

# Nejistoty v konstrukci regionálních scénářů změny klimatu

*Martin Dubrovský*  
*Ústav fyziky atmosféry AVČR*

České Budějovice, 12.4.2007

## Slovo úvodem

---

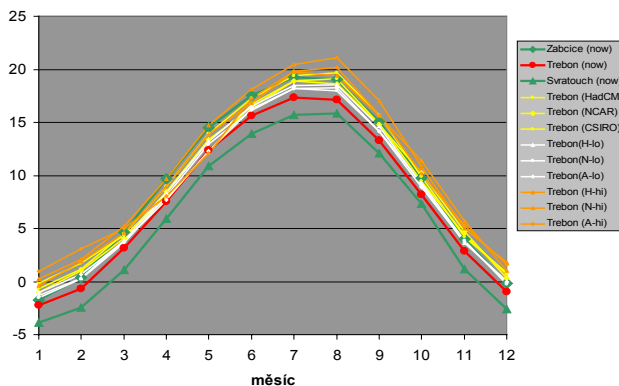
- Přednáška bude o projekci klimatu v **tomto století**, převážně podle modelů **GCM**. Nepředpokládá se vliv geologických procesů, příchod doby ledové, dopad planety, ani vyhasnutí Slunce..... *(i když se připouští, že každá z těchto událostí jednou přijde)*

# scénář klimatu vs scénář změny klimatu

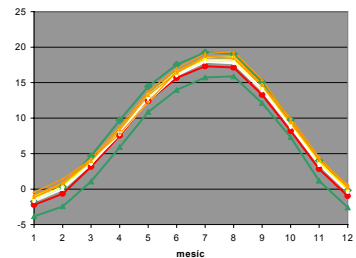
- **scénář klimatu = stav klimatu v daném období**
  - (A) roční chod zákl. klim. charakteristik
  - (B) časové řady denních (*týdenních, měsíčních*) klim. charakteristik
    - **GCM**: přímý výstup z Glob.Klim.Modelu (*zamítá se*)
    - **RCM**: výstup z Reg.Klim.Modelu vnořeného do GCM (*náročně na VT*)
    - **SDS**: statistický downscaling (*proč ne, zeptejte se R.Hutha*)
    - modifikace pozorovaných řad podle scénáře změny klimatu
    - **WG**: použití stochastického generátoru, jehož parametry byly modifikovány podle scénáře změny klimatu (*zeptejte se mě*)
- **scénář změny klimatu: roční chod změn vzhledem k současnosti či referenčnímu období**
  - porovnání ročních chodů “future vs. present” (z GCM, RCM, SDS)
  - scénáře zahrnují změny **průměrů** i **variability**

## příklad 1: scénář prům.denní teploty pro Třeboň (3 GCM x 3 klim.citlivosti)

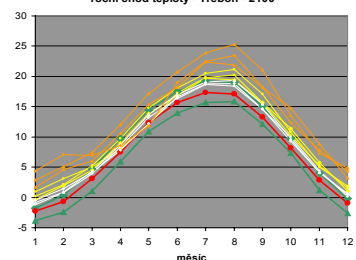
roční chod teploty - Třeboň - 2050



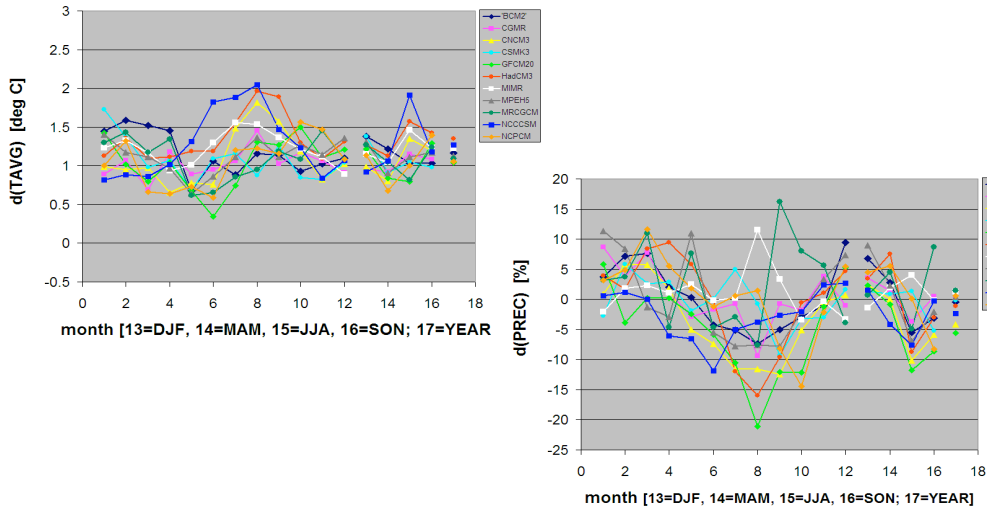
roční chod teploty - Třeboň - 2025



roční chod teploty - Třeboň - 2100



## příklad 2: scénář změny klimatu pro Prahu (podle posledních GCM simulací)



## konstrukce regionálních scénářů (změny) klimatu

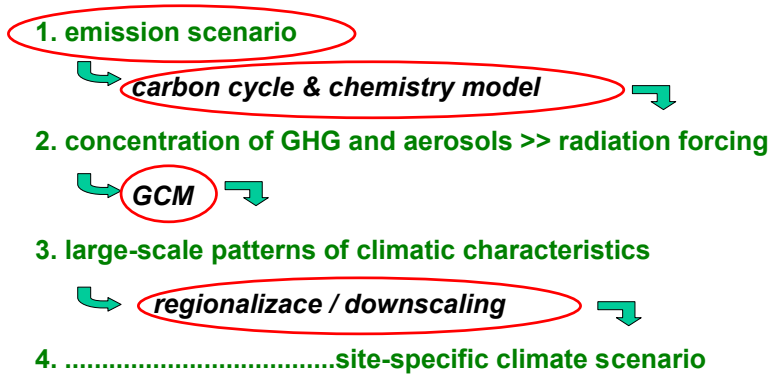
(s využitím výstupů z modelů GCM)

- **GCM: přímý výstup je nepoužitelný (jak roční chody, tak časové řady), nutný “post-processing” výstupu z GCM:**
  - porovnání přízemních charakteristik pro budoucí (např. (2070-2099) vs. (1961-1990). teploty: rozdíly, srážky: podíly
    - produkt: scénář **změny** klimatu, který se
      - přičte k současným křivkám,
      - k souč. pozorovaným řadám, nebo k modifikaci WG
  - **statistical downscaling** (> R.Huth)
    - produkt: časové řady, z nich lze odvodit sc.změny klimatu
  - **RCM** (projekt Cecilia):
    - produkt: časové řady, z nich lze odvodit sc.změny klimatu

# konstrukce regionálních scénářů - kaskáda nejistot

---

*(modely GCM jsou jen jedním článkem řetězce vedoucího k regionálnímu scénáři)*



## optimálním řešením by bylo...

---

**použití mnoha emisních scénářů**

**X**

**mnoho GCM simulací**

*(superansámby = různé GCM, různé počáteční podmínky,  
různá nastavení modelů,...)*

- jenže...

## problém uvedených metod

---

- **GCM simulace jsou velice náročné na VT**, provádí se jen pro omezený počet emisních scénářů (které jsou však jedním z hlavních zdrojů nejistoty).
- Chceme-li postihnout výše uvedené nejistoty, nabízí se:
  - <http://www.climateprediction.net>
  - použití metody **pattern scaling**, která separuje nejistotu globální a “regionální”

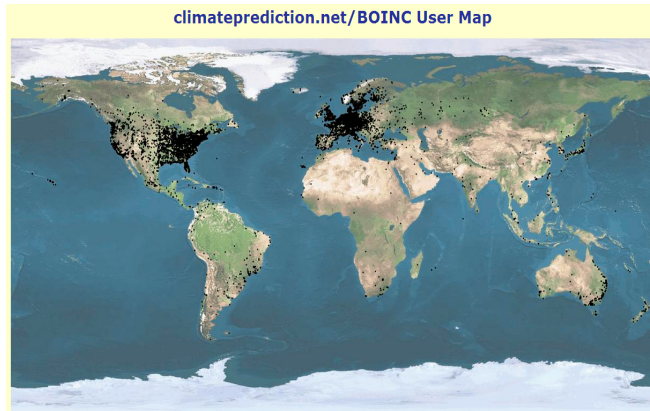
[www.climateprediction.net](http://www.climateprediction.net)

---

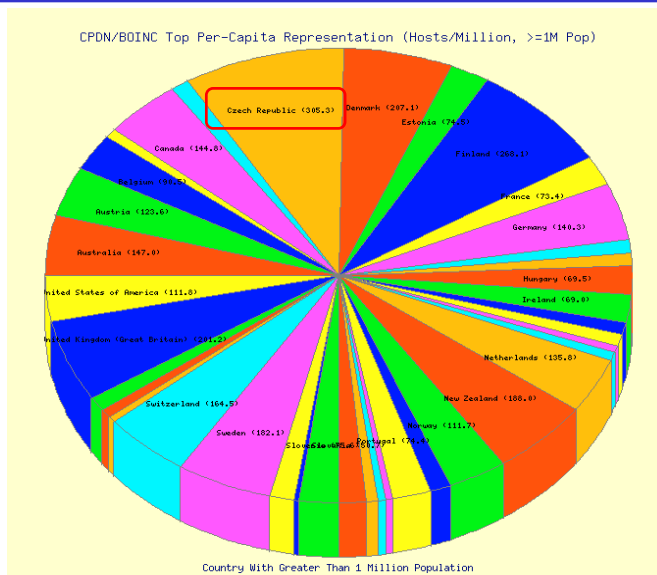
# www.climateprediction.net

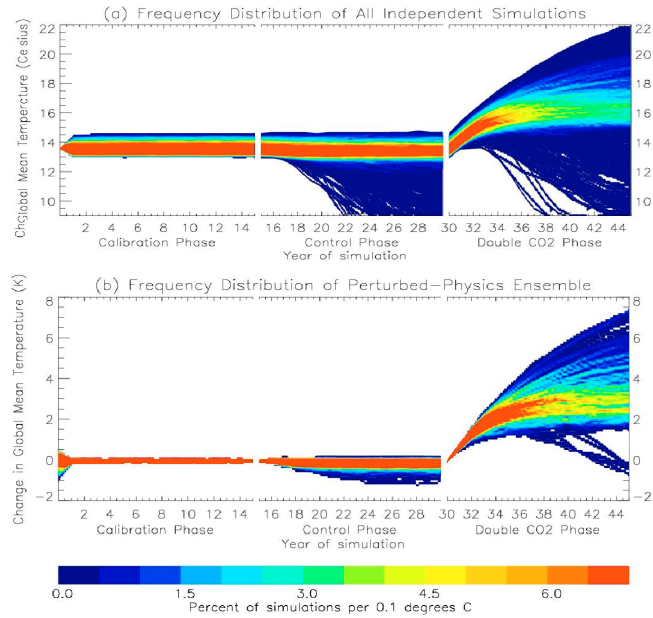
- výpočty distribuované mezi účastníky sítě
- zúčastnit se může každý
- různé verze modelů z Hadley Centre

Experiment Status
<b>Total Model Years</b> 22,040,030.135 Classic - 3,535,160.115 BOINC - 13,301,383.950 BBC - 5,203,486.070
<b>Tricking Machines</b> 40,972 Classic - 1,033 BOINC - 30,451 BBC - 9,488
<b>Completed HadSM3 Runs</b> 172,114 Classic - 52,545 BOINC - 119,569
<b>Completed Sulphur Cycle Runs</b> 14,770
<b>Completed HadCM3L Spinups</b> 61
<b>Completed HadCM3L Transient Runs</b> 13,570 BOINC - 6,760 BBC - 6,810
<b>Last updated</b> Classic 10-Apr-2007 21:13:48 BOINC 10-Apr-2007 14:00:01 BBC 10-Apr-2007 05:45:59



# www.climateprediction.net/





---

**pattern scaling technique**

---

# pattern scaling technique

**assumption:** pattern (spatial and temporal /annual cycle/) is constant, only magnitude changes proportionally to the change in global mean temperature:

$$\Delta X(t) = \Delta X_S \times \Delta T_G(t)$$

where  $\Delta X_S = \text{standardised scenario}$  (= scenario related to  $\Delta T_G = 1^\circ\text{C}$ )

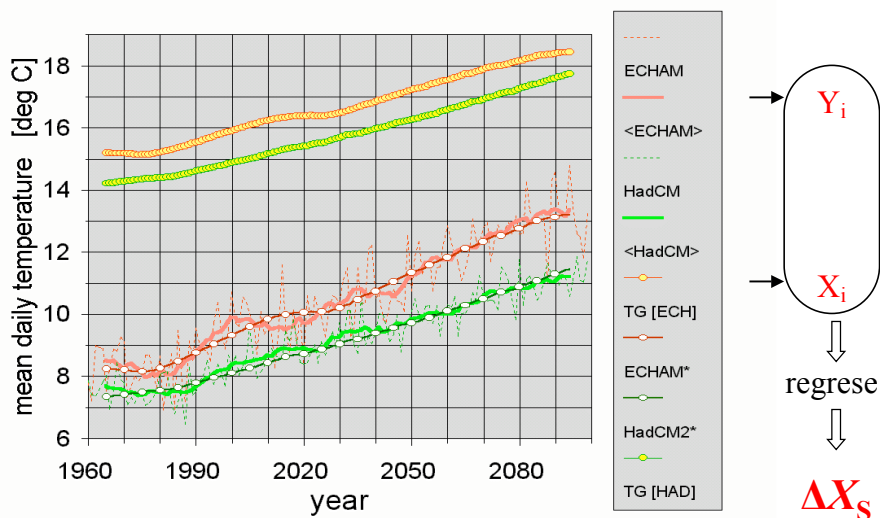
a)  $\Delta X_S = \Delta X_{[tA-tB]} / \Delta T_G [tA-tB]$

b) linear regression [ $x = \Delta T_G; y = \Delta X$ ] going through zero

$\Delta T_G = \text{change in global mean temperature}$

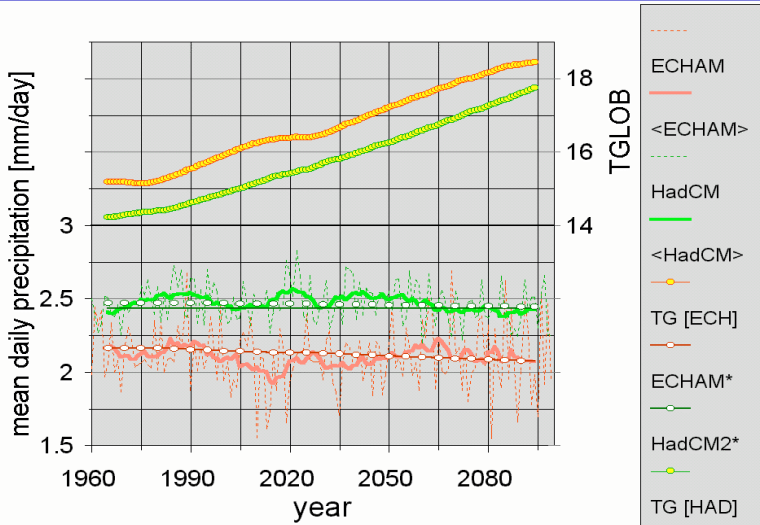
**!!  $\Delta T_G$  may be estimated by other means than GCMs !! (e.g. simple climate models /~ MAGICC/)**

## validity of the pattern scaling technique - TEMP

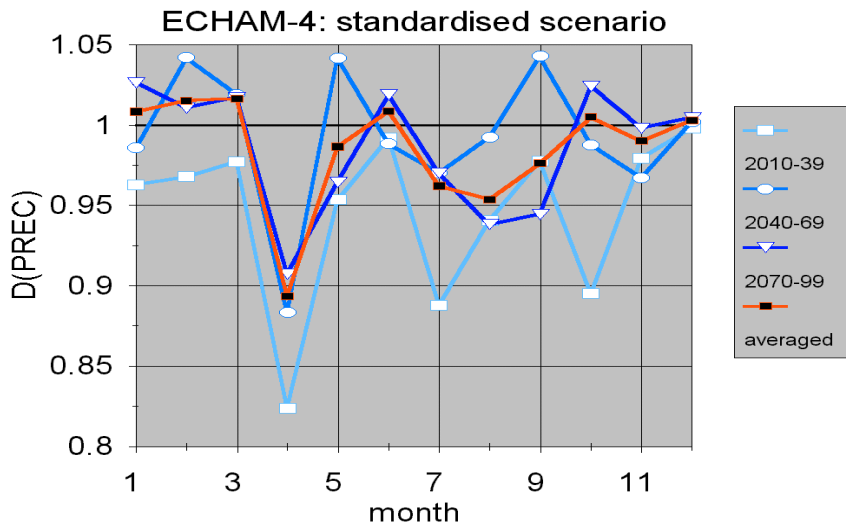




## validity of the pattern scaling technique - **PREC**

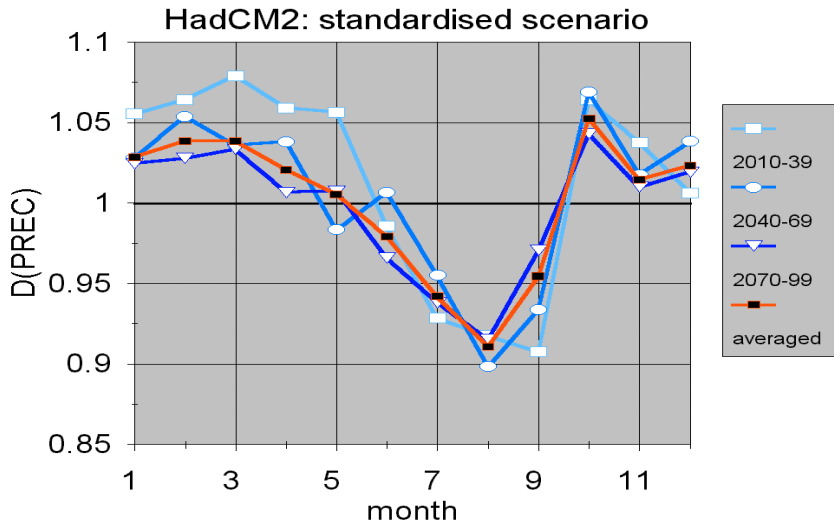


## uncertainty in standardised scenario - **PREC**



*all scenarios should be the same*

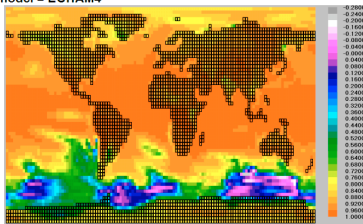
## uncertainty in standardised scenario - **PREC**



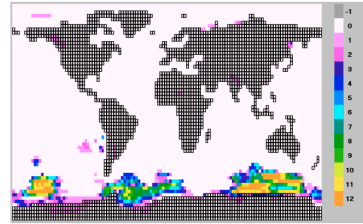
*all scenarios should be the same*

## validity of the pattern scaling technique: **TEMP**

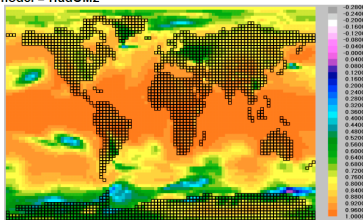
a) model = ECHAM4



a) model = ECHAM4



b) model = HadCM2



b) model = HadCM2

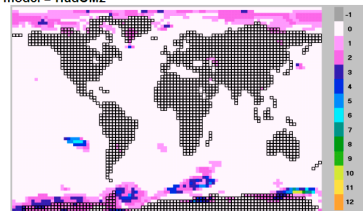
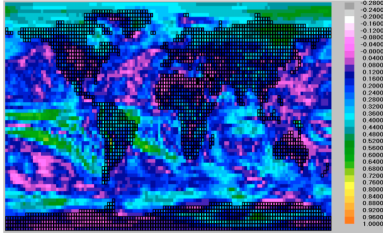


Fig. 4. Variance of grid-specific temperature changes explained by the pattern scaling technique. Regression model (going through zero) is applied to monthly means of grid-specific TAVG (dependent variable) and global mean temperature (independent variable). The figure displays the means of 12 monthly values.

Fig. 5. Number of months in which the standardised change of TAVG does not significantly differ from zero at 0.01 level.

## validity of the pattern scaling technique: *PREC*

a) model = ECHAM4



b) model = HadCM2

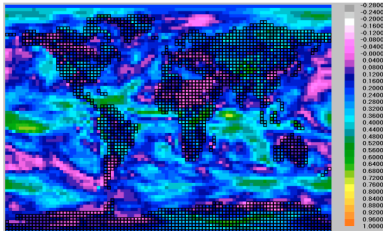
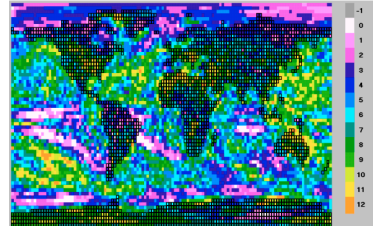


Fig. 6 Variance of grid-specific precipitation changes explained by the pattern scaling technique. Regression model (going through zero) is applied to monthly means of grid-specific *PREC* (dependent variable) and global mean temperature (independent variable). The figure displays the means of 12 monthly values.

a) model = ECHAM4



b) model = HadCM2

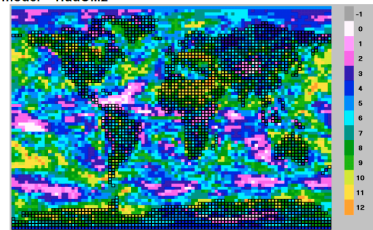


Fig. 7 Number of months in which the standardized change of *PREC* does not significantly differ from zero at 0.01 level.

## validity of pattern scaling - závěr

1) **statistická nevýznamnost regresních koeficientů** neznamená, že *Pattern Scaling* nelze použít. (nepoužitelnost by však vyplývala ze statisticky významné nelinearity vztahu)

- statistická nevýznamnost spíše znamená, že v časových řadách simulovaných modely GCM dominuje "**přirozená**" **variabilita**, která se dá vhodně simulovat například **stochastickým generátorem**.

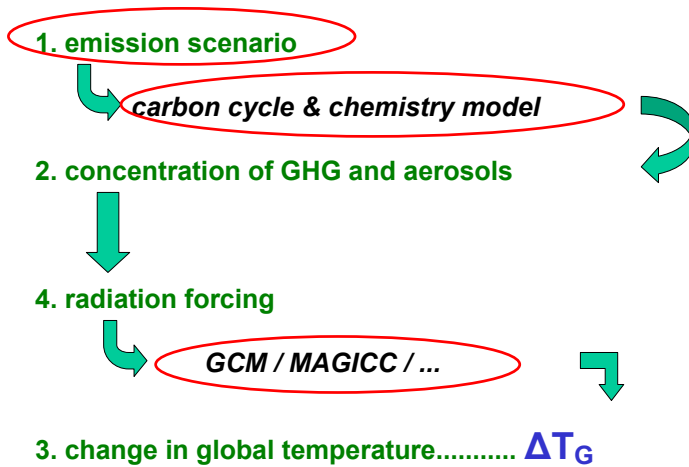
2) regresní vztahy **neextrapolovat !!!**

# uncertainties in estimating $\Delta T_G$

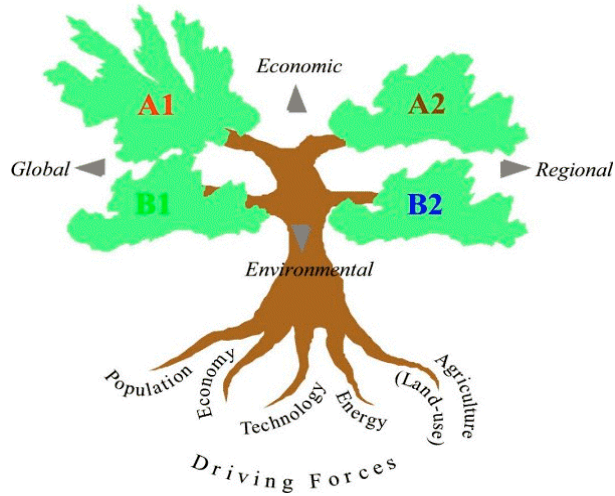
---

## odhad $\Delta T_G$ kaskáda nejistot

---



# emisní scénáře SRES



zdroj: IPCC - AR3(2001)

# SRES: emise a koncentrace

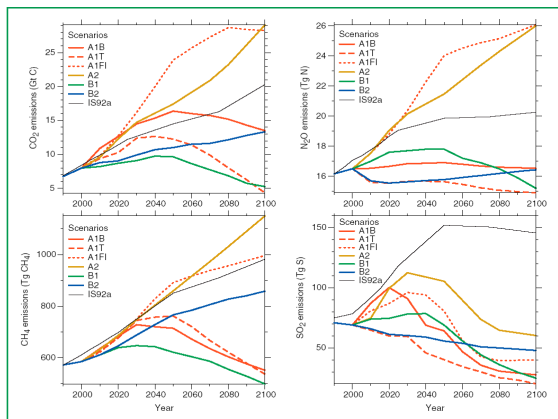


Figure 17. Anthropogenic emissions of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and sulphur dioxide for the six illustrative SRES scenarios, A1B, A2, B1 and B2, A1FI and A1T. For comparison the IS92a scenario is also shown. [Based on IPCC Special Report on Emissions Scenarios.]

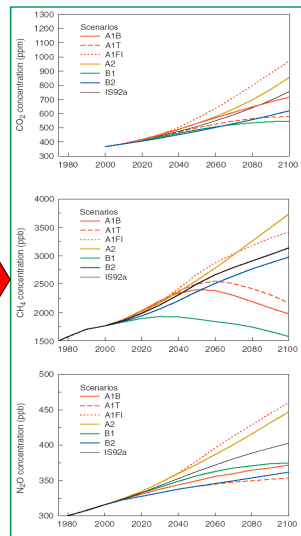


Figure 18. Atmospheric concentrations of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O resulting from the six SRES scenarios and from the IS92a scenario computed with current methodology. [Based on Figures 3.12 and 4.14]

zdroj: IPCC-TAR-WGI-TS

# SRES: radiative forcing temperature change, sea level rise

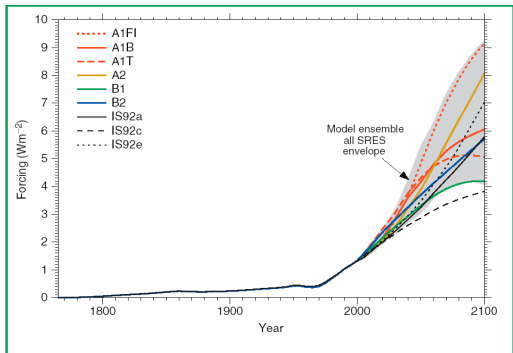
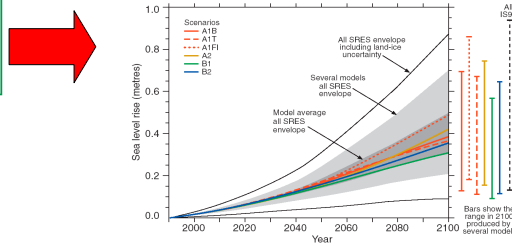
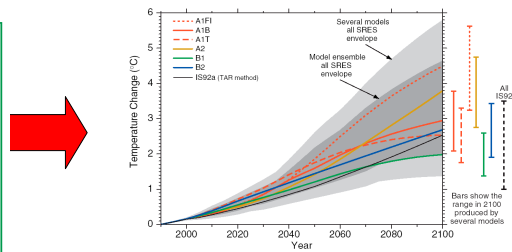


Figure 19: Simple model results: estimated historical anthropogenic radiative forcing up to the year 2000 followed by radiative forcing for the six illustrative SRES scenarios. The shading shows the envelope of forcing that encompasses the full set of thirty five SRES scenarios. The method of calculation closely follows that explained in the chapters. The values are based on the radiative forcing for a doubling of CO<sub>2</sub> from seven AOGCMs. The IS92a, IS92c, and IS92e forcing is also shown following the same method of calculation. [Based on Figure 9.13a]



zdroj: IPCC-TAR-WGI-TS

## hlavní zdroje nejistot v odhadu $\Delta T_G$

- emisní scénáře
- "klimatická citlivost" ( $\Delta T_{2xCO_2}$ ) = rovnovážná odezva prům.globální teploty na zdvojnásobení CO<sub>2</sub> v atmosféře:

$$- \Delta T_{2xCO_2} = 1.5 - 4.5 \text{ K (IPCC)}$$

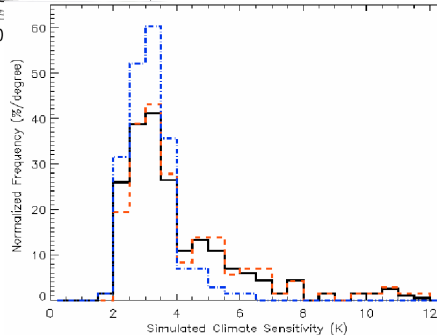
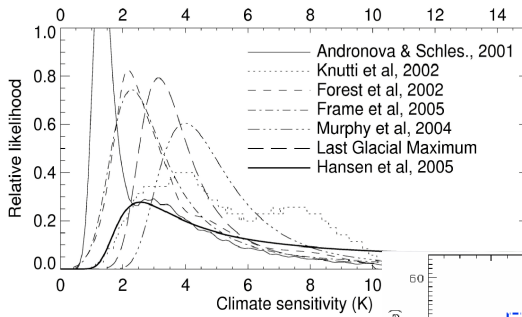
$$1 - 9.3 \text{ K (90\%; Andronova \& Schlesinger, 2001)}$$

\* viz následující slajd \*

PDF( $\Delta T_G$ ) jsou často hledány pomocí vícečetných ansámblových simulací jednoduchého klim. modelu (např. MAGICC) s perturbovanými parametry.

$$\Delta T_G \text{ (2100 vs. 1990) = 1.7-4.9 C (90\%; Wigley et al, 2001)}$$

## uncertainty in climate sensitivity



The frequency distribution of simulated climate sensitivity using all (2,578) model versions (black), all model versions except those with perturbations to the cloud-to-rain conversion threshold (red), and all model versions except those with perturbations to the entrainment coefficient (blue).

Sensitivity is the equilibrium response of the global mean temperature of doubling atmospheric levels of carbon dioxide.

Stainforth et al, Nature, 27 Jan '05

## uncertainties in estimating $\Delta T_G$

(based on MAGICC model)

$\Delta T_G = \text{MAGICC}$  (emiss. scenario, climate sensitivity, aerosols)

**a) choice of emission scenario**

- IPCC-AR2 scenarios: IS92c, IS92a, IS92e
- IPCC-AR3 scenarios: SRES-B1, -B2, -A1, -A2

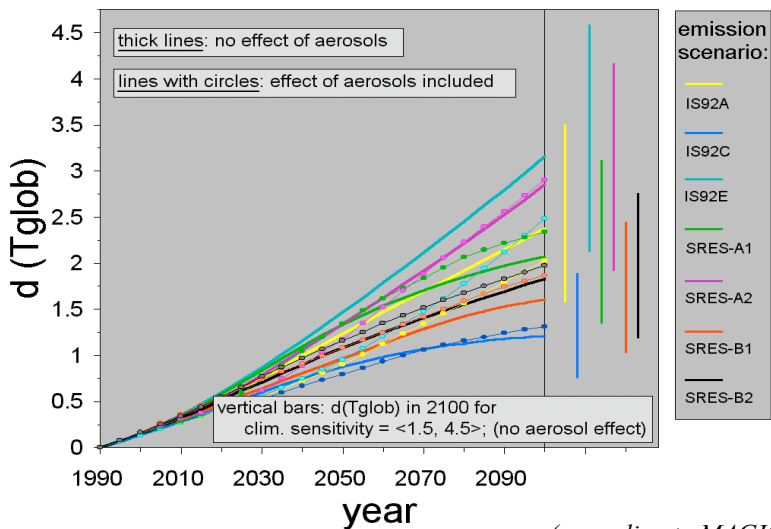
**b) climate sensitivity:  $\Delta T_{2\times\text{CO}_2} = 1.5, 2.5, 4.5$  °C**

**c) effect of aerosols: YES / NO**

**MAGICC:** [www.cru.uea.ac.uk/~mikeh/software/MAGICC\\_SCENGEN.htm](http://www.cru.uea.ac.uk/~mikeh/software/MAGICC_SCENGEN.htm)

## global mean temperature in the 21st century (effect of emission scenario, climatic sensitivity and aerosols)

---



## standardizované scénáře změny klimatu podle GCM modelů z IPCC-AR2

---

- zpráva IPCC publikována: **1996**
- data dostupná: ~ **2000**
- výsledky následující analýzy publikovány: **2005** (Climate Research)



# Data

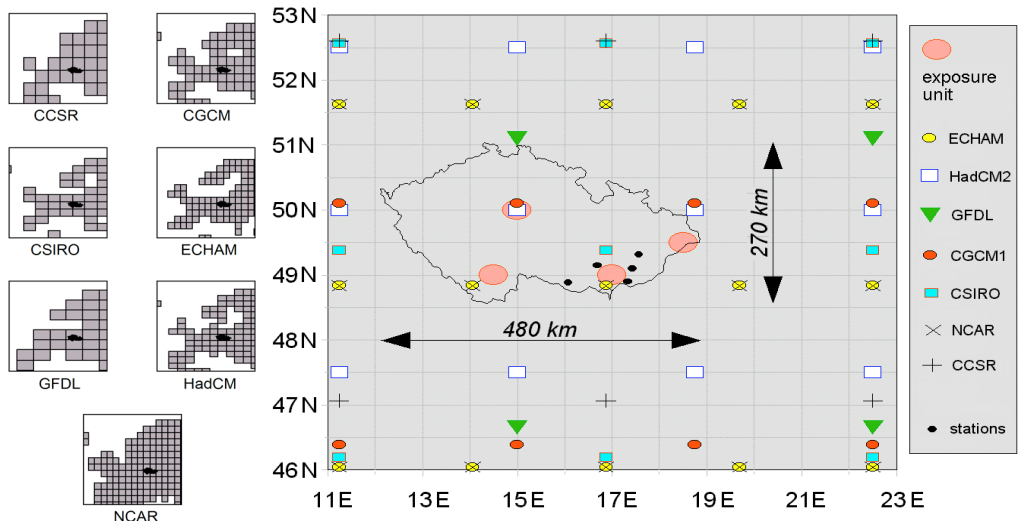
## 7 AOGCMs (1961-2099, series of monthly means) from IPCC-DDC:

- **CGCM1 (C)** [1990-2100: **1% increase of compound CO<sub>2</sub>**]
- **CCSR/NIES (J)** [1990 - 2099: **IS92a**]
- **CSIRO-Mk2 (A)** [1990-2100: **IS92a**]
- **ECHAM4/OPYC3 (E)** [since 1990: **IS92a**]
- **GFDL-R15-a (G)** [1958 - 2057: **1% increase of compound CO<sub>2</sub>**]
- **HADCM3 (H; 4 runs!!!)** [since 1990: **1% increase of compound CO<sub>2</sub>**]
- **NCAR DOE-PCM (N)** [**ba**u (~IS92a) since 2000]

**4 weather elements:** *TAVG* - daily average temperature  
*DTR* - daily temperature range  
*PREC* - daily precipitation sum  
*SRAD* - daily sum of glob.solar radiation

**4 exposure units** - see the map

## IPCC-AR2: gridová struktura GCM modelů

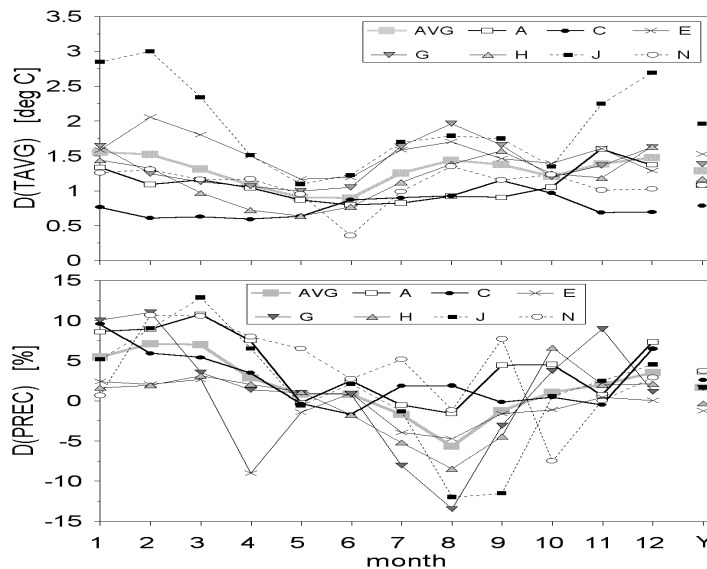


$\Delta X = 2.8 - 7.5^\circ$ ;  $\Delta Y = 2.5 - 5.6^\circ$ ;  $N_z = 9 - 20$  (hladin)

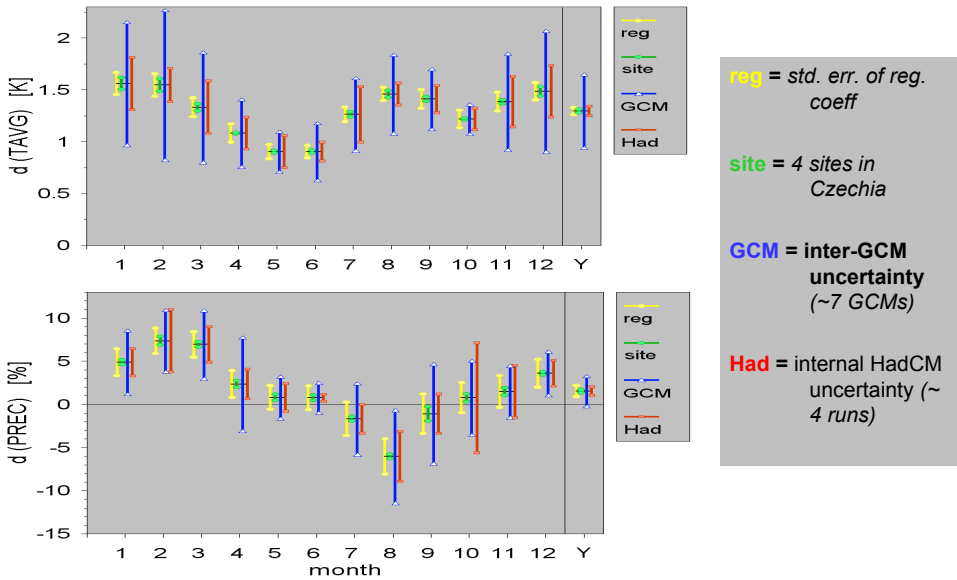
# uncertainties affecting the scenario pattern

1. inter-model uncertainty (*7 GCMs*)
2. internal GCM uncertainty (*4 runs of HadCM2*)  
(*měla by odpovídat přirozené klimatické variabilitě*)
3. choice of the site (*4 sites in Czechia*)
4. determination of the standardised changes  
(*~ std. errors in regression coefficients*)

## standardizované scénáře změny klimatu podle GCM z IPCC-AR2



# standardizované scénáře změny klimatu 4 druhy nejistot

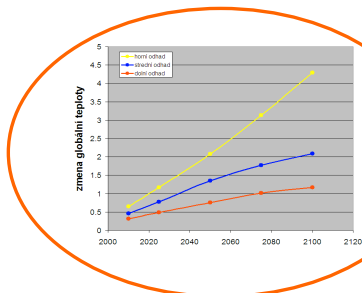


## Závěr: scénáře pro impektové studie

nejistoty ve scénářích jsou, ale my víme jak na ně.

V impektových studiích je třeba použít více scénářů:

- (3 hodnoty  $\Delta T_G$ ) X (3-4 scénáře)
- propojení scénářů se stochastickým generátorem (zajistí přirozenou variabilitu)



X

**horní odhad:** SRES-A2 +  $\Delta T_{G,2xCO_2} = 4.5$  K  
**dolní odhad:** SRES-B1 +  $\Delta T_{G,2xCO_2} = 1.5$  K  
**střední odhad:** stř.emise +  $\Delta T_{G,2xCO_2} = 1.5$  K

