



Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí

# Environmentální informace a modelování

## Úvod do kurzu

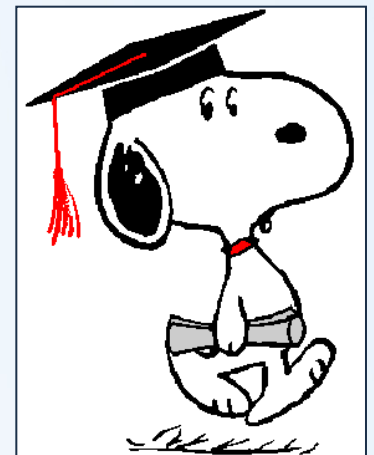
Alice Dvorská, Klára Komprdová,  
Jiří Komprda



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

# Organizace kurzu



## Praktické informace

Den a rozsah: pondělky, 12-14 hod

Kurz se koná v počítačové učebně v 6. patře, Kamenice 3

Kontakty na vyučující:

[alice.d@volny.cz](mailto:alice.d@volny.cz)

[komprdova@recetox.muni.cz](mailto:komprdova@recetox.muni.cz)

[komprda@recetox.muni.cz](mailto:komprda@recetox.muni.cz)

Tel: 549 493 937

Externí vyučující:

[milan.havel@arnika.org](mailto:milan.havel@arnika.org)

Konzultace: dle domluvy

**Budeme rádi za zpětnou vazbu!**

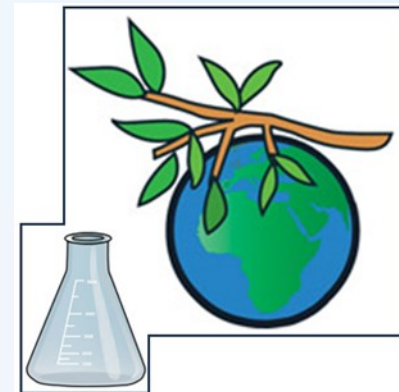
# Přehled přednášek a cvičení

- 1. Úvod do předmětu** (20.2.2012, Dvorská, Havel) – přednáška, cvičení
  - organizace kurzu
  - environmentální studie, informace, data a jejich zdroje
  - stručný úvod do environmentálního modelování
- 2. Geografické informační systémy** (27.2.2012, Dvorská) - přednáška, cvičení
- 3. Rozšířený úvod do environmentálního modelování, prostorové modelování I** (5.3.2012, Komprdová) – přednáška
- 4. Prostorové modelování I** (12.3.2012, Komprdová) – cvičení
- 5. Prostorové modelování II** (19.3.2012, Komprdová) – přednáška
- 6. Prostorové modelování II** (26.3.2012, Komprdová) – cvičení
- 7. Modely atmosférického transportu** (2.4.2012, Dvorská) – přednáška
- 8. Receptorové modely, GIS** (16.4.2012, Dvorská) – cvičení
- 9. Rozptylové modely, environmentální data** (23.4.2012, Dvorská) – přednáška, cvičení
- 10. Boxové modely** (30.4.2012, Komprda) – přednáška
- 11. Environmentální procesy, matematické řešení modelů** (7.5.2012, Komprda) – přednáška
- 12. Boxové modely** (14.5.2012, Komprda) – cvičení

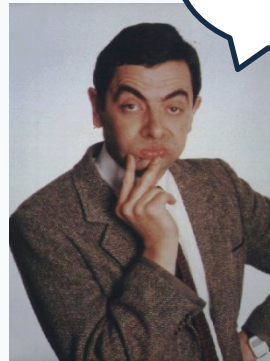
# Environmentální informace, data a studie



Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí



# Jak na to, když nás zajímá třeba...



Výskyt a hladiny látek v životním prostředí

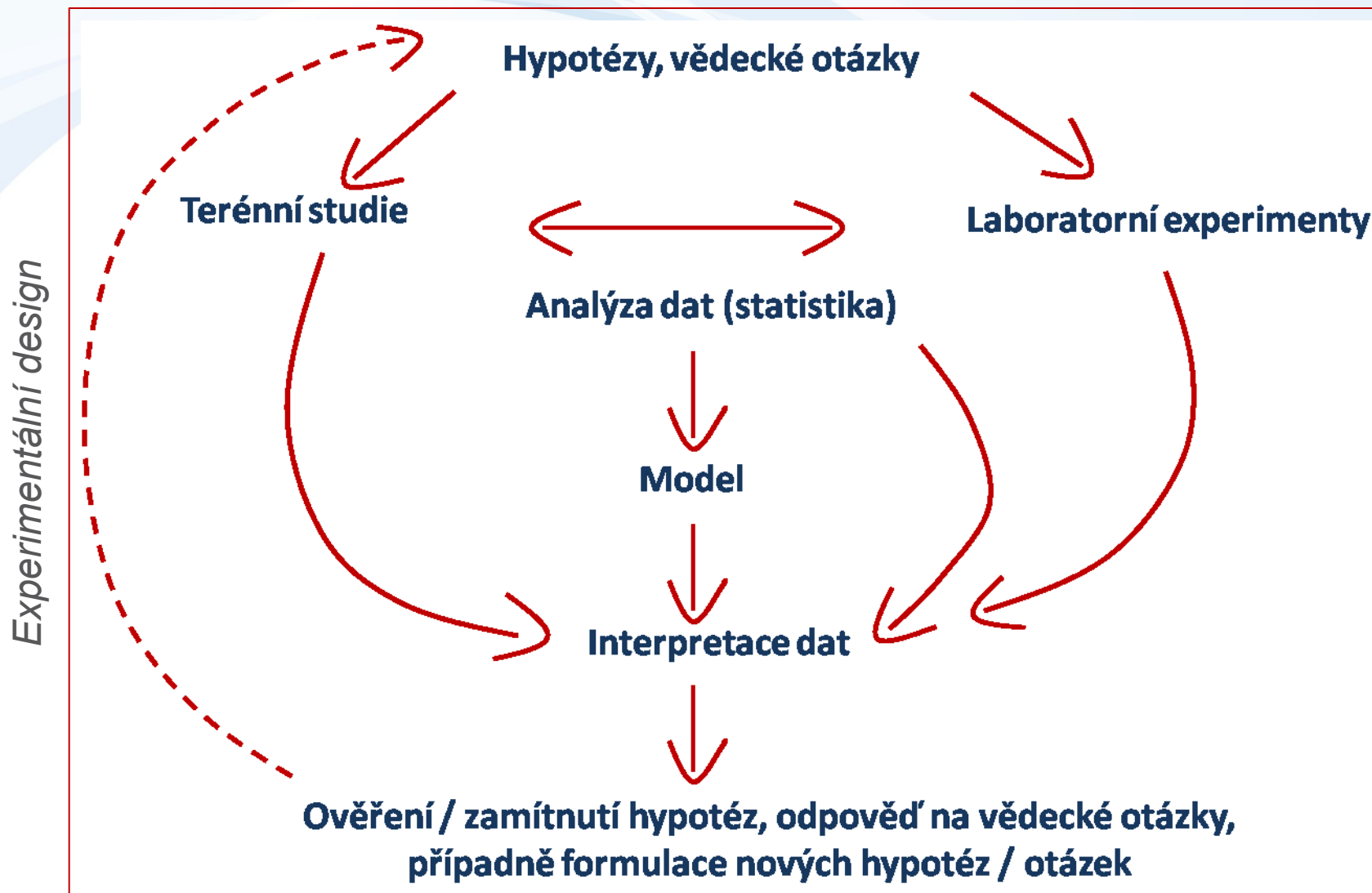
Osud látek v prostředí (např. transport a distribuce)

Monitoring časových a prostorových trendů různých jevů a skutečností

Srovnání modelů s měřenými daty

Rozhodování v oblasti životního prostředí, analýza nákladů a přínosů

# Metodický postup u environmentálních studií



# Environmentální data

Laboratorními experimenty a terénními studii získáváme **environmentální data**. Jsou to zaznamenané údaje o určitých skutečnostech životního prostředí.

Vlastními experimenty a studii získáváme **primární data**. Agregací (tj. seskupením, sloučením) primárních dat dostaneme **data agregovaná**, která vypovídají o celcích (např. celkové emise polutantů z průmyslu v daném kraji) na základě údajů o částech (např. emise ze všech jednotlivých průmyslových provozů).

Na obecnější úrovni než agregovaná data jsou **indikátory** (ukazatele) **životního prostředí**, které patří mezi nejčastěji používané nástroje pro hodnocení životního prostředí. **Kvalitativní indikátory** jsou spíše subjektivního charakteru (např. hodnocení strategie redukce emisí z pohledu obyvatel), **kvantitativní indikátory** jsou vyjádřeny číselným údajem (např. nárůst/pokles emisí za rok).



# Environmentální data

Strukturovaná data, která nesou informace o primárních datech, nazýváme **metadata**. Mají funkci popisnou, selekční a archivační, používají se především v souvislosti s elektronickými zdroji na internetu.

Data jsou různě uspořádána a jsou mezi nimi určité vztahy – tj. mají **strukturu**.

K modelování objektů a vztahů reálného světa prostřednictvím digitálních dat, která jsou uspořádána tak, aby s nimi bylo možné efektivně manipulovat, slouží **databáze**. Databázi tvoří data a program pro práci s nimi. Databáze umožňují buď jen vyhledávání a čtení dat, nebo i jejich zápis.

# Typy dat

Různé **typy dat** rozlišujeme podle toho, jakých hodnot může daná skupina dat nabývat nebo jaké operace s nimi lze provádět.

- ✘ **kvalitativní (kategoriální):** lze pouze určit, zda jsou dvě „hodnoty“ stejné nebo se liší
  - např. typ půdy
- ✘ **semikvantitativní (ordinální):** lze určit rovněž pořadí hodnot
  - např. teplota po stupních
- ✘ **kvantitativní (spojité):** lze provádět všechny matematické operace, mohou mít intervalovou nebo poměrovou podobu
  - např. koncentrace látek
- ✘ **binární:** lze je považovat za kvantitativní, semikvantitativní i kvalitativní proměnnou
  - výskyt/ nevýskyt látky (informace typu ANO/NE)

# Kvalita environmentálních dat

**Pro úspěšné provedení studie a zodpovězení hypotéz je nutné mít k dispozici kvalitní data. Kvalitou dat rozumíme jejich přesnost, správnost, aktuálnost, úplnost a relevanci. Je závislá na:**

- ✘ Věcné správnosti získaných dat
- ✘ Spolehlivosti prostředků sběru dat
- ✘ Časovém vymezení měřených hodnot
- ✘ Dostupnosti archivovaných dat
- ✘ Připravenosti dat pro další analýzy (tj. jejich kompatibilita)

Kvalita environmentálních dat bývá mnohdy určována i frekvencí prováděných měření či pozorování.

# Používání environmentálních dat

**Datům je třeba dostatečně rozumět tak, aby jejich zpracování a interpretace dávaly smysl.** Vztahy mezi daty (tj. jejich struktura) se řídí pravidly daného vědního oboru. Je třeba mít příslušné znalosti proto, aby bylo možné je interpretovat. Při analýze dat se postupuje následovně:

- ✗ rozpoznání struktury dat
- ✗ analýza a ověření této struktury
- ✗ identifikace příčin a důsledků struktury dat na základě znalostí daných dat
- ✗ použití poznatků v dané vědní disciplíně (např. pro predikci situace v budoucnu či plánování)

**Při analýze a zpracování dat je proto často nutná mezioborová spolupráce mezi osobami data zpracovávajícími (statistika, informatika) a odborníky z vědní disciplíny, k níž data přísluší (chemie, biologie apod).**

# Environmentální informace

**Environmentální informaci lze charakterizovat jako zobrazení dat, statistik či jiných kvantitativních a kvalitativních údajů, jež jsou nutné k hodnocení stavů a trendů změn prostředí, k formulaci a upřesňování environmentální politiky a k účelovému využívání všech prostředků.** Environmentální informace jsou jakékoli informace v písemné, obrazové, zvukové, elektronické nebo jiné podobě o:

- ✗ stavu složek životního prostředí (např. čistota ovzduší)
- ✗ faktorech, které ovlivňují nebo mohou ovlivnit stav složek prostředí (např. emise do ovzduší)
- ✗ opatřeních, které ovlivňují nebo mohou ovlivnit složky a faktory (např. programy na snižování emisí)
- ✗ zprávách o provádění právních předpisů o životním prostředí
- ✗ analýzách nákladů a přínosů použitých v rámci aplikace opatření (např. cena opatření vs. jeho efektivnost při snižování emisí)
- ✗ stavu lidského zdraví a bezpečnosti (např. nemocnost a kvalita života v oblastech se zhoršenou kvalitou ovzduší)

# Environmentální informační systémy

**Kvalitní a včasné informace jsou nutné pro správné a efektivní rozhodování o otázkách týkajících se životního prostředí.** Klíčovým problémem není v současnosti nedostatek environmentálních dat, ale způsob jejich organizace, sběru, vytěžování, ověřitelnosti a dostupnosti.

Informační systém je komplexem:

- ✘ informací
- ✘ lidí
- ✘ použitých informačních technologií
- ✘ organizace práce
- ✘ řízení chodu systému
- ✘ prostředků a metod sloužících ke sběru, přenosu, uchování a zpracování dat za účelem tvorby a prezentace informací

# Environmentální informační systémy

**Existují různé environmentální informační systémy (EIS), které zpracovávají, vyhledávají a prezentují environmentální data. V současné době využívají často formu webových portálů. EIS jsou budovány:**

- ✘ veřejnou správou na národní úrovni
- ✘ veřejnou správou na mezinárodní úrovni
- ✘ vědeckými institucemi
- ✘ nevládními organizacemi
- ✘ podnikatelskou sférou

Protože řada dat a informací o životním prostředí má prostorovou povahu, hrají stále důležitější roli geografické informační systémy, GIS (viz příslušná přednáška a cvičení).

Rozsáhlý přehled informačních zdrojů pro ČR, Evropu i svět poskytuje studijní materiál Hřebíčka a Kubáska (2011).

# Příklad environmentální databáze a informačního systému

## Global Environmental Assessment Information System (GENASIS)

<http://www.genasis.cz>

domů kontakty

Global Environmental Assessment Information System

POPs Úmluvy a synergie Data Analytické nástroje Odborná témata Partneři

Projekt GENASIS

Projekt GENASIS

Projekt GENASIS otvírá cestu k informacím o kontaminaci životního prostředí perzistentními organickými polutanty (POPs). Spojením odborných znalostí a validovaných dat několika partnerských institucí vzniká prostor pro široké spektrum vizualizací, analýz a modelování.

Úvodní fáze projektu se zaměřuje na data pocházející z pravidelných monitorovacích programů, která poskytují všeobecný přehled o prostorových a časových trendech koncentrace polutantů v různých maticích životního prostředí (ovzduší, půda, voda, biota).

Portál GENASIS, je prvním stupněm tohoto projektu a představuje jediný zdroj informací pro veřejnost a experty v dané problematice. Poskytuje informační podporu implementace Stockholmské úmluvy na mezinárodní úrovni. Systém GENASIS je tzv. přidruženým informačním systémem Jednotného informačního systému o životním prostředí (JISŽP). Provozní z. dalšími

Zpravodajství

13.12.2011  
Monitoring článků - Environmental Science & Technology 45(24)

7.12.2011  
Monitoring článků - Journal of Environmental Monitoring 13(12)

6.12.2011  
Monitoring článků - Environmental Science & Technology 45(23)

Nepřehlédněte

Analytický modul

52 chemických látek, 4029 vzorků, 231872 záznamů

Přehled dat Analytické nástroje

## GENASIS poskytuje informace o persistentních organických polutantech:

- ✗ jejich charakteristice
- ✗ příslušných mezinárodních úmluvách
- ✗ novinkách ze světa vědy a politiky
- ✗ prostřednictvím interní databáze a analytického modulu poskytuje volný přístup k agregovaným datům
- ✗ prostřednictvím odborné sekce podporuje uchopení a interpretaci výsledků monitoringu těchto látek



# Jak hledat informace o životním prostředí v ČR?

Příkladem webového portálu nevládní organizace, která seznamuje se základními informačními zdroji o životním prostředí v ČR, je:

<http://arnika.org/jak-a-kde-najit-informace-o-zivotnim-prostredi-cr>

The screenshot shows the ARNIKA website interface. At the top is the ARNIKA logo and a decorative banner with environmental icons. Below is a navigation menu with items: Home, O nás, Nabízíme, Ekoporadna, Pro novináře, E-shop, Video, Foto, Podpořte nás, Váš kraj, Pobočky, and Kontakt. A sidebar on the left lists categories: Voda, Ovzduší, Města, Toxické látky, Stromy, Odpady, Účast veřejnosti, Pro spotřebitele, and Biodiverzita. The main content area features an article titled "Jak a kde najít informace o životním prostředí ČR" by Milan Havel, dated 18.10.2010. The article text discusses finding information sources for air, water, and soil quality in the Czech Republic. A circular logo "BUDUCNOST BEZ JEDŮ" is visible. On the right, there is a search bar, a calendar for February 2012, and a "podepište" button.

# Experimentální design

**Pokud jsme nenašli požadovaná data a informace, musíme je sami vytvořit.** Design experimentu vyplývá z otázek, které chceme zodpovědět a/nebo hypotéz, které chceme ověřit nebo vyvrátit. Je zásadně důležitý pro průběh celé studie a podmiňuje interpretovatelnost a hodnověrnost výsledků. Soubor dat získáváme třemi způsoby:

**✘ laboratorní studie a experimenty**



**✘ experimenty a odběry vzorků v terénu**



**✘ kombinací obého**

# Experimentální design

Datový soubor, který hodnotíme, by měl být:

- ✗ **Dostatečně velký** – tj. měl by obsahovat množství vzorků dostatečné pro popis situace, statistické vyhodnocení, spolehlivé modelování apod.
- ✗ **Reprezentativní** – tj. měl by pokrývat celou oblast našeho zájmu; celý rozsah možností, které zkoumáme
- ✗ **Nezávislý** – tj. design by měl být objektivní a nic nepreferovat
- ✗ **Získaný konzistentní metodologií** – tj. měl by zaručit odběr/analýzu vzorků stejnou metodikou nebo srovnatelnými metodikami
- ✗ **Se signifikantní přesností** – tj. měla by být získána takovými metodikami, které jsou výrazně přesnější než variabilita měření



PROBLÉM: v reálu tomu tak často není  
PROTO je nutné vše dobře plánovat!



## Experimentální design – příklad

**Zavádění nové analytické metody v laboratoři pro stanovení různých koncentrací vybraného polutantu v několika environmentálních matricích.** Soubor dat by měl splňovat tyto podmínky:

- ✘ **Dostatečně velký** – soubor různých naspikovaných koncentrací polutantu v matricích musí dostatečně pokrýt gradient znečištění
- ✘ **Reprezentativní** – metodu je třeba vyzkoušet na všech matricích, které budou v budoucnu studovány
- ✘ **Nezávislý** – existuje-li podezření, že metoda má horší výsledky u nízkých koncentrací polutantu, není možné je do studie nezahrnout
- ✘ **Získaný konzistentní metodologií** – celý analytický postup musí být stále stejný, jak u zavádění metody, tak u její následné rutinní aplikace na reálné vzorky
- ✘ **Se signifikantní přesností** – limity detekce a kvantifikace musí odpovídat reálným hladinám polutantu v prostředí

# Environmentální modelování

## Stručný úvod



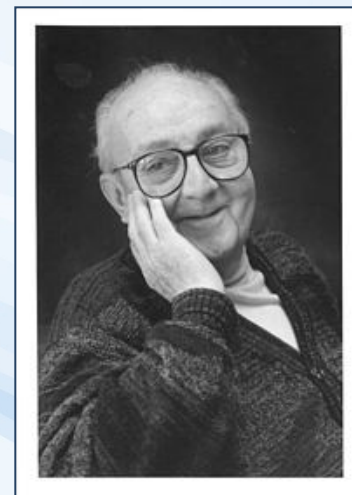
Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí



# Co je to model?

„Všechny modely jsou v podstatě špatné,  
ale některé jsou užitečné.“

George Box, 1979



**Model je zjednodušený svět nebo prostor, ve kterém se odehrávají různé interakce mezi jeho jednotlivými složkami. Model tento systém popisuje.**

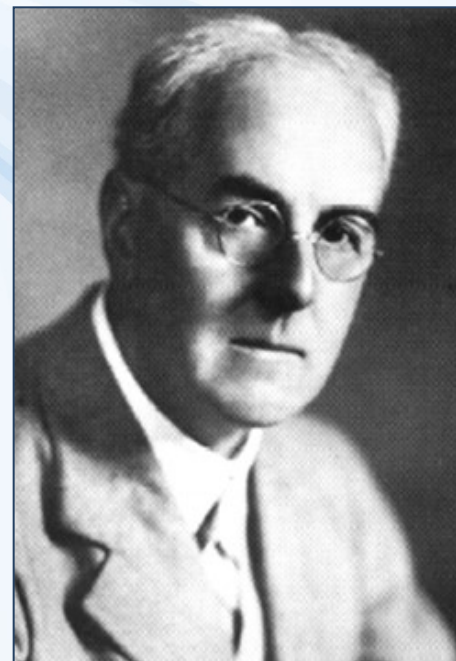
Používají se tam, kde není možné získat informaci experimentem či chemickou analýzou, např. při studiu osudu látek v prostředí a s ním souvisejících procesů, předpovídání (predikci) koncentrací apod.

# Počátky environmentálního modelování

**Lewis Fry Richardson** zkoumal na počátku 20. století možnosti předpovědi počasí pomocí soustavy diferenciálních rovnic.

V roce 1922 vydal knihu *Weather Prediction by Numerical Process*. Při jejím sepisování provedl během 1. světové války výpočetní pokus, kdy se pokusil předpovědět počasí na 8 hodin. Výpočet trval 6 týdnů a skončil nezdarem.

Pro reálné řešení výpočetních nároků svého modelu uvažoval využít 64 000 techniků, kteří by výpočet dostatečně urychlili.



**Rozvoj environmentálního modelování je tedy spjat s rozvojem výpočetní techniky**

# Základní rozdělení environmentálních modelů

## ✘ Popisuje budoucí stav systému nebo jeho podmínek?

**ANO** Dynamické modely - závislé na čase (spojité, diskrétní)

**NE** Statické modely - nezávislé na čase

## ✘ Popisují prostorovou strukturu?

**ANO** Prostorově heterogenní (diskrétní, spojitě)

**NE** Prostorově homogenní modely

## ✘ Zahrnuje náhodnou složku?

**ANO** Stochastické modely

**NE** Deterministické modely

Modely se dále dělí dle velkého množství kritérií (viz další přednášky).



# Podle čeho vybírat model?

**Výběr modelu záleží na zkoumaném problému.** Je třeba brát v potaz tyto aspekty:

- ✘ povaha problému, hypotézy, řešené otázky
- ✘ měřítko – např. velikost zkoumaného území
- ✘ povaha dat, které jsou k dispozici – např. odlehlé hodnoty
- ✘ velikost datového souboru, který je k dispozici - metody vhodné pro malé/velké soubory
- ✘ přesnost modelu
- ✘ interpretovatelnost modelu
- ✘ a řadu dalších

Každá metoda má své omezení, které je třeba zvážit (např. schopnost zacházet s odlehlými hodnotami, různými typy rozložení dat apod).

Je třeba dávat pozor na to, aby model nebyl použitý nesprávně, např. na nevhodný typ dat.

# Proces modelování

**Proces environmentálního modelování sestává z následujících kroků:**

- ✘ design vzorkování a zpracování dat (z literatury, předešlých experimentů)
- ✘ terénní sběr dat a laboratorní analýzy
- ✘ analýza datového souboru a tvorba modelu
- ✘ kalibrace a validace modelu
- ✘ použití modelu
- ✘ interpretace modelu, jeho srovnání s realitou

# Nejistoty modelů

**Nejistoty, se kterými se při modelování potýkáme, s nimiž je třeba počítat a které musíme znát, jsou zejména dvou typů:**

- ✘** Nejistoty proměnných (plynoucích z chyb při odběru vzorků a analýze v laboratoři, agregace dat, odečítání hodnot z map, designu experimentu apod...), které do modelu vstupují
- ✘** Nejistoty modelů samotných (konstrukce modelů, zjednodušující předpoklady...)

**Z těchto důvodů se výsledky modelů obvykle neshodují zcela přesně s naměřenými daty.**

# Typy modelů, kterými se budeme v kurzu zabývat

- ✘ Prostorové modelování
- ✘ Modely atmosférického transportu látek
- ✘ Boxové modely

**Více se dozvíte v následujících přednáškách a cvičeních!**



# Zdroje

## Vhodná studijní literatura:

- ✘ DeMers M.N. (2009) GIS For Dummies. Wiley, USA
- ✘ Hengl T. (2007) A practical guide to geostatistical mapping of environmental variables. EUR 22904 EN Scientific and Technical Research series, Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.
- ✘ Hřebíček J., Kubásek M. (2011) Environmentální informační systémy. Akademické nakladatelství Cerm, Brno

## Seznam webových zdrojů použitých obrázků:

<http://www.wikipedia.org/>

<http://staff.fcps.net/mbrooks/bio.htm>

[http://www.nuigalway.ie/microbiology/how\\_to\\_do\\_it.html](http://www.nuigalway.ie/microbiology/how_to_do_it.html)

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

<http://classroomclipart.com/>

<http://atoc.colorado.edu/~dcn/ATOC7500/>

<http://www.englishexercises.org/makeagame/viewgame.asp?id=400>

<http://www.allmystery.de/dateien/60808,1299325102,Nachdenken.gif?bc>