emisyon envanterinin oluşturulması ulaşım politikalarının çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerinin değerlendirilmesinde ve sürdürülebilir politikaların belirlenmesinde karar vericilere yardımcı bir araç olmaktadır.

KAYNAKLAR

ARB. Methodology for estimating emissions from on-road motor vehicles. Technical Support Division, Mobile Source Emission Inventory Branch, Air Resources Board, California Environmental Protection Agency, California, 1996.

Ariztegui, J., Casanova, J. ve Valdes, M. A structured methodology to calculate traffic emissions inventories for city centres, *Science of the Total Environment*, 334-335, 101-109, 2004.

Bellasio, R., Bianconi, R., Corda, G. ve Cucca, P. Emission inventory for the road transport sector in Sardinia (Italy), *Atmospheric Environment*, 41, 677-691, 2007.

Buron, J.M., Lopez, J.M., Aparicio, F., Martin, M.A. ve Garcia, A. Estimation of road transportation emissions in Sapin from 1988 to 1999 using COPERT III program. *Atmospheric Environment*, 38 (5), 715-724, 2004

Colville, R.N., Hutchinson, E.J., Mindell, J.S. ve Warren, R.F. The transport sector as a source of air pollution. *Atmospheric Environment* 35, 1537-1565, 2001.

Ekstrom, M., Sjodin, A. ve Andreasson, K. Evaluation of the COPERT III emission model with on-road optical remote sensing measurements. *Atmospheric Environment*, 38, 6631–6641, 2004.

European Environment Agency. COPERT 4—Computer programme to calculate emissions from road transport. User’s manual (Version 3.0). November 2006.

European Environment Agency. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook—third ed. September 2004 Update. Technical Report no. 30, 2004.

Kouridis, C., Ntziachristos, L. ve Samaras, Z. COPERT III. Computer programme to calculate emissions from road. Transport. User Manual (Version 2.1), EEA, Technical Report No. 50, Copenhagen, , 2000.

Mobile. User’s Guide to MOBILE6.1 and MOBILE6.2, Mobile Source Emission Factor Model. EPA420-R-03-010. Assessment and Standards Division Office of Transportation and Air Quality US Environmental Protection Agency, 2003.

Tecer L.H. Balıkesir’de kentsel hava kirliliği. meteoroloji ve sağlık etkilerinin incelenmesi, 1. Güney Marmara Bölgesel Gelişme Sorunları Ulusal Sempozyumu, 02-03 Haziran 2008, Bandırma, Balıkesir, 2008.