

KOCAELİ İLİ KÖRFEZ İLÇESİ'NDEKİ SANAYİ KAYNAKLI EMİSYONLARIN KENT ATMOSFERİNDEKİ DAĞILIMLARININ CALPUFF MODELİ İLE BELİRLENMESİ

Kazım Onur DEMİRARSLAN^{1(*)}, Şenay Çetin DOĞRUPARMAK²

¹ Artvin Çoruh Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Artvin,

² Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

ÖZET

Körfez İlçesi Marmara Bölgesinin sanayi bakımından yoğun bölgeleri arasında yer aldığından, bu bölgenin hava kalitesinin belirlenmesi ve izlenmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada, Körfez İlçesi'nde sanayi kaynaklı CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ ve VOC emisyonlarının hava kalitesine olan katkılarının ve kent atmosferindeki dağılımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, ilçede bulunan 28 adet sanayi tesisi değerlendirilmiş bu tesislerden kaynaklanan emisyon dağılımları, California Puff Model (CALPUFF) ile belirlenmiştir. Bu model, "Atmosferik Çalışma Grubu" (Atmospheric Studies Group) tarafından geliştirilen kararlı olmayan durumlarda zaman ve bölgeye göre değişen meteorolojik koşullar içerisinde kirleticilerin taşınımını, kimyasal dönüşümlerini ve giderimlerini tahmin etmekte kullanılan Gaussian Puff modellemesidir. CALPUFF modelleme sistemi EPA tarafından, kirleticilerin uzun mesafe taşınımının ve etkilerinin karmaşık meteorolojik ve jeofiziksel durumlarda tahmini için kabul görmüş ve tavsiye edilmiştir. Kaynaklarla ilgili modele girilen veriler baca sayısı (adet), baca yüksekliği (m), baca gazı hızı (m/s) ve sıcaklığı (Kelvin), baca iç çapı (m) ve kirletici konsantrasyonu (g/s) şeklindedir. Bunların yanında çalışma alanının 5 senelik saatlik meteorolojik verileri ile çalışma alanına ait arazi yapısının dijital verileri de kullanılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda, günlük ve yıllık dağılım haritaları ile en yüksek konsantrasyon değerleri elde edilmiştir. Buna göre çalışma alanında CALPUFF modelleme programı tarafından tahmin edilen günlük ve yıllık en yüksek konsantrasyonlar sırasıyla CO için 140,88 µg/m³ ve 17,21 µg/m³, NO_x için 62,33 µg/m³ ve 3,89 µg/m³, SO₂ için 64,93 µg/m³ ve 8,88 µg/m³, PM₁₀ için 148,86 µg/m³ ve 12,47 µg/m³, VOC için 570,75 µg/m³ ve 55,13 µg/m³ olarak bulunmuştur.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

CALPUFF, Dağılım Modeli, Körfez İlçesi, Sanayi Kaynaklı Emisyonlar

ABSTRACT

Determining the air quality and air pollution changes of the region is quite important, due to gulf county of the Marmara district is located in the busy areas of the region in terms of industry. Therefore, aim of this study is effects of CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ and VOC emissions on the air quality and determine the dispersion rate of this materials on the city atmosphere

* onurdemirarslan@artvin.edu.tr

due to industrial activities. In the scope of study, 28 industrial plants in the county are examined and dispersion of emissions are calculated with California Puff Model (CALPUFF). This model is called Gaussian Puff Modelling, is used to estimate transport of pollutants and changing of meteorological conditions with depends the area in unstable situations and time, created by Atmospheric Studies Group. CALPUFF modelling is suggested and accepted pattern to estimate long distance transportation of pollutants and influence of complex meteorological and geophysical situations. The input values of sources are number of chimney, height of chimney (m), velocity of stack gas (m/s), temperature (K), inner diameter of chimney (m), and pollutants concentration (g/s). In addition to these, 5 years-hours meteorological data with digital data set of the topology of the working area are used. At the end of the study, daily and annual dispersion maps with the most concentration values are created. The conclusion, estimation of daily and annual the most concentration are obtained by CALPUFF modelling software. Results are 140,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 17,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for CO, 62,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 3,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for NO_x, 64,93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 8,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for SO₂, 148,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 12,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM10, and 570,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 55,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for VOC, respectively.

KEYWORDS

CALPUFF, Dispersion Modeling, Körfez District, Industrial Emissions

1.GİRİŞ

Hava kirliliği tanım olarak belirli şehir ya da bölgenin havasının çeşitli kaynaklar tarafından doğal yapısının bozulmasıdır, günümüzde endüstriyel gelişme, artan enerji ihtiyacı, ulaşım ve nüfus artışıdaki hız gibi nedenler hava kirliliği sorununu önemli boyutlara getirmiştir. Hava kirliliği olayında akla hemen troposfer kirlenmesi gelmektedir. Troposfer tabakası antropojenik ve doğal faaliyetlerin içerisinde gerçekleştiği atmosferin en küçük hacimli ve toprağı saran tabakasıdır. Antropojenik ve doğal faaliyetler sonucunda bu tabakaya birtakım yabancı maddeler karışmaktadır. Sonuç olarak bu kirlenme olayı partiküllerden ve gazlardan ya da bunların karışımından meydana gelmektedir (Güney, 2004; Gündüz, 1998; Gürpınar, 1998). Hava kirliliği görsel olarak estetik yapılar, vejetasyon, hayvanlar, toprak, su kalitesi ve insan sağlığı gibi yaşanan çevre üzerinde birçok yönden önemli etkilere sahiptir. Hava kirliliği özellikle kentleşmenin yoğun olduğu yerlerde tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır. Bunun başlıca nedeni ise, konutlarda ısınma amaçlı kullanılan yakıtlar, trafik yoğunluğu ve sanayinin bu alanlarda yoğunlaşmasıdır (Akman, Ketenoğlu vd. 2000).

İnsan faaliyetleri nedeniyle oluşan hava kirleticileri, noktasal, alansal, çizgisel ve hacimsel gibi çok çeşitli kaynaklardan atmosfere yayılmaktadır. Bu çalışmaya konu olan noktasal kaynaklar; kirleticilerin tek bir yerden atmosfere yayıldığı kaynak çeşidi olarak tanımlanabilir. Yer seviyesinde veya yer seviyesinden yüksekte olabilmektedir. Özellikle endüstri tesislerinden yayılan kirleticiler çok çeşitli olmalarından dolayı büyük öneme sahiptirler. Fırınlara, bacalara ve menfezler noktasal kaynak olarak sayılabilir. Bu kaynaklardan yayılan kirleticilerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin birbirlerinden çok farklı olmasının yanı sıra, insana ve çevreye olan olumsuz etkileri de değişiklik göstermektedir (Demirarslan ve Doğruparmak, 2013; Demirarslan vd., 2013).

Yapılan bu çalışma kapsamında ele alınan kirleticilerden biri olan CO yanma reaksiyonu sırasında oksijenin ortamdaki tüm karbonu tam olarak oksitlemeye yetmemesi sonucunda

ortaya çıkan eksik bir yanma ürünüdür. Bu kirletici kandaki hemoglobin (Hb) ile birleşerek karboksihemoglobin (COHb) yaparak, vücutta oksijen taşınımını sekteye uğratmakta ve oksijen eksikliğinden dolayı ölümlere yol açmaktadır (Müezzinoğlu, 2003; Karpuzcu 2004). Çalışmada ele alınan bir diğer kirleticide NO_x tir. Bu kirletici yüksek sıcaklığa ve yüksek basınca sahip yanma odalarında havada bulunan azotun oksitlenmesiyle meydana gelmektedir ve fotokimyasal sisin ana bileşenlerindedir (Vesilind ve Morgan, 2004).

SO₂ kirleticisi de diğer kirleticiler gibi birçok kaynaktan atmosfere karışmaktadır. Bu kaynaklardan en önemlisi kükürt içeren fosil yakıtların yanması ile oluşmaktadır. SO₂ suda ve dolayısıyla vücut sıvılarında büyük ölçüde çözünebilir bir gazdır. En önemli etkisi üst solunum yollarının cidarlarını zedeleyerek, sonuçta hava akışına olan direncini azaltmasıdır. SO₂'nin etkisi kronik olmaktan çok akut olarak meydana gelmektedir (Demirarslan ve Doğruparmak, 2014).

Hava kirliliği dağılım çalışmasında incelenen kirleticiler arasında bulunan partikül kirleticiler havada bulunan katı ve sıvı tanecikler olarak tarif edilmektedir. PM₁₀ standardı ise partikül kirleticilerin parçacık çaplarının 10 mikrometre veya daha az olmasıdır. Bu tür kirleticiler mobil kaynaklardan ve yanma reaksiyonunun olduğu noktalardan kaynaklanabilmektedir. Başlıca kaynaklar arasında, trafik ve enerji santralleri sayılabilmektedir. Bu kirleticiler özellikle solunum sistemlerinde ve karaciğer dokusunda hasarlara, kansere sebep olabilmektedir (URL-1).

Çalışmada ele alınan son kirletici VOC denilen ve havadaki hidrokarbon gaz ve/veya buharları olarak tanımlanan bileşiklerdir ve fosil yakıtlarla çalışan motorların egzozları, solventler ve benzinin buharlaşması, kimyasal madde üretimi, petrol rafinasyonu, atık giderme sahaları gibi kaynaklardan atmosfere yayılırlar. Genelde VOC'lerin en büyük kaynağı çizgisel kaynak olup otoyollar sayılabilir. VOC'lerin, kansere, çocuklarda ve yeni doğanlarda gelişme bozukluğuna, hamilelikte düşüğe neden olduğu ve pulmoner sisteme zarar verdiği, merkezi sinir sistemi, göz, solunum yolları (burun ve boğaz) tahrişi, baş ağrısı, koordinasyon kaybı, mide bulantısı, karaciğer, böbrek ve merkezi sinir sistemi üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir (Müezzinoğlu, 2000; Demirarslan, 2012).

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada Kocaeli İli Körfez İlçesi'nde bulunan sanayilerden kaynaklı CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ ve VOC emisyonlarının konsantrasyon dağılımları CALPUFF View 5.8 dağılım modeli kullanılarak tahmin edilmiş ve dağılım haritaları elde edilerek bu kirleticilerin etki alanları hakkında bilgiler elde edilmiştir.

2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı Kocaeli İli'nin sanayi bakımından en yoğun ilçelerinden biridir. Bu nedenle bölgede nüfus ve yerleşim alanları son yıllarda oldukça artmıştır. İlçe merkezinin nüfusu 2014 verilerine göre 146210 kişidir. Sanayi kuruluşları dahil olmak üzere ilçede 3864 iş yeri bulunmaktadır. İlçenin yapılaşma oranı % 60 iken yeşil alan oranı ise % 40 civarında bulunmaktadır. Körfez İlçesi yalnızca sanayisiyle değil liman ve iskeleleri ile lojistik bir yer haline gelmiştir. İlçede Aygaz, İpragaz, Milangaz gibi LPG şirketlerinin yanında İGSAŞ gübre fabrikası ve TÜPRAŞ Petro Kimya Tesisleri de bulunmaktadır (Demirarslan ve Doğruparmak, 2015)



Şekil 1. Çalışma alanının uydu görüntüsü (Google Earth, 2015)

2.2. Hava kirliliği dağılım modellemesi

Hava kalitesini azaltan kirleticilerin atmosfer içerisindeki davranışları, meteorolojik olaylar ve atmosferin dinamik yapısından önemli derecede etkilenmektedir. Bir kaynaktan çıkan kirleticilerin atmosferdeki dağılımları rüzgâr hızı ve yönü, sıcaklık, güneş ışığı oranı, bulutluluk, atmosferik türbülans, inversiyon katmanı, karışım yüksekliği ve yağışlılık gibi meteorolojik koşullara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu atmosferik etkiler, atmosferde görülen fiziksel kanunlardan ve olaylardan oluşmaktadır. Atmosferdeki fiziksel durumlar taşınımı ve dağılımı kolaylaştırmakta veya kısıtlamaktadır. Rüzgâra bağlı uzaklık incelendiğinde, gazların deşarj noktasından gidebileceği en uzak mesafenin, kirletici gazların atmosfer içerisindeki maksimum çözünürlüğüne bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Bu durumun sonucu olarak da kaynaktan ne kadar çok uzaklaşırsa, yer seviyesindeki kirletici konsantrasyonları o miktarda azalmaktadır. Hâkim rüzgâr yönü, duman bulutu akımının yönünü de belirlemektedir. Rüzgârın hızı duman bulutu akımına etki etmektedir. Hızlı bir rüzgârda duman bulutu akımı da hızlı olacaktır. Ayrıca seyrelme oranı da artacaktır (Demirarslan, 2015).

Hava kalitesi dağılım modelleri, emisyon, meteoroloji, arazi kullanımı, topografya ve atmosfer verilerinin kullanılmasıyla kirletici konsantrasyonlarının hesaplanmasında kullanılan, birikimin ve diğer faktörlerin arasındaki ilişkilerin tanımlandığı sayısal araçlardır. (Bentajeb, vd. 2014; Coelho, vd. 2014; Daly ve Zannetti, 2007).

Bu çalışmada kullanılan dağılım modeli CALPUFF VIEW 5.8.0 sürümüdür. Program, çok katmanlı, kararsız hal puff dağılım modellemesidir ve farklı meteorolojik koşullarda kirleticilerin havadaki hareketlerini tahmin etmektedir. Puff modeller, devamlı olarak salınan kirletici dumanlarını çok sayıda ayrılmış kirletici kümeleri olarak ifade etmektedir. CALPUFF modelleme sistemi üç ana bileşenden oluşmaktadır; bunlardan ilki kirleticilerin uzun mesafeli taşınımını modellemek için EPA tarafından tavsiye edilen CALPUFF programı, ikincisi saatlik olarak rüzgar ve ısı alanlarını üç boyutlu olarak modelleyen meteorolojik model CALMET ve son olarak grafiksel çıktıları gösteren CALPOST (Demirarslan ve Doğruparmak, 2014).

2.3. Model giriş verileri

Yapılan çalışmada kullanılan meteorolojik veri olarak saatlik bazda yıllık veridir. Modelde “Lakes Environmental Software” tarafından kaydedilmiş 2005-2009 yılı saatlik yüzeysel meteorolojik verileri kullanılmıştır. Bu veriler saatlik sıcaklık, rüzgar hızı ve yönü ve basınç ile günlük bulut yükseklikleri ve yağış ölçümlerini içermektedir. Ayrıca modelleme çalışmasında üst hava meteorolojik verileri de kullanılmıştır.

Noktasal kaynak kapsamında kullanılan veriler ise baca sayısı (adet), baca yüksekliği (m), baca gazı hızı (m/s) ve sıcaklığı (Kelvin), baca iç çapı (m) ve kirletici konsantrasyonu (g/s) şeklindedir.

3. BULGULAR

Kocaeli İli Körfez İlçesi’nde bulunan sanayi kaynaklı (noktasal kaynak) CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ ve VOC emisyonları CALPUFF View 5.8 programı yardımıyla modellenmiş günlük ve yıllık dağılım haritaları oluşturulmuş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

3.1. Sanayi kaynaklı CO dağılımları

Çalışma alanında bulunan 20 adet fabrika bacasından yayılan CO emisyonu CALPUFF View 5.8 programına girilmiş ve yapılan çalışma ile elde edilen sonuçlar Tablo 1’de, günlük ve yıllık dağılım haritaları Şekil 2’ de verilmiştir.

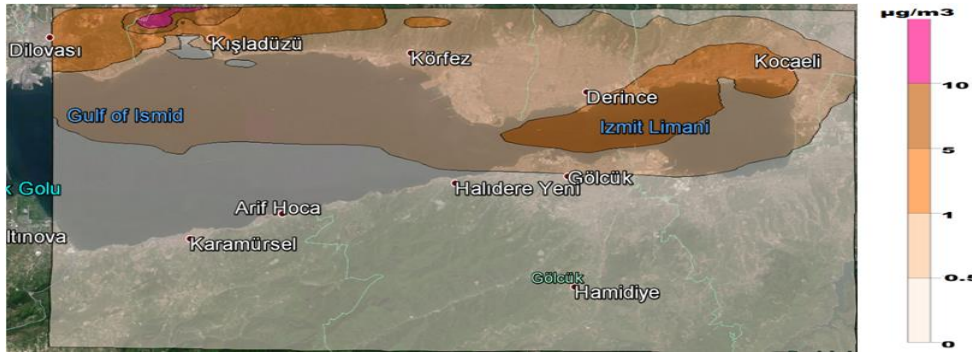
Tablo 1. CALPUFF View programı ile günlük ve yıllık olarak hesaplanan sanayi kaynaklı en yüksek CO konsantrasyonları ve alıcı noktalarının koordinatları

Konsantrasyon (µg/m ³)	Alıcı Noktası UTM Koordinatları	Alıcı Noktası Coğrafik Koordinatları
Günlük		
140,88	x- 720711,00 y- 4519846,00	40° 47' 59,89" N 29° 36' 58,77" E
Yıllık		
17,21	x- 719231,00 y- 4519106,00	40° 47' 37,34" N 29° 35' 54,69" E

Şekil 1’ deki günlük ve yıllık dağılım haritaları incelendiğinde, konsantrasyon dağılımının Hereke ile Tavşancıl Beldesi arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Bölgede yüksek CO emisyonuna sahip üç adet tesisin bulunmasının bu konsantrasyonları etkilediği düşünülmektedir. Elde edilen günlük CO dağılım haritasında Karamürsel ve Gölcük İlçeleri’nde konsantrasyon seviyelerinin 5-15 µg/m³ aralığında olduğu hesaplanmıştır ve dağılım yönü sahil kesiminde görülmektedir. Yıllık dağılım haritası incelendiğinde ise Derince İlçesi sınırları içerisinde yer alan bir yoğunlaşma saptanmaktadır. Bu yoğunlaşmanın, meteorolojik veriler incelendiğinde rüzgarın kuzeydoğu yönünde esmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



a. Günlük dağılım



b. Yıllık dağılım

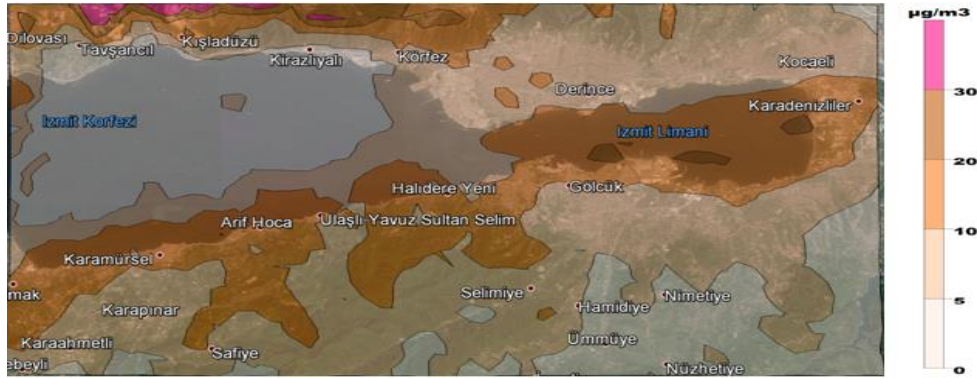
Şekil 2. CALPUFF View programı ile oluşturulan sanayi kaynaklı günlük ve yıllık CO dağılım haritaları

3.2. Sanayi kaynaklı NO_x dağılımları

Çalışma alanında bulunan 15 adet fabrika bacasından yayılan NO_x emisyonu CALPUFF View 5.8 programına girilmiş ve yapılan çalışma ile elde edilen sonuçlar Tablo 2’de, günlük ve yıllık dağılım haritaları Şekil 3’ de verilmiştir.

Tablo 2. CALPUFF View programı ile günlük ve yıllık olarak hesaplanan sanayi kaynaklı en yüksek NO_x konsantrasyonları ve alıcı noktalarının koordinatları

Konsantrasyon (µg/m ³)	Alıcı Noktası UTM Koordinatları	Alıcı Noktası Coğrafik Koordinatları
Günlük		
62,33	x- 721451,00 y- 4519846,00	40° 47' 59,17" N 29° 37' 30,27" E
Yıllık		
3,89	x- 722191,00 y- 4519846,00	40° 47' 58,45" N 29° 38' 1,81" E



a. Günlük dağılım



b. Yıllık dağılım

Şekil 3. CALPUFF View programı ile oluşturulan sanayi kaynaklı günlük ve yıllık NO_x dağılım haritaları

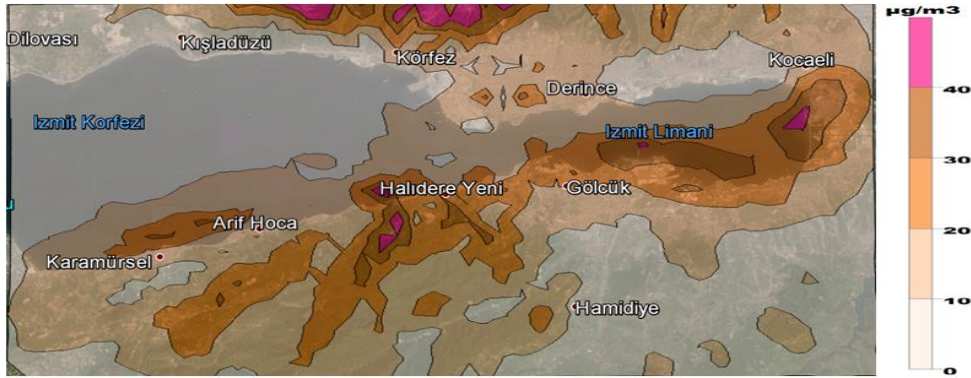
Şekil 2'deki günlük ve yıllık dağılım haritaları incelendiğinde, en yüksek konsantrasyonun Körfez İlçesi petrokimya tesislerinin bulunduğu kısım ile Hereke ve Tavşancıl bölgelerinin kuzey kısımlarında olduğu görülmektedir. Bölgede yüksek NO_x emisyonuna sahip tesisin bulunmasının bu konsantrasyonları etkilediği düşünülmektedir. Ayrıca Derince İlçesi sınırları içerisinde yer alan bir yoğunlaşma da saptanmaktadır. Bu yoğunlaşmanın, meteorolojik veriler incelendiğinde rüzgarın kuzeydoğu yönünde esmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.3. Sanayi kaynaklı SO₂ dağılımları

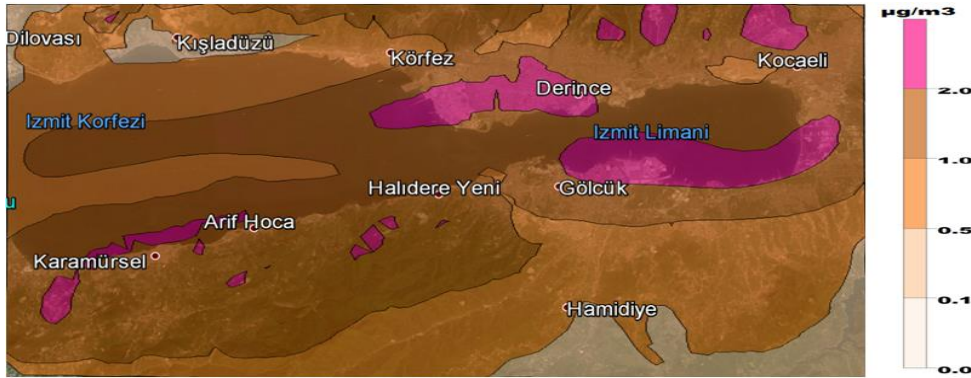
İlçede bulunan 15 adet sanayi tesisinde bulunan bacalardan yayılan SO₂ emisyon miktarları modelleme programına girilmiştir. Yapılan çalışma ile elde edilen sonuçlar Tablo 3'de özetlenmiş ve günlük ile yıllık dağılım haritaları ise Şekil 4'de verilmiştir.

Tablo 3. CALPUFF View programı ile günlük ve yıllık olarak hesaplanan sanayi kaynaklı en yüksek SO₂ konsantrasyonları ve alıcı noktalarının koordinatları

Konsantrasyon (µg/m ³)	Alıcı Noktası UTM Koordinatları	Alıcı Noktası Coğrafi Koordinatları
Günlük		
64,93	x-732551,00 y-4519106,00	40° 47' 24,16" N 29° 45' 22,45" E
Yıllık		
8,88	x-734771,00 y-4515406,00	40° 45' 22,03" N 29° 46' 52,06" E



a. Günlük dağılım



b. Yıllık dağılım

Şekil 4. CALPUFF View programı ile oluşturulan sanayi kaynaklı günlük ve yıllık SO₂ dağılım haritaları

CALPUFF View tarafından elde edilen dağılım haritası incelendiğinde, ilçenin kuzey kesiminde yoğunlaşmanın olduğu fark edilmektedir. Yine bu program ile hesaplanan en yüksek konsantrasyonun alıcı noktası ilçenin kuzey kesiminde bulunmaktadır. Yıllık dağılım haritası incelendiğinde ise SO₂ konsantrasyonunun Derince ilçesi ile Gölçük İlçesi'nin sahil kısımlarında yoğunlaştığı ayrıca Karamürsel kıyılarında da yoğun olduğu görülmektedir.

Bunun yanında CALPUFF-VIEW tarafından hesaplanan yıllık en yüksek konsantrasyon Körfez İlçesi'nin iç kesiminde bulunmaktadır.

3.4. Sanayi kaynaklı PM₁₀ dağılımları

Körfez İlçesi'ndeki noktasal kaynaklardan meydana gelen partikül madde dağılımları incelenirken, ilçede bulunan 21 adet sanayi tesisinde bulunan bacalardan yayılan partikül madde emisyonları modelleme programına girilmiştir. Yapılan çalışma ile elde edilen sonuçlar Tablo 4'de özetlenmiş, günlük ve yıllık dağılım haritaları ise Şekil 5'de verilmiştir.

Şekil 4'de görüldüğü gibi, CALPUFF VIEW ile elde edilen günlük dağılım haritası incelendiğinde, yoğun olan bölgeler ilçenin kuzey doğusu ile kuzey batısında yer almaktadır. En yüksek konsantrasyon hesaplandığı alıcı noktasının koordinatları ise ilçe merkezinin kuzeybatısını göstermektedir. Yıllık dağılım haritasında ise yine ilçenin kuzey doğusunda yoğunlaşma fark edilmektedir. Bu noktanın koordinatları ilçenin kuzey doğusunu göstermektedir.

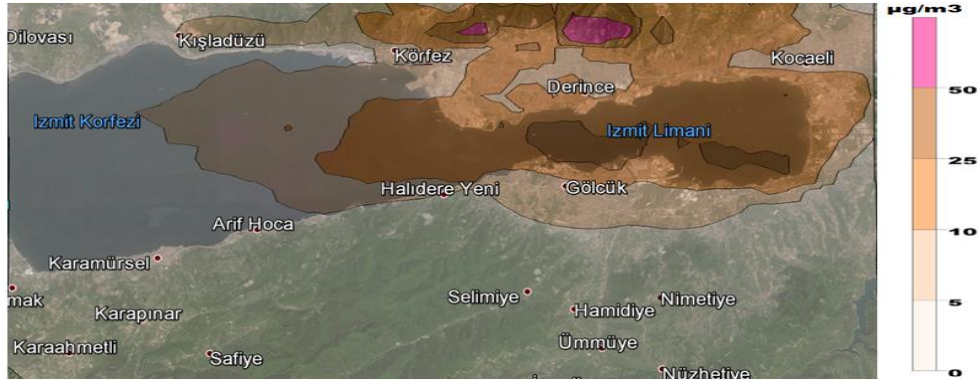
3.5. Sanayi kaynaklı VOC dağılımları

Bu çalışmada toplam VOC dağılımları için ilçede bulunan 16 adet fabrika bacasından yayılan toplam VOC emisyonu kullanılan modelleme programlarına girilmiştir. Yapılan çalışma ile elde edilen sonuçlar Tablo 5'de özetlenmiş, günlük ve yıllık dağılım haritaları Şekil 6'da verilmiştir.

Tablo 4. CALPUFF View programı ile günlük ve yıllık olarak hesaplanan sanayi kaynaklı en yüksek PM₁₀ konsantrasyonları ve alıcı noktalarının koordinatları

Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alıcı Noktası UTM Koordinatları	Alıcı Noktası Coğrafi Koordinatları
Günlük		
148,86	x-739211,00 y-4518366,00	40° 46' 53,3" N 29° 50' 05,27" E
Yıllık		
12,47	x-739211,00 y-4518366,00	40° 46' 53,3" N 29° 50' 05,27" E

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015
7-9 Ekim 2015, İZMİR



a. Günlük dağılım

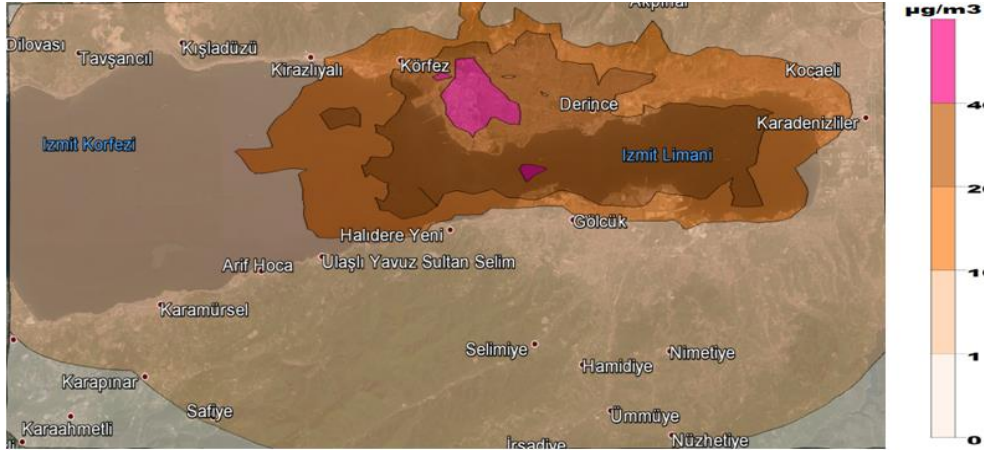


b. Yıllık dağılım

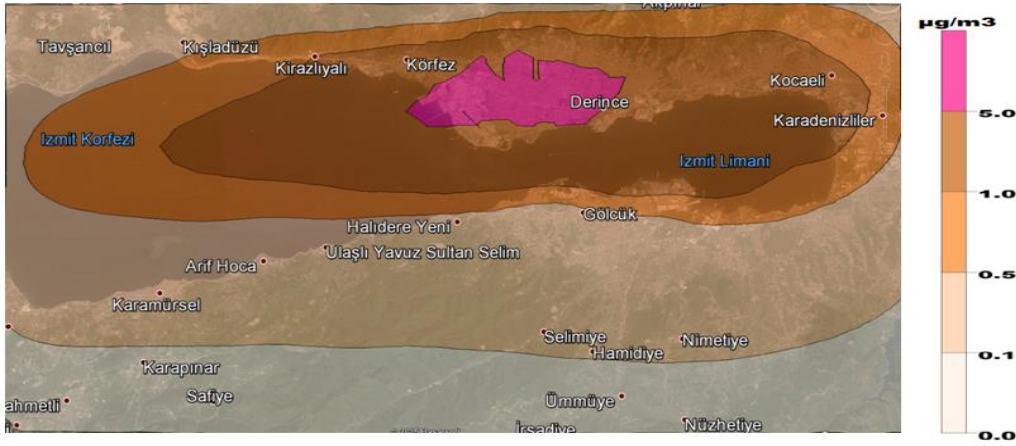
Şekil 5. CALPUFF View programı ile oluşturulan sanayi kaynaklı günlük ve yıllık PM10 dağılım haritaları

Tablo 5. CALPUFF View programı ile günlük ve yıllık olarak hesaplanan sanayi kaynaklı en yüksek VOC konsantrasyonları ve alıcı noktalarının koordinatları

Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alıcı Noktası UTM Koordinatları	Alıcı Noktası Coğrafi Koordinatları
Günlük		
570,75	x- 734031,00 y- 4516146,00	40° 45' 46,76" N 29° 46' 21,54" E
Yıllık		
55,13	x- 734031,00 y- 4516146,00	40° 45' 46,76" N 29° 46' 21,54" E



a. Günlük dağılım



b. Yıllık dağılım

Şekil 6. CALPUFF View programı ile oluşturulan sanayi kaynaklı günlük ve yıllık VOC dağılım haritaları

Günlük dağılım haritasında, ilçe merkezinin üzerinde $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lük konsantrasyon değeri görülmekle beraber, hesaplanan en yüksek konsantrasyonun alıcı noktası, ilçe merkezinde bulunan yerleşim alanlarındadır. Bunun yanında çalışma alanının güney kesiminde, Karamürsel, Gölcük, Başiskele, İlçelerinin sahilllerinde ve iç kesimlerinde bir yayılım söz konusudur. Yıllık dağılım haritasında ise günlük dağılımdan farklı olarak VOC emisyonunun Doğuda İzmit İlçe merkezine kadar taşındığı Batı yönünde ise Kirazlıyalı ve Tavşanlı mevkilerine doğru yayıldığı görülmektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kocaeli İli Körfez İlçesi'nde bulunan sanayiden kaynaklı (noktasal) olarak atmosfere yayılan CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ ve VOC emisyonları CALPUFF View 5.8 programı ile yapılmış ve sonuç olarak günlük ve yıllık dağılım haritaları oluşturulmuştur.

- Çalışma alanında noktasal kaynaklı CO emisyonunun günlük en yüksek konsantrasyonu CALPUFF View 5.8 programı tarafından $140,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

hesaplanmış, bu konsantrasyonun bulunduğu alıcı noktasının ise Hereke mevkiinin kuzey batısında olduğu görülmüştür. Yıllık olarak hesaplanan en yüksek konsantrasyona bakıldığında ise $17,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplandığı görülmüş ve bu konsantrasyonun alıcı noktasının yine Hereke mevkiinin kuzey batısında olduğu belirlenmiştir.

- Alandaki 15 adet fabrika bacasından yayılan NO_x emisyonunun hesaplanan günlük ve yıllık en yüksek konsantrasyonu sırasıyla $62,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $3,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür. Bu konsantrasyonların hesaplandığı alıcı noktalarının koordinatları Google Earth programında incelendiğinde, günlük olarak hesaplanan en yüksek konsantrasyon bölgede bulunan yüksek NO_x emisyonuna sahip tesisin sınırları içerisinde olduğu anlaşılmıştır. Yıllık hesaplanan en yüksek konsantrasyonun alıcı noktası ise yine belirtilen tesisin yakınında olduğu görülmüştür.
- İlçede bulunan 15 adet sanayi tesisinde bulunan bacalardan yayılan SO_2 emisyonlarının dağılımları incelendiğinde, günlük en yüksek konsantrasyon $64,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak Körfez İlçesi yerleşim yerlerinin yaklaşık 4 km kadar kuzeyinde olduğu belirlenmiştir. Yıllık hesaplanan en yüksek konsantrasyon ise $8,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür ve bu konsantrasyonun alıcı noktası ise Körfez İlçesi yerleşim yerlerinin yoğun olduğu noktada görülmektedir.
- Körfez İlçesi'ndeki noktasal kaynaklardan meydana gelen partikül madde dağılımları incelenirken, ilçede bulunan 21 adet sanayi tesisinde bulunan bacalardan yayılan partikül madde emisyonları modelleme programına girilmiştir. Sonuç olarak günlük hesaplanan en yüksek konsantrasyon $148,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak Derince İlçesinin kuzeyinde bulunmuştur. Yıllık hesaplanan en yüksek konsantrasyon ise $12,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür ve yine alıcı noktası Derince İlçesinin kuzeyindedir.
- Yapılan çalışmada toplam VOC dağılımları için ilçede bulunan 16 adet fabrika bacasından yayılan emisyonlar kullanılan modelleme programlarına girilmiştir. Sonuç olarak günlük ve yıllık en yüksek konsantrasyonlar sırasıyla $570,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $55,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. En yüksek konsantrasyonların alıcı noktaları is ehem günlük hem de yıllık dağılımlarda Körfez İlçesi petrokimya tesisleri olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

Akman, Y., Ketenoğlu, O., Kurt, L., Evren H., Düzenli, S., 2000. Çevre Kirliliği “Çevre Biyolojisi”, Palme Yayıncılık, Ankara, s.74.

Bentajeb, M., Stempfelet, M., Wagner, V., Zins, M., Bonenfont, S., 2014. Retrospective Modeling Outdoor Air Pollution at a Fine Spatial Scale in France 1998~2008. *Atmospheric Environment*, 92, 267-279.

Coelho, M.C., Fontes, T., Bandeira, J.M., Pereina, S.R., Tchepel, O., Dias, D., Sa, E., Amorim, J.H., Barrego, C., 2014. Assessment of Potential Improvements on Regional Air Quality Modeling Related with Implementation of a Detailed Methodology for Traffic Emission Estimation. *The Science of the Total Environment*, 470-471, 127-137.

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015
7-9 Ekim 2015, İZMİR

Daly, A., Zannetti, P., 2007. Air Pollution Modeling-An Overview. *Ambient Air Pollution*, V(1), I(2003), 15-28.

Demirarslan, K.O., 2012. *Kocaeli İli Körfez İlçesi'nde Hava Kirletici Kaynaklarının ve Hava Kalitesi Seviyesinin Belirlenmesi*. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye.

Demirarslan, K.O., 2015. Hava Kalitesi ve Değerlendirmesinde Modelleme Yaklaşımı. *VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, 28-30 Nisan 2015, İstanbul, Türkiye.

Demirarslan, K.O., Doğruparmak, Ş.Ç., 2013. Kocaeli İli Körfez İlçesi'nde Noktasal Kaynaklardan Meydana Gelen CO ve NO_x Dağılımlarının Farklı Dağılım Modelleriyle İncelenmesi. *V. Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, 18-20 Eylül 2013, Eskişehir, Türkiye.

Demirarslan, K.O., Doğruparmak, Ş.Ç., Karademir A., 2013. Evaluation of CO and NO_x Distributions Occurring Point (Industry) Sources in Korfez District of Kocaeli Province with ISCST3 Model. *International Conference on Environmental Science And Technology*, 18-21 June 2013, Kapadokya, Türkiye.

Demirarslan, K.O., Doğruparmak, Ş.Ç., 2014. An Investigation of SO₂ and PM₁₀ Emissions Sourced From Residential Areas By Using Different Models Of Distribution in Körfez District. *International Conference on Environmental Science And Technology*, 18-21 May 2014, Side, Türkiye.

Demirarslan, K.O., Doğruparmak, Ş.Ç., 2015. The Research of CO and NO_x Emissions Revealed from Linear Sources in Kocaeli City Korfez District by ISCST-3 and AERMOD Model Programs. *International Conference on Civil and Environmental Engineering*, 20-23 May 2015, Kapadokya, Türkiye.

Gündüz, T., 1998. Çevre Sorunları, Gazi Kitapevi, 2.Baskı, Ankara, s.3.

Güney, E., 2004. Çevre Sorunları, Nobel Yayın Dağıtım, 1. Baskı, Ankara, s.21.

Karpuzcu, M., 2004. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Kubbealtı Neşriyatı, 7. Baskı, İstanbul, s.180.

Müezzinoğlu, A., 2000. Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Yayınları, 1. Baskı, İzmir, s.27.

Vesilind, P.A., Morgan S.M., 2004. Introduction to Environmental Engineering, Brooks/Coole, Belmont, pp.310.

URL-1 USA Environmental Protection Agency, Particulate Matter (PM-10), <http://www.epa.gov/airtrends/aqtrnd95/pm10.html>, Erişim Tarihi: 11 Ağustos 2015.