



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Rozptylové modelování

Přednáška a cvičení

Alice Dvorská



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace a rozšíření výuky zaměřené na problematiku životního prostředí na PŘF MU (CZ.1.07/2.2.00/15.0213)
spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Přednáška



Úvodní poznámky k rozptylovým modelům

Rozptylové (disperzní) modely se zaměřují na transport látek (v plynném skupenství i vázané na atmosférické částice) od známého zdroje, zředování koncentrace během transportu a predikci koncentrací látek v ovzduší zájmových oblastí.

Existují různé typy rozptylových modelů:

- boxové
- gaussovské
- lagrangeovské a euleriánské
- simulující rozptyl vleček s vysokými koncentracemi plynných polutantů (vlečka je těžší než okolní vzduch)
- zahrnující dynamické chování aerosolů
- a další...

Matematické rovnice v rozptylových modelech popisují procesy v ovzduší, rozptyl látek a fyzikální a chemické procesy, jimž látky ve vlečce podléhají.

Vlečka

Vlečka je sloupec tekutiny, který se pohybuje prostředím jiné tekutiny. Příkladem může být vypouštění emisí z komínů (= vyvýšeného bodového zdroje).

Emise jsou z komínů vypouštěny se značnou počáteční hybností a teplotou vyšší, než je teplota okolního vzduchu, aby stoupaly nahoru.



Chování vlečky závisí na:

- podmínkách na zdroji (výstupní rychlost emisí, rozdíl v teplotě emisí a okolního vzduchu)
- stratifikaci (rozvrstvení) atmosféry
- rychlosti větru

Vlečka

Maximální přízemní koncentrace polutantů emitovaných z vyvýšeného bodového zdroje závisí zhruba na převrácené hodnotě čtverce efektivní výšky komína.

Efektivní výška komína je dána součtem vlastní výšky komína a vzestupem vlečky. Vzestup vlečky je výška, kde je vlečka již jen pasivně unášena prouděním okolního vzduchu.

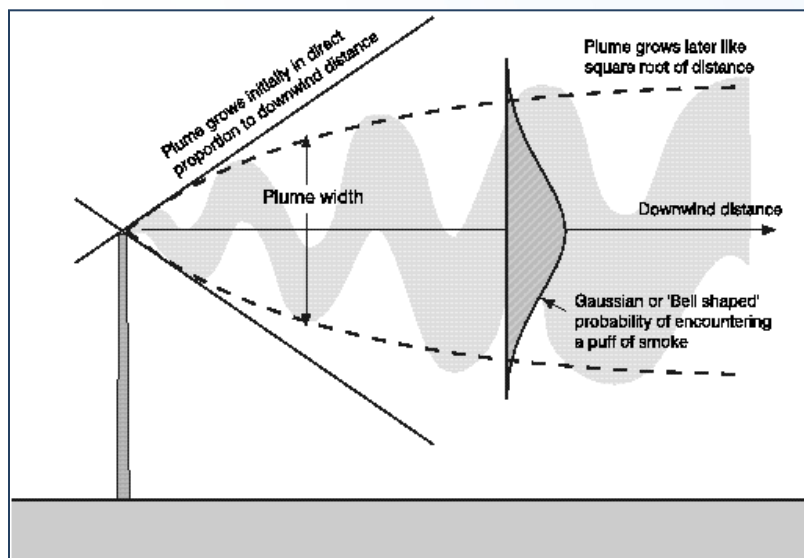
Přímo pod zdrojem (komínem) se koncentrace polutantů blíží nule. Je žádoucí, aby i dále od komína byly přízemní koncentrace polutantů co nejnižší, tj. aby vlečka co nejvíce stoupala.

Výše vzestupu vlečky je důležitým aspektem snižování přízemních koncentrací polutantů.

Jednou z možných aplikací rozptylových modelů je predikce vzestupu vlečky za různých povětrnostních podmínek.

Analytické řešení problému atmosférické difuze

Za idealizovaných podmínek má průměrná koncentrace látky ve vlečce emitované z bodového zdroje Gaussovskou distribuci. Ačkoli není gaussovský přístup schopný do výpočtu zahrnout změny v rychlosti větru s výškou a nelineární chemické reakce, je široce používáný.



Rovnice Gaussovské vlečky vyjadřuje průměrnou koncentraci látky emitované ze stálého, vyvýšeného bodového zdroje.

Rovnice atmosférické difuze je obecnějším přístupem. Jejím základním problémem je výběr vhodných hodnot rychlostí větru a turbulentních difuzivit pro danou situaci.

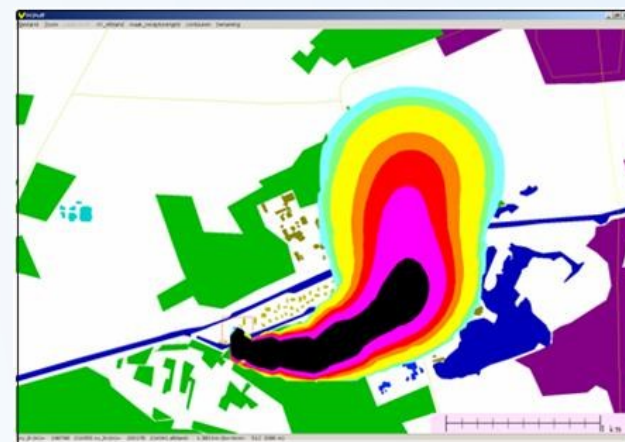
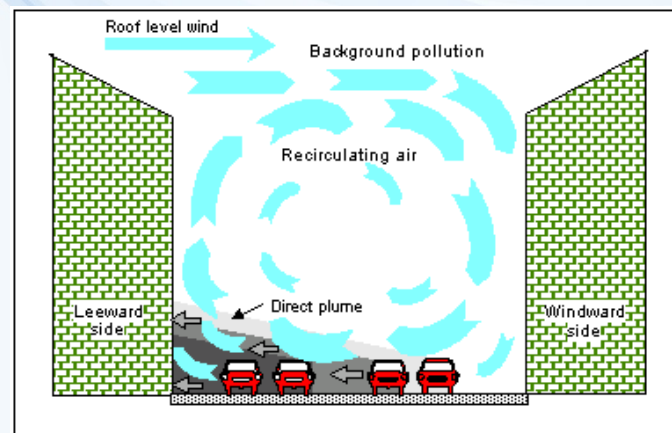


Aplikace rozptylových modelů

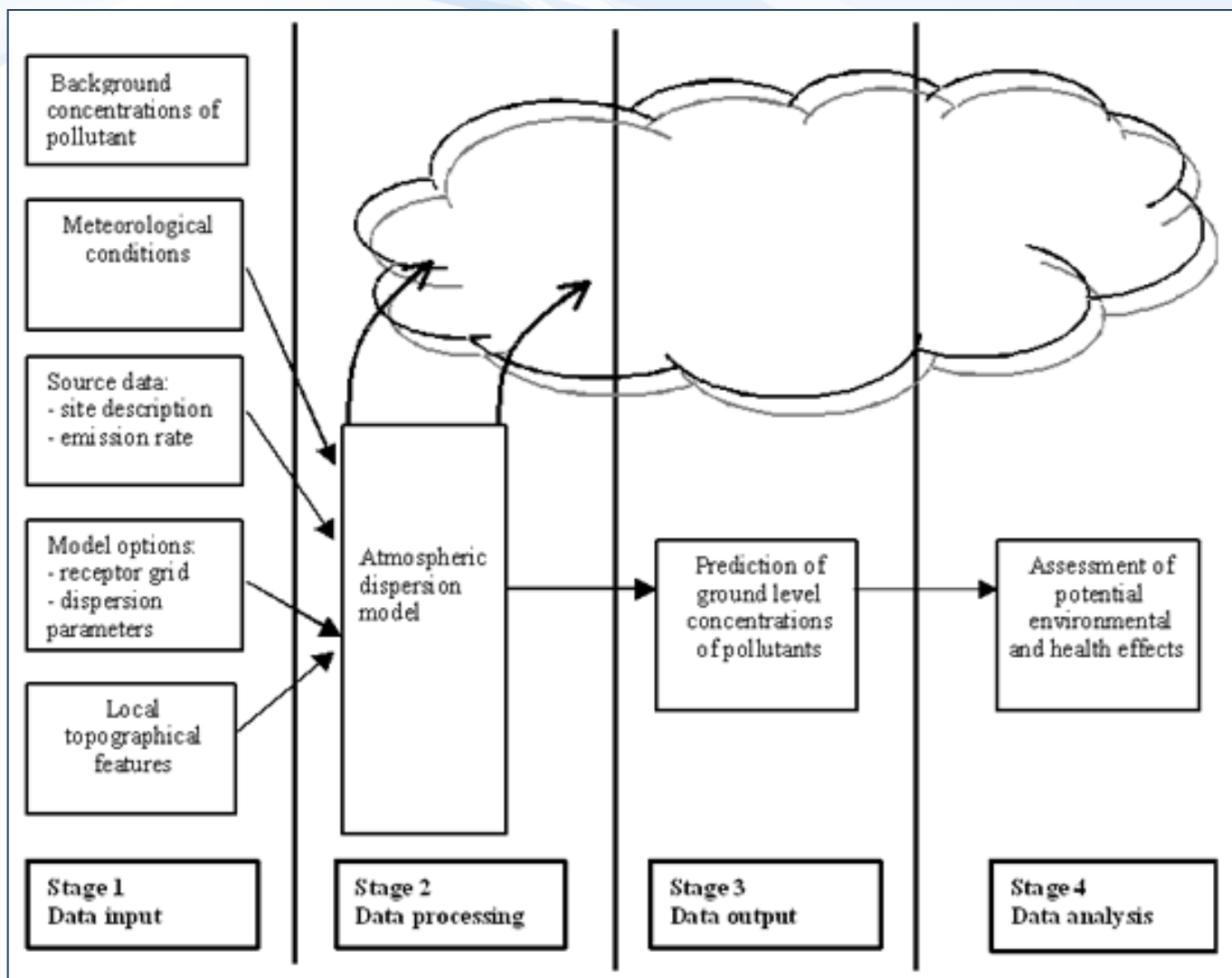
Rozhodujícím aspektem rozptylových modelů je měřítko zájmové oblasti. Některé modely jdou do velkých detailů, např. dokážou simulovat i rozptyl znečišťujících látek v uličních kaňonech.

Příklady aplikací rozptylových modelů:

- předpověď časových období se zhoršenou kvalitou vzduchu
- hodnocení vlivu (existujících nebo plánovaných) zařízení emitujících polutanty na životní prostředí
- určení vhodných výšek komínů
- v managementu rizik (např. havárií)
- doplňuje monitoring stavu ovzduší
- jeden z nástrojů pro design monitorovacích sítí
- hodnocení vlivu různých faktorů (např. tvaru terénu) na rozptyl látek
- a řada dalších...



Přehled pracovního postupu při rozptylovém modelování



Vstupní a výstupní informace

Výpočet úrovně znečištění ovzduší po směru větru od zdroje je prováděno na základě znalostí o:

- kvalitě a kvantitě emisí z jednoho nebo více zdrojů
- úrovni pozadového znečištění lokality
- místní topografii
- meteorologických podmínkách charakteristických pro dané místo a čas

Výstupní informace (tj. koncentrace látek) jsou počítány pro určené místo nebo oblast (charakterizovanou pomocí vhodně husté sítě referenčních bodů) a vyhodnoceny s ohledem na např.:

- legislativní limity různého typu
- jakékoli jiné srovnávací hodnoty
- možné zdravotní riziko pro obyvatele

Typy emisních zdrojů

Emisní zdroje se obvykle rozdělují na čtyři základní typy:

- **bodový** – nemá rozměr, jednotlivý a konkrétně identifikovatelný, může být při zemi, nebo vyvýšený (např. komín)
- **liniový** – má jeden rozměr (např. automobilový provoz na silnici)
- **plošný** – má dva rozměry, emise mají difuzní charakter (např. výpary ze skládek, plošný požár)
- **objemový** – má tři rozměry, emise mají difuzní charakter (např. emise látek z vnitřního prostředí z budov s několika patry otevřených oken)

Zdroje mohou být také mobilní (pohyblivé) a stacionární (nepohyblivé).

Emise mohou být přerušované (občasné), nebo kontinuální.

Je třeba znát zeměpisné souřadnice zdrojů.

Na co je třeba dávat pozor a co brát v potaz při modelování

Rozptylové modelování není vhodné pro:

- látky s krátkou dobou života v atmosféře (např. přízemní ozon)
- zjišťování pozadové úrovně znečištění ovzduší způsobené vlivem vzdálenějších zdrojů

Zdroje nejistot při receptorovém modelování jsou:

- nedostatečné informace o zdrojích (např. obvyklá neúplnost nebo nepřesnost emisních inventur, nepřesné emisní faktory, nereprezentativní měření emisí na zdroji apod)
- nezahrnutí informací o pozadové úrovni znečištění zájmové lokality
- zjednodušené matematické vztahy, které nereflektují např. transformace látek v atmosféře
- nepřesnost vstupních meteorologických dat (např. větrné růžice nejsou reprezentativní pro větší oblast, protože směr větru je u zemského povrchu velmi variabilní)
- použití nevhodného modelu (např. modelu pro venkovské oblasti pro simulaci rozptylu látek v městské zástavbě)
- a další...

Příklady modelů

Některé rozptylové modely jsou volně dostupné, jiné ne. Zejména ty, jejichž použití je zakotveno v legislativě a/nebo jsou komerční, mají uživatelsky příjemné rozhraní.

- **CALGRID** (California Photochemical Grid Model)
- **CALPUFF** (California Puff Model)
- **LASAT** (Lagrangian Simulation of Aerosol Transport)
- **AERMOD** (American Meteorological Society / Environmental Protection Agency Regulatory Model Improvement Committee Dispersion Model)
- **UK-ADMS** (UK Atmospheric Dispersion Modeling System)
- **CMAQ** (Congestion Mitigation and Air Quality)
- **CAQM** (Community Multiscale Air Quality Model)
- a mnoho dalších...

Rozsáhlý přehled rozptylových modelů uvádí např. Holmes a Morawska (2006) a dále http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_atmospheric_dispersion_models

Model AUSTAL

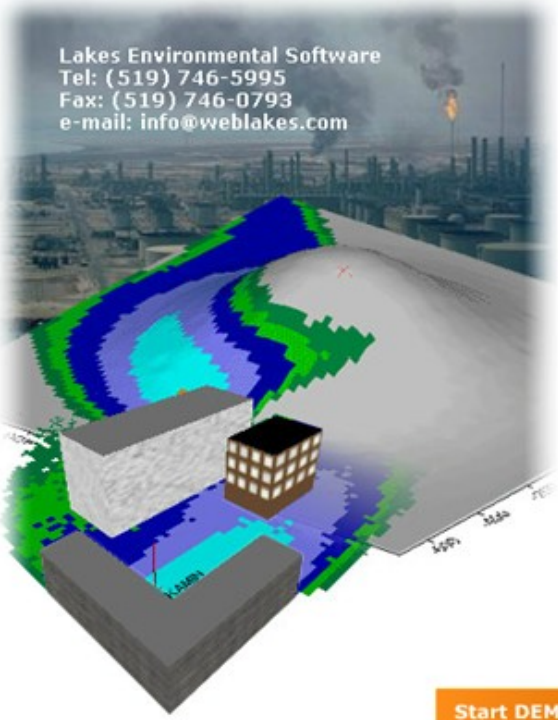
AUSTAL – lagrangeovský model pro rozptyl atmosférických aerosolů

<http://www.weblakes.com/products/austal/demo.html>

AUSTAL View *Lagrangian Particle-Tracking Air Dispersion Model*

AUSTAL View is an ergonomic and intuitive user interface for the official German Federal Environmental Agency air dispersion model - AUSTAL2000.

AUSTAL View uses a Lagrangian particle tracking air dispersion model that contains its own prognostic wind field model. Thus, the model takes into account the influence of topography on the wind field and therefore on the dispersion of pollutants.



Lakes Environmental Software
Tel: (519) 746-5995
Fax: (519) 746-0793
e-mail: info@weblakes.com

Start DEMO

Lakes Environmental www.weblakes.com

Rozptylové modely v ČR

Nařízení vlády č. 597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší, které je prováděcím předpisem zákona o ovzduší, jsou stanoveny referenční (srovnávací) metody pro výpočet rozptylu znečišťujících látek v ovzduší.

Jméno modelu	Oblasti použití	Velikost výpočetní oblasti	Látky
ATEM	městské oblasti nad úrovní střech budov	do 100 km od zdroje	SO ₂ , NO _x , CO, PM, benzen a další méně reaktivní látky
SYMOS '97	venkovské oblasti	do 100 km od zdroje	SO ₂ , NO _x , CO, PM, benzen a další méně reaktivní látky
AEOLIUS	městské oblasti v uličních kaňonech	jednotlivé ulice	látky z mobilních zdrojů

SYMOS '97

Byl vyvinutý ČHMÚ, software vyvinula a distribuuje firma Idea-Envi.

http://www.idea-envi.cz/produkty_symos.html

Umožňuje výpočet znečištění ovzduší:

- plynnými látkami a prachem z bodových, liniových a plošných zdrojů
- od většího počtu zdrojů
- pomocí nadstavby i za inverze a bezvětří

Pro každý referenční bod umožňuje metodika výpočet těchto základních charakteristik znečištění ovzduší:

- maximální možné krátkodobé (půlhodinové) hodnoty koncentrací znečišťujících látek, které se mohou vyskytnout ve všech třídách rychlosti větru a stability ovzduší
- maximální možné krátkodobé (půlhodinové) hodnoty koncentrací znečišťujících látek bez ohledu na třídu stability a rychlost větru
- roční průměrné koncentrace
- dobu trvání koncentrací převyšujících určité, předem zadané, hodnoty (např. imisní limity)

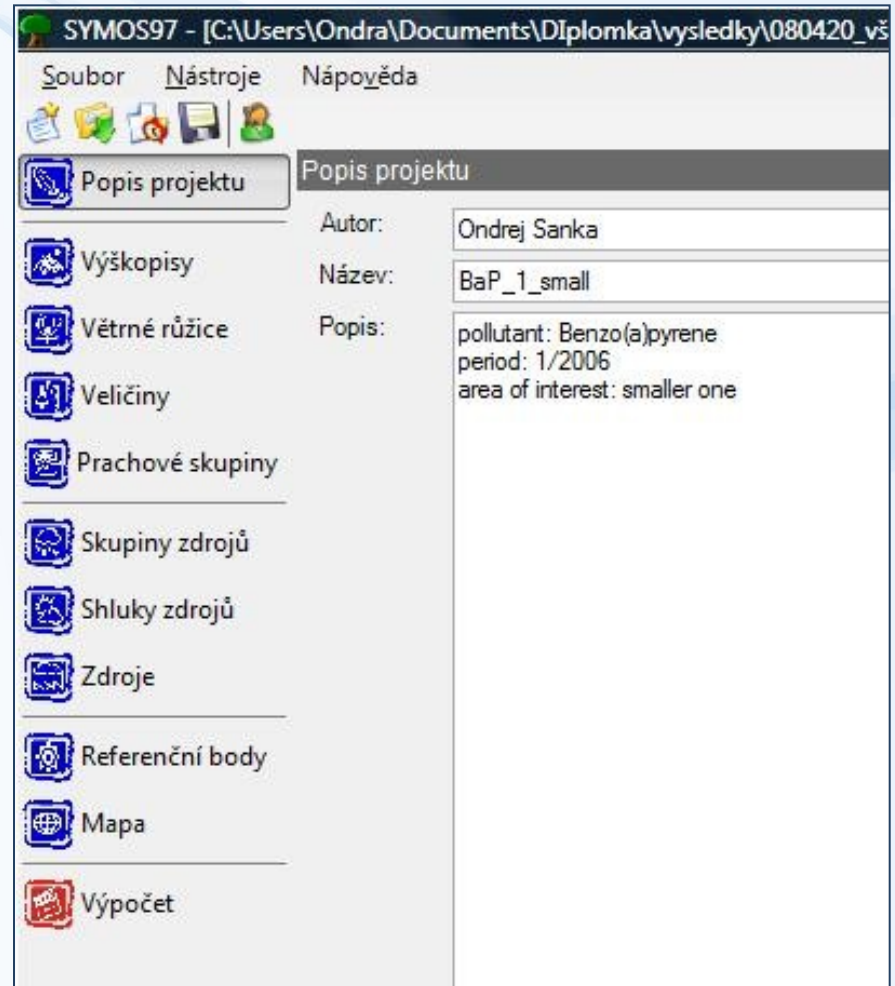
! SYMOS '97 je gaussovský model, který značně zjednodušuje skutečnost !

Příklad studie – Aplikace modelu SYMOS'97 na rozptyl polycyklických aromatických uhlovodíků ve Valašském Meziříčí

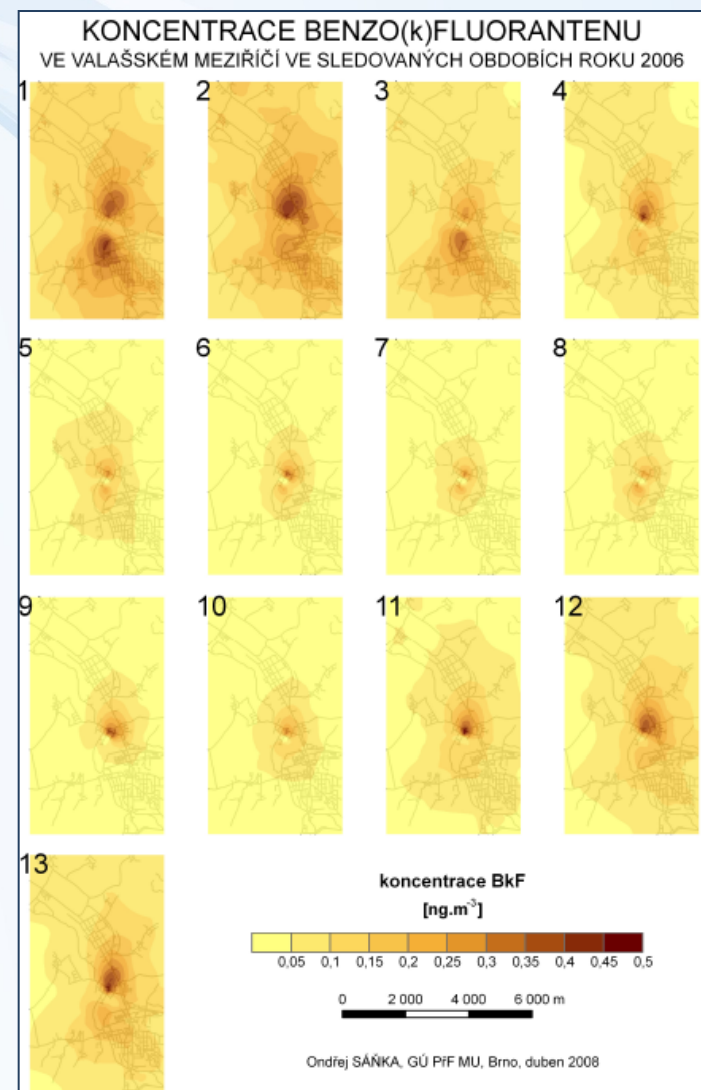
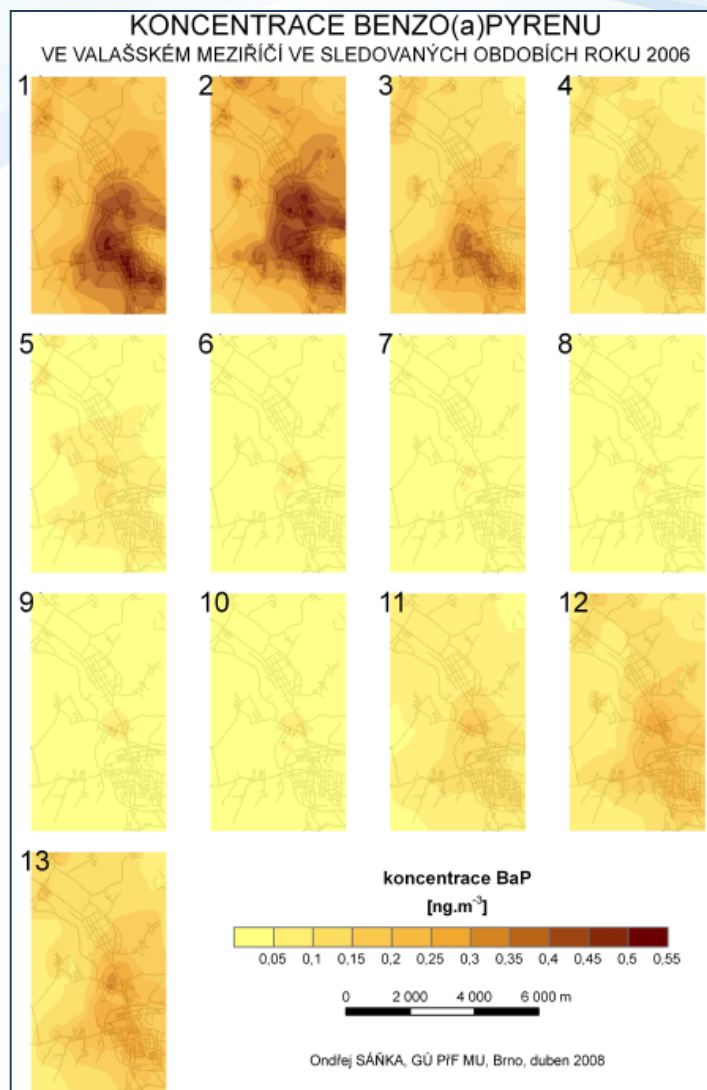
Před výpočtem bylo potřeba zkonvertovat do textových souborů:

- digitální výškopisná data
- informace z větrných růžic
- informace o emisích ze zdrojů (viz dnešní cvičení)
- konvertovat úseky liniových zdrojů na body
- konvertovat plošné zdroje na body
- definovat síť receptorových bodů

Velká část těchto úkolů byla provedena s pomocí GIS



Příklad studie – Valašské Meziříčí, výsledky



Zdroje

Vhodná studijní literatura:

- Bubník J., Keder J., Macoun J. Maňák J. (1998) SYMOS´97 – Systém modelování stacionárních zdrojů. Metodická příručka. ČHMÚ Praha
- Holmes N.S., Morawska L. (2006) A review of dispersion modelling and its application to the dispersion of particles: An overview of different dispersion models available. Atmospheric Environment 40, 5902-5928
- Sářka O. (2008) Modelování a vizualizace environmentálních dat v prostoru a čase s využitím GIS. MU, diplomová práce
- Seinfeld J.H., Pandis S.N. (2006) Atmospheric chemistry and physics. From air pollution to climate change. Wiley, USA

Seznam webových zdrojů použitých obrázků:

<http://www.aes.com/ipl/index?page=IPLGeneral&Menu=01100000&DocID=02039194d3720115576435fe007c6d>

http://www.dmu.dk/en/air/models/ospm/ospm_description/

<http://www.mfe.govt.nz/publications/air/atmospheric-dispersion-modelling-jun04/html/figure1-1.html>

<http://www.antipollution.asia/web/PC-Puff.html>

Cvičení



Obsahem cvičení bude:

- bližší seznámení s problematikou emisních inventur
- náhled do struktury REZZO
- orientace v různých typech zdrojů a kategoriích REZZO
- příprava modelového vstupního souboru do modelu SYMOS '97 obsahujícího informace o emisích na zdroji
- seznámení se s požadavky SYMOS '97 na formát vstupních dat o emisích

Registr emisí a zdrojů znečišťujících ovzduší (REZZO)

Jedná se o druhý největší datový zdroj o kvalitě ovzduší v ČR. Je to evidenční monitorovací systém obsahující přehled zdrojů znečištění ovzduší. Regstruje druh a množství vypouštěných znečišťujících látek. Zdroje kategorizuje dle výkonu a povahy následovně:

- **REZZO 1** – Zvláště velké a velké zdroje znečišťování (stacionární zařízení jako např. elektrárny, kotelny, teplárny apod.)
- **REZZO 2** – Střední zdroje znečišťování (stacionární zařízení jako např. ústřední vytápění, drobné výroby komunálního charakteru)
- **REZZO 3** – Malé zdroje znečišťování (stacionární zařízení jako např. lokální vytápění, skládky apod)
- **REZZO 4** – Mobilní zdroje znečišťování (pohyblivá zařízení s motory, vozidla, plavidla a letadla)

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/09embil/09embil.html>