



**ÇEV 715**  
**Hava Kirliliği Modellemesi ve Uygulamaları**  
**AERMOD ile Hava Kalitesi Modelleme**  
Özgür ZEYDAN (PhD.)  
<http://www.ozgurzeydan.com/>

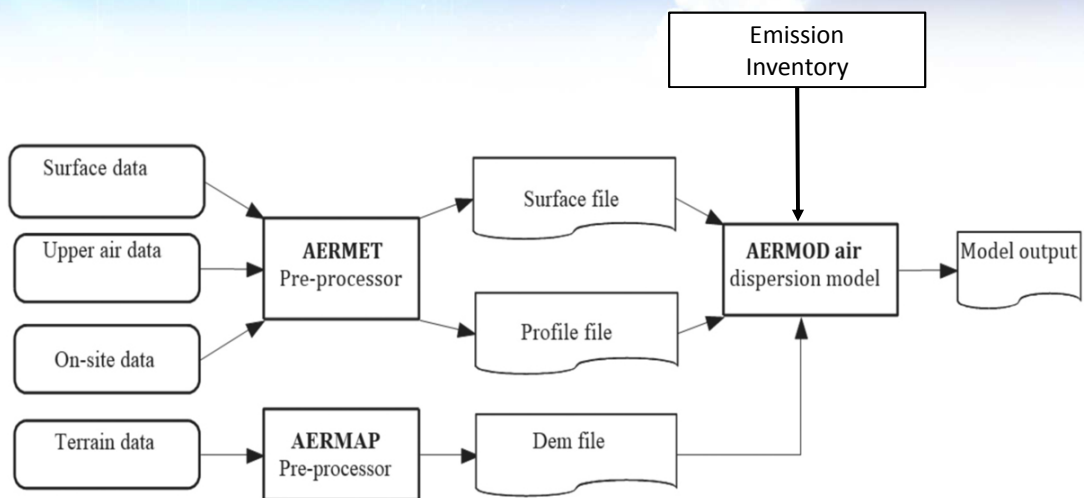
## AERMOD Modeli

- AMS/EPA Regulatory Model - Amerikan Meteoroloji Derneği / Amerikan Çevre Koruma Örgütü Düzenleyici Modeli
- Doğrusal, kararlı hal (steady state), Gauss dispersiyon modeli
- 2004 yılından itibaren ISCST3 modeli yerine AERMOD modeli kullanılmaya başlanmıştır.

## AERMOD Modeli

- Noktasal, hacimsel ve alansal kaynaklar düz ve engebeli arazide modellenebilir. AERMOD çizgisel kaynakları modellenmesini gerçekleştiremediği için çizgisel kaynakları, birbirini takip eden alansal kaynaklara dönüştürerek modelleme işlemi yapılabilir.
- 50 km'ye kadar etkilidir.
- Meteorolojik veriler için **AERMET** ön işlemcisini kullanır.
- Topografik veriler için **AERMAP** ön işlemcisini kullanır.

## AERMOD Veri Akışı

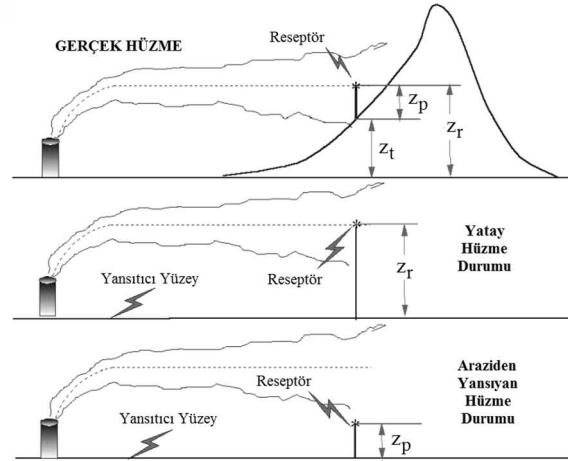


(Mehrshad et. al, 2016)

## AERMOD Model Formülasyonu

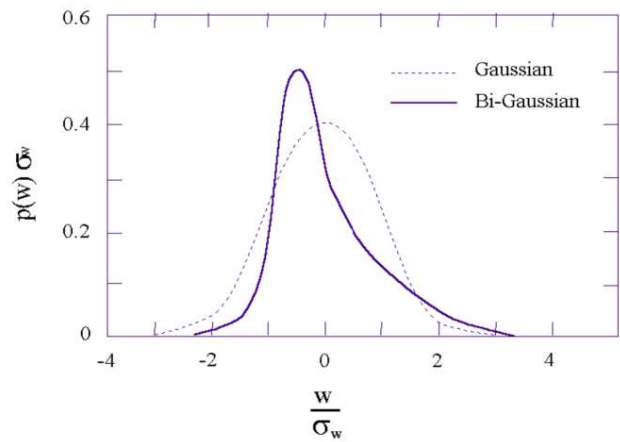
$$C_T\{x_r, y_r, z_r\} = f \cdot C_{c,s}\{x_r, y_r, z_r\} + (1-f)\{x_r, y_r, z_p\}$$

- $C_T\{x_r, y_r, z_r\}$  : Toplam konsantrasyon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- $C_{c,s}\{x_r, y_r, z_r\}$  : Yatay hüzmeden kaynaklanan konsantrasyon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- $C_{c,s}\{x_r, y_r, z_p\}$  : Araziden yansımadan kaynaklanan konsantrasyon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- $f$  : Hüzme ağırlık fonksiyonu
- $z_r$  : Hüzme merkez çizgisi yüksekliği (m)
- $z_t$  : Reseptör noktasındaki arazinin yüksekliği (m)
- $z_p$  : Reseptörün yüksekliği (m)



## AERMOD Model Formülasyonu

- AERMOD modeli **kararlı sınır katmanında** (stable boundary layer - SBL) hem dikey hem de yatay yönlerde Gauss dağılımına göre hesaplar.
- **Konvektif sınır katmanında** (convective boundary layer - CBL) konsantrasyon, yatayda Gauss, dikeyde ise Bi-Gauss fonksiyonu ile hesaplanır.



# AERMOD Model Formülasyonu

682

JOURNAL OF APPLIED METEOROLOGY

VOLUME 44

## AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part I: General Model Formulation and Boundary Layer Characterization

ALAN J. CIMORELLI,\* STEVEN G. PERRY,+ AKULA VENKATRAM,# JEFFREY C. WEIL,@ ROBERT J. PAINE,&  
ROBERT B. WILSON,\*\* RUSSELL F. LEE,++ WARREN D. PETERS,## AND ROGER W. BRODE@@

\*U.S. Environmental Protection Agency Region 3, Philadelphia, Pennsylvania

+ Air Resources Laboratory, NOAA, and National Exposure Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency,  
Research Triangle Park, North Carolina

#College of Engineering, University of California, Riverside, Riverside, California

@Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado, Boulder, Colorado  
&ENSR International, Westford, Massachusetts

\*\*U.S. Environmental Protection Agency Region 10, Seattle, Washington

++Charlotte, North Carolina

##OAQPS, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina

@@MACTEC Federal Programs, Inc., Durham, North Carolina

(Manuscript received 21 January 2004, in final form 6 October 2004)

<https://doi.org/10.1175/JAM2227.1>

## EPA – AERMOD Modeli

### AERMOD Modeling System Code and Documentation

#### AERMOD Implementation Guide

[AERMOD Implementation Guide \(PDF\)](#) (39 pp, 335 K, 2019) - Provides information on the recommended use of AERMOD for particular applications and is an evolving document.

#### Model Code

[Executable \(v19191\) \(ZIP\)](#) (1.4 M, 2019) - 64-bit Operating Systems

[Executable \(v19191\) \(ZIP\)](#) (1.2 M, 2019) - 32-bit Operating Systems

[Source Code \(v19191\) \(ZIP\)](#) (535 K, 2019)

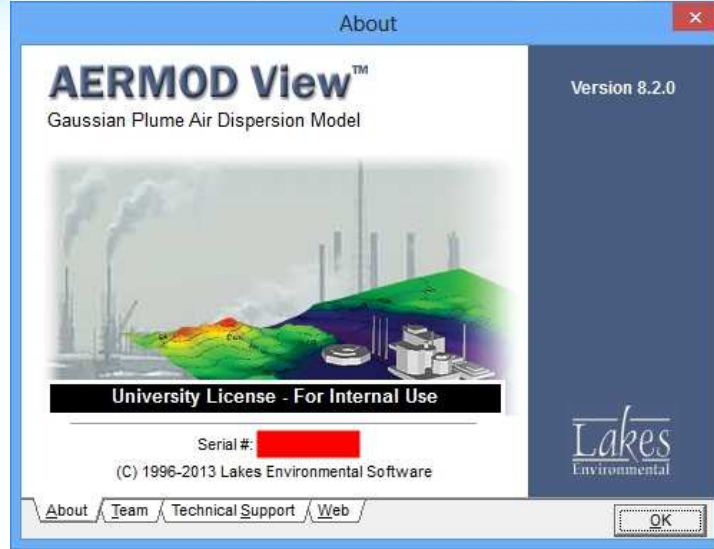
#### Model Documentation

[AERMOD Quick Reference Guide \(PDF\)](#) (6 pp, 55 K, 2019)

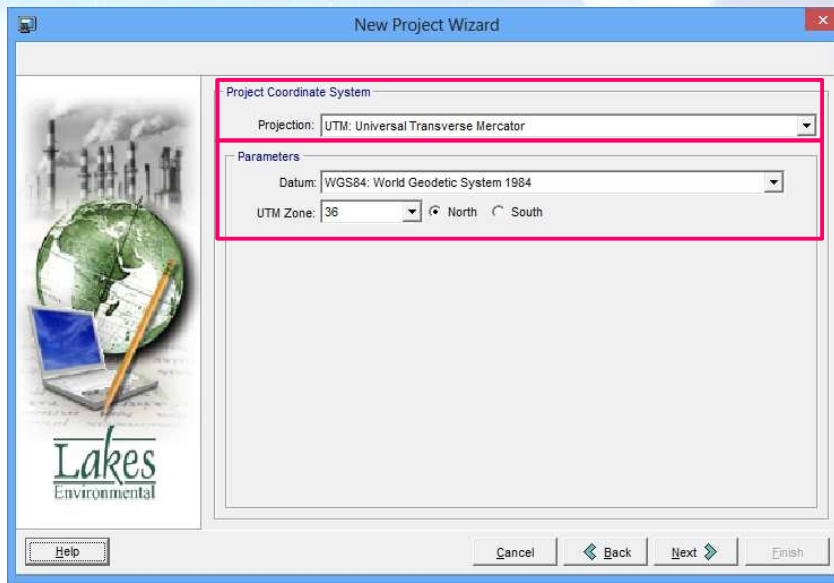
[User's Guide \(PDF\)](#) (321 pp, 1.6 M, 2019)

<https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models#aermod>

## AERMOD View Yazılımı ile Modelleme Örneği



## AERMOD View – Yeni Proje



## Proje Alanı Koordinatları

New Project Wizard

Reference Point

Datum: WGS84

X: 393450 [m]

Y: 4586200 [m]

Reference Point Position

Center

Corner: SW

Other

Modeling Area Dimensions

17,000 [km]

13,000 [km]









Check...

Help Cancel Back Next Finish

## Çalışma Alanı


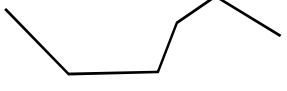
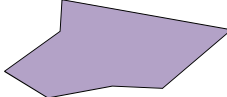


## AERMOD View Yazılımının Kullanımı

Düğme	Sıra	Kullanım Amacı
	1	Çıktı türü (konsantrasyon, kuru-yaş çökeltme vb.), ortalama zaman seçeneği, dispersiyon katsayısı ve arazi seçenekleri modele girilir.
	2	Kirletici türü seçilir, kirletici kaynakları modele girilir. Kentsel bölge için hesap yapılacaksa nüfus değeri yazılır. Değişken emisyonlar varsa tanımlanır.
	3	Reseptör noktaları tanımlanır. Reseptörler kartezyen veya kutupsal koordinatlarla tanımlanabilir.
	4	AERMET View veya RAMMET View tarafından derlenen meteoroloji dosyaları modele girilir. Modelleme yapılacak süre aralığı seçilebilir.
	5	Model sonucunda istenen çıktı türleri seçilir.
	6	Kaynaklar ve reseptör noktaları modele girildikten sonra, dijital yükseklik dosyaları seçilerek AERMET modeli çalıştırılır ve reseptör noktalarının yükseklikleri hesaplanır.
	7	Son olarak hava kalitesi modeli çalıştırılır.
	8	Elde edilen kirlilik dağılım haritasının görselleştirilmesi için gerekli ayarlamalar yapılır.

## Vektörel Veri Türleri

### Veri Türü

- **Noktasal veri** 
- **Çizgi verisi** 
- **Poligon verisi** 

### Hava Kirliliği Emisyon Kaynakları

- **Noktasal kaynaklar**

Termik santraller



- **Çizgisel kaynaklar**

Karayolları üzerindeki motorlu taşıtlar



- **Alansal kaynaklar**

Evsel ısınma



## Noktasal Kaynak Verilerinin AERMOD View Modeline Girilmesi

**Source Inputs**

Source Type  
Type: POINT Source ID: STCK1  
Description: CATES (Optional)

Source Location  
X Coordinate: 408220,10 [m]  
Y Coordinate: 4596773,10 [m]  
Base Elevation: 18,0 [m]  
Release Height: 138,0 [m]

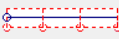
Source Release Parameters  
Emission Rate: 47,707 [g/s]  
Gas Exit Temperature: 158,0 [C]  Fixed  Ambient  Above Ambient  
Stack Inside Diameter: 6,2 [m]  
Gas Exit Velocity: 5,29 [m/s]  
Gas Exit Flow Rate: 159,7088 [m³/s]

Help [Icons] 1/2 New [Icons] Close

## Çizgisel Kaynak Verilerinin AERMOD View Modeline Girilmesi

**Source Inputs**

Source Type  
Type: LINE AREA Source ID: ARLN10 Source ID Prefix: 10  
Description: fatih-sitesi (Optional)

Line Source Parameters (Represented by Area Sources)  
Length of Side: 8,5 [m]   
Initial Vertical Dimension: 2,37 [m] (Optional)  
Emission Rate: 1,678E-06 [g/sec-m²] 0,0214 [g/s]  
Ratio 1: 100 Total Length [m]: 1500,6

Line Source Nodes  
Generate 10 Area Sources Generated List... Actions Add Delete

Node #	X Coord. [m]	Y Coord. [m]	Base Elevation	Release Height [m]	Release Height [ft]
1	394860,14	4587256,27	149,01	2,55	8,37
2	394542,98	4587305,83	116,07	2,55	8,37
3	394396,79	4587278,57	135,6	2,55	8,37
4	394210,96	4587293,44	119,17	2,55	8,37

Help [Icons] 1/11 New [Icons] Close

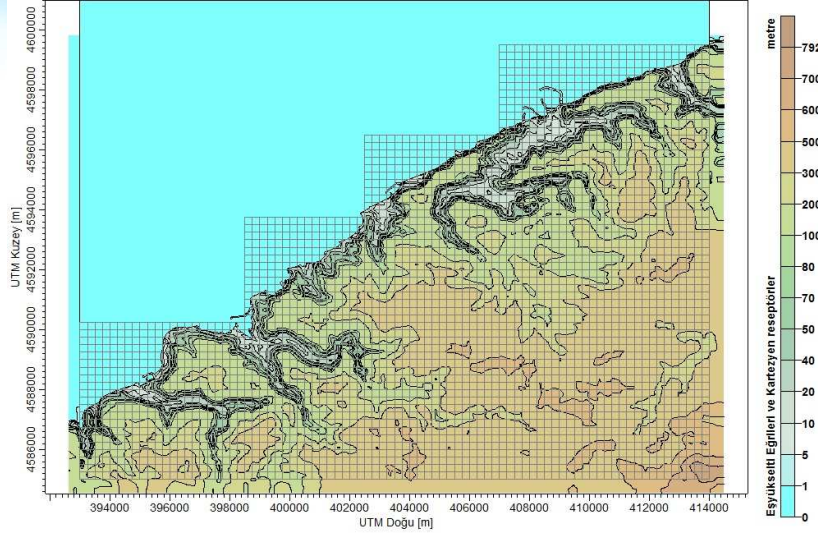


## Alansal Kaynak Verilerinin AERMOD View Modeline Girilmesi

## Değişken Emisyonların AERMOD View Yazılımına Girilmesi

Evsel ısınmanın modelde tanımlanması: Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarının değişken emisyon faktörü "1" olarak modele girilmiştir. Bu değer Ekim ve Mayıs ayları için "0.5"dir.

## Çalışma Alanındaki Reseptör Gridleri



250 m. × 250 m.

## Meteorolojik Veriler – AERMET Veri İhtiyacı

#	Data Field Name	Excel Column Name	Missing Indicator in Excel File	Unit in Excel File	Number Type
1	Year			N/A	YY, YYYY
2	Month			N/A	1 to 12
3	Day			N/A	1 to 31
4	Hour			01 to 24	00 to 23, 01 to 24
5	Opaque Cloud Cover			tenths	Integer
6	Dry Bulb Temperature			deg C	Decimal
7	Relative Humidity			%	Integer
8	Station Pressure			mbar	Integer
9	Wind Direction			degrees	Integer
10	Wind Speed			m/s	Decimal
11	Ceiling Height			m	Integer
12	Hourly Precipitation			mm	Integer
13	Global Horizontal Radiation			Wh/m2	Integer

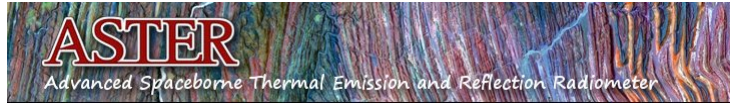
Ayrıca,

- **Albedo**: yansıtılan radyasyonun gelen radyasyona oranı
- **Bowen Oranı**: yüzeyde bulunan nemin bir ölçüsü
- **Yüzey Pürüzlülüğü**: yer şekillerine bağlı olarak rüzgarın esmesini engelleyen faktörlerin ölçüsü

(Taşpınar ve Bakoğlu, 2003; Demirarslan, 2012)

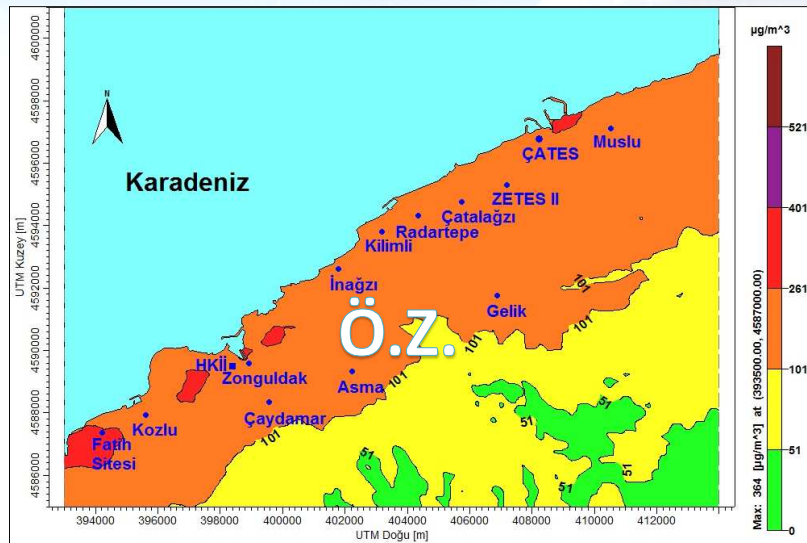
## Topografik Veriler

- ASTER GDEM uydu görüntüleri kullanıldı. (ücretsiz)
- Dosya formatı: NED GEOTIFF
- DEM dosyalarının çözünürlüğü: 30 m. × 30 m.



<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>

## Hava Kirliliği Dağılım Haritası



## Kaynaklar

- Cimorelli, A.J., S.G. Perry, A. Venkatram, J.C. Weil, R. Paine, R.B. Wilson, R.F. Lee, W.D. Peters, and R.W. Brode, 2005: AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part I: General Model Formulation and Boundary Layer Characterization. *J. Appl. Meteor.*, 44, 682–693.
- Demirarslan K. O., Kocaeli İli Körfez İlçesinde Hava Kirletici Kaynaklarının ve Hava Kalitesi Seviyesinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2012, 323156.
- Mehrshad B, Maryam F A, Hadi R (2016) Dispersion Modeling of Total Suspended Particles (TSP) Emitted from a Steel Plant at Different Time Scales Using AERMOD View, *Journal of Earth, Environment and Health Sciences*, 2 (2), 77-82.
- Taşpınar F., Bakoğlu M., İzmit Klinik ve Tehlikeli Atıkları Yakma ve Enerji Üretim Tesisi'nden Atmosfere Verilen Azot Oksit ( $\text{NO}_x$ ) Emisyonlarının Dağılımının Modellenmesi, *V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, Ankara, Türkiye, 1-4 Ekim 2003.