



# Modelování rozptylu suspendovaných částic a potíže s tím spojené

Konzultační den hygieny ovzduší  
13.12.2005

Josef Keder

Český hydrometeorologický ústav  
[keder@chmi.cz](mailto:keder@chmi.cz)



## Osnova

- Proč modelování?
- Modelování versus měření
- Typy modelů, výhody, nevýhody, použitelnost
- Úlohy řešené modelováním
- Čím v ČR můžeme modelovat dnes?
- Příčiny neshody modelů pro suspendované částice s měřením
- Možná východiska – společný projekt VaV



## Základní rámcová směrnice 96/62/EC „On ambient air quality and management“

- definuje několik metod (jejich kombinací) pro stanovení prostorového rozložení koncentrací znečišťujících látek v tzv. „zónách“
- účel - zajištění sledování a řízení kvality ovzduší, zjištění případného překročení imisních limitů
- automatická měření - **preferována**, obecně uznávaná za nejlépe vyhovující metodu



## Další použitelné metody hodnocení imisní situace podle směrnice 96/62/EC

- kombinace měření a modelování znečištění ovzduší
- modelování znečištění ovzduší
- odborný odhad



## Srovnání, výhody, nevýhody

- **měření** - přesnější, ale drahá, problém s reprezentativností a prostorovým zobecněním měření v bodě
- **modelování** - méně přesné, ale poskytuje lepší přehled o pokrytí zájmového území
- na rozdíl od měření, **modelování** umožňuje **predikovat** vývoj imisní zátěže a studovat různé scénáře



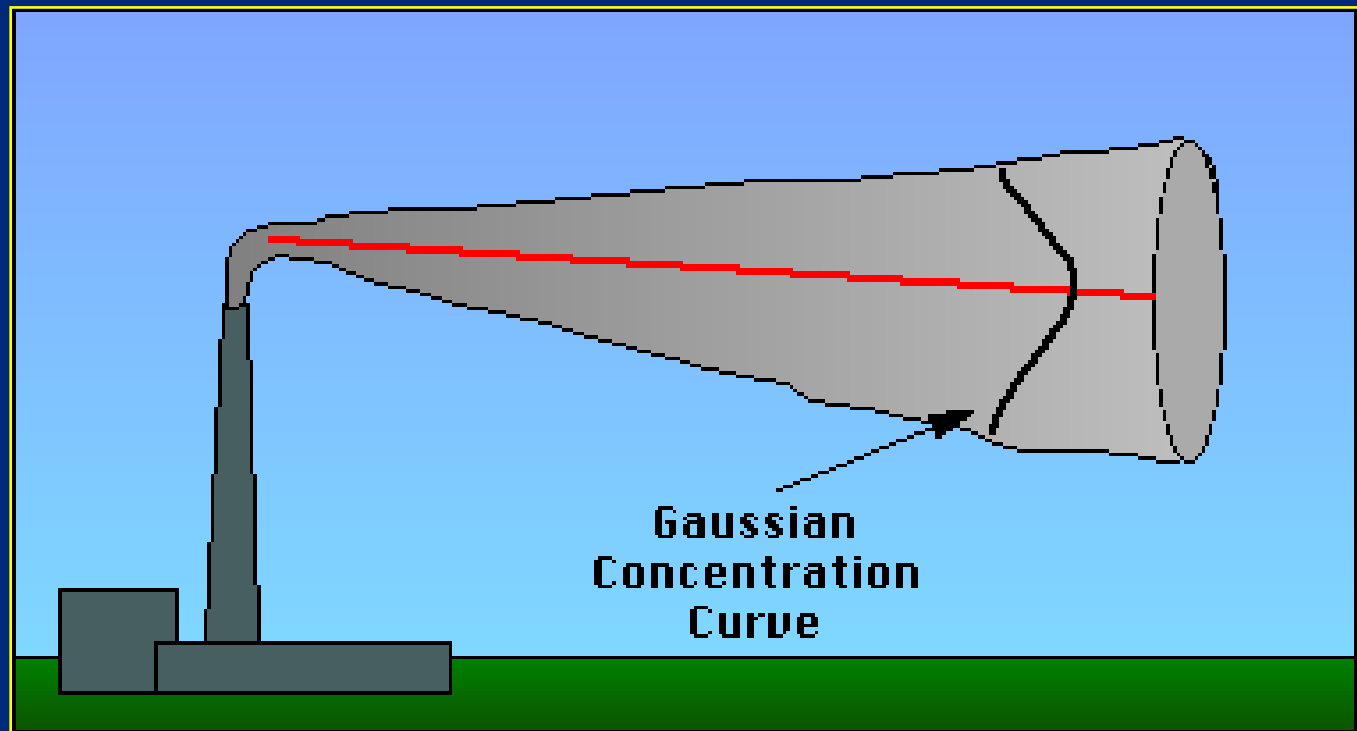
## Typy modelů

- Gaussovské vlečkové modely
- Lagrangeovské modely
- Eulerovské modely
- Statistické modely



## Gaussovské modely

- Vycházejí ze **stacionárního** řešení rovnice turbulentní difúze (emise a proudění konstantní během určitého časového úseku)





## Gaussovské modely - výhody a nevýhody

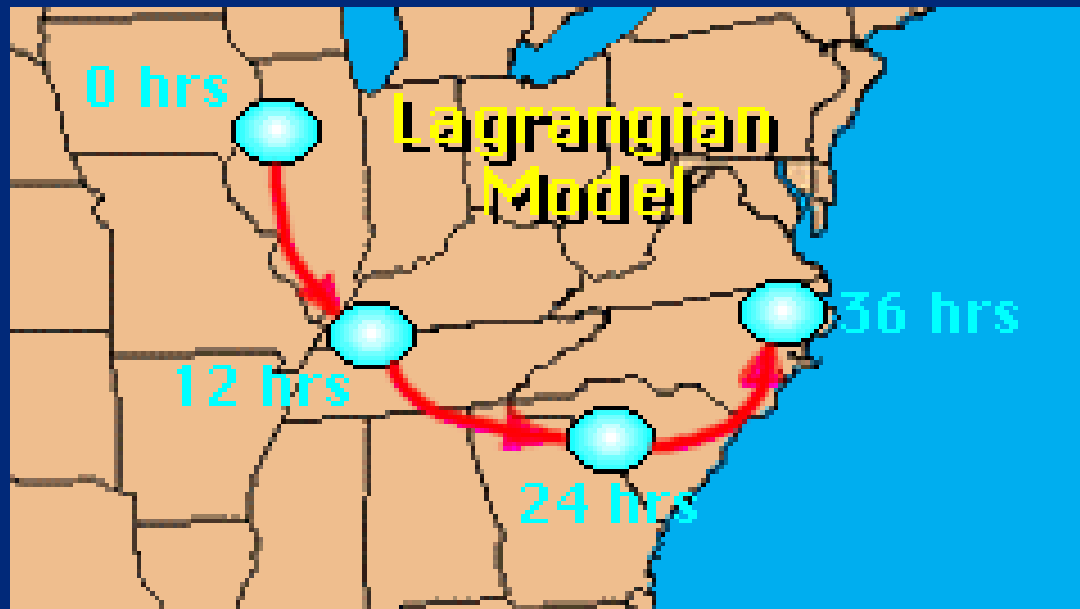
- V praxi často využívány pro svoji jednoduchost, především pro hodnocení imisní zátěže z klimatologického pohledu, screening, „hot-spots“
- Obtížná adaptovatelnost na nehomogenní podklad a složitý terén
- Problémy spojené se zahrnutím změn v emisích a v meteorologických podmínkách během času





## Lagrangeovské modely

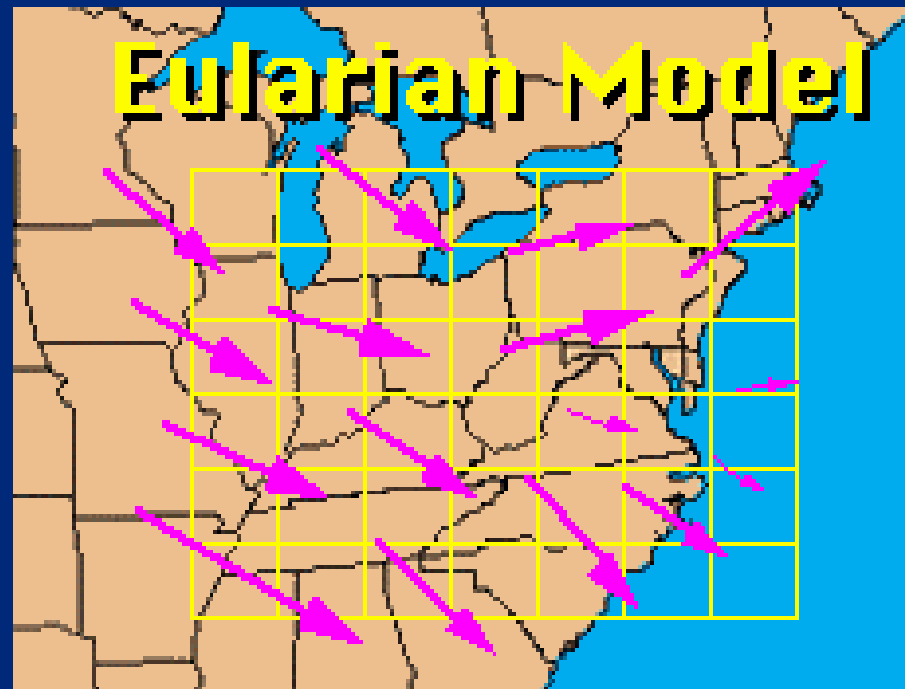
- Popisují šíření polutantů v atmosféře tak, že „sledují“ individuální vzduchové částice nebo oblaky, které jsou transportovány v poli proudění
- Současně s přenosem dochází k rozptylu





# Eulerovské modely

- Rovněž založeny na numerickém řešení soustav diferenciálních rovnic (obecně **nestacionárním**)
- Nesledují individuální vzduchové částice při transportu, ale vyšetřují změny koncentrace v **uzlových bodech** souřadnicové sítě





# Statistické modely

- Nevycházejí z rovnice difúze, založeny na statistických metodách (v současné době nejčastěji na **neuronových sítích** či **Kalmanově filtru**)
- Využívány pro řadu aplikací, jejichž řešení numerickými postupy by bylo příliš náročné (např. pro předpověď vzniku smogových situací)
- **Nevýhoda** - často svázaný s místem, pro něž byly vytvořeny, tudíž obtížně přenositelné jinam



## Úlohy řešené modely rozptylu, prostorová měřítka

- Hodnocení **městského území** jakožto celku (regionální měřítko)
- Hodnocení **malých územních celků** v rámci města (lokální měřítko)
- Specifická problematika **uličních kaňonů** (lokální až mikro měřítko)
- Hodnocení **venkovských oblastí** (regionální až lokální měřítko)

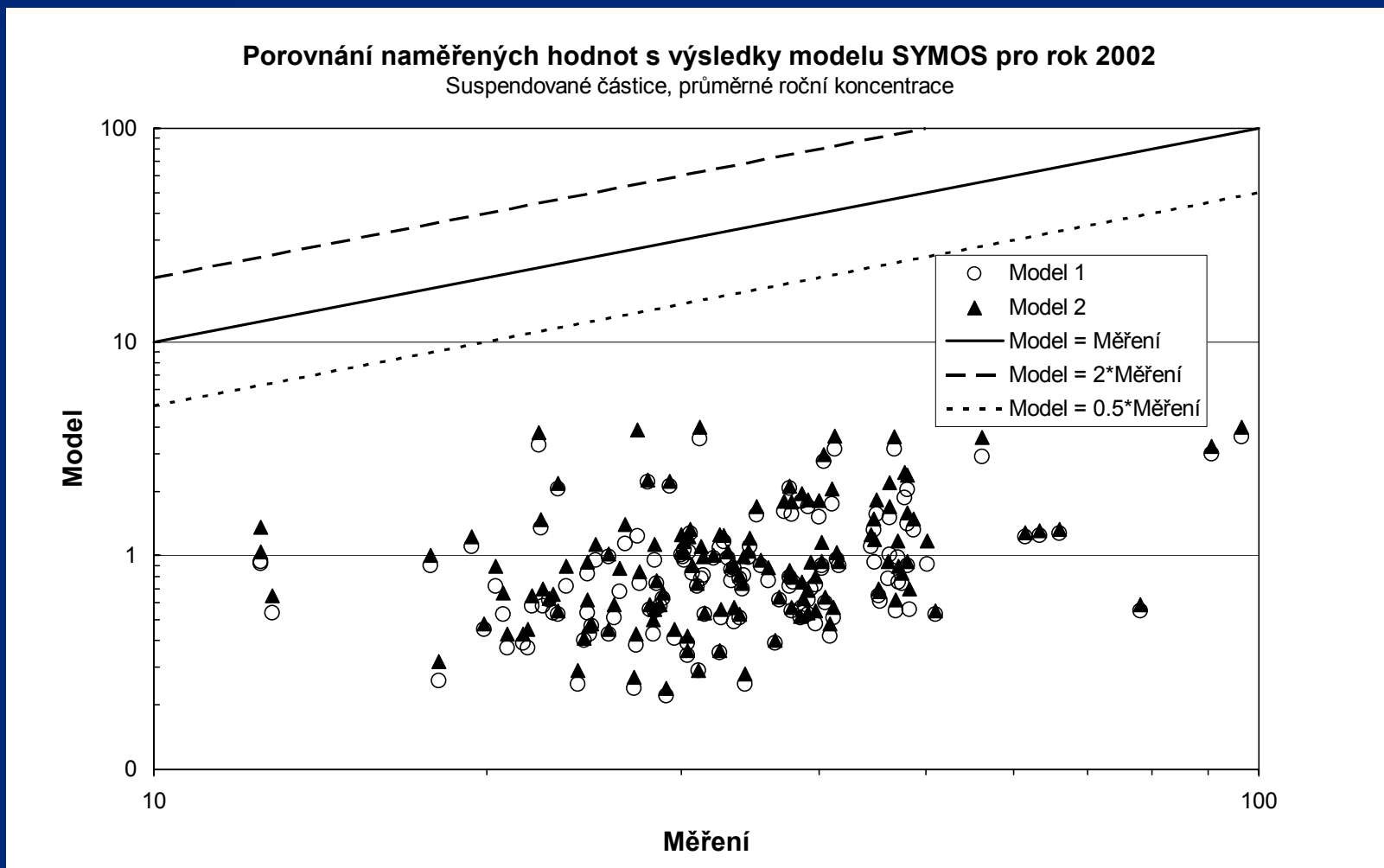
# Přehled některých modelů pro využití v ČR

Oblast využití	Znečišťující látky	Model dostupný v ČR
městské území (regionální měřítko)	málo reaktivní– reaktivnější látky, prašný aerosol	ATEM
venkovská území	málo reaktivní – reaktivnější látky, prašný aerosol	SYMOS'97
uliční kaňony	málo reaktivní – reaktivnější látky	AEOLIUS <sup>*)</sup>



# Porovnání modelu s měřeními

- model SYMOS'97





# Příčiny neshody modelů pro suspendované částice s měřením

- Neurčitosti v meteorologických vstupech
- Neurčitosti v emisních inventurách
- Zahrnuty pouze primární antropogenní emise (podíl na celkové imisní zátěži částicemi cca 50%)
- **Nezahrnuto**
  - ✓ Dálkový transport
  - ✓ Emise některých sektorů (zemědělství)
  - ✓ Resuspenze částic ze zemského povrchu
  - ✓ Tvorba sekundárních částic
  - ✓ **Biogenní částice**



## Resuspendované částice

- Do ovzduší se dostávají ze zemského povrchu vlivem turbulentního proudění
- Je pro ně charakteristický větší podíl částic minerálního původu (sloučeniny křemíku, hliníku a vápníku).
- Charakteristické složení vykazují částice emitované z komunikací.
- Z hlediska velikosti zastoupeny především větší částice, ale nezanedbatelný je i podíl ve frakci PM10.
- Podíl resuspendovaných částic v PM10 cca 50%, ve velmi jemné frakci již jen 5 - 15%.





# Sekundární částice

- Primární znečišťující příměsi se do atmosféry dostávají přímo ze zdrojů
- Sekundární látky (plynné i pevné) vznikají v ovzduší jako produkty často složitých chemických reakcí
- Jako sekundární částice se označují ty prachové částice, které vznikly v ovzduší v průběhu transportu znečišťujících látek fyzikálně-chemickými procesy



## Sekundární částice - mechanismy vzniku

- závislé na emisích (koncentracích) **prekurzorů** (oxid siřičitý, oxidy dusíku, organické uhlovodíky)
- hlavní mechanismy vzniku
  - kondenzace koncových produktů fotochemických reakcí
  - adsorpce organických plynů do existujících částic
  - rozpouštění plynů, které dále vstupují do chemických reakcí
- modelováno pomocí řady reakčních schémat (CB4, SAPRC99, EMEP...)

# Společný projekt ČHMÚ, ÚCHP AV ČR, SZÚ

VaV-SM/9/86/05

## Studium vzniku sekundárních částic z plynných prekurzorů a jejich podílu na celkové imisní zátěži 2005 - 2007

- Prohloubit informace o podílu reemitovných a především sekundárních částic na celkové imisní zátěži suspendovanými částicemi frakce PM10
- Získání podrobnějších informací a dat o bioaerosolech, které mohou mít významný efekt na lidské zdraví a mohou být kontaminovány ostatním vzdušným znečištěním
- Pylové znečištění.



# Členění projektu

- **DP1** Upřesnění odhadu podílu sekundárních a reemitovaných částic na celkové imisní zátěži suspendovanými částicemi v podmínkách České republiky a zpřesnění rozptylových modelů  
*Řešitel: RNDr Josef Keder, CSc (ČHMÚ)*
- **DP2** Výzkum fyzikálních a chemických vlastností suspendovaných částic PM10 v městském prostředí.  
*Řešitel: Ing Jiří Smolík, CSc (ÚCHP AV ČR)*
- **DP3** Studium podílu bioaerosolů na imisní zátěži území České republiky suspendovanými částicemi.  
*Řešitel: RNDr Bohumil Kotlík (SZÚ)*