

# HAVA KALİTESİ MODELLENMESİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANIMI: ZONGULDAK ÖRNEĞİ

Özgür ZEYDAN<sup>1</sup>, Yılmaz YILDIRIM<sup>2</sup>, Aykan KARADEMİR<sup>3</sup>, Ertan DURMUŞOĞLU<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Öğr. Gör., Bülent Ecevit Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 67100, İncivez, Zonguldak, ozgurzeydan@yahoo.com

<sup>2</sup>Prof. Dr., Bülent Ecevit Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 67100, İncivez, Zonguldak, yilmaz.yildirim@beun.edu.tr

<sup>3</sup>Prof. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 41380, Umuttepe Yerleşkesi, Kocaeli, aykan@kocaeli.edu.tr

<sup>4</sup>Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 41380, Umuttepe Yerleşkesi, Kocaeli, ertan@kocaeli.edu.tr

## ÖZET

*Bu çalışmada, coğrafi bilgi sistemlerinin hava kalitesi modellemesinde nasıl kullanıldığı anlatılmıştır. MapInfo, coğrafi bilgi sistemi yazılımı olarak kullanılmıştır. Çizgisel ve alansal kaynakları gösteren altlık haritalar, coğrafi bilgi sistemi ortamında hazırlanmıştır. Vektör veri modeli kullanılmıştır. Motorlu taşıtların emisyonları çoklu çizgiler ile, farklı mahallelerdeki evsel ısınmadan kaynaklanan emisyonlar da poligonlar ile gösterilmişlerdir. MapInfo'daki Evrensel Dönüştürücü aracı kullanılarak bu altlık haritalar, hava kalitesi modelleme yazılımlarının ihtiyaç duyduğu Shapefile formatına dönüştürülmüştür. Alan hesaplamaları gibi basit sorgulamalar gerçekleştirilerek yüzey meteorolojik parametrelerinin ağırlıklı ortalama değerleri hesaplanmıştır. Modelleme çalışmasının sonunda, maksimum konsantrasyonların olduğu noktalar analiz edilmiştir. Bu noktaların Zonguldak Hava Kalitesi İzleme İstasyonu'na olan mesafeleri ölçülmüş ve partikül madde (PM<sub>10</sub>) açısından en kirli bölgeler belirlenmiştir.*

**Anahtar Sözcükler:** Coğrafi Bilgi Sistemleri, Hava kalitesi modelleme, MapInfo, Partikül madde, Zonguldak

## ABSTRACT

### USAGE of GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS in AIR QUALITY MODELING: ZONGULDAK EXAMPLE

*In this study, how geographical information systems are used in air quality modeling is described. MapInfo is used as geographical information systems software. Base maps, representing line and area pollution sources, are prepared in geographical information systems environment. Vector data model is used. Motor vehicle emissions are represented by polylines and similarly, residential heating sources from different districts are represented by polygons. Universal Translator tool in MapInfo has been used to convert these base maps into Shapefile format, which is required by air quality modeling softwares. Simple queries like area calculations have been performed to calculate weighted average values of surface meteorological parameters. At the end of modeling study, points where maximum concentrations occur have been analyzed. Their distances to Zonguldak Air Quality Monitoring Station have been measured and most polluted areas have been revealed in terms of particulate matter (PM<sub>10</sub>) concentrations.*

**Keywords:** Geographical Information Systems, Air quality modeling, MapInfo, Particulate matter, Zonguldak

## 1. GİRİŞ

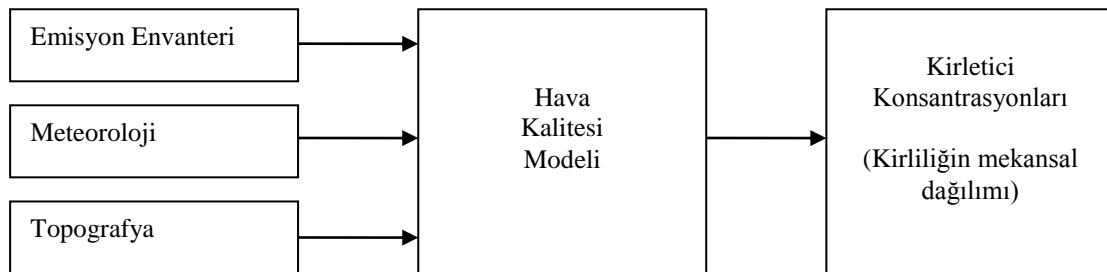
Temiz havanın bileşiminde bulunmayan tozların (partikül maddeler) ve gazların canlılara veya materyallere zarar verecek konsantrasyonda ve yeterince uzun süre atmosferde bulunması hava kirliliği olarak adlandırılmaktadır. Hava kirliliği problemi, bugün ülkemizdeki başlıca çevre sorunlarından bir tanesidir. Hava kirliliğinin üç temel bileşeni mevcuttur: kirlilik kaynağı, kirlilikten etkilenen reseptörler (alıcılar) ve kaynak ile reseptör arasında kirliliğin taşınım mekanizmaları. Evsel ısınmada, sanayi tesislerinde, motorlu taşıtlarda ve enerji üretiminde kullanılan fosil yakıtların yanması sonucunda oluşan emisyonlar başlıca hava kirliliği kaynaklarıdır. Kirlilikten etkilenen canlılar, ekosistem veya materyaller ise reseptörlerdir. Taşınım mekanizmaları ise hava kirlleticilerinin kaynaktan salınmasının ardından reseptöre ulaşmasına kadar geçen sürede etkili olan türbülans, dispersiyon, meteorolojik etkiler ve çökeltme gibi proseslerdir (Nanhatson, 1999; Schnelle ve Brown, 2002).

Son yıllarda, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama çevre mühendisliğinin pek çok branşında olduğu gibi hava kalitesi alanında da sıklıkla kullanılır olmuştur. Coğrafi bilgi sistemleri, özellikle yüksek mekansal çözünürlüklü emisyon envanterlerinin hazırlanmasında, hava kalitesi modellenmesinde ve hava kirliliği haritalarının oluşturulmasında kullanılmaktadır. Örneğin, Markakis ve arkadaşlarının (2010) yapmış olduğu bir çalışmada Yunanistan için ülke çapında 10 km × 10 km'lik oldukça detaylı kabul edilebilecek bir PM<sub>10</sub> emisyon envanteri hazırlanmıştır. Çalışma sonucunda, pik emisyonların endüstriyel bölgelerde ve kent merkezlerinde yoğunlaştığı görülmüştür. İzmir'de yapılan bir hava kalitesi modelleme çalışmasında ise coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak kirlenici kaynakların mekansal dağılımına ait bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanından faydalanılarak farklı senaryolar ile hava kalitesi modellemeleri yapılmış ve karar destek sistemleri geliştirilmiştir (Elbir, 2004). Tayvan'da yapılan başka bir çalışmada da emisyon faktörleri, hava kalitesi modeli ve kirlenici kaynaklara ait veri tabanları CBS çatısında birleştirilerek Taichung kentindeki trafiğin hava kirliliğine etkileri belirlenmiştir (Lin ve Lin, 2002). Günümüzde, coğrafi bilgi sistemleri gibi uzaktan algılama yöntemlerinin de hava kalitesinin belirlenmesinde kullanımına rastlamak mümkündür. Zeydan ve Yıldırım (2012), partikül madde (PM<sub>10</sub>) konsantrasyonları ile MODIS Aerosol Ürünleri'nden "optik aerosol derinliği" arasında orta düzeyde korelasyon (r=0.72) belirlemişlerdir. Wong ve arkadaşlarının (2009) Hong Kong'da yapmış oldukları benzer bir çalışmada ise ileri dijital resim işleme teknikleri kullanılarak PM<sub>10</sub> ile optik aerosol derinliği arasında çok daha yüksek bir korelasyon (r=0.89) bulunmuştur.

Kirlenici kaynakları koordinatlara sahip oldukları için, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) hava kalitesi modellemede oldukça önemlidir. Bu çalışmada, coğrafi bilgi sistemlerinin hava kalitesi modellemesinde nasıl kullanıldığı anlatılmıştır. MapInfo (12. sürüm), coğrafi bilgi sistemi yazılımı olarak kullanılmıştır.

### 1.1. Hava Kalitesi Modelleme

Hava kirliliğinin, şehirleri nasıl etkilediğinin belirlemek için kirliliğin mekansal dağılımının bilinmesi gereklidir. Hava kalitesi modellemesi, kaynaktan salınan kirliliğin atmosferik şartlara ve topografyaya bağlı olarak nasıl dağıldığını tahmin etmek için kullanılan etkin bir araçtır. Son yıllarda, özellikle bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak hava kalitesi modelleme sıklıkla uygulanan bir yöntem haline gelmiştir. Hava kalitesi modellemelerinin girdileri emisyon envanterleri, meteorolojik veriler ve topografik verilerdir. Bu verileri kullanan hava kalitesi modelleri kirlenici konsantrasyonlarını koordinatlara bağlı olarak tahmin edebilir. Hava kalitesi modellemesindeki iş akışı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Hava kalitesi modellemedeki iş akışı.

Emisyon envanteri, belirli bir alan içerisinde ve belirli bir zamandaki tüm hava kirlenici kaynaklarının listelenmesidir. Endüstriyel tesislerden kaynaklı emisyonlar noktasal kaynak, trafikteki motorlu taşıtların emisyonları çizgisel kaynak ve evsel ısınma amacıyla tüketilen yakıtların yanması sonucunda oluşan emisyonlar da alansal kaynak olarak kabul edilir. Yapılan bu çalışmada, hava kalitesi modelleri olarak ISCST3 (Endüstriyel Kaynak Kompleks Kısa Mesafe 3), AERMOD (Amerikan Meteoroloji Derneği / Amerikan Çevre Koruma Örgütü

Düzenleyici Modeli) ve CALPUFF (Kaliforniya Puff) modelleri kullanılmıştır. Modellenen hava kirleticisi ise partikül maddedir.

## 1.2. Parikül Madde (PM<sub>10</sub>)

Havada askıda kalabilecek kadar küçük boyutlu olan katı parçacıkları ve sıvı damlacıklarından oluşan kirletici grubu partikül maddeler olarak adlandırılır (Ahrens, 2000). Partikül maddelerin aerodinamik çapları 0,1 mikrometreden ( $\mu\text{m}$ ) 30 mikrometreye değişebilmektedir. Çapı 10  $\mu\text{m}$ 'den küçük olan parçacıklar ise PM<sub>10</sub> olarak adlandırılır ve sağlık etkileri bakımından önemlidirler. (Polichetti ve diğ., 2009; Spellman, 2009). PM<sub>10</sub>'a maruziyet sonucunda akut etkiler olarak boğaz ağrısı ve öksürük görülebilirken; kronik etkiler olarak da bronşit, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) ve astım gibi hastalıkların gözlemlendiği bildirilmiştir (MacNee ve Donaldson, 1999).

09.09.2013 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi ile Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde (HKDYY) yer alan PM<sub>10</sub> sınır değerleri güncellenmiştir. 2014 yılından itibaren sınır değerler kademeli olarak azaltılarak 2019 yılında Avrupa Birliği'nin limit değerlerine ulaşılabacaktır. PM<sub>10</sub> için uygulanan sınır değerler Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. PM<sub>10</sub> için uygulanan sınır değerler.

PM <sub>10</sub> Sınır Değeri ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2014	2019
24 saatlik	100	50
Kış sezonu (1 Ekim – 31 Mart)	90	40
1 yıllık	60	40

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Zonguldak metropolitan bölgesidir. Bu bölge, 3 ilçeyi (Zonguldak Merkez, Kozlu ve Kilimli) ve 3 beldeyi (Çatalağzı, Muslu ve Gelik) içermektedir. Çalışma alanı, 2013 yılı ADNKS (Adrese Dayalı Nüfusa Kayıt Sistemi) verilerine göre 181252 kişilik nüfusa ev sahipliği yapmaktadır. Hava kalitesi modellemesi yapılacak olan çalışma alanına ait coğrafi bilgiler Çizelge 2'de gösterilmiştir. Toplamda, 21 km  $\times$  16 km = 336 km<sup>2</sup>'lik bir alan için hava kalitesi modellemesi işlemleri yapılmıştır. Bu bölgenin sınırlarını da gösteren uydu görüntüsü Şekil 2'de yer almaktadır.

Çizelge 2. Çalışma alanına ait coğrafi bilgiler.

Datum:	WGS-84 (World Geodetic System)
Projeksiyon:	UTM (Universal Transverse Mercator – Evrensel Enlem Merkatörü)
UTM Zonu:	36
Güneybatı (SW) Koordinatları:	X: 393000 Doğu Y: 4585000 Kuzey
Hava kalitesi modelleme alanı	X: 21 km Y: 16 km



Şekil 2. Çalışma alanının uydu görüntüsü.

### 2.2. Sayısallaştırma

Çalışma alanı için yapılan partikül madde (PM<sub>10</sub>) emisyon envanteri ısınma, ulaşım ve sanayi tesisleri olmak üzere üç farklı kirletici grubu için hazırlanmıştır. Sanayi tesisleri noktasal kirletici kaynakları olup sadece bir tane X ve Y koordinatına sahiptirler. Dolayısıyla, bu kaynakların hava kalitesi modellerinde tanımlanmaları oldukça kolaydır. Fakat, ısınma ve ulaşım kaynaklarını birden çok X ve Y koordinatı ile tanımlamak gereklidir. Vektör veri modeli ile bu kaynakları tanımlayabilmek için alansal kaynaklarda (ısınma faaliyetleri) poligon ve çizgisel kaynaklarda da (ana yollardaki ulaşım faaliyetleri) çoklu çizgiler kullanılmıştır. Bu çalışmada, çizgisel ve alansal kaynakları gösteren haritalar bir CBS yazılımı olan MapInfo kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışma alanındaki mahalleleri (alansal kaynakları) gösteren harita Şekil 3'de, ve ana yolları (çizgisel kaynakları) gösteren harita da Şekil 4'te yer almaktadır. MapInfo'daki Evrensel Dönüştürücü (Universal Translator) aracı kullanılarak bu altlık haritalar, MapInfo (\*.tab) formatından hava kalitesi modelleme yazılımlarının ihtiyaç duyduğu Shapefile (\*.shp) formatına dönüştürülmüştür.



Şekil 3. Çalışma alanındaki mahalleleri gösteren harita.

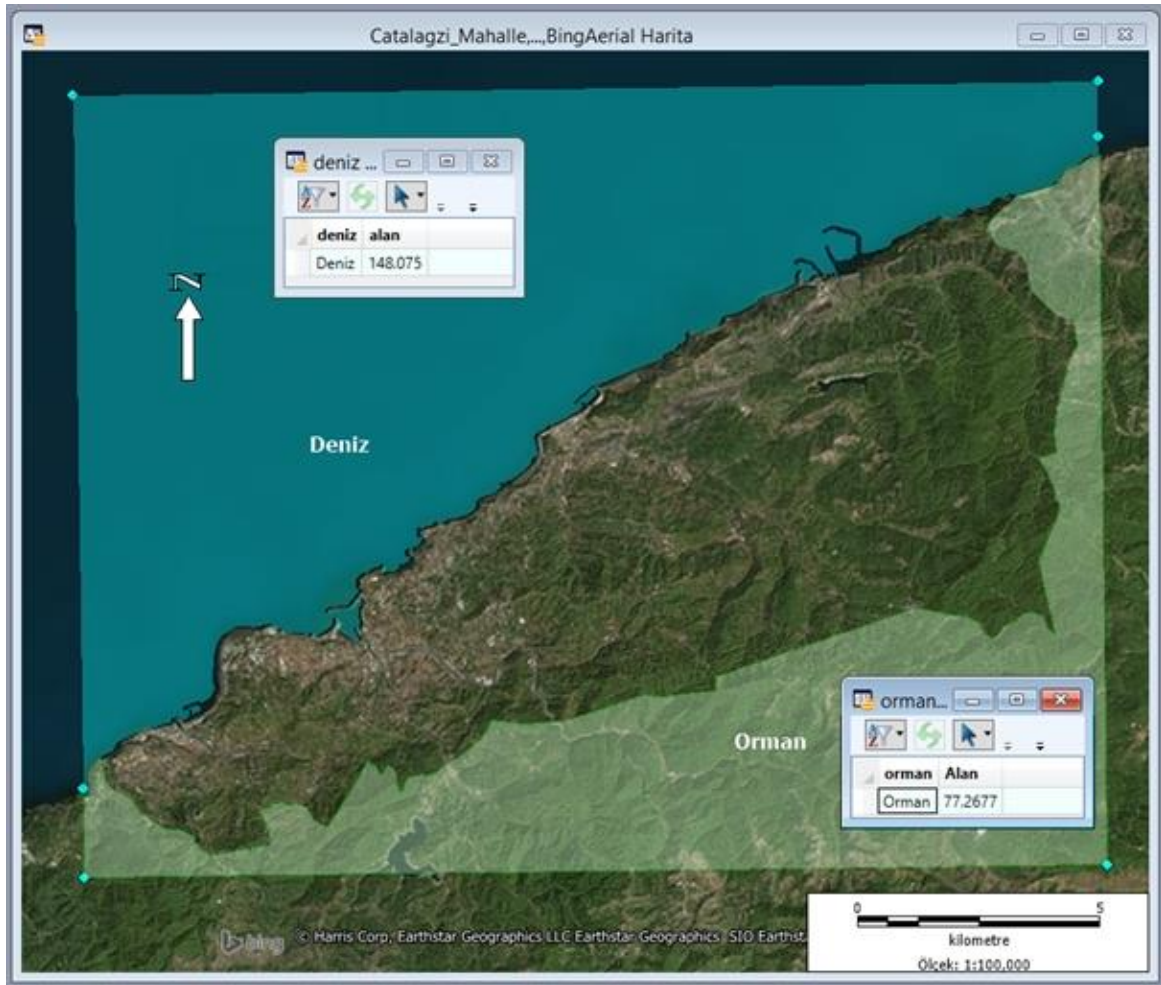
### 2.3. Alan Ölçümleri

AERMOD hava kalitesi modelinin, meteorolojik verileri işleyebilmesi için bölgeye özgü albedo, bowen oranı, yüzey pürüzlülüğü gibi arazi kullanımı ve yüzey parametreleri verilerinin modele girilmesi gerekmektedir. Yüzey parametrelerinden albedoyu, yansıtılan radyasyonun gelen radyasyona oranı ve bowen oranını da yüzeyde bulunan nemin bir ölçüsü olarak tanımlamak mümkündür. Yüzey pürüzlülüğü ise yer şekillerine bağlı olarak rüzgarın esmesini engelleyen faktörlerin ölçüsüdür (Taşpınar ve Bakoğlu, 2003; Demirarslan, 2012). Ancak, çalışma alanı uniform bir yüzeye sahip olmayıp, kentsel bölge, deniz ve ormanlık alandan oluşmaktadır. Bu nedenle albedo, bowen oranı, yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin ağırlıklı ortalamalarının hesaplanarak modelleme işleminin yapılması gerekmektedir. MapInfo'da çalışma alanı içerisinde yer alan deniz ve ormanlık bölge birer poligon ile belirtilmiş ve bu alanlar "Kolon değerini değiştir" penceresinde **CartesianArea(obj, "km")** fonksiyonu yardımıyla sorgulanarak bulunmuştur (Şekil 5). Hesaplanan alan oranları su yüzeyi, kentsel bölge ve orman alanı için verilmiş olan albedo, bowen oranı, yüzey pürüzlülüğü değerleriyle çarpılarak ağırlıklı ortalamalar hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 3'de verilmiş olup albedo için hesaplama işleminin nasıl yapıldığı örnek olarak Denklem 1'de gösterilmiştir.





Şekil 4. Çalışma alanındaki ana yolları gösteren harita.



Şekil 5. Deniz ve orman alanlarının ölçülmesi.

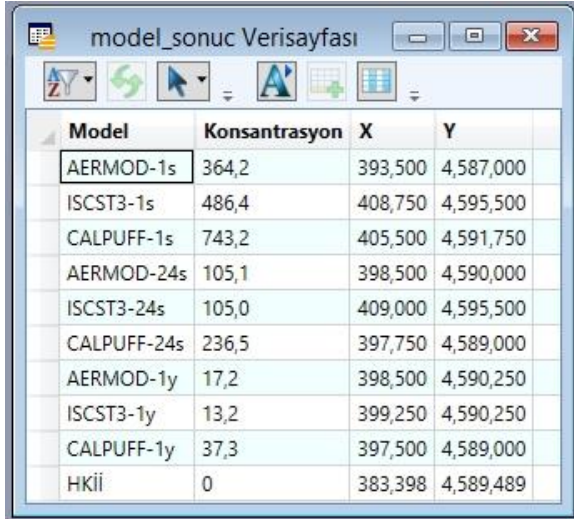
Çizelge 3. Çalışma alanına ait arazi kullanımı ve yüzey parametrelerinin hesaplanması.

	ALAN (KM <sup>2</sup> )	ALAN (%)	ALBEDO	BOWEN ORANI	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ
Su yüzeyi	148,1	44	0,14	0,45	0,001
Kentsel bölge	110,6	23	0,2075	1,625	1
Orman	77,3	33	0,215	0,875	0,9
<b>Toplam alan / Ortalama değerler</b>	<b>336,0</b>	<b>100</b>	<b>0,180</b>	<b>0,861</b>	<b>0,527</b>

$$\text{Albedo} = \left(0,14 \times \frac{44}{100}\right) + \left(0,2075 \times \frac{23}{100}\right) + \left(0,215 \times \frac{33}{100}\right) = 0,180 \quad (1)$$

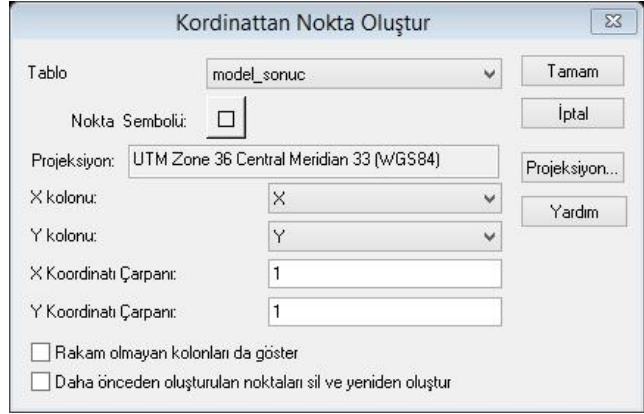
## 2.4. Noktadan Koordinat Oluşturma

AERMOD, ISCST3 ve CALPUFF modelleri 1 saatlik, 24 saatlik ve 1 yıllık ortalama süreler için toplamda 9 tane maksimum PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun olduğu noktayı belirtmişlerdir. Bu noktaların harita üzerinde gösterilmesiyle, Zonguldak Hava Kalitesi İzleme İstasyonunun (HKİİ) konumunun uygun olup olmadığına karar vermek mümkün olacaktır. Bu nedenle, maksimum konsantrasyonların olduğu noktalar ve HKİİ koordinatları bir metin dosyasına yazılmış ve bu dosya MapInfo'da açılmıştır (Şekil 6). Ardından, "Koordinattan Nokta Oluştur" komutu (Şekil 7) ile bu noktalar coğrafi koordinatları ile gösterilmiştir. Bu noktaların Zonguldak Hava Kalitesi İzleme İstasyonu'na olan mesafeleri ölçülmüştür (Şekil 8). Mesafe ölçümlerini yapabilmek için **CartesianObjectLen(obj, "km")** sorgusu kullanılmıştır.



Model	Konsantrasyon	X	Y
AERMOD-1s	364,2	393,500	4,587,000
ISCST3-1s	486,4	408,750	4,595,500
CALPUFF-1s	743,2	405,500	4,591,750
AERMOD-24s	105,1	398,500	4,590,000
ISCST3-24s	105,0	409,000	4,595,500
CALPUFF-24s	236,5	397,750	4,589,000
AERMOD-1y	17,2	398,500	4,590,250
ISCST3-1y	13,2	399,250	4,590,250
CALPUFF-1y	37,3	397,500	4,589,000
HKİİ	0	383,398	4,589,489

Şekil 6. Model sonuç verilerinin MapInfo'da açılması.



Kordinattan Nokta Oluştur

Tablo: model\_sonuc [Tamam]

Nokta Sembolü: [ ] [İptal]

Projeksiyon: UTM Zone 36 Central Meridian 33 (WGS84) [Projeksiyon...]

X kolonu: X [Yardım]

Y kolonu: Y

X Koordinatı Çarpanı: 1

Y Koordinatı Çarpanı: 1

Rakam olmayan kolonları da göster

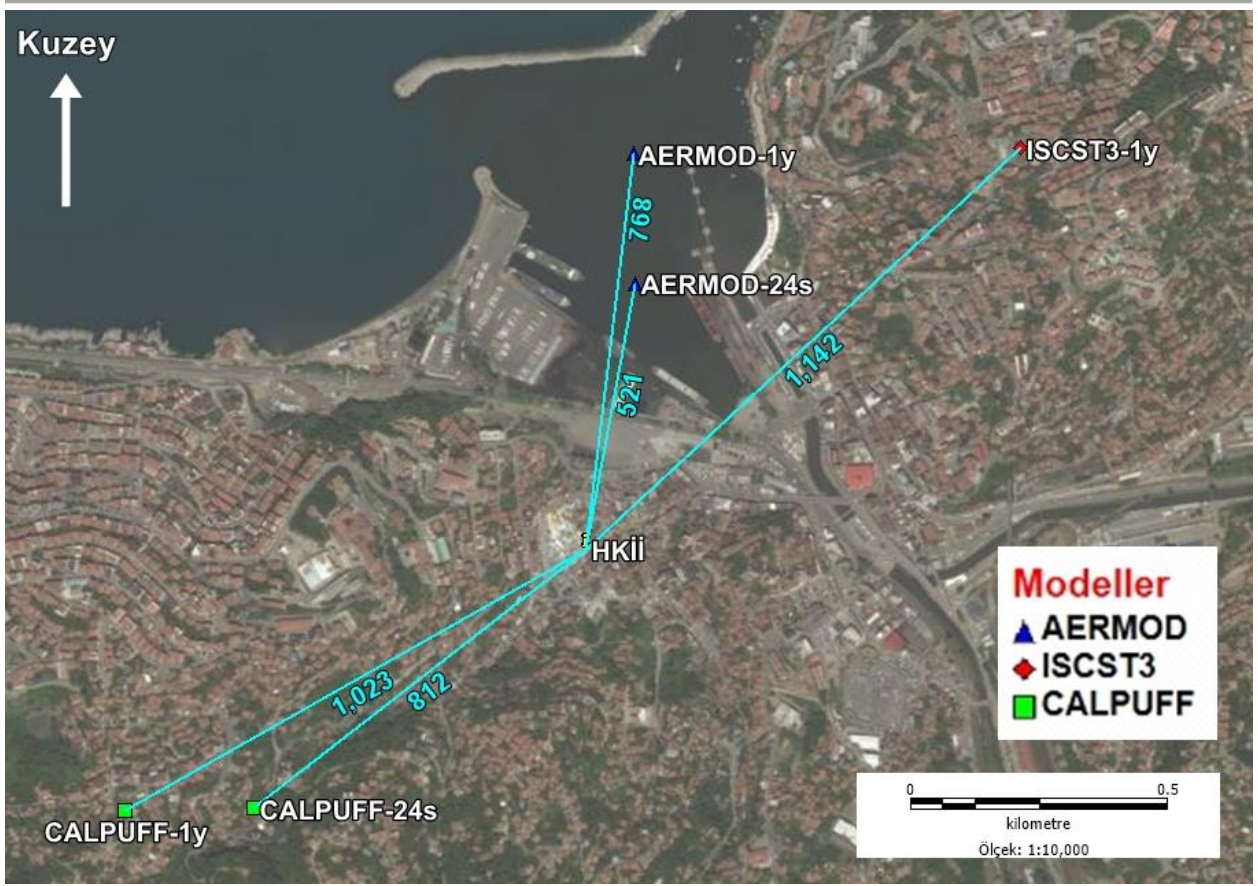
Daha önceden oluşturulan noktaları sil ve yeniden oluştur

Şekil 7. Koordinattan nokta oluştur penceresi.

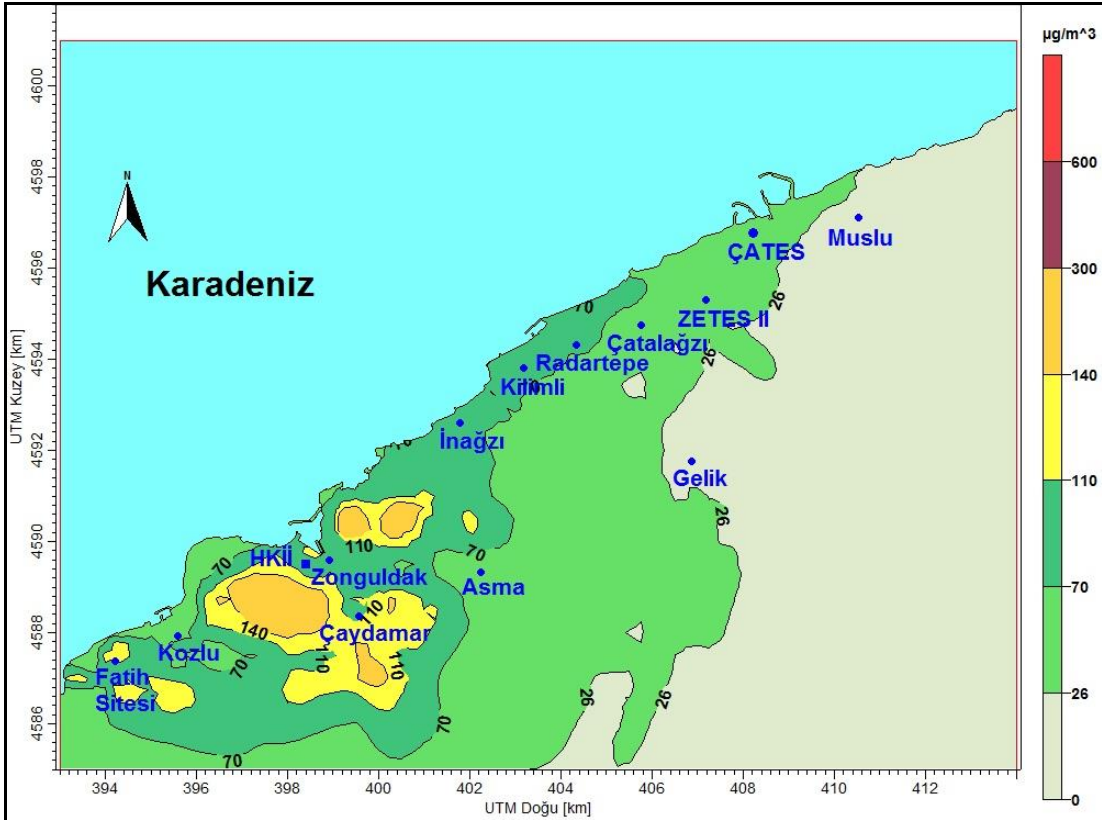
## 2.5. Kirlilik Dağılım Haritalarının Görselleştirilmesi

Hava kalitesi modellemesi işlemleri sonucunda elde edilen kirlilik dağılım haritalarından bir tanesi örnek olarak Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekil 9'da CALPUFF modeli tarafından 24 saatlik ortalama süreler için tahmin edilen PM<sub>10</sub> konsantrasyonları görülmektedir. Hava kalitesi model yazılımları hesaplamaları yaparken deniz üzerindeki bölgelerde de konsantrasyon hesaplamaktadırlar. Ancak, sadece karalar üzerindeki bölgelerde kalan kirliliğin görünmesi istendiğinden deniz alanını hesaplamak için çizilen poligon, MapInfo'daki Evrensel Dönüştürücü yardımıyla shapefile formatına dönüştürülerek hava kalitesi modelleme yazılımlarına aktarılmıştır. Deniz alanını gösteren katmanın en üstte gösterilmesi ile deniz bölgesinde kalan kirlilik değerleri maskelenmiş ve Şekil 9'daki harita elde edilebilmiştir. Hava kalitesi ile ilgili bilgiler detaylı olarak başka çalışmalarda paylaşılacaktır. Ancak, Şekil 9'da görüldüğü üzere özellikle Zonguldak Merkez'de PM<sub>10</sub> bakımından hava kalitesinin orta ve kötü (sarı ve turuncu renkli bölgeler) seviyede olduğu ve bunun da halk sağlığı açısından tehdit oluşturduğu söylenebilir.





Şekil 8. Maksimum PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun oluştuğu noktaların Zonguldak HKİİ'na olan mesafeleri.



Şekil 9. CALPUFF modeli 24 saatlik PM<sub>10</sub> konsantrasyonları

### 3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Hava kalitesi modelleme işlemlerinin daha detaylı olarak yapılabilmesi ve alansal dağılımın yüksek çözünürlükte belirlenebilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemlerinden faydalanılmıştır. CBS yazılımı olarak MapInfo yazılımı kullanılmıştır. Çizgisel kaynakların modele girilebilmesi için ana yolların haritaları ve alansal kaynakların modele girilebilmesi için de mahalle haritaları ayrı ayrı sayılaştırılarak modelleme sırasında altlık harita olarak kullanılmışlardır. Ayrıca, AERMOD'un ihtiyaç duyduğu meteorolojik parametrelerin hesaplanabilmesi için alan ölçümlerinin yapılması ve elde edilen haritaların görselleştirilmesi gibi işlemler için yine MapInfo'dan yararlanılmıştır.

Şekil 8 ve Şekil 9 dikkatli olarak incelendiğinde Zonguldak Hava Kalitesi İzleme İstasyonunun kirliliğin en çok oluştuğu bölgelere yakın olduğu ancak en kirli bölgeyi temsil edemediği görülmüştür. Yeni kurulacak hava kalitesi istasyonlarının yer seçimlerinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için hava kalitesi modelleme işlemlerinin CBS destekli olarak yapılması oldukça önemlidir. Ayrıca, termik santraller, açık maden ocakları ve rafineri gibi sanayi tesislerinin proje aşamasında hazırlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) raporlarında hava kalitesi modellemesi yapılması istenmektedir. Bu modelleme çalışmalarında da CBS'nin kullanımı daha detaylı ve gerçeğe yakın kirlilik haritalarının elde edilmesini sağlayacaktır. Dolayısıyla, hava kalitesi modellemesi yapacak kişilerin, mutlaka temel düzeyde CBS bilgisine sahip olmaları ve en az bir tane CBS yazılımını kullanabilmeleri önerilmektedir.

#### 4. TEŞEKKÜR

Yazarlar, MapInfo v12'nin akademik lisansını sağladıkları için Başarsoft firması yetkililerine teşekkür ederler.

#### KAYNAKLAR

**Ahrens, C., D.,** 2000, *Essentials of Meteorology An Invitation to the Atmosphere, Second Edition.*, (U.S.A.: Brook/Cole Publishing Company).

**Demirarslan, O., Çetin, Ş., Ayberk, S.,** 2008, Hava Kirliliği Belirlemelerinde Modelleme Yaklaşımı ve Modelleme Aşamasında Karşılaşılabilecek Sorunlar, *Çevre Sorunları Sempozyumu*, Kocaeli.

**Elbir, T.,** 2003, Comparison of model predictions with the data of an urban air quality monitoring network in Izmir, Turkey, *Atmospheric Environment*, 37, 2149-2157.

**Lin, M., Lin, Y.,** 2002, The application of GIS to air quality analysis in Taichung City, Taiwan, ROC, *Environmental Modelling & Software*, 17, 11-19.

**MacNee W., Donaldson K.,** 1999, Particulate Air Pollution: Injurious and Protective Mechanisms in the Lungs, in *Air Pollution and Health*, Holgate S.T., Samet J.M., Koren H. S., Maynard R.L. (Ed.) Academic Press, 653-672.

**Markakis, K., Poupkou, A., Melas, D., Zerefos, C.,** 2010, A GIS based anthropogenic PM<sub>10</sub> emission inventory for Greece, *Atmospheric Pollution Research*, 1, 71-81.

**Nathanson, J. A.,** 1999, *Basic Environmental Technology*, (New Jersey: Prentice Hall.).

**Polichetti, G., Cocco, S., Spinalli, A., Trimarco, V., Nunziata, A.,** 2009, Effects of particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub>) on the cardiovascular system, *Toxicology*, 261, 1-8.

**Schnelle, K., B., Brown, C., A.,** 2002, *Air pollution Control Technology Handbook*, (U.S.A.: CRC Press LLC).

**Spellman, F.R.,** 2009, *The Science of Air Concepts and Applications, Second Edition.*, (U.S.A.: CRC Press).



**Taşpınar, F., Bakoğlu, M.**, 2003, İzmit klinik ve tehlikeli atıkları yakma ve enerji üretim tesisi'nden atmosfere verilen azot oksit (NOx) emisyonlarının dağılımının modellenmesi, *V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, Ankara.

**Wong, M., Nichol, J., Lee, K. H., Li Z.**, 2009, High resolution aerosol optical thickness retrieval over the Pearl River Delta region with improved aerosol modelling, *Science in China Series D: Earth Sciences*, 52(10), 1641-1649.

**Zeydan, Ö., Yıldırım, Y.**, 2012, Uzaktan Algılama İle Atmosferik Partikül Madde Konsantrasyonlarının Belirlenmesi, *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Zonguldak.