

Modelování počasí a klimatu

Radek Pelánek

Účel

ilustrovat:

- aplikace modelování a simulace s **velmi** výrazným dopadem
- širší kontext modelování
- rozlišení počasí a klima
- základní princip modelování počasí a klimatu

Počasí a klima

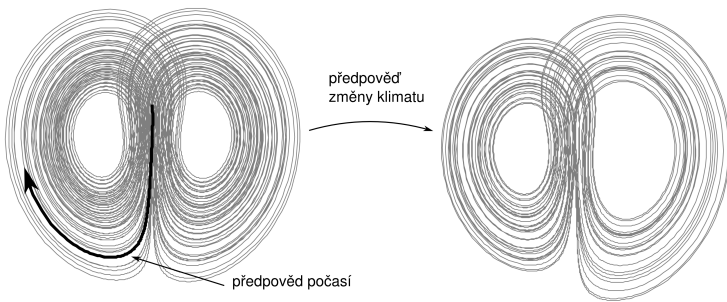
počasí

- **aktuální** stav atmosféry (teplota, srážky, vítr)
- modelování zaměřeno lokálně, na **krátkodobou** předpověď (v řádu dnů)
- cílem co největší **přesnost**
- **komerčně** významné

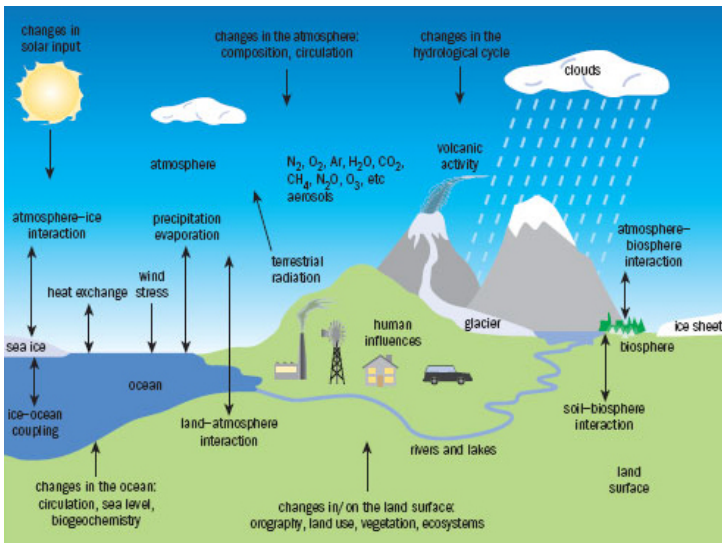
klima

- **dlouhodobé** vzorce počasí (v určité části světa)
- modelování zaměřeno globálně, dlouhodobě
- cílem určit **trendy**
- **vědecky, politicky** významné

Předpovídání počasí vs. klimatu



Klimatický systém



Hlavní zdroje

- Institute for atmospheric and climate science, Zurich
- COMET Program, MetEd, University Corporation for Atmospheric Research
- zprávy IPCC, <http://www.ipcc.ch/>
 - <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
 - Summary for Policymakers
 - 9. Evaluation of Climate Models

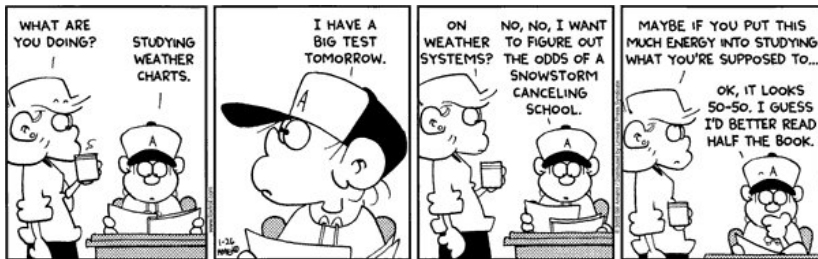
Předpovídání počasí: aplikace

- zemědělství
- doprava (letecká)
- turistika

... velký byznys

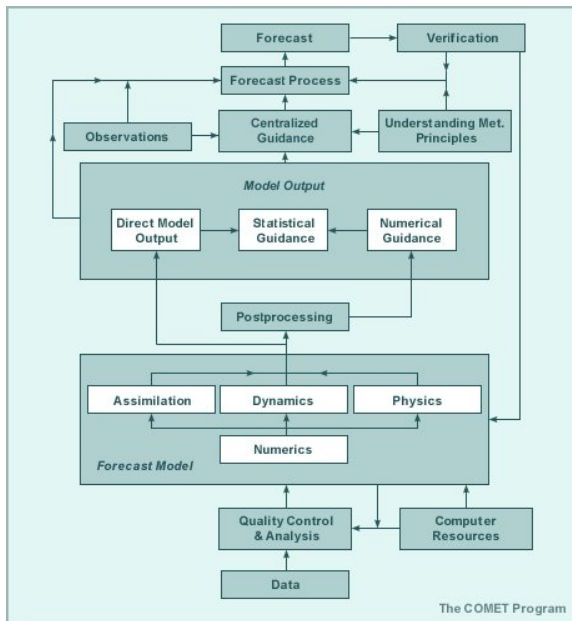
konkrétní příklad z 2010: výbuch Eyjafjallajökull, zastavení letecké dopravy, vliv předpovědí proudění vzduchu

Předpověď počasí - význam



Historie

- do 19. století: pozorování lokálních znaků, znalost pravidelných vzorů počasí
- 19. století: telegraf, předpovědi na základě větší oblasti
- 1904, Bjerkes: formuluje předpověď počasí jako matematicko-fyzikální problém
- 1922, Richardson: navrhuje princip numerické předpovědi počasí (ovšem manuálně, počítače ještě neexistují)
- 1950, Fjortoft, von Neumann: první jednoduché výpočty na ENIACu
- od 1955: rutinní numerické předpovědi



Získání a zpracování dat

- měření:
 - pozemní stanice, letadla, satelity, ...
 - nepravidelně rozmístěné
- asimilace dat:
 - pro simulaci potřebujeme data upravit
 - pravidelná mřížka
 - aproximace s využitím naměřených dat

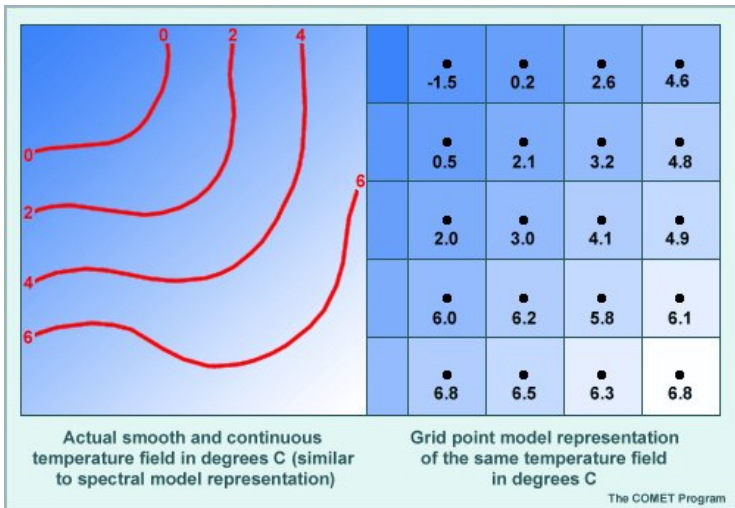
Rovnice

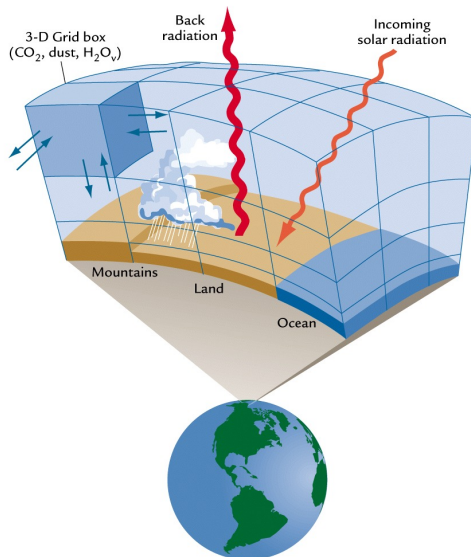
- dynamika, např.
 - přesuny vzduchu vlivem rozdílů tlaku
 - ochlazování/ohřívání vlivem rozpínání/stlačování, ...
- fyzika (parametrizace), např.
 - procesy s menším rozlišením než je rozlišení modelu
 - výměna energie mezi atmosférou a okolím (např. země, moře)
 - mikrofyzika mraků, srážek

Typy modelů

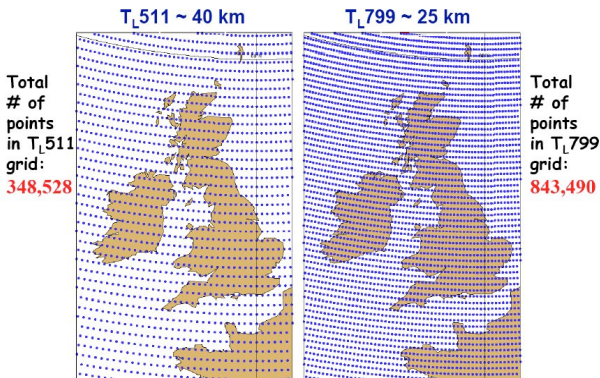
- grid point models
 - diskretizace
 - pravidelná mřížka
- spectral models
 - (některá) data uložena jako prostorové vlny
 - např. tlak

Typy modelů: ilustrace

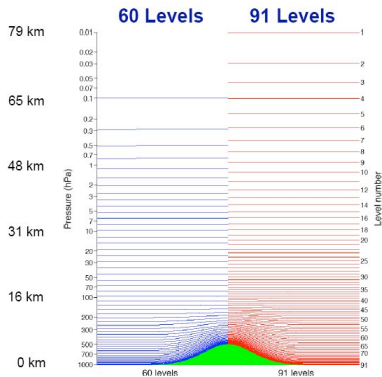




Horizontální rozlišení



Vertikální rozlišení



Typical vertical resolution in climate and numerical weather prediction models: 20-90 levels

Hydrostatic models use a pressure-based coordinate system

Konkrétní modely

- Global Forecast System
 - National Oceanic and Atmospheric Administration
 - výstup volně dostupný přes Internet, podklady pro mnoho služeb
 - horizontálně 35 nebo 70 km, vertikálně 64 úrovní
 - předpověď na 16 dní, detailně na 7 dní
- Aladin
 - Aire Limitée Adaptation dynamique Développement InterNational
 - provozuje Météo-France, mezinárodní spolupráce

Modelování klimatu: motivace

význam modelování primárně:

- vědecky – pochopení fungování světa
- politicky – podklady pro rozhodování

(oproti počasí) komerční aplikace (zatím) není klíčová

Modelování klimatu – doporučený zdroj

TED: Gavin Schmidt – The emergent patterns of climate change

http://www.ted.com/talks/gavin_schmidt_the_emergent_patterns_of_climate_change

- principy klimatu, modelování klimatu
- výsledky modelů, vizualizace, animace (8:30)
- i obecné myšlenky o modelování

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

založeno World Meteorological Organization (WMO) a United Nations Environment Programme (UNEP) v roce 1988

The role of the IPCC is to assess on a comprehensive, objective, open and transparent basis the scientific, technical and socio-economic information relevant to understanding the scientific basis of risk of **human-induced climate change, its potential impacts and options for adaptation and mitigation**. The IPCC **does not carry out research** nor does it monitor climate related data or other relevant parameters. It bases its assessment mainly on peer reviewed and published scientific/technical literature.

IPCC Assessment Reports

- tři pracovní skupiny:
 - I věda ohledně změn klimatu
 - II dopady změn klimatu
 - III opatření proti změnám klimatu
- pravidelně vydávané zprávy: 1990, 1995, 2001, 2007, 2013, 2022

Metodologie zkoumání změn klimatu

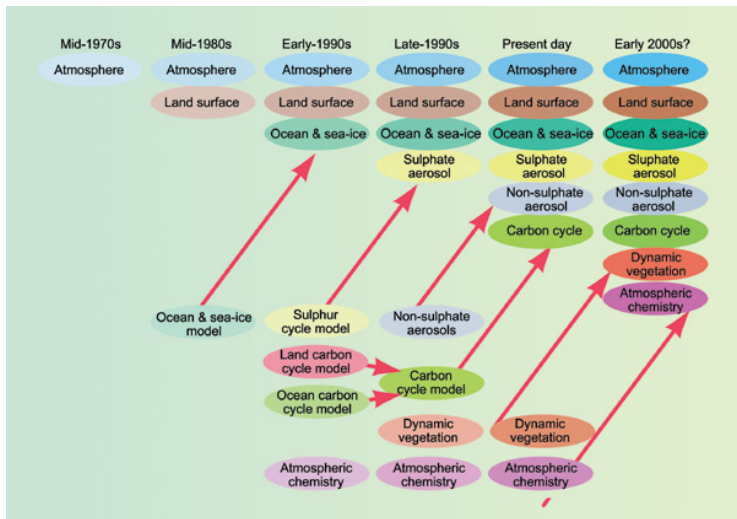
- ① zjištění stavu: měření relevantních dat, vhodné využití proxy dat, rekonstrukce údajů v minulosti
- ② porozumění stavu: zkoumání fyzikálních jevů ovlivňujících klima
- ③ modelování a simulace:
 - scénáře vývoje antropomorfních ukazatelů (zejména emise skleníkových plynů)
 - **tvorba modelů, kalibrace modelů**, předpovědi
- ④ závěry: „summary for policymakers“
- ⑤ akce?

pozn.: značně zjednodušeno

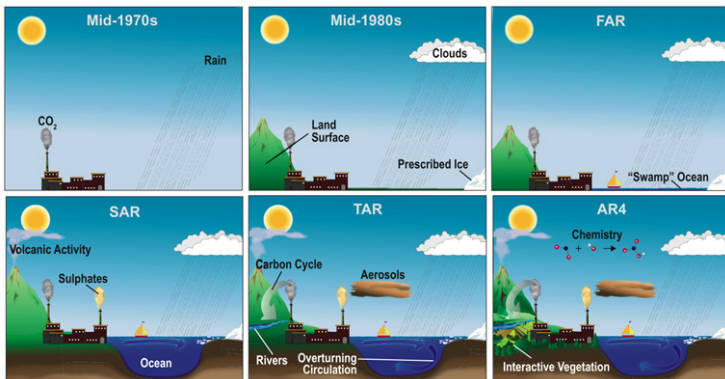
Využití proxy dat



Vývoj modelů klimatu



Vývoj modelů klimatu



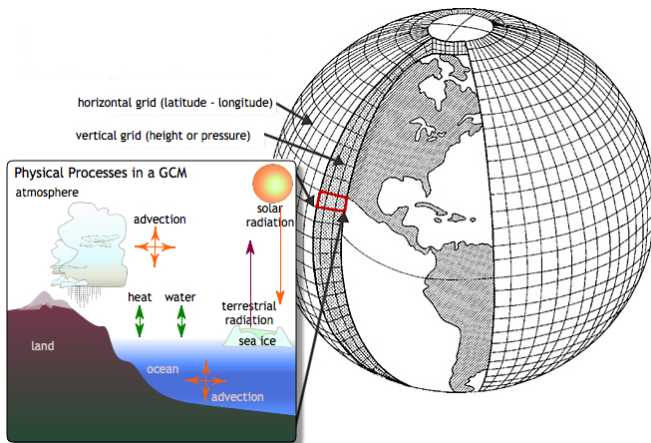
Hierarchie modelů

- trojrozměrné modely
- středně složité modely
- abstraktní modely

Trojrozměrné modely klimatu

- *Coupled Atmosphere-Ocean General Circulation Models*
- trojrozměrná mřížka pokrývající celou Zemi, rozlišení zhruba 1 bod na 3 stupně zeměpisné šířky (výšky), 30 výškových (hloubkových) úrovní
- dále modelovány procesy na zemském povrchu a led
- 1 časový krok zhruba 30 minut
- výpočetně náročné, nepříliš vhodné pro dlouhodobé simulace
- zdaleka neporkývají vše (např. El Nino dělá problémy), nutnost kalibrace, ...
- viz např. <http://nomads.gfdl.noaa.gov/CM2.X/>

Global Circulation Model



Jednoduché abstraktní modely

- výrazná redukce složitosti (dvourozměrné i jednodušší)
- výpočetně nenáročné, možno spouštět pro velkou škálu parametrů
- zkoumání principiálních možností vývoje, role zpětných vazeb, citlivosti klimatu

Středně složité modely

- *Earth System Models of Intermediate Complexity*
- mezi výše zmíněnými – relativně detailní, ale umožňující simulace s dlouhodobým výhledem, analýzy citlivosti
- příklady:
 - dvojrozměrné svázané modely atmosféra-oceán
 - statistické atmosférické modely
 - modely oceánu a srážek

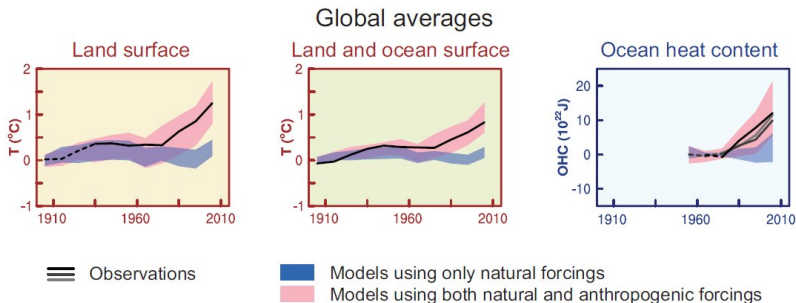
Nejistoty

We fully recognise that many of the evaluation statements we make contain a degree of subjective scientific perception and may contain much “community” or “personal” knowledge. For example, the very choice of model variables and model processes that are investigated are often based upon the subjective judgement and experience of the modelling community. (IPCC report)

Role modelování

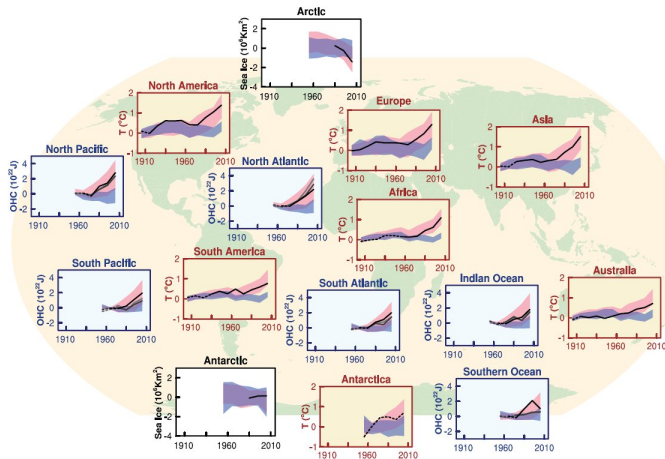
Otázka není, jestli budeme používat modely.
Otázka je, jaké modely budeme používat.

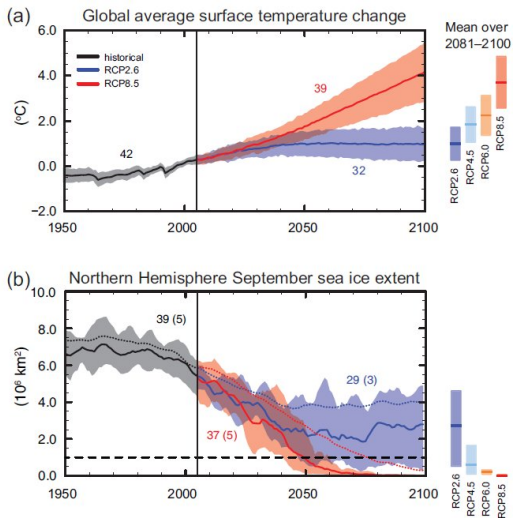
Simulace vs historická data

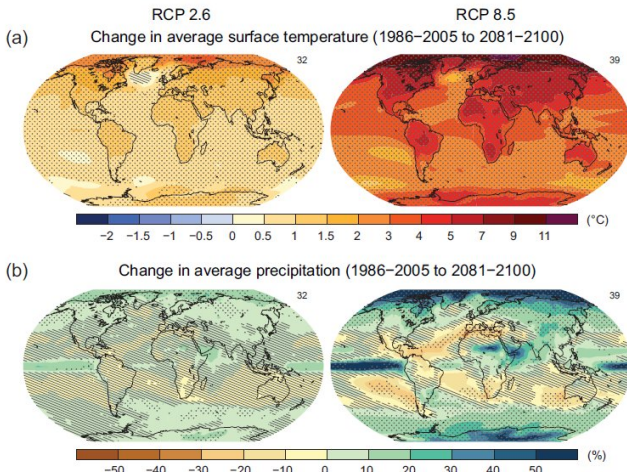


IPCC, Climate Change 2013: The Physical Science Basis

Simulace vs historická data







Shrnutí

- modelování počasí – krátkodobý vývoj, komerčně významné
- modelování klimatu – dlouhodobý vývoj, politicky a společensky významné
- modelování je v tomto případě používáno nejen pro zkoumání možných trendů, ale i pro kvantitativní předpovědi