

# ÇEV 715 Hava Kirliliği Modellemesi ve Uygulamaları

## Hava Kirliliği Modellemesi

Özgür ZEYDAN (PhD.)

<http://www.ozgurzeydan.com/>

## Hava Kirliliği Modelleme – Tanımlar

- **Model:** Fiziksel olayların matematiksel formüller ve algoritmalar ile ifade edilmesidir.
- **Model:** Bir veya birkaç parametrenin hesaplanabilmesi için diğer parametrelerin kullanıldığı matematiksel ilişkilerdir (denklemlerdir).

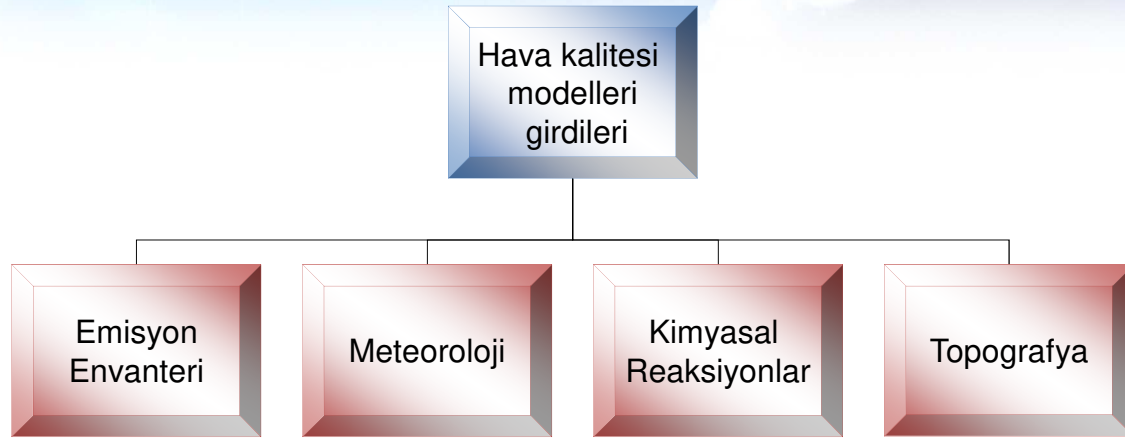
## Hava Kirliliği Modelleme – Tanımlar

- **Hava kalitesi modeli:** Kirleticilerin kaynaktan salındıktan sonra atmosferdeki hareketlerinin (taşıma ve dispersiyon), üretim ve giderimlerinin (fiziksel, kimyasal reaksiyonlar, kuru ve yağ çökme) ve belirli alıcı noktalardaki konsantrasyonlarının matematiksel ifadelerle simüle edilmesidir.
- Kullanılan matematiksel ifadeler genellikle kütle, moment ve enerji korunumu denklemleridir.

## Hava Kirliliği Modellerinin Kullanım Amaçları

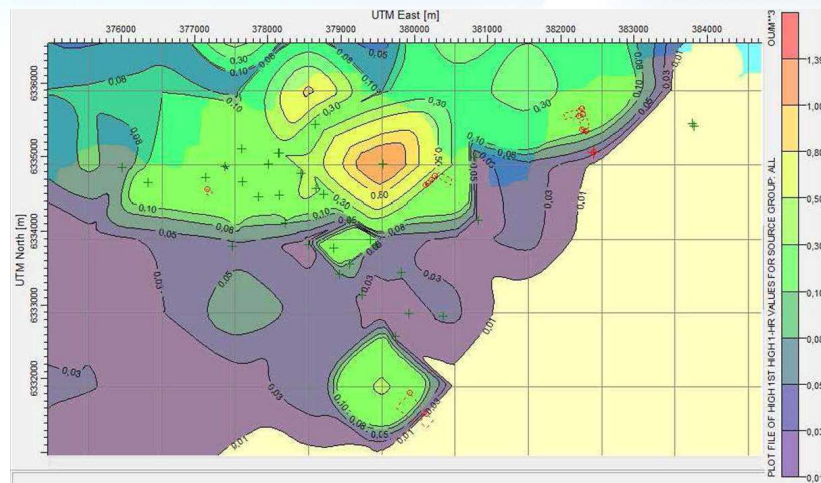
- Bilimsel arařtırmalar
- Hava kalitesi yönetimi ve karar verme
  - Ulaşım sistemi planlama
  - Arazi kullanımı planlama
- Hava kirliliği kontrolü
  - Kontrol stratejileri geliřtirmek
  - Kirlilik öngörülerini yapmak
- Çevresel etki deđerlendirmesi
- Hava kirliliği episodları
  - Erken uyarı sistemleri

## Hava Kirliliği Modelleme – Girdiler ve Çıktılar



Model çıktıları: grid noktalarındaki konsantrasyonlar, kirlilik dağılım haritaları

## Örnek Kirlilik Dağılım Haritası

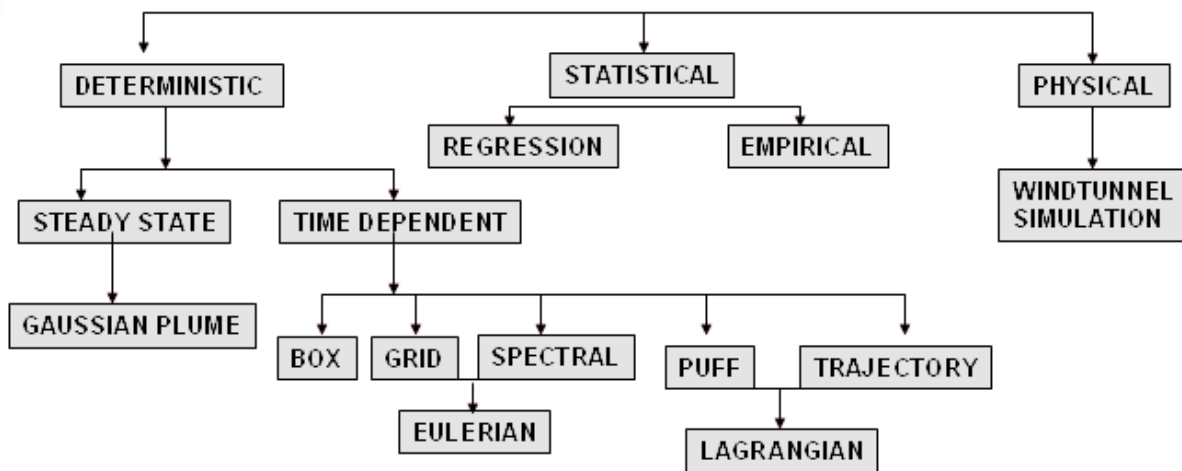


[http://www.olores.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=407:correlacion-de-diferentes-metodologias-en-el-estudio-de-olores-en-la-ciudad-de-fray-bentos-rio-negro-uruguay&catid=80&Itemid=422&lang=es](http://www.olores.org/index.php?option=com_content&view=article&id=407:correlacion-de-diferentes-metodologias-en-el-estudio-de-olores-en-la-ciudad-de-fray-bentos-rio-negro-uruguay&catid=80&Itemid=422&lang=es)

## Hava Kirliliği Modellerinin Sınıflandırılması

- Modelin temel yapısına göre
  - Deterministik – Stokastik
  - Durağan – Zamana bağlı
- Referans çerçevesine göre
  - Eulerian – Lagrangian
- Boyutuna göre
  - 1D – 2D – 3D
- Denklemin çözüm metoduna göre
  - Analitik - Sayısal
- Ölçeğine göre
  - Yerel – Bölgesel – Küresel
- Zaman ölçeğine göre
  - Kısa – Orta – Uzun Vade
- Kirleticilere göre
  - Aerosol – Gaz

## Hava Kirliliği Modellerinin Sınıflandırılması



<http://nptel.ac.in/courses/105102089/10>

## Modellerin Sınıflandırılması

- **Gauss hüzme modeli:** Analitik olarak çözülebilir. Reaktif olmayan kirleticiler için uygundur.
- **Analitik modeller:** Kent ortamındaki alansal kaynaklardan salınan reaktif kirleticiler için uygundur. Kullanımları gauss modeline göre oldukça komplekstir (veri gereksinimi ve hesap süresi).
- **İstatistiksel modeller:** Kirleticiler ile diğer etmenler arasındaki matematiksel ilişkiler tam olarak belli olmadığında kullanılabilir. Kısa vadeli konsantrasyon öngörülerini için uygundur.
- **Fiziksel modeller:** Laboratuvar ortamında yapılan rüzgar tüneli ve akışkan modeli çalışmalarına dayanır.

(Spellman 2009)

## Modellerin Sınıflandırılması (Zanetti, 1990)

- Hüzme yükselmesi modelleri
- Yarı-ampirik modeller
- Euler modeller
- Lagrange modeller
- Kimyasal modeller
- Reseptör modelleri
- Stokastik modeller
- Gauss modelleri

Zanetti P., *Air Pollution Modeling Theories, Computational Methods and Available Software*, Computational Mechanics Publications, UK, 1990.

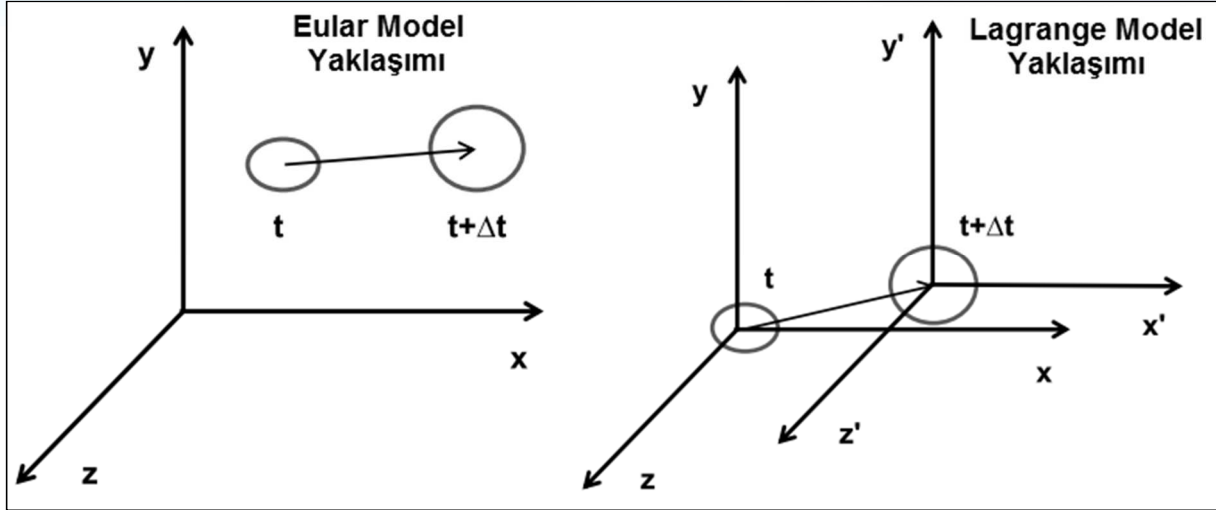
## Hüzme Yükselmesi Modelleri

- Hüzme yükselmesi modellerinde termal kaldırma kuvveti ve dikey momentum bacadan salınan hüzmenin yükselmesinde etkilidir. Bu model tipi dikeydeki yükselmeyi ve dispersiyonun başlangıç aşamasındaki hüzme davranışını analiz etmeyi amaçlamaktadır

## Yarı-Ampirik Modeller

- Basitlik esasına dayanan ve ampirik parametrelerin kullanıldığı model tipleridir. Örnek: Kutu modeli.
- Kütlelerin korunumu hesabına dayanan kutu modeli hem inert hem de reaktif kirleticiler için uygulanabilir.
- Kutu içerisindeki kirletici konsantrasyonunun homojen dağıldığını varsayan bu modelde kirleticilerin emisyonları, kimyasal reaksiyonlar ile kutu içine ve dışına kirleticilerin meteorolojik koşullar ile taşınması hesaba katılır.
- En önemli avantajları oldukça basit olmaları ve kolay hesaplanmalarıdır.
- Kutu modelleri kirleticilerin mekansal dağılımı hakkında bilgi vermez.

## Eular ve Lagrange Model Yaklaşımları



Tayanç M., Türkiye'de Hava Kalitesi Modellemesi, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2013, 2, 112-122.

## Euler Modeller

- Çok kutulu veya grid modeller olarak da adlandırılırlar.
- Kirletici konsantrasyonları, kütle korunumu prensibine göre difüzyon denkleminin nümerik olarak çözülmesiyle hesaplanmaktadır.
- Euler modellerde koordinat sistemi sabittir.
- Bu modeller genellikle hava durumu tahminlerinde kullanılmaktadırlar.
  - **MM5** (Mesoscale Model - Orta Ölçekli Meteorolojik Model)
  - **WRF** (Weather Research and Forecasting - Hava Durumu Araştırmaları ve Tahmin)
- **CMAQ** (Community Multiscale Air Quality Modeling System - Topluluk Çokölçekli Hava Kalitesi Modelleme Sistemi) modeli oldukça yaygın olarak kullanılan bir Euler hava kalitesi modelidir.

## Lagrange Modeller

- Hüzmei küçük elementlere böldüğü için kutu modeline benzeyen Lagrange model yaklaşımında, akışkan parçacıklarının yolları zamanın fonksiyonu olarak açıklanmaktadır.
- Lagrange modellerde, Euler modellerde olduğu gibi koordinat sistemi sabit değildir.
- Lagrange kutu modelleri türbülanslı karışmayı hesaba katmayıp, kimyasal kinetikler (kuru ve yağ çökeltme, kimyasal reaksiyonlar) ile ilgili denklemleri parselin hareket ettiği eğri boyunca çözebilmektedir.

## Kimyasal Modeller

- Aerosollerin ve gazların atmosferde gerçekleştirdikleri reaksiyonlar kimyasal modellerin temel dayanağıdır.
- Ozon ve ikincil aerosollerin oluşumunu açıklayan modeller örnek olarak gösterilebilirler.
- Hava kirleticilerinin kimyasal dönüşümlerini hesaplayabilmesi bakımından **CMAQ** ve **CAMx** (Comprehensive Air Quality Model with Extensions - Kapsamlı Hava Kalitesi Modeli ve Uzantıları) modelleri kimyasal modellere örnek verilebilir.



## Reseptör Modelleri

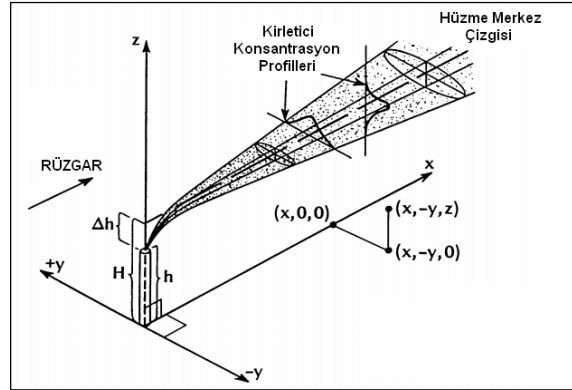
- Konsantrasyonun tespit edildiği alıcının bulunduğu noktadan başlayarak bu konsantrasyonun oluşmasına etki eden kirletici kaynakları bulmak için kullanılır.
- Reseptör noktasında toplanan verilerin istatistiksel değerlendirilmesi ile farklı kirletici kaynakların reseptör noktasındaki konsantrasyona etkisini belirlemek mümkündür.
- Reseptör modellerinde yapılması gereken ilk işlem, gazların ve partiküllerin konsantrasyonlarını ölçmektir.
- Mümkünse partiküllerin boyut dağılımı belirlenmelidir.
- Kirletici kaynaklarından salınan emisyonların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin farklı olduğu mantığıyla reseptör noktasına hangi kaynağın ne kadar etki ettiği bulunabilir.

## Stokastik Modeller

- İstatistiksel veya yarı-ampirik yöntemler kullanarak kirletici konsantrasyonlarının diğer parametrelerle (örneğin meteorolojik parametreler) ilişkisinin nasıl değiştiğini açıklamaya çalışan modellerdir.
- İstatistiksel modeller ile deterministik modeller arasındaki en önemli fark, deterministik modellerin hesaplamalarda sebep sonuç ilişkisini kullanması, istatistiksel modellerde ise yarı-ampirik ilişkiler kullanılmasıdır.
- Stokastik modeller emisyon envanterine ihtiyaç duymazlar.
- Frekans dağılım analizi, zaman serisi analizi, regresyon analizi, yapay sinir ağları ve bulanık mantık sıklıkla kullanılan yöntemlerdir.

## Gauss Modelleri

- Bacadan salınan hüzme konsantrasyonunun, rüzgar yönüne dik olan enine ve dikey ekseninde gauss dağılımı ile açıklanması prensibine dayanır.
- En yaygın olarak kullanılan modeller genellikle gauss modelleridir.



## Ölçeklerine Göre Modellerin Sınıflandırılması

- **Mikro ölçekli modeller** (< 1 km): hava hareketleri yerel topografyaya bağlıdır. Cadde kanyon modelleri bu türe örnektir.
- **Orta ölçekli modeller** (10 – 100 km): hava hareketleri sinoptik ölçekte olmakla beraber, yüzey pürüzlülüğü gibi etmenlerden de etkilenmektedir.
- **Makro ölçekli modeller** (~1000 km): hava hareketleri alçak ve yüksek basınçlar gibi sinoptik ölçekteki atmosferik olaylardan etkilenir. Uzun mesafeli taşınım modelleri bu türe örnek olarak verilebilir.

## Kaynaklar

- Colls J., *Air Pollution*, 2nd ed., Spon Press, U.S.A., 2002.
- Demirarslan O., Çetin Ş., Ayberk S., Hava Kirliliği Belirlemelerinde Modelleme Yaklaşımı ve Modelleme Aşamasında Karşılaşılabilecek Sorunlar, *Çevre Sorunları Sempozyumu*, Kocaeli, Türkiye, 14-17 Mayıs 2008.
- Finlayson-Pitts B. J., Pitts J. N., *Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere Theory, Experiments, and Applications*, Academic Pres, U.S.A., 2000.
- Fraile R., Calvo A. I., Castro A., Fernandez-Gonzalez D., Garcia-Ortega E., The Behavior of the Atmosphere in Long-Range Transport, *Aerobiologia*, 2006, **22**, 35-45.
- İncecik S., Hava Kalitesi Yönetimi Kursu Notları, İzmir, 1999.

## Kaynaklar

- Karaca M., Ertürk, F., Kömür Kaynaklı Hava Kirliliğinin Modellenmesi, Editors: Kural O., Karaosmanoğlu F., *Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve İlişkileri*, Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş., İstanbul, 639-649, 1998.
- Nunnari G., Dorling S., Schlink U., Cawley G., Foxall R., Chatterton T., Modelling SO<sub>2</sub> Concentration at a Point with Statistical Approaches, *Environmental Modelling & Software*, 2004, **19**, 887-905.
- Spellman F.R., *The Science of Air Concepts and Applications*, 2nd ed., CRC Press, U.S.A., 2009.
- Tayanç M., Türkiye’de Hava Kalitesi Modellemesi, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2013, **2**, 112-122.
- Zanetti P., *Air Pollution Modeling Theories, Computational Methods and Available Software*, Computational Mechanics Publications, UK, 1990.