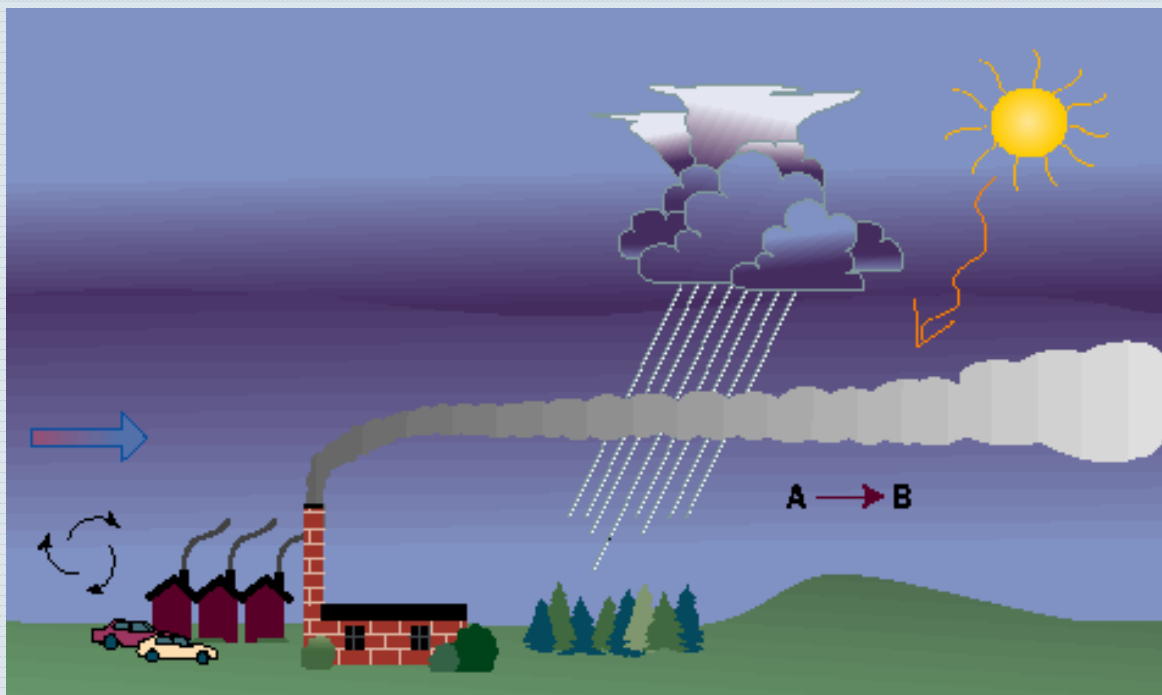


# Spridningsmodeller som hjälpmedel vid miljöprövningar

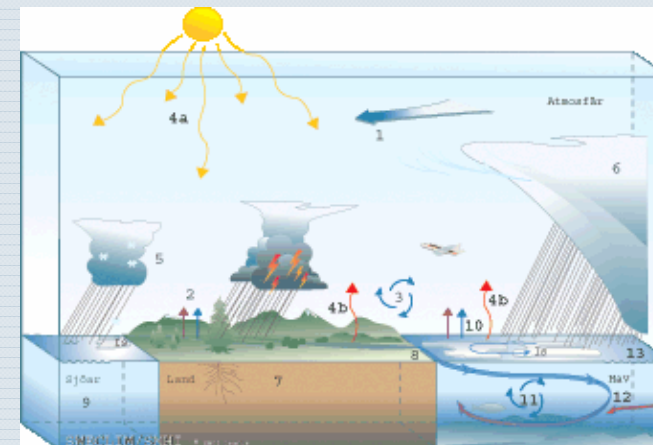
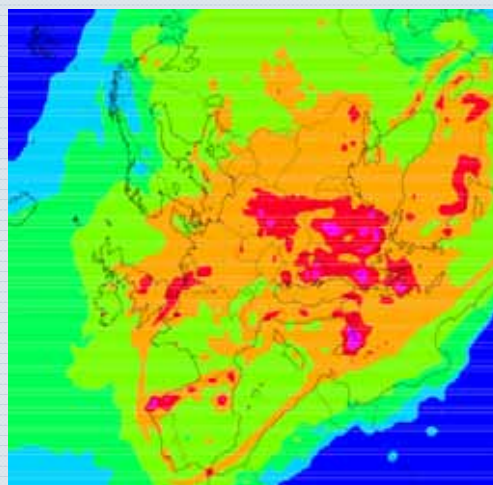
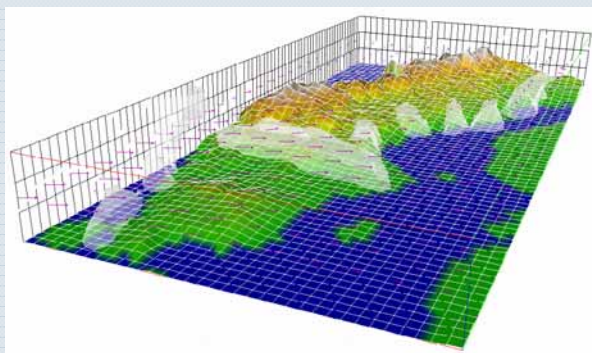
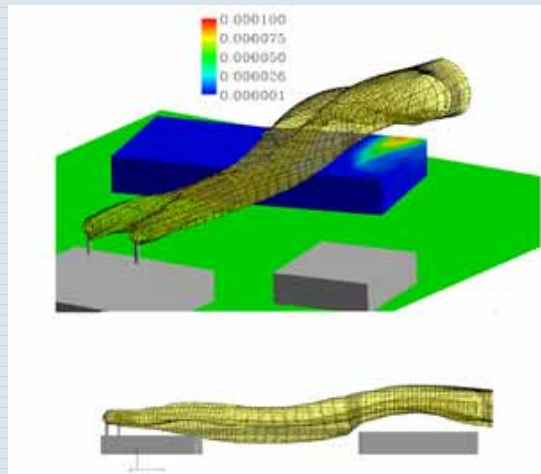
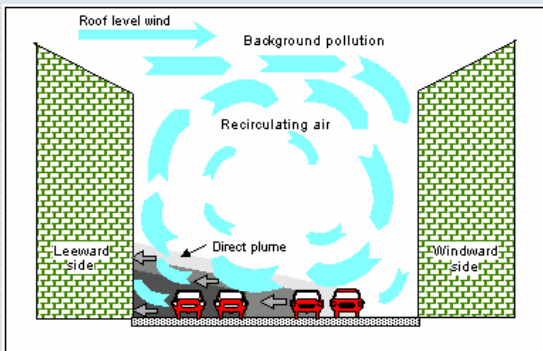
Gunnar Omstedt, SMHI



Exempel på processer som spridningsmodeller beskriver

- Olika modeller för olika skalor och olika frågeställningar
- Något om validering
- De vanligaste modellerna i Norden
- Internationell utblick
- Kvalitén på modellresultat
- Praktiska råd

# Olika spridningsmodeller för olika skalor och frågeställningar



## Olika sätt att klassificera modeller

### A. Geografisk skala:

Lokalt (upp till 30 km), lokalt till regionalt (300-3000km), regionalt till kontinentalt (300-3000 km), globalt

### B. Typ av modell:

Plymlyfts modeller, Gaussiska, Semi-empiriska, Eulerska modeller, Lagranska modeller, Kemiska, Reseptor, Stokastiska

men även andra sätt, se modell katalog på European Topic Centre on Air and Climate Change, på uppdrag av European Environment Agency.

<http://pandora.meng.auth.gr/mds/qstart.php>

**EIONET**

European Topic Centre on Air and Climate Change

EIONET» Air/Climate» Databases» MDS» Query

### Search the model database (Step 4 of 7)

Select one or more of the following air pollution model categories. [\[help\]](#)

- Plume-rise models
- Gaussian models
- Semi-empirical models
- Eulerian models
- Lagrangian models
- Chemical models
- Receptor models
- Stochastic models

**119 model(s)** matched your selections

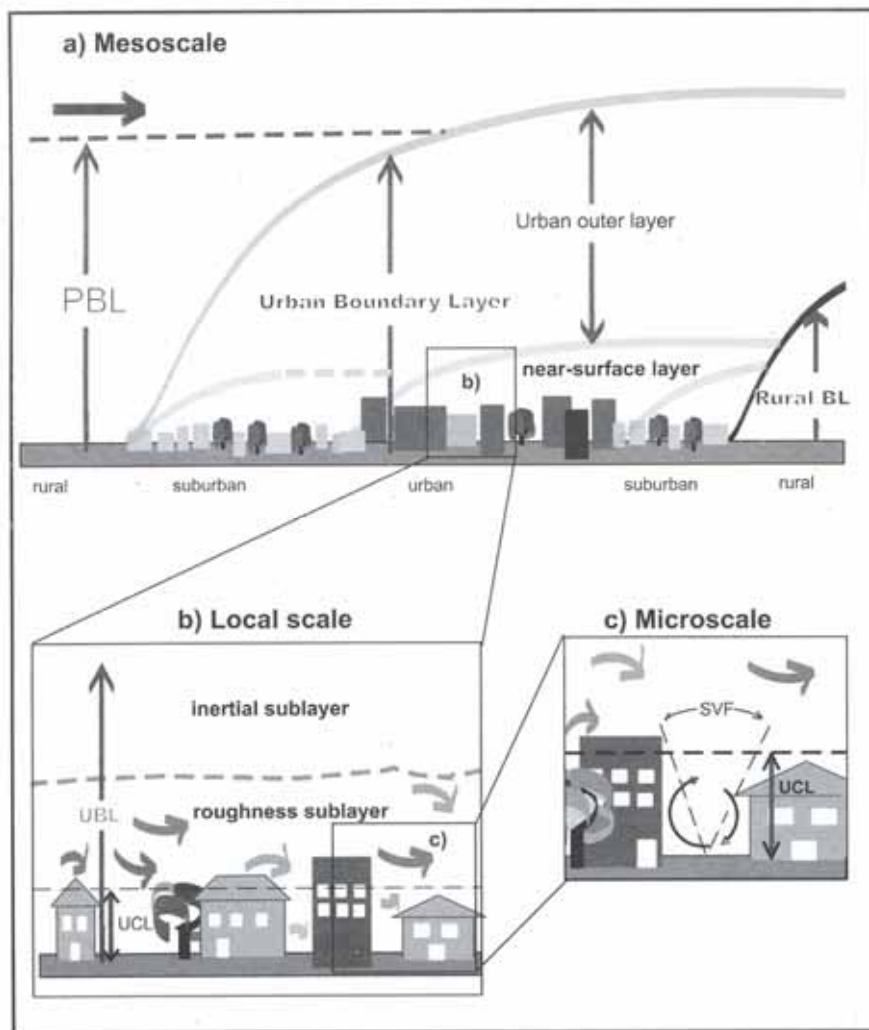
[Previous](#) [View results](#) [Restart](#) [Next](#)

## Hur ser den typisk situation ut i Sverige?



- Olika typer av källor  
punkt-, linje och ytkällor
- Tidsvarierande emissioner  
som ibland inte är väl kända
- Stark beroende på meteorologin
- Tidsberoende bakgrundshalter

# Ofta komplicerade meteorologiska förhållanden



## Det urbana gränsskiktet

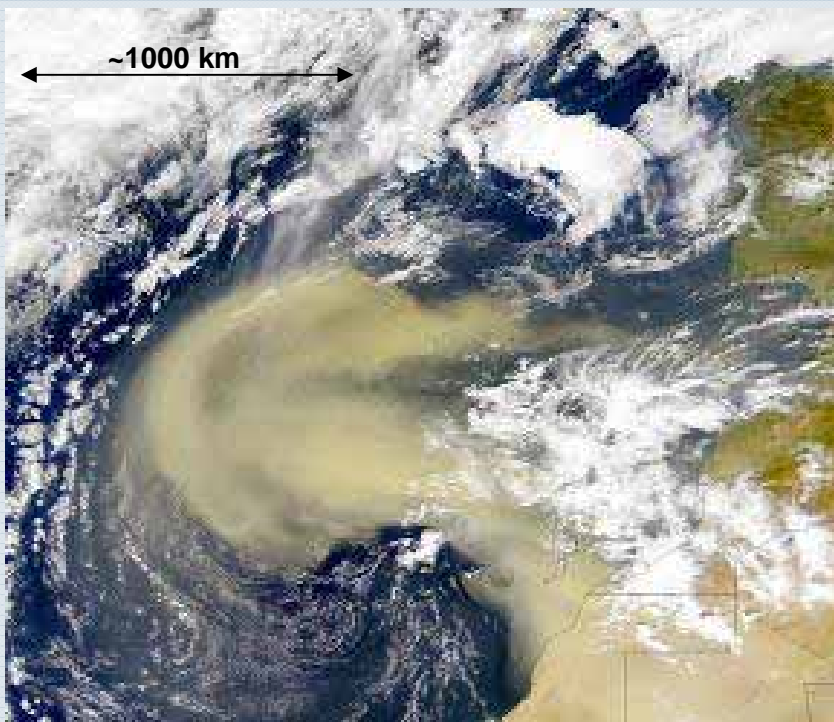
- PBL=atmosfärens gränsskikt
- UCL=det urbana gränsskiktet
- SKV=sky view factor
- near-surface layer= inertial sublayer

*Ref. Meteorology applied to urban pollution problems-Final report COST Action 715. Dementia Ltd Publishers*

# Olika typer av källor



# Men inte bara lokala källor



Dust from Sahara follows trade winds across the Atlantic

Transport av föroreningar från källor utanför Sverige är betydelsefull. Vi är starkt påverkat av vårt läge i Europa!

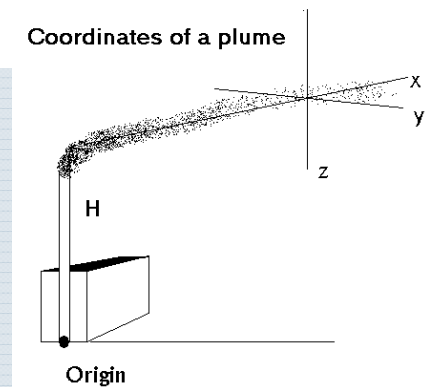


# Modeller för punktkällor



2008-06-12 SLF våarseminarium

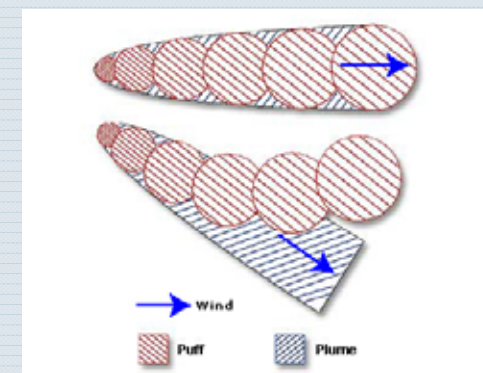
a) Gaussian stationary



b) Numerical Integration

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\bar{V} * \nabla c + \nabla K(z) \nabla c + Q + S$$

c) Trajectory-puff



## En "ny generation" av modeller för punktkällor



### Viktiga parametrar:

$u(z)$ = vindhastighet

$u_*$ = friktionshastighet

$H$ = sensibelt värmeflöde

$z_i$ = gränsskiktets höjd

$z_0$ =skrovlighet

$L$  or  $Ri$  Obukhov längd skala eller Richardsons talet

Den nya generationen av modeller för punktkällor baseras på fysikalisk beskrivning av atmosfärens gränsskikt och turbulens. Behandlar såväl markutsläpp som utsläpp från skorstenar. Stort arbete har lagts på validering av modellerna.

OML <http://oml-international.dmu.dk>

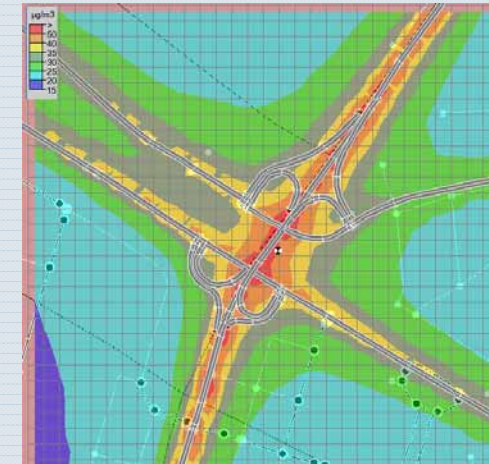
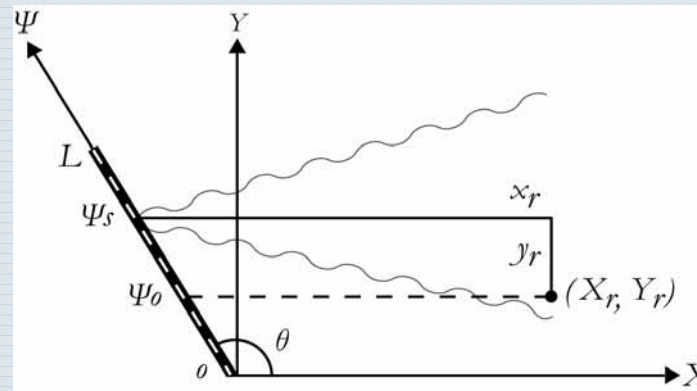
ADMS <http://www.cerc.co.uk/software/adms4.htm>

AERMOD [http://www.epa.gov/scram001/dispersion\\_prefrec.htm](http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm)

OML integrerad i Dispersion [http://www.smhi.se/foretag/m/dispersion\\_eng.htm](http://www.smhi.se/foretag/m/dispersion_eng.htm) och  
VEDAIR <http://www.luftkvalitet.se/>

AERMOD integrerad i Airviro <http://www.airviro.smhi.se> och EnviMan <http://www.opsis.se>

# Modeller för linjekällor



$$C(X_r, Y_r) = \frac{q}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{u \sin \theta \sigma_z^{eff}} \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{L \sin \theta - Y_r}{\sqrt{2} \sigma_y^{eff}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{-Y_r}{\sqrt{2} \sigma_y^{eff}} \right) \right]$$

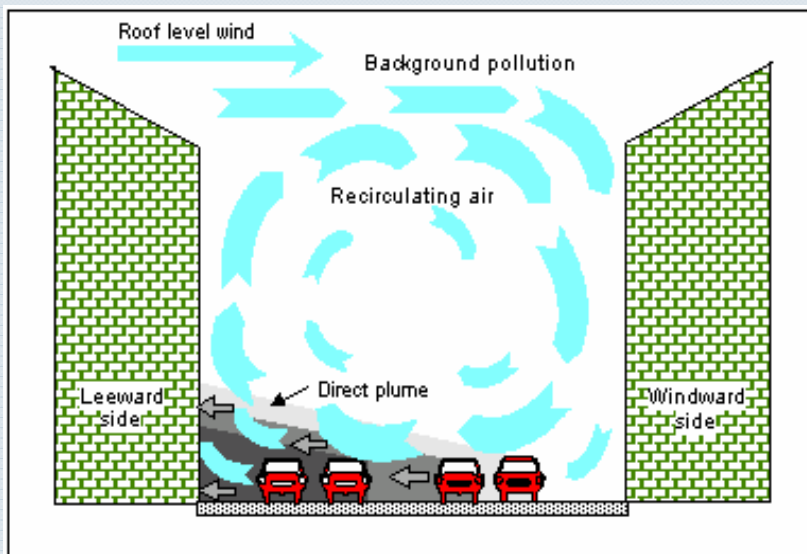
ekvation för **ändliga** linjekällor

ekvation för **oändliga** linjekällor

•enkel men bara giltig nära linjekällan

$$C(X_r, Y_r) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{q}{u \sin \theta \sigma_z^{eff}}$$

# Modeller för gaturum



Turbulensen i en gata genereras av två mekanismer:

- vinden
- trafiken

Den trafikgenererade turbulensen är mycket viktig vid låga vindhastigheter.

OSPM baseras på en kombination av plymmodell för den direkta delen av utsläppen och box modell för recirkulationen av avgaserna i gaturummet. Modellen inkluderar kvävekemi.

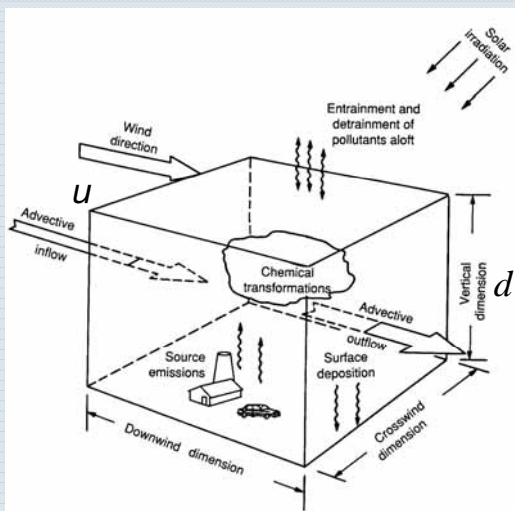
[http://www2.dmu.dk/1\\_Viden/2\\_miljoe-tilstand/3\\_luft/4\\_spredningsmodeller/5\\_ospm/5\\_description/default\\_en.asp](http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_spredningsmodeller/5_ospm/5_description/default_en.asp)

**Mer om trafikföroreningar i gaturum:**

<http://www2.dmu.dk/atmosphericenvironment/Trapos/>

# Modeller för ytkällor

## Enkel box modell



$$\bar{c} \propto \frac{Q}{u * d}$$

där  $Q$ =emission  $u$ =vindhastighet och  $d$ =vertikal parameter t.ex. Gränsskiktets höjd

## Enkel men smart box modell (SIMAIR-BUM)

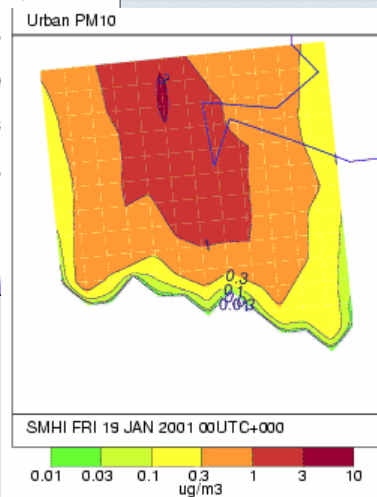
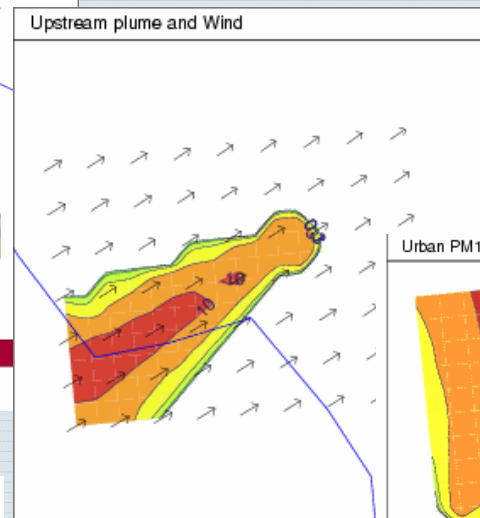
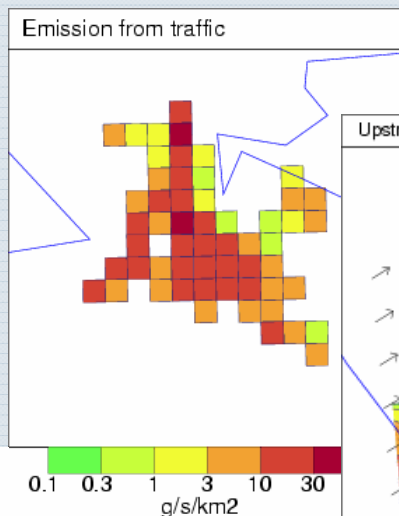
$$C = \frac{1}{2\Delta\theta} \int_{-\Delta\theta}^{\Delta\theta} \int_0^r f(\theta) \frac{Q(r, \theta)}{u\sigma_z(r)} r dr d\theta$$

$$\sigma_z(r) = h_o + \sigma_w r / u$$

$$f(\theta) = \sin\left(\pi \frac{\Delta\theta + \theta}{2\Delta\theta}\right)$$

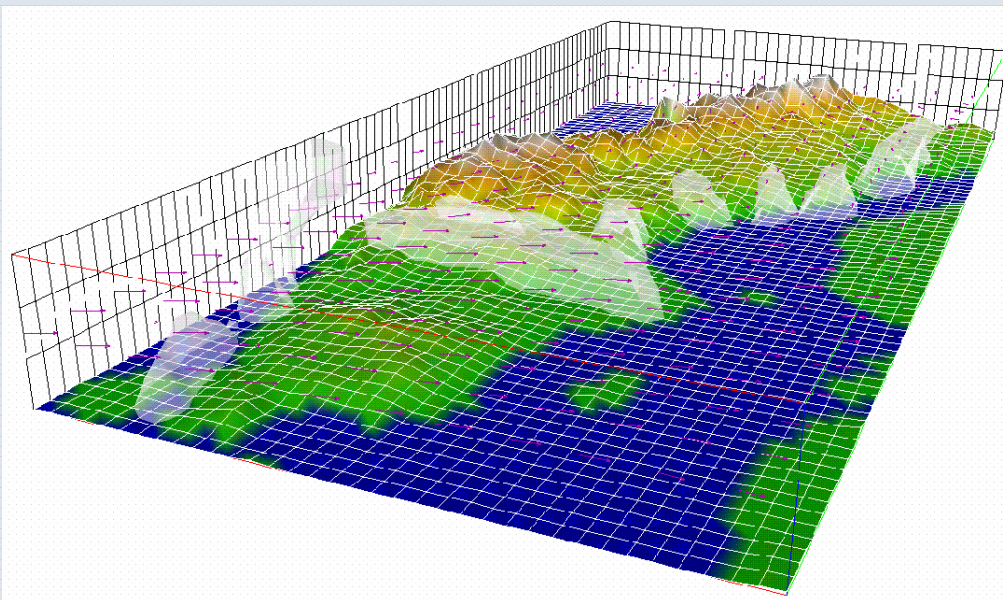
$$\Delta\theta = \max(0.5/u, 0.25)$$

$$\sigma_w = \sqrt{1.2u_*^2 + 0.33w_*^2}$$

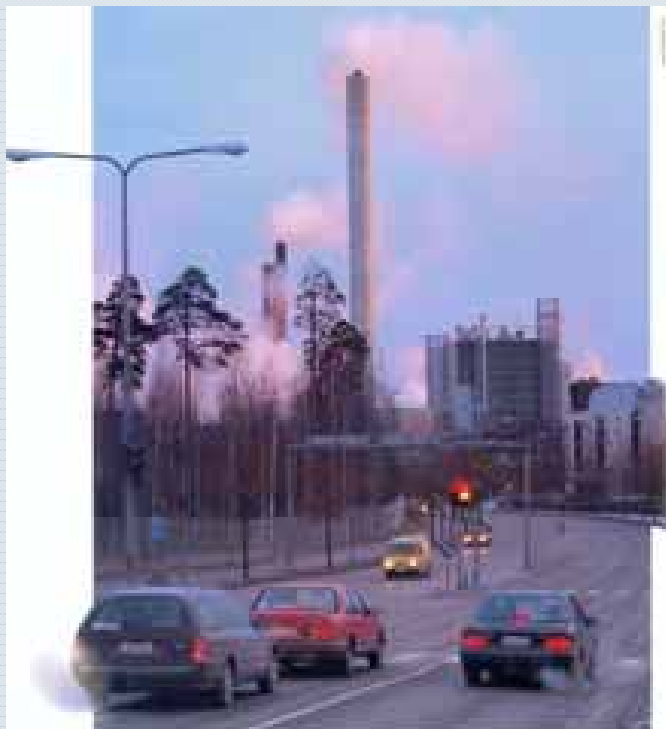


# Modeller för ytkällor

- Gaussiska modeller för många källor
- Eulerska modeller



## Kopplade modeller



**Kopplade modeller används för att beskriva luftkvalitetsproblem som beror på utsläpp från olika geografiska skalor. De kan innehålla:**

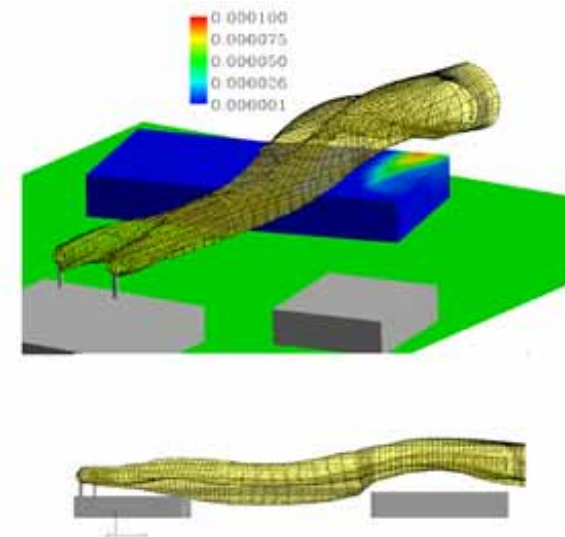
**Modeller för punk-, linje- och ytkällor och gaturum men också modeller för den urbana och regionala skalan.**

**Exempel:**

**SIMAIR, Episode**

# CFD-modellering (Computational Fluid Dynamics )

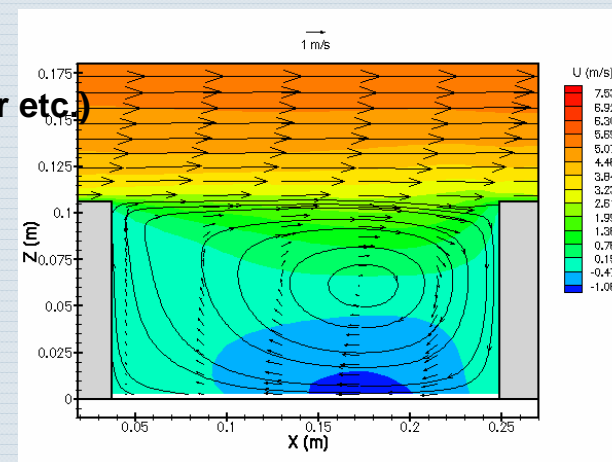
CFD löser flödesdynamiska frågeställningar med hjälp av numeriska metoder. Krävs ofta kraftfulla datorer. Valideras bl.a. med hjälp av mätdata från vindtunnlar. Resultaten ser ofta imponerande ut med vackra färgbilder.



CFD är ett vitt begrepp. Används vid t.ex. utformning av fordon, intern strömning och förbränning i pannor och motorer, reningsverk, industriprocesser.

Praktisk tillämpning av CFD för modellering av föroreningsspridning kräver en rad av ställnings- tagande kring vad man vill ta hänsyn till:

- Geometri och beräkningsnät (hantering av topografi, byggnader etc.)
- Hantering av vegetation och markanvändning
- Hänsyn till atmosfärens stabilitet
- Anblåsande vind- och turbulensprofiler
- Hänsyn till fordonsgenererad turbulens
- Val av turbulensmodell
- Mesoskaliga vind- och turbulens variationer
- 



**Det som styr valen är syftet med modelleringen. Ingen modell bör användas för frågeställningar den inte är utprovad för.**

# Något om validering

## **Modellerarens önskemål:**

**fullständiga mätdata av god kvalitet, som utförts på väl utvalda representativa platser och som är väl dokumenterade**

**Det finns en del mätdata idag som är av god kvalitet och som kan användas för modellvalidering**

<b>Miljö</b>	<b>Svenska mätdata</b>
gaturum	SLB analys, IVL, Urban projektet, Nordic, Vägverket
motorväg	ITM, Vägverket
vedeldning	BHM, ITM
punktkällor	saknas !?
urban bakgrund	Urban projektet, SLB analys, Nordic
regional bakgrund	EMEP luftkvalitet och nederbörds kemi

## **Svårigheter:**

- mätdata inte fullständiga saknas t.ex. data för emissionsberäkningar, meteorologiska data etc.
- orepresentativa mätningar
- lagring och dokumentation av mätdata ibland dålig

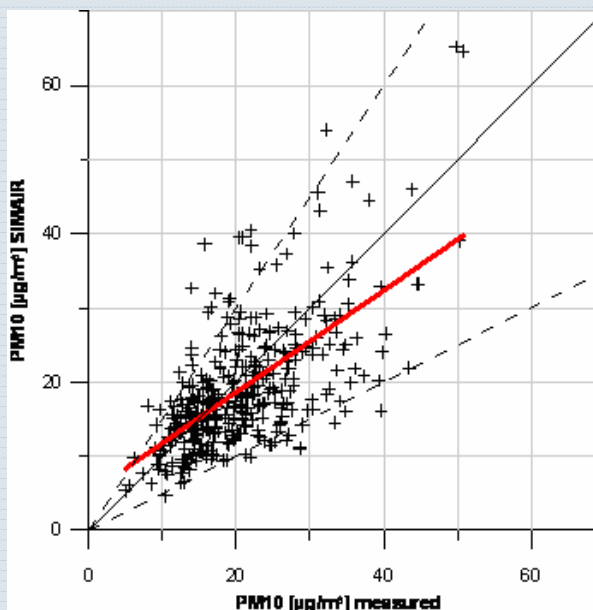
# Något om validering

## - exempel modellering av PM10 i Urban bakgrund

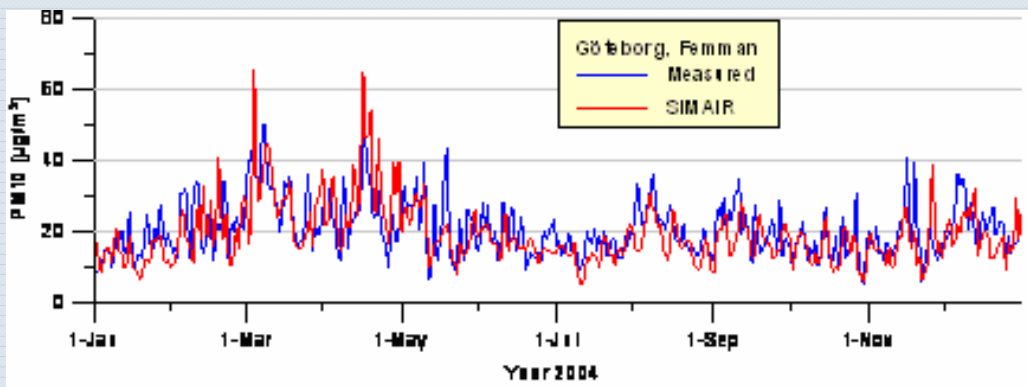
### Femman i Göteborg



Stationen placerad på Femman-huset i Nordstan i centrala Göteborg



Number of data points used = 365  
 Average measured = 20.4 µg/m<sup>3</sup>  
 Average modelled = 18.9 µg/m<sup>3</sup>  
 Average regional background = 12.4 µg/m<sup>3</sup>  
 r = 0.63



	Uppmätt	SIMAIR	Reg. back. SIMAIR
Årsmedelvärde [µg/m <sup>3</sup> ]	20.4	18.9	12.4
90%-il [µg/m <sup>3</sup> ]	31.5	28.9	20.4
98%-il [µg/m <sup>3</sup> ]	39.8	42.3	27.1
Antal dygn > 50 µg/m <sup>3</sup>	2	3	0

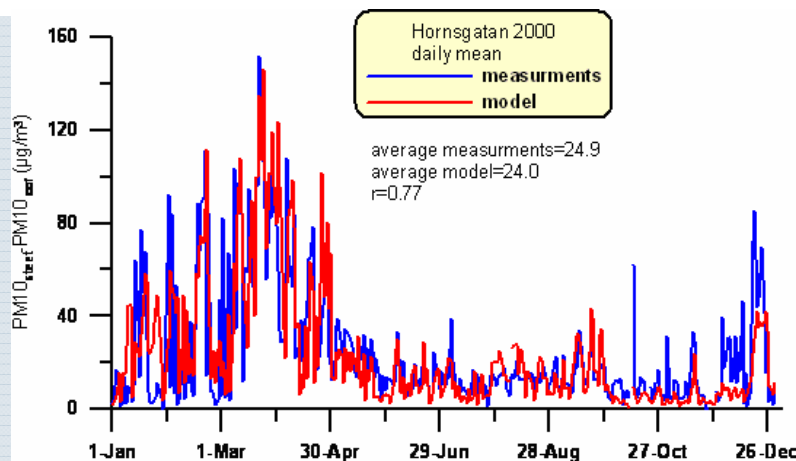
Antal dygnsmedel < 0.5 \* mätdata: 13  
 Antal dygnsmedel > 1.5 \* mätdata: 24

Totalt 37 dygn av 365 → 90% av dyggen uppfyller kvalitetskravet

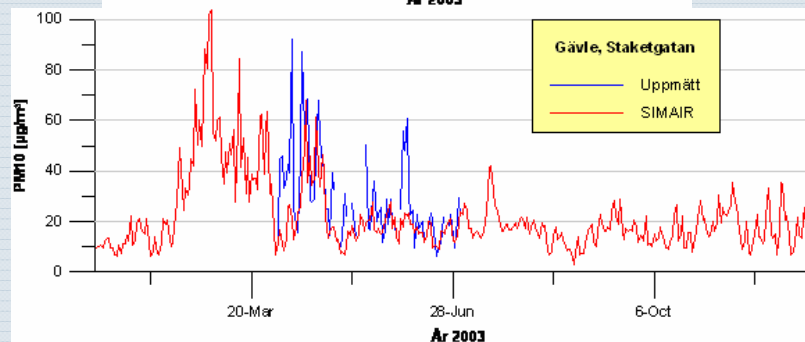
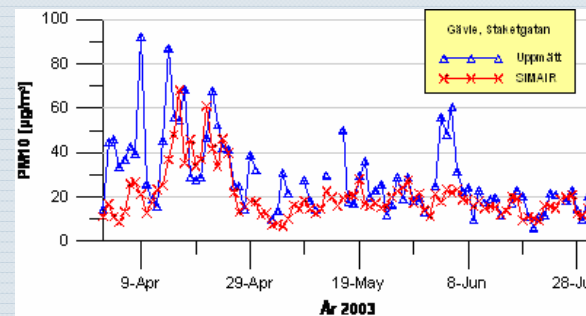
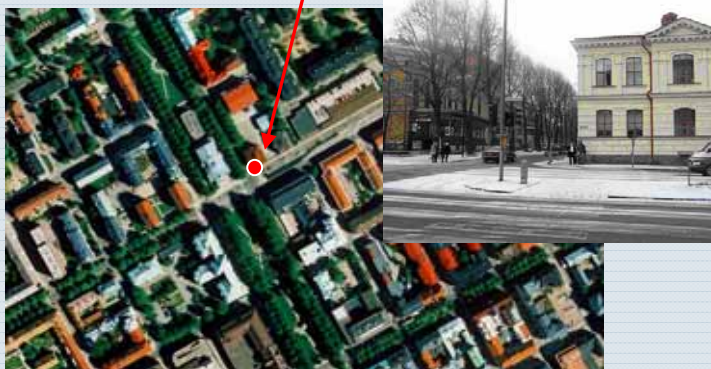
# Något om validering

## - exempel modellering av PM10 i gaturum

Mätstationens placering



Mätstationens placering



**Mätaren placerad för nära vägkorsning!**

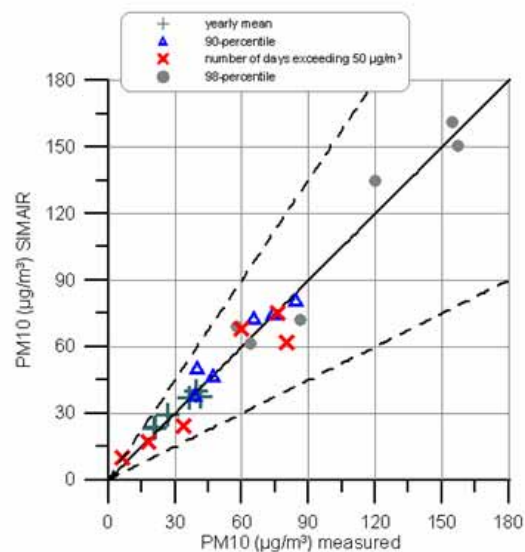
## Vilka krav ställer MKN?

*Kvalitetskrav för beräkningar av kvävedioxid och partiklar (PM10).*

*Källa: Naturvårdsverkets, NFS 2006:3, bilaga 4.*

### Osäkerhet för beräknad halt

	Kvävedioxid	Partiklar (PM10)
-timmedelvärde	50-60%	-
-dygnsmedelvärde	50%	Ännu ej fastställt
-årsmedelvärde	30%	50%



*Jämförelse mellan mätta och beräknade statistiska haltnått av PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) definierade i miljö kvalitetsnormen. Jämförelsen görs för sex olika gator i fyra olika städer i Sverige nämligen Sundsvall, Uppsala, Stockholm och Malmö. Streckad linje visar miljö kvalitetsnormens kvalitetskrav för modellberäkningar (baserat på årsmedelvärde) på +/- 50 %.*

## De vanligaste modellerna som används i Norden

Airviro

ALARM

CAR-FMI

Dispersion

Episode

EnviMan

MATCH

MISKAM

OSPM

RODAIR/

SIMAIR

TAPM

UDMS-FMI

VEDAIR

VLUFT

**Modell katalog**

**Vägverkets handbok för vägtrafikens luftföroreningar**

[http://www.vv.se/templates/page3\\_\\_\\_\\_2090.aspx](http://www.vv.se/templates/page3____2090.aspx)

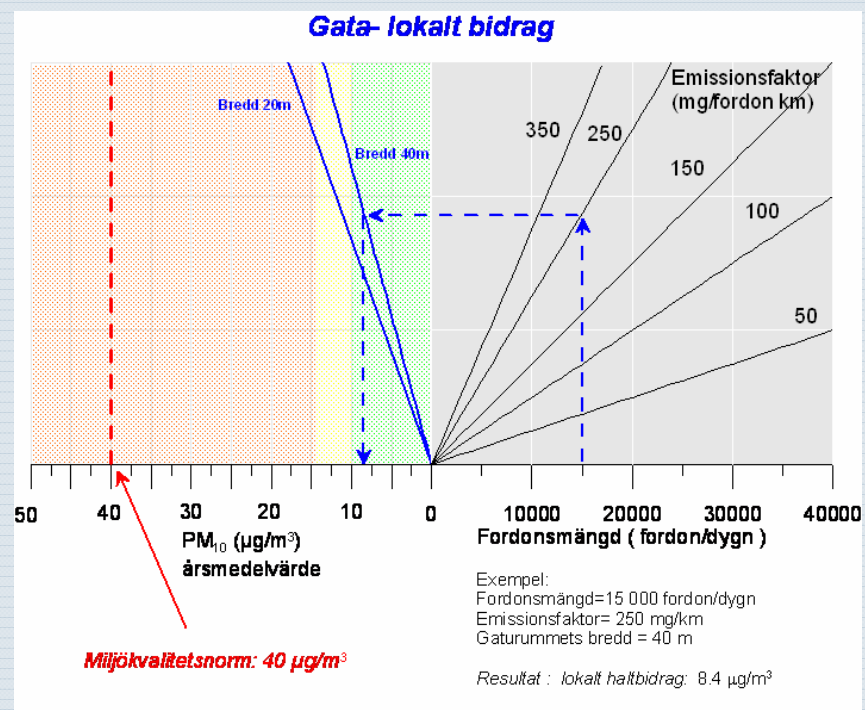
*En ny version har tagits fram men finns ännu inte utlagd på webben,  
för mer detaljer kontakta: [gunnar.omstedt@smhi.se](mailto:gunnar.omstedt@smhi.se)*

## A. Enkla metoder

Nomogram för uppskattning av NO<sub>2</sub> och PM<sub>10</sub> halter från vägtrafiken  
[http://simair.smhi.se/luftkvalitet/documents/nomo\\_2002\\_web\\_2004.pdf](http://simair.smhi.se/luftkvalitet/documents/nomo_2002_web_2004.pdf)

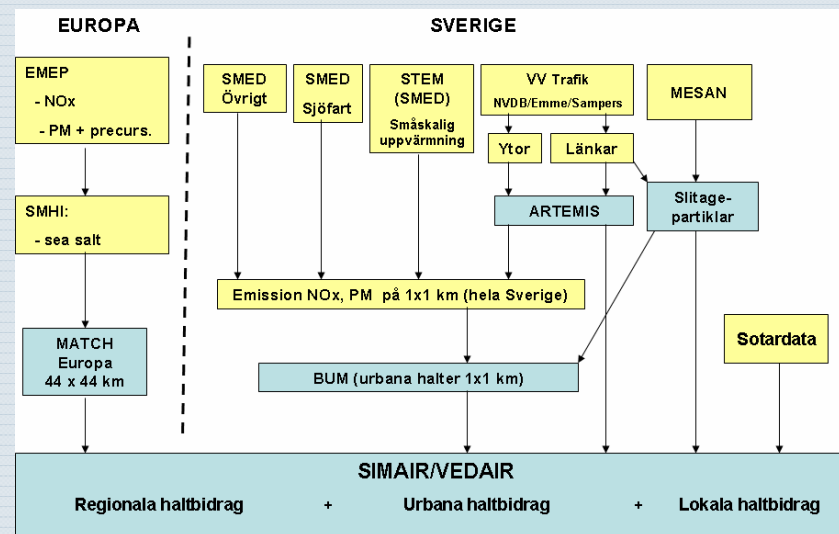
Metoden omfattar tre delar:

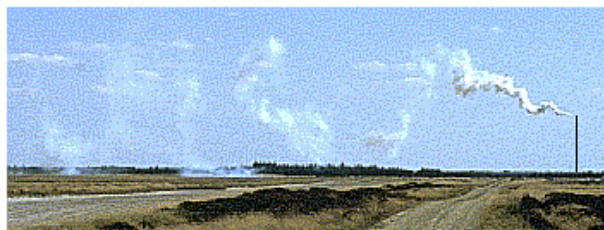
1. Uppskatta lokala haltbidrag
2. Uppskatta bakgrundsbidrag
3. Uppskatta extremvärden (percentiler)



## B. Lätt använda internetverktyg - indata, modeller och rapporter iordningställda

[www.luftkvalitet.se](http://www.luftkvalitet.se)





<http://harmo.org/>

## Initiative on "Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purpose"

Home page of the initiative on *Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*.

### More information on:

[Information on all "Harmonisation..." conferences](#)

[Previous conferences: Papers](#)

[Conference in Croatia, October 2008](#)

[Conference in Cambridge, July 2007](#)

[Model Validation Kit](#)

[Related activities and tools](#)

[Steering committee](#)

The current page gives a brief description of activities etc. For more thorough information, follow the links.



- The [12th conference on Harmonisation](#) will be held in Cavtat, Croatia, October 6-9, 2008. The second call for papers is now available. Deadline for short abstracts: March 10, 2008.
- The [11th conference on Harmonisation](#) was held July 2-5 in Cambridge, UK. Abstracts and Power Point presentations are [available for download](#).
- The [10th conference on Harmonisation](#) was held on October 17-20, 2005 in Crete. Abstracts and Power Point presentations are [available for download](#).
- A so-called *Wiki* has been launched in order to facilitate pooling of experiences within the modelling community. A Wiki is a website is especially suited for collaboration. [Read more on the Wiki](#), or go directly to the Web site of the [Atmospheric Dispersion Wiki](#).

# Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purpose

## ***Bakgrund***

År 1991 togs ett Europeiskt initiativ för att öka samarbetet och standardiseringen av atmosfäriska spridningsmodeller som används för reglering av utsläpp. Arbetet har framförallt inriktats på lokala modeller för skorstensutsläpp men också trafik . Utgångspunkten var att:

- Det fanns ( och det gör det fortfarande) ett stort antal modeller som används i Europa.
- Många modeller var gamla och inte vetenskapligt uppdaterad.
- En "ny generation" av modeller hade börjat komma fram.
- Det fanns dåligt standards eller verktyg för att bedöma olika modellers kvalitet på ett tillfredställande sätt.
- Önskemål att förbättra modelleringskulturen i Europa genom bättre samarbete.

## ***Vad har uppnåtts:***

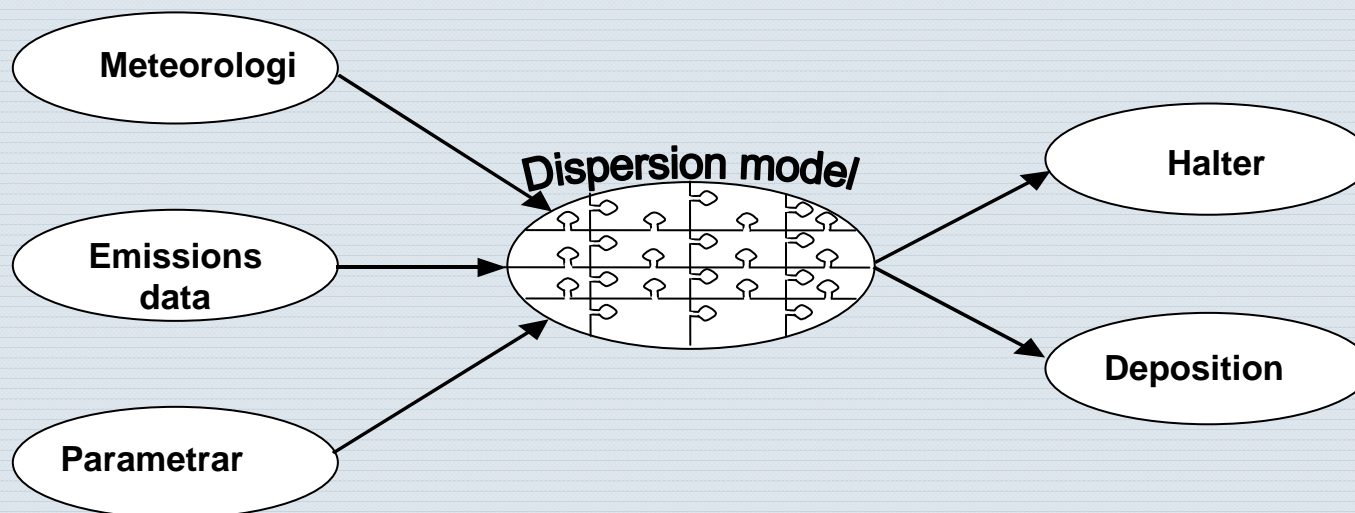
- Regelbundna konferenser, den 12:e hålls i Kroatien oktober 2008
- En "ny generation" av modeller har börjat användas i många länder.
- En databank på olika spridningsmodeller har tagits fram: <http://pandora.meng.auth.gr/mds/qstart.php>
- En databas för modellvalideringsdata har tagits fram innehållande fältdata och utvärderingsverktyg
- En wikia för atmosfärisk modellering [http://atmosphericdispersion.wikia.com/wiki/Main\\_Page](http://atmosphericdispersion.wikia.com/wiki/Main_Page)
-

# Hur kan man bedöma kvalitén på modellresultaten?



1. Vetenskapliga kvaliteter, validering, dokumentation
2. Hur väl är modellen integrerad i den programvara som används.
3. Kvalitet på indata
4. Hur väl tillämpningen är utförd

***Kvalitén på modellresultaten är aldrig bättre än kvalitén på indata!***



## Jämförelse mellan beräkningar som använder indata i tidserier och statistiskt (1)

Utsläpp, meteorologi, spridning och bakgrundshalter är inte sällan beroende av varandra.



**Höga halter inträffar när:**  
det är kallt, höga emissioner, svaga vindar,  
låg inversion, stabil skiktning och  
då är ofta bakgrundshalten låga

**Höga halter inträffar:**  
Under instabila och/eller blåsiga förhållanden.  
Då kan bakgrundshalterna vara höga.

***Kör beräkningarna timme för timme med hjälp av indata i en verklig tidserie!***

## Jämförelse mellan beräkningar som använder indata i tidserier eller statistiskt (2)

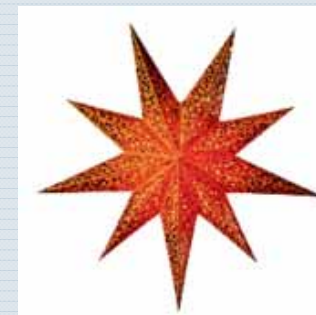
**..men** om tillämpningen är komplicerad med t.ex. många källor eller på grund av en tidskrävande modell  
Behövs förenklingar göras:

### ***Kör beräkningarna med hjälp av statistiska indata***

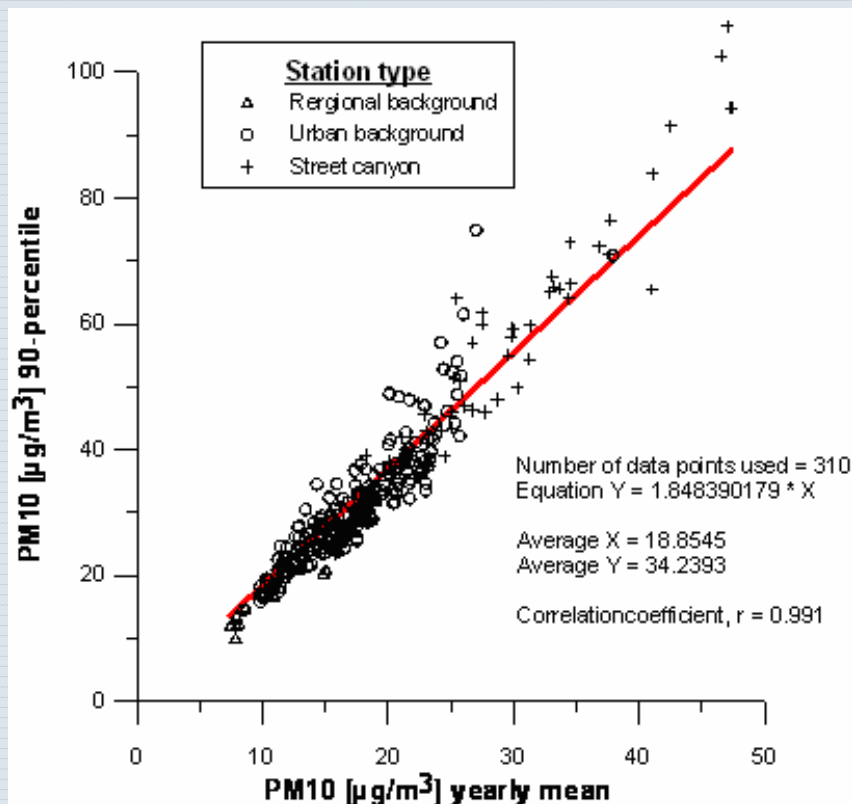
1. Beräkna frekvensen av olika väderklasser under önskad tidsperiod t.ex. ett år.  
Exempel: Vindriktningen delas upp i 36 klasser, vindhastigheten i 8 klasser och stabiliteten i 5 klasser.
2. Beräkna årsmedelvärden. Då behövs bara beräkningar görs  $36 \cdot 8 \cdot 5 = 1440$  gånger, vilket minskar beräkningstiden till 16% jämfört om beräkningarna görs i en tidsserie med timvisa data.
3. Använd statistiska överväganden eller mätdata för att relatera sambanden mellan medelhalter och extremhalter som 90- eller 98-percentiler.

### ***Problem:***

- Det är inte lätt att relatera emissionsdata för olika källor och också bakgrundshalter till olika väderklasser.
- Om för få vindriktningssklasser används kommer resultatet att se orealistiskt ut (som en stjärna)



## Jämförelse mellan beräkningar som använder indata i tidserier eller statistiskt (3)



Det kan vara mycket användbart att söka enkla statistiska relationer mellan medel- och extrem halter.

$$C_{PM\ 10}^{90\text{-percentile}} = const * C_{PM\ 10}^{yearly\ mean}$$

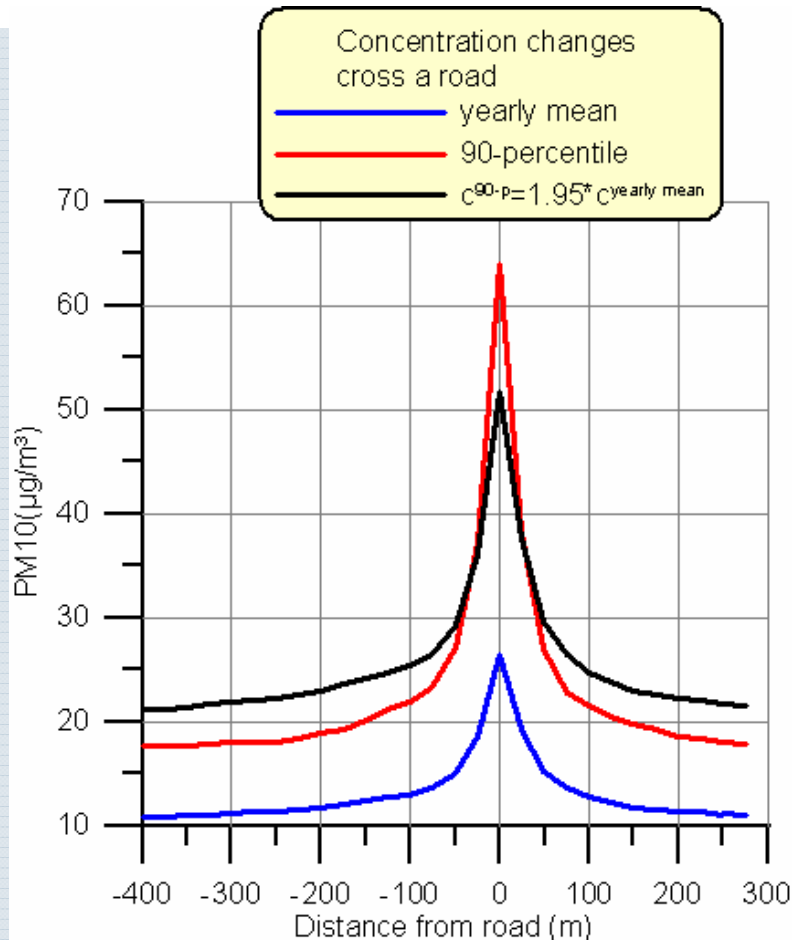
### Problem:

- Men var försiktig, konstanten är plats (och meteorologi) beroende.

$$const = \begin{cases} 1.93 & \text{for street canyon} \\ 1.81 & \text{for urban background} \\ 1.60 & \text{for regional background} \end{cases}$$

**Relation between yearly mean and 90-percentile daily mean concentrations of PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) from measurements in Sweden**

# Jämförelse mellan beräkningar som använder indata i tidserier eller statistiskt (4)

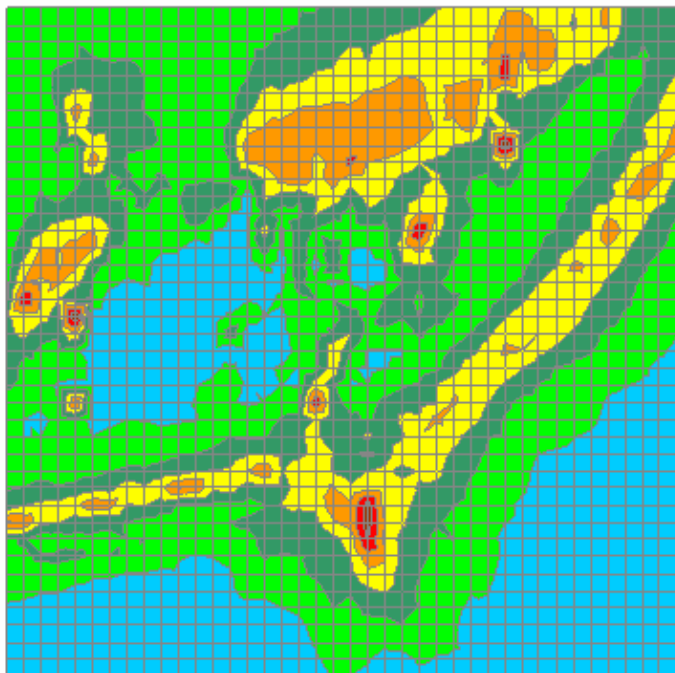


$$c_{PM10}^{90\text{-percentile}} = const * c_{PM10}^{yearly\ mean}$$

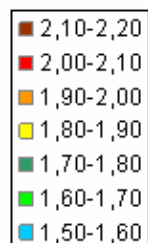
**Problem:**

Fältdata för extremhalter som t.ex. 90-percentiles, har större "topografi" jämfört med fältdata för medelhalter. Beräkningar som använder en konstant faktor beskriver därför inte den geografiska fördelningen på ett riktigt sätt: underskattar de högsta halterna och överskattar lägre halter

## Jämförelse mellan beräkningar som använder indata i tidserier eller statistiskt (5)



Beräknad kvot mellan 90-percentil och årsmedel halter av PM10 (dvs. beräknad *const*) för ett bostadsområde med omfattande vedeldning och som ligger nära väg



*const* är inte en konstant!  
Den varierar mellan 1.5-2.2 för detta exempel.

### Slutsatser:

- Beräkningar med statistiska indata bör göras försiktigt. Fel kan lätt uppkomma.
- *const* är inte en konstant utan är beroende på plats (och meteorologi).

## Praktiska råd

### - när bör man använda modeller?

#### Miljökvalitetsnormer och Trösklar

- kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) och kväveoxider (NO<sub>x</sub>)
- svaveldioxid (SO<sub>2</sub>)
- kolmonoxid (CO)
- bly
- bensen
- partiklar (PM10)
- ozon (Naturvårdsverkets ansvar)

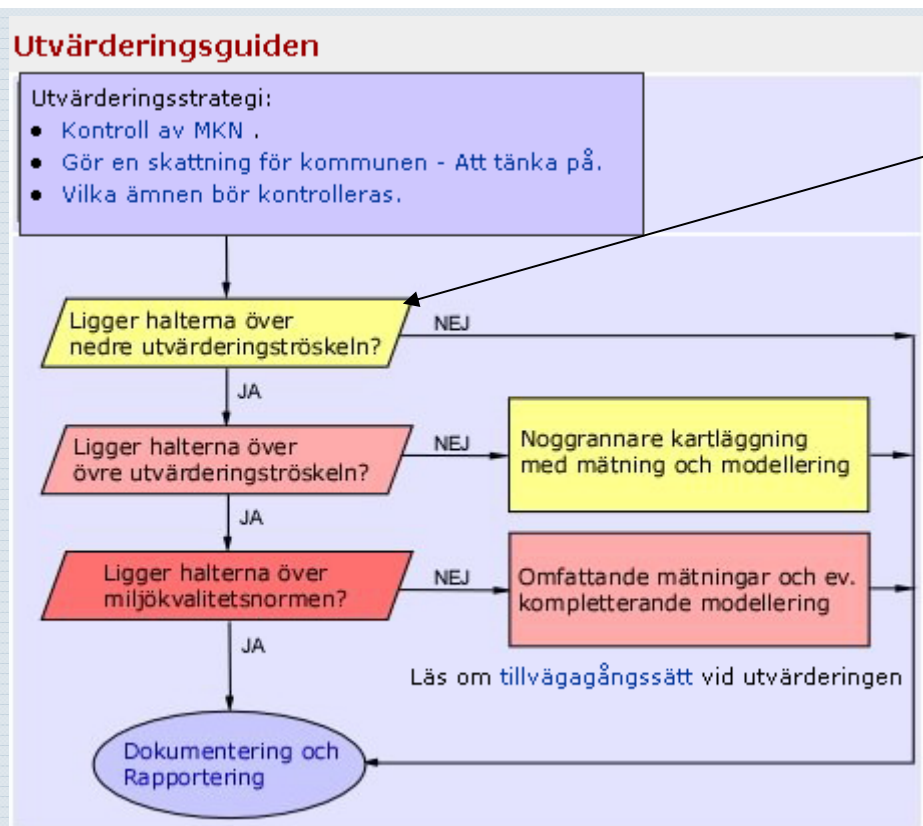
## Kontroll av miljökvalitetsnormen

Intervall	Utvärderingskrav	Lämplig metod för utvärdering
< nedre utv. tröskeln	Enkel beräkning eller objektiv skattning av totalhalter (bakgrundshalt + lokalt haltbidrag)	Inledande bedömning av luftkvaliteten i ett område. Jämförelse med andra närliggande orter, <b>nomogram</b> , enklare beräkningar eller enkla mätningar (andra metoder än de rekommenderade kan användas).
> nedre utv. tröskeln < övre utv. tröskeln	Indikativa mätningar, för samverkansområden i kombination med beräkningar.	Mätningar och beräkningar huvudsakligen där halterna är höga och där människor vistas (gaturum). Mätningarna skall utföras med rekommenderade metoder och skall täcka minst 14 % av ett kalenderår (jämt fördelat över året). För haltberäkningar med hjälp av spridningsmodeller se t.ex. <b>Vägverkets Handbok - kapitel 8</b> , <b>SIMAIR</b> och <b>VEDAIR</b> .
> övre utv. tröskeln	Kontinuerliga mätningar är obligatorisk. Samverkansområden: mätningarna kompletteras med beräkningar.	Mätningar och beräkningar huvudsakligen där halterna är höga och där människor vistas (gaturum). Mätningarna skall utföras med rekommenderade metoder under ett helt kalenderår. Även här kan <b>SIMAIR</b> användas för en mer avancerad beräkning.
> miljökvalitetsnormen	Kontinuerliga mätningar.	Kontinuerliga mätningar oavsett medverkan i samverkansområde. Även här kan <b>SIMAIR</b> användas för en mer avancerad beräkning.

Referenslaboratoriet för tätortsluft  
<http://www.itm.su.se/reflab/index.html>

# Praktiska råd

- hur skall man gå till väga för att välja lämplig modell?



Hjälpmedel:  
 •Nomogram metoden  
 •....

SIMAIR/ VEDAIR

Airviro

ALARM

Dispersion

EnviMan

MATCH

MISKAM

TAPM

CFD

....