



Směřujeme skutečně do klimatické katastrofy?

*Současný vývoj a střednědobý výhled evropského
klimatu*

DEN ZEMĚ 2010

Jan Pretel

Český hydrometeorologický ústav

AV ČR - 20. 4. 2010



Klimatický systém a jeho změny

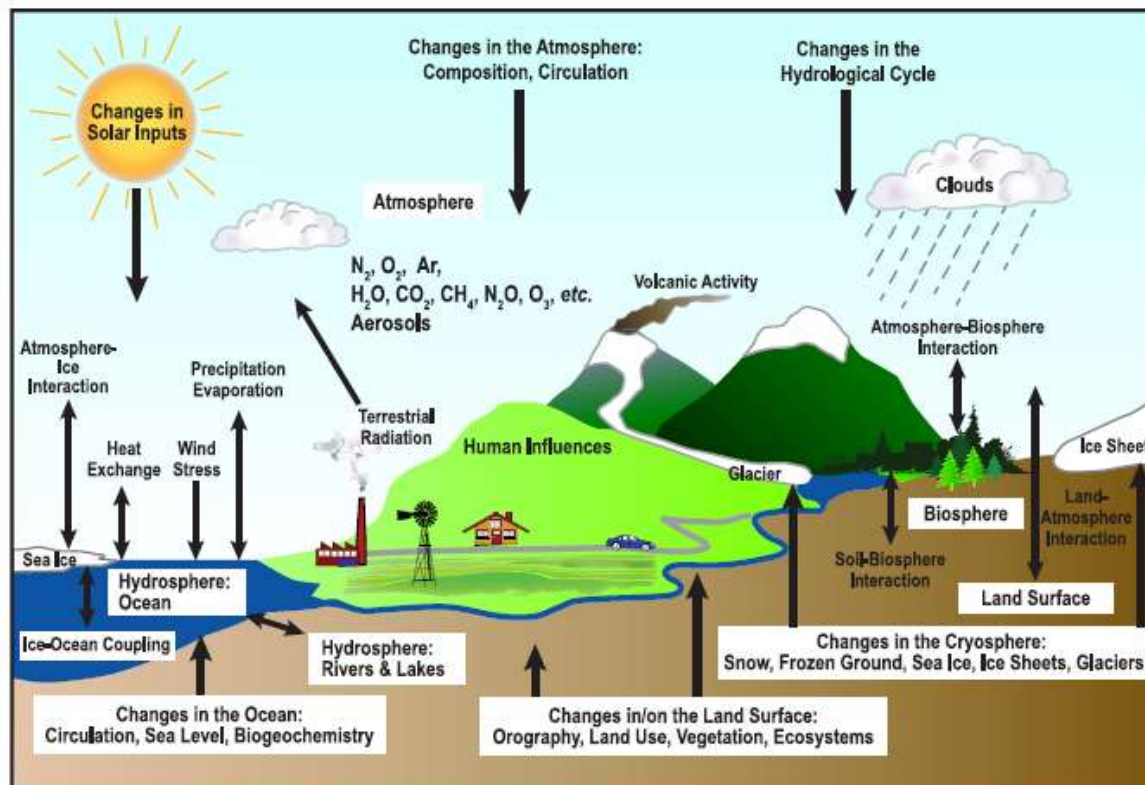
☐ složitý fyzikální systém

- atmosféra
- oceán
- kryosféra
- litosféra (vč. pedosféry)
- biosféra

☐ změny ve složkách

☐ vazby mezi složkami

☐ zpětné vazby



Příčiny změn klimatického systému

☐ extraterestrické

- sluneční činnost a její změny

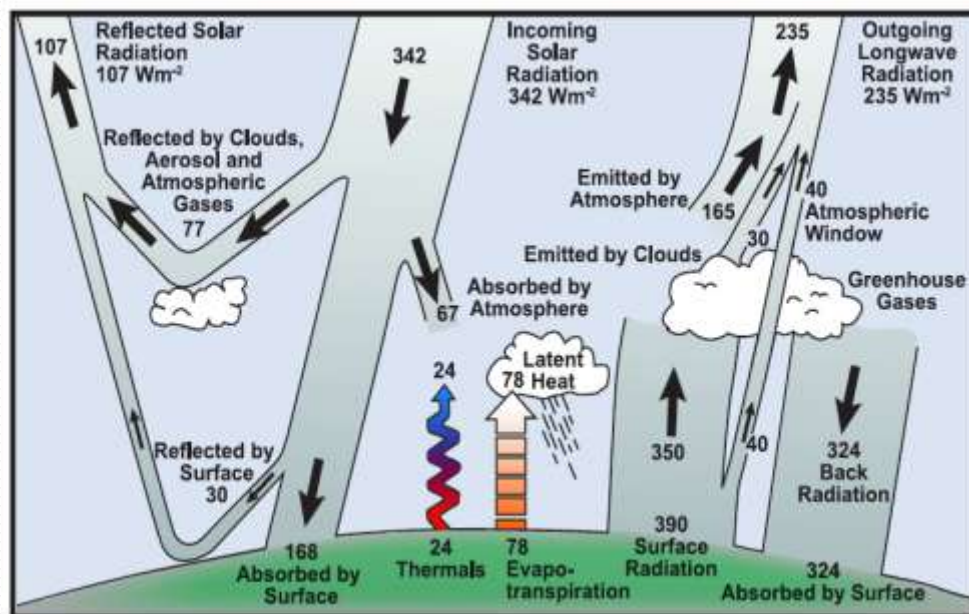
☐ terestrické

- rozložení pevnin a oceánů
- sopečná činnost
- vegetace, ...

☐ antropogenní

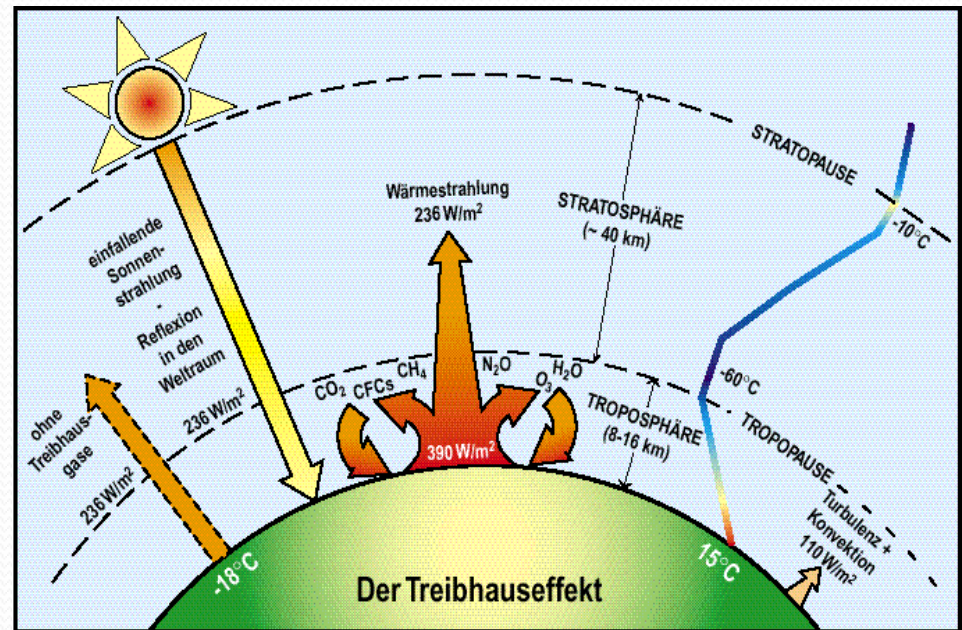
- emise skleníkových plynů
- působení člověka na složky systému

Změny radiální bilance



Skleníkový efekt a jeho zesilování

- ❑ atmosféra a zemský povrch pohlcuje a odráží sluneční záření
- ❑ dlouhovlnné vyzařování Země **bez skleníkových plynů**
 $\Rightarrow T \sim -18\text{ °C}$
- ❑ působení **přirozeného** množství skleníkových plynů
 $\Rightarrow T \sim 15\text{ °C}$
- ❑ **antropogenní** skleníkové plyny
 $\Rightarrow \Delta T > 0$



Skleníkové plyny

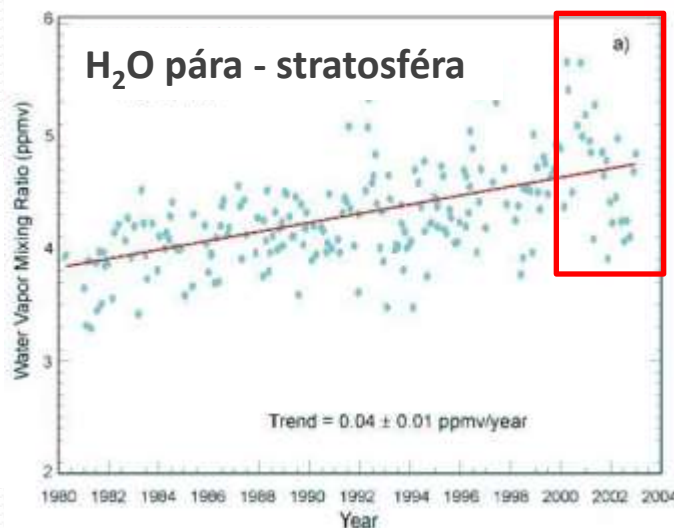
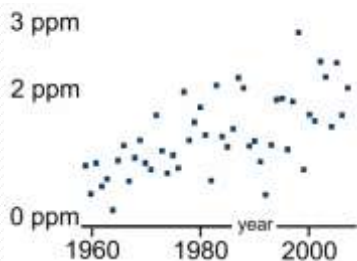
vodní pára

- přirozené
 - vodní pára, CO_2 , CH_4
- antropogenní
 - CO_2 , CH_4 , N_2O , PFC, HFC, SF_6
- nepřímé a prekursorory
 - NO_x , CO, NMVOC, SO_2 , O_3
- pevné aerosoly

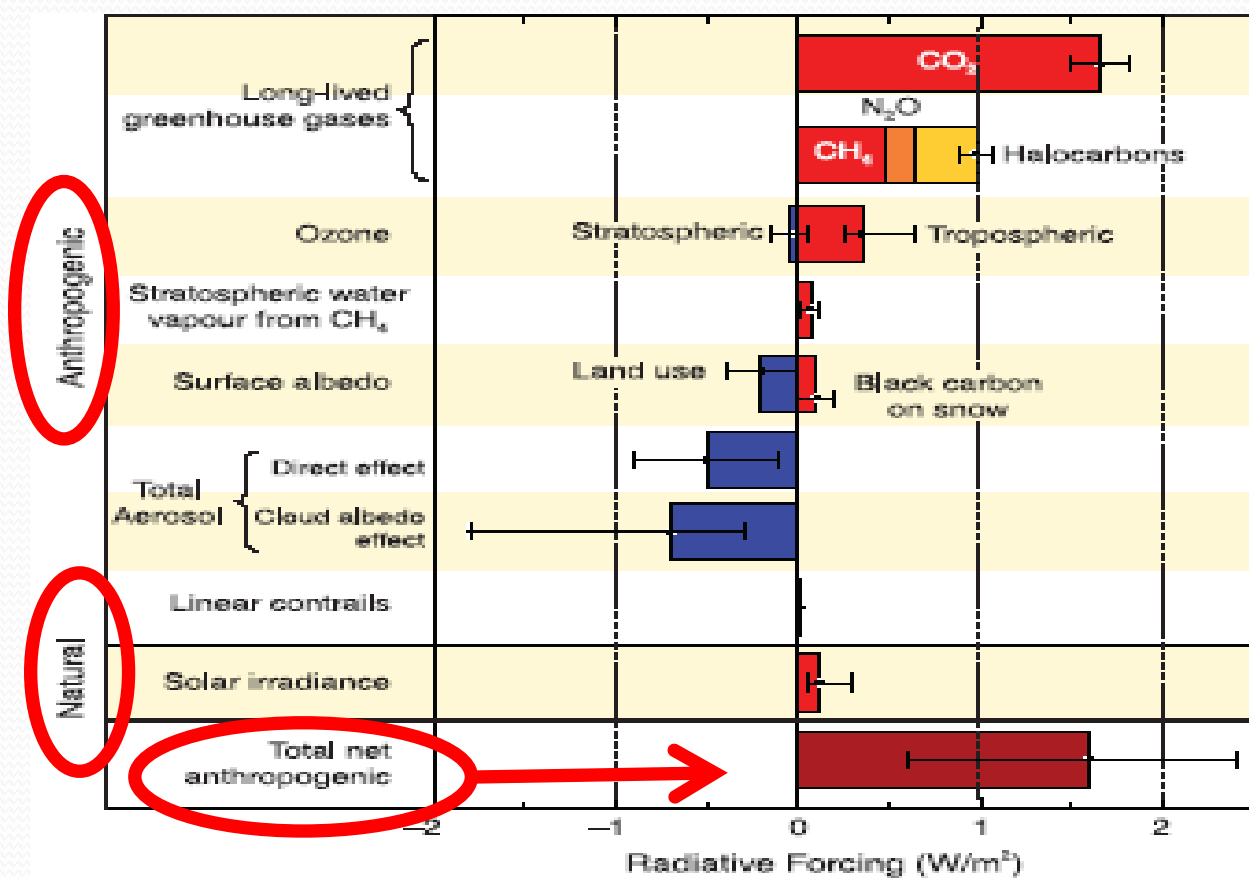
- kombinovaný vliv
 - ✓ výpar
 - ✓ oblačnost
 - ✓ zpětné vazby
- *podíl na přirozeném skleníkovém efektu $\approx 65-85\%$*
- *předpoklad: časové změny minimální*
- *nemusí být správný (NOAA, 2009)*

- ✓ *vliv vodní páry asi podceněn – 1/3 nárůstu teploty po r. 1990*
- ✓ *po r. 2000 obsah vodní páry ve stratosféře klesá \Rightarrow zpomalení nárůstu teploty*
- ✓ *změny teploty povrchové vody v oceánech (?)*

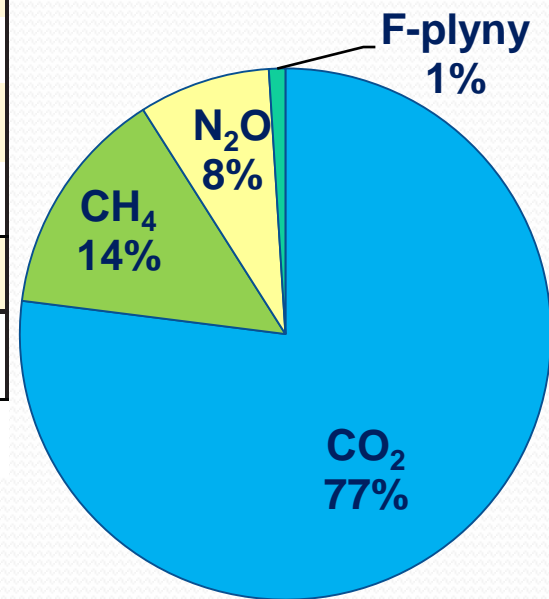
meziroční nárůst CO_2



Radiační působení plynů

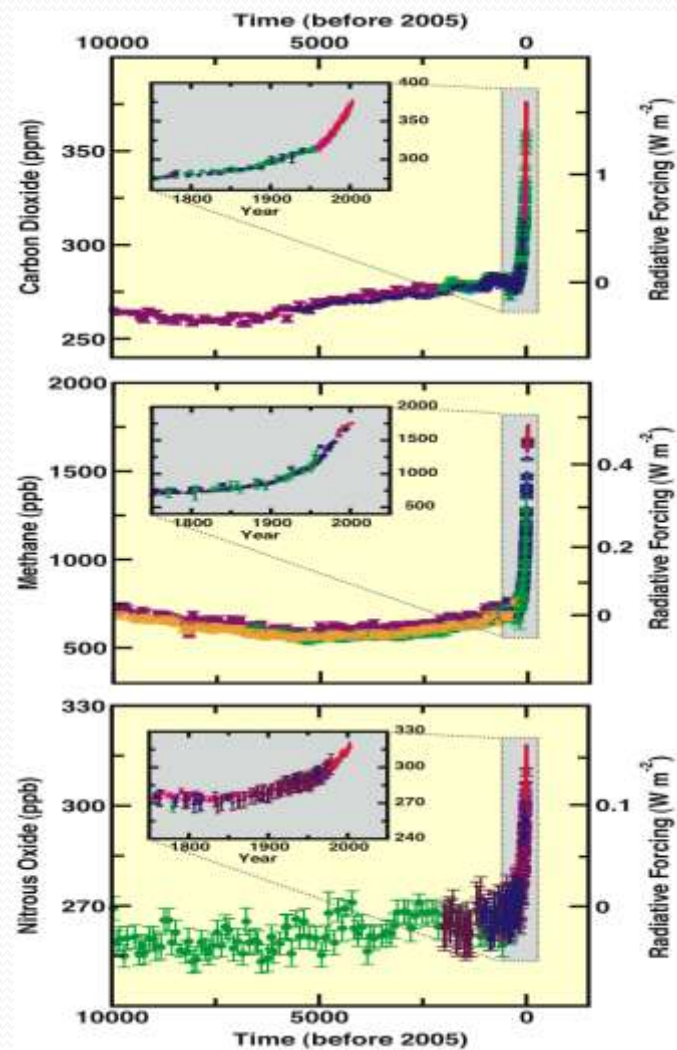
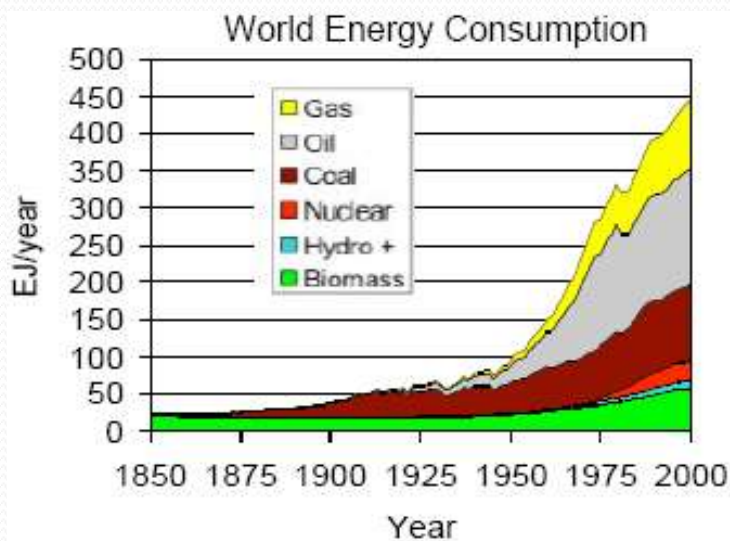


GWP	
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
F-plyny	10 ² -10 ⁴



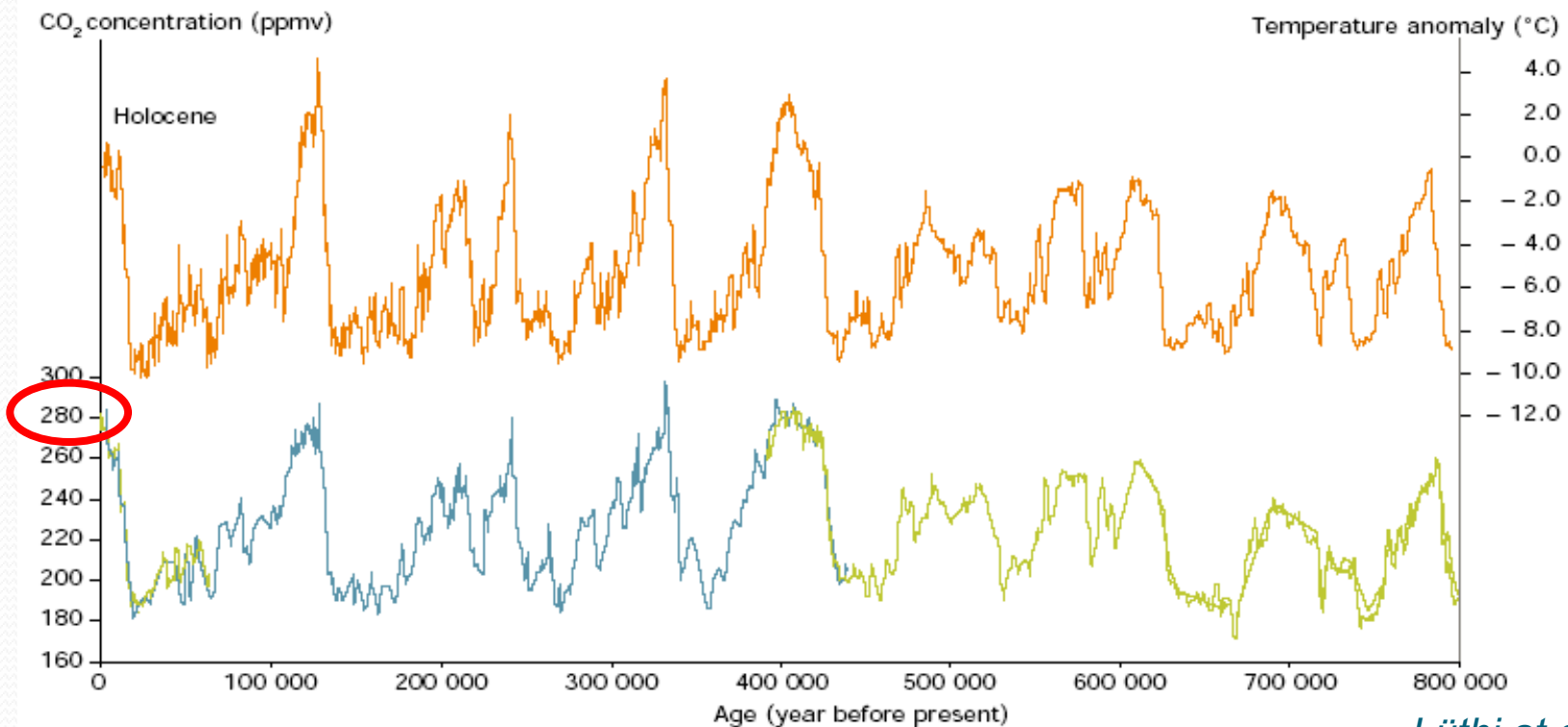
Emise skleníkových plynů

- energetika
- průmysl
- doprava
- zemědělství
- odpady
- odlesňování
- ...



Historické klima

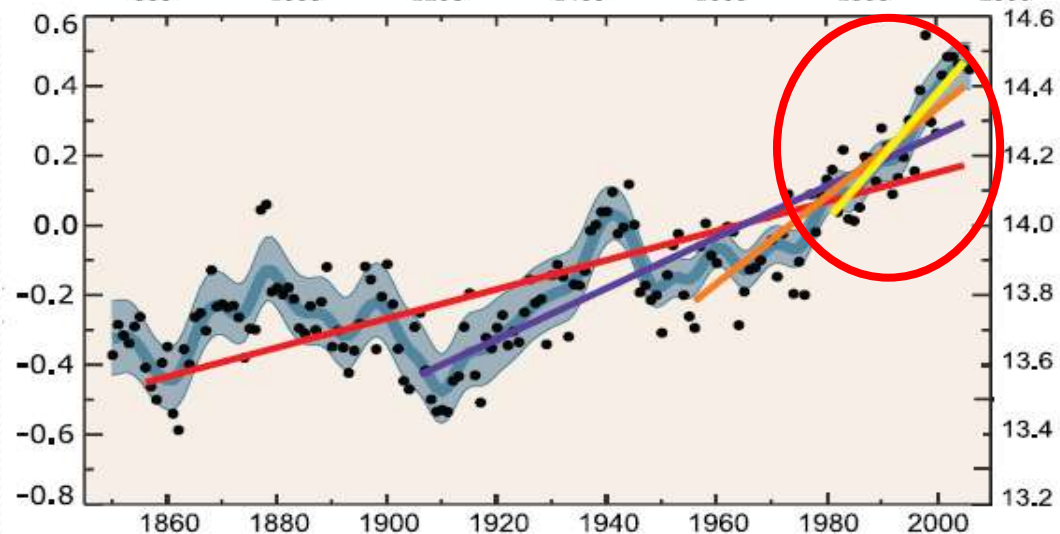
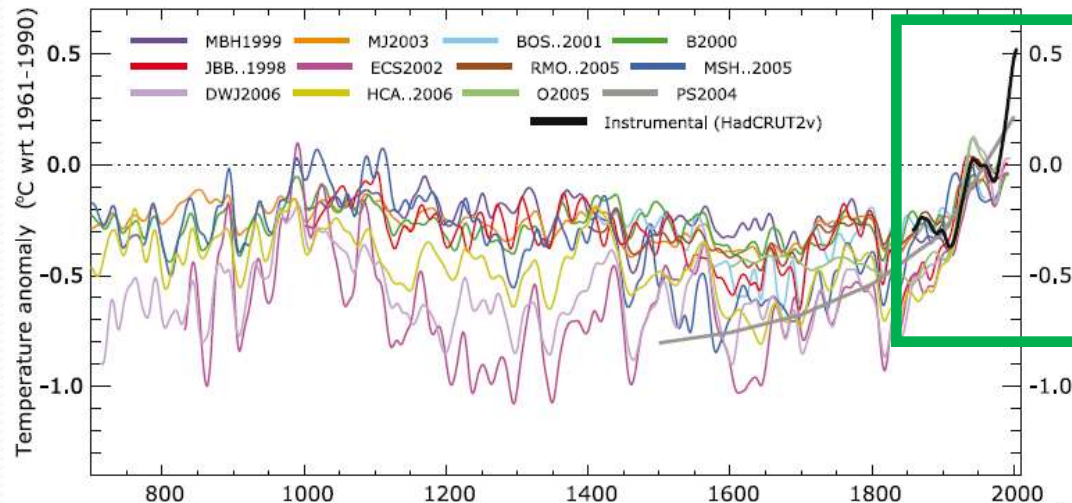
- střídání teplých a chladných období
- periodičita 100 – 140.000 let
- paleoklimatická proxy data (ledovcové vrty, izotopy uhlíku, dendrologická data,...)



Teplota jako indikátor změn

Poslední tisíciletí:

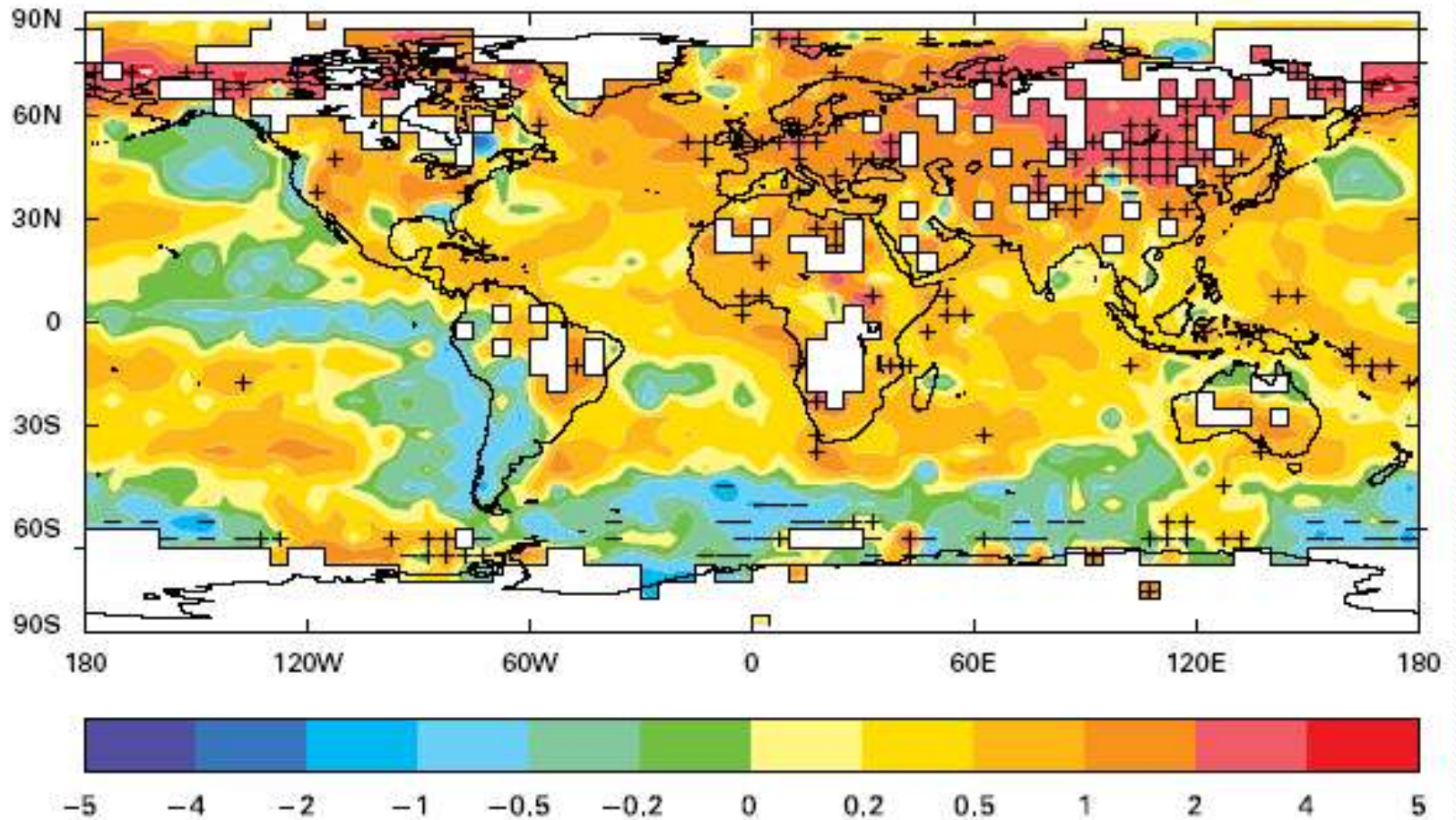
- relativně stabilní
 - 9. – 14. stol. teplejší
 - 16. – 19. stol. chladnější
- 20. stol. teplejší
- 40.-60. léta chladnější
- výrazný nárůst teploty od 80. let
- TRENDY**



1995

Nehomogenita změn teploty (I)

(20. století)

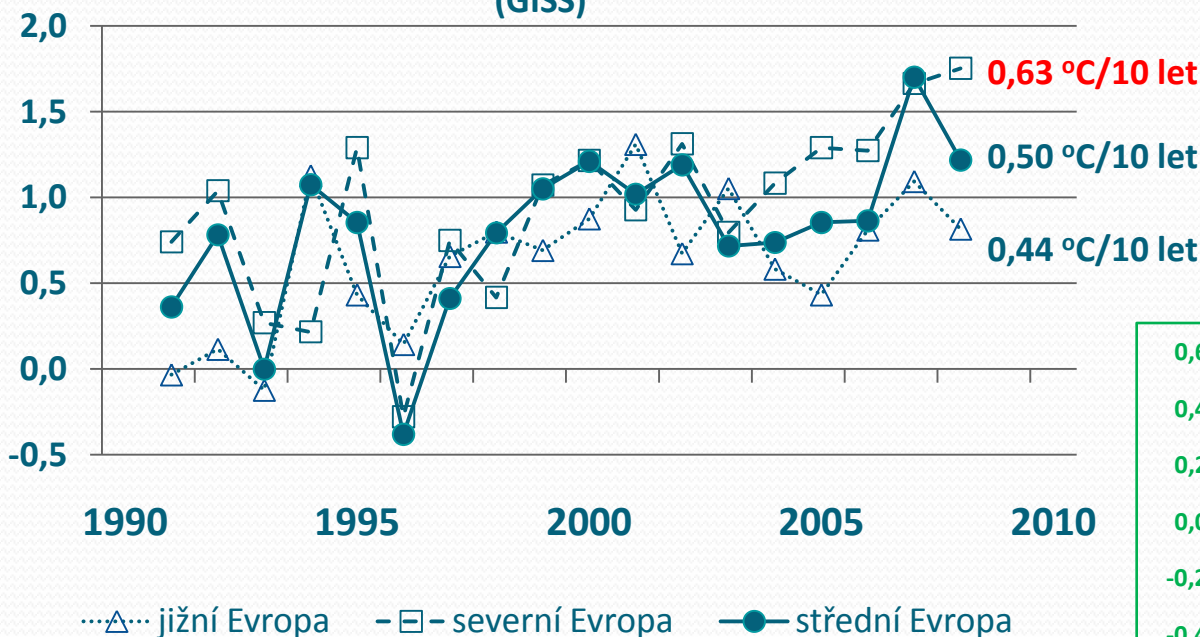


Nehomogenita změn teploty (II)

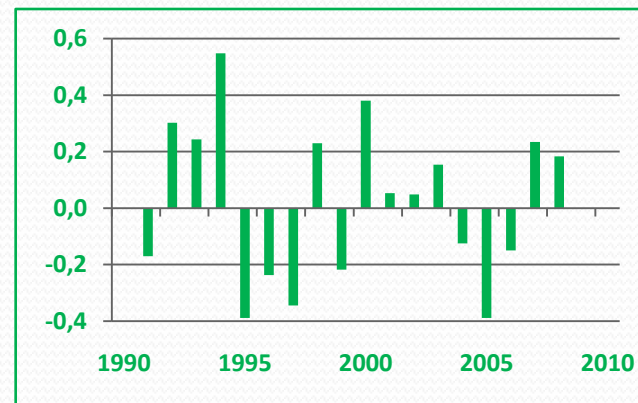
Orientační změny teploty od r. 1980

planeta	0,4 °C
S-polokoule	0,6 °C
J-polokoule	0,3 °C
Arktida	1,5 °C
tropy	0,4 °C

Teplotní odchylky v Evropě od normálu 1961 – 1900 (GISS)



Meziroční kolísání odchylek mezi ČR a střední Evropou (změny synoptických situací)

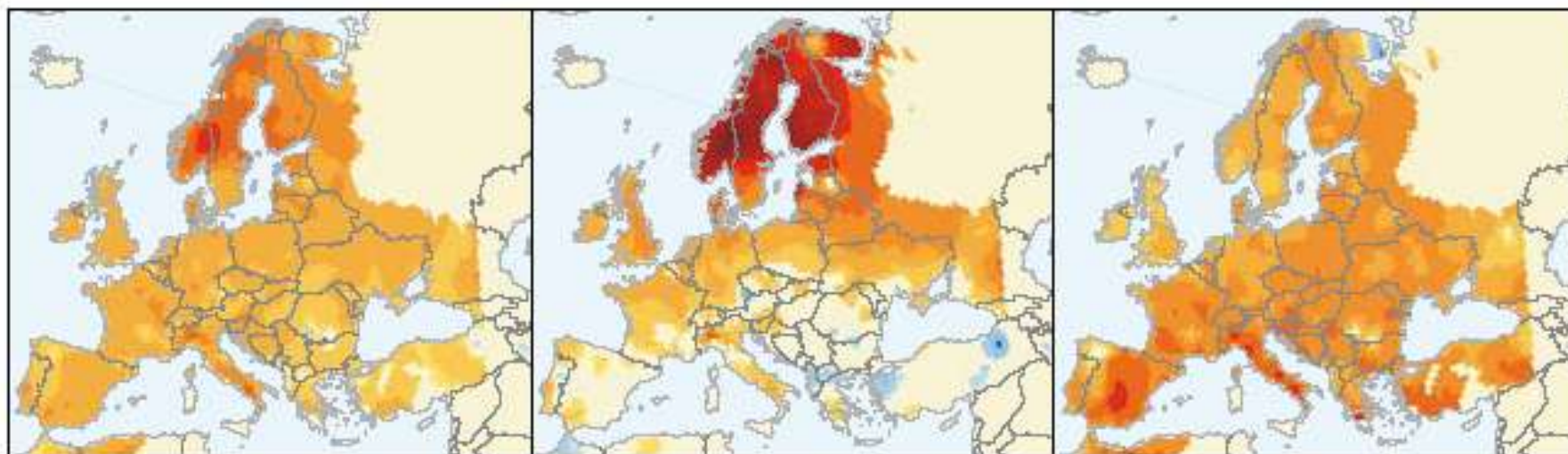


Teplota - Evropa 1976-2006

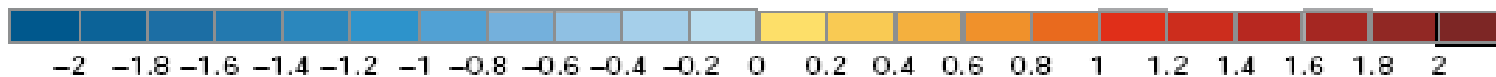
rok

zima

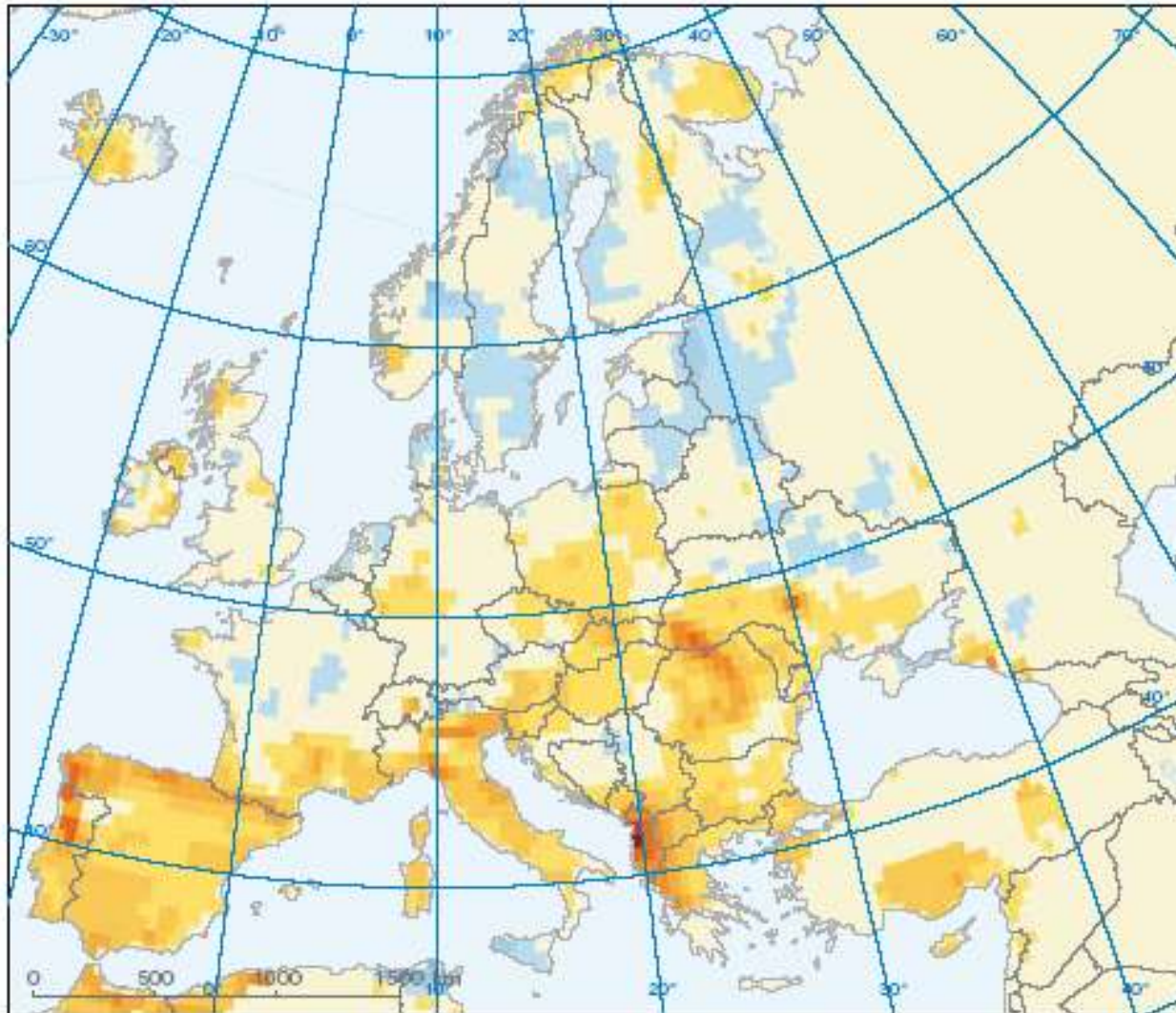
léto



°C per decade



Srážky - Evropa 1961-2006

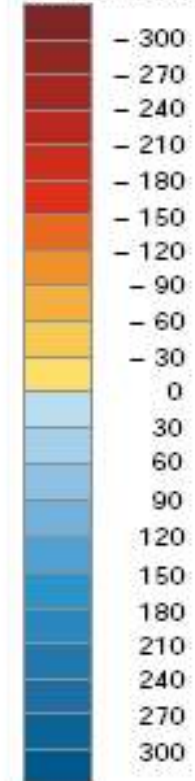


Observed changes in annual precipitation between 1961–2006

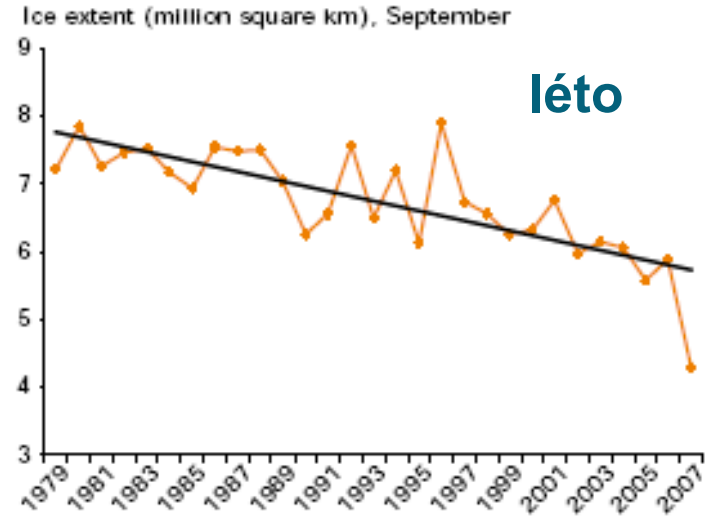
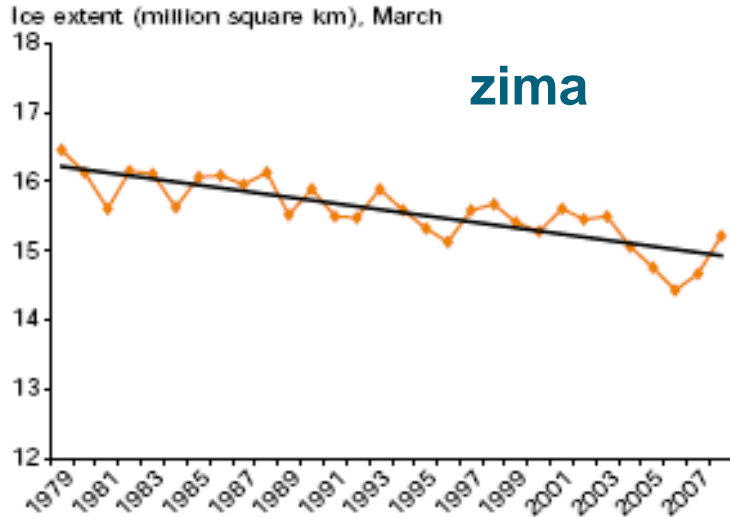
Red: decrease

Blue: increase

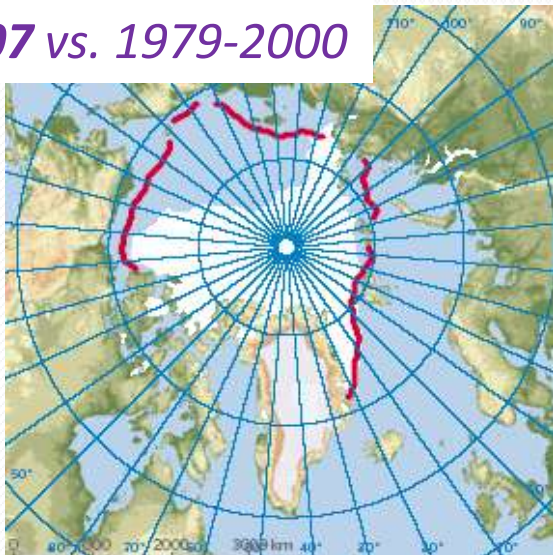
mm per decade



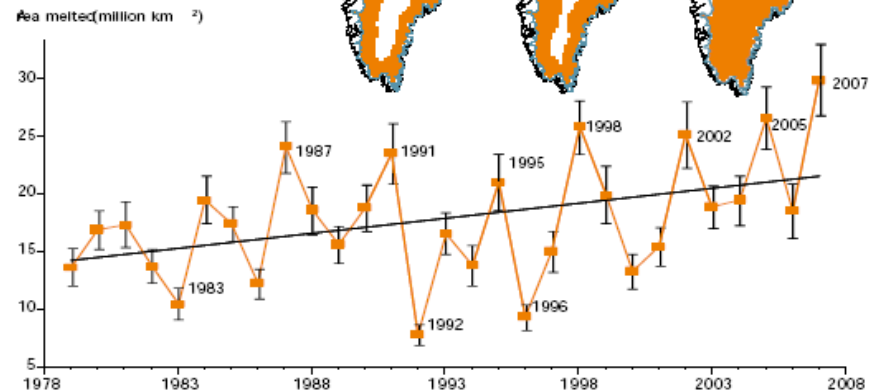
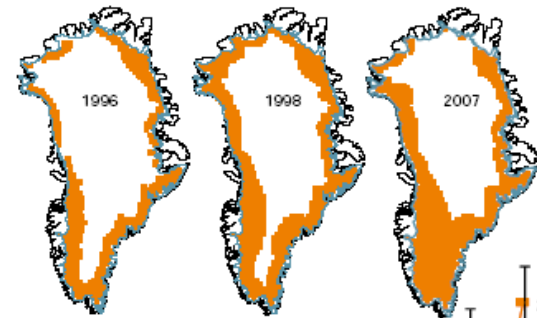
Zalednění Arktidy



2007 vs. 1979-2000

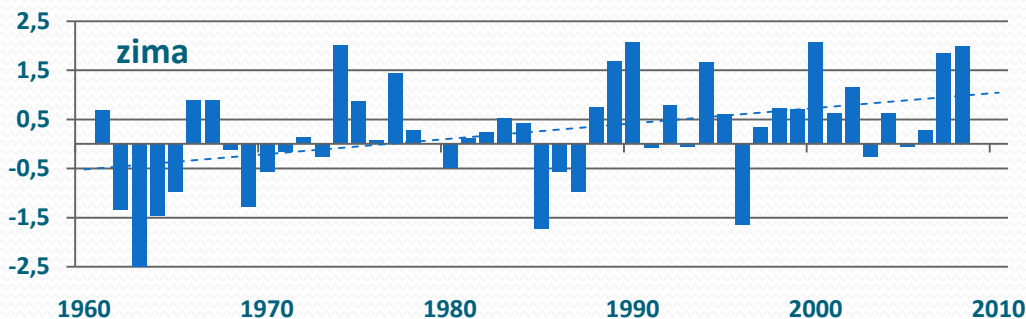
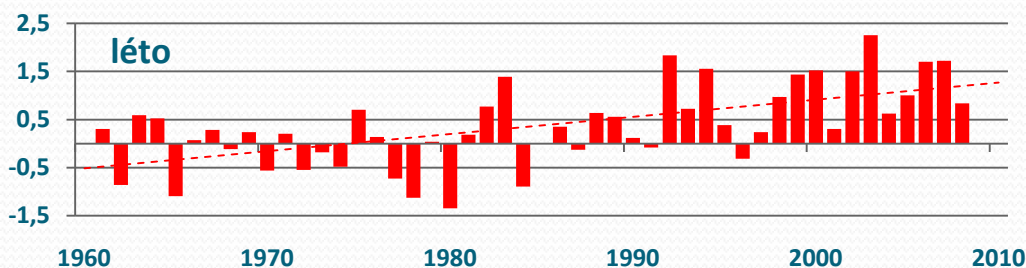
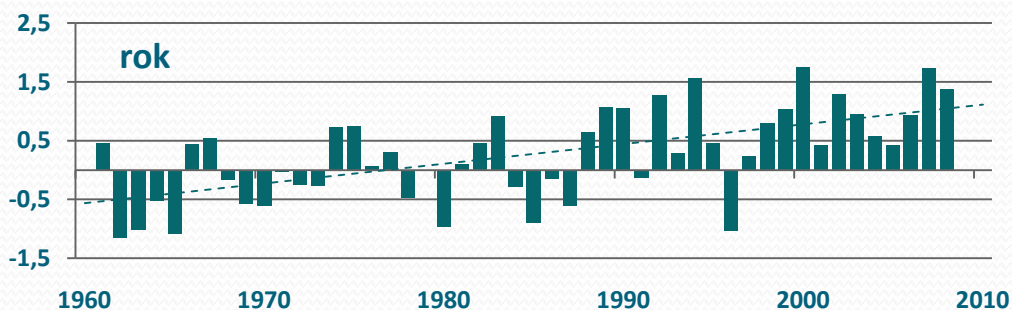


Grónsko



ČR – územní teploty

odchylky od normálu 1961-1990



Orientační trendy

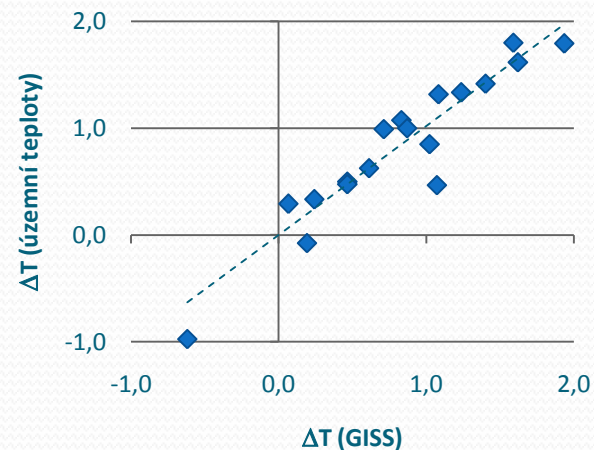
rok 0,33 °C/10 let
 zima 0,31 °C/10 let
 léto 0,35 °C/10 let

Roční trend po r. 1990

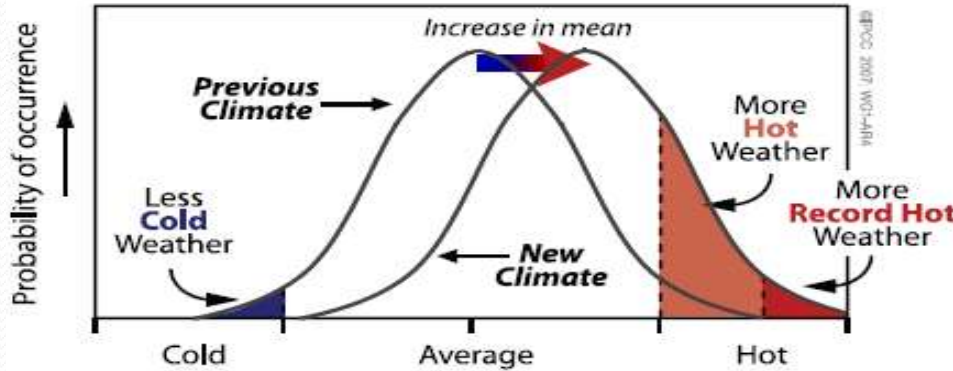
0,49 °C/10 let

GISS trend po r. 1990

0,50 °C/10 let



Extrémní teploty

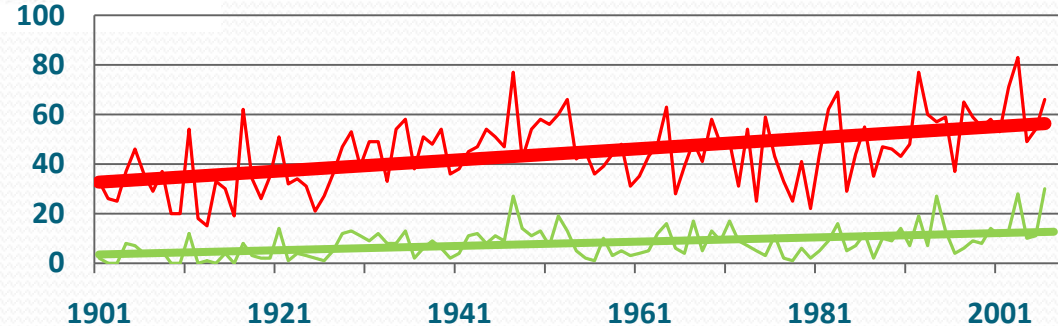


Extremalita teplot narůstá

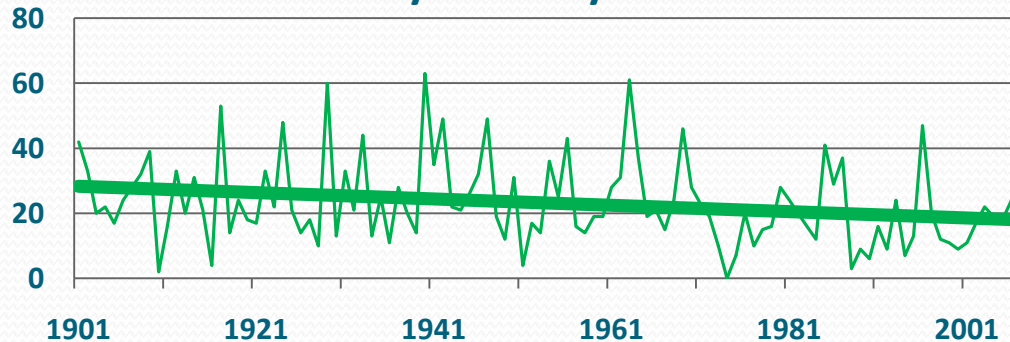
Rostou počty letních dnů a tropických dnů a nocí

Klesají počty mrazových a ledových dnů

Počty letních a tropických dnů - PRAHA



Počty mrazových dnů - PRAHA



Projekce vývoje klimatu

(1) MODELOVÝ POPIS KLIMATICKÉHO SYSTÉMU

složky systému

procesy ve složkách

zpětné vazby

chemismus



(2) MODELOVÝ POPIS VÝVOJE SVĚTA

makroekonomika

surovinové
zdroje

energetika

technologie

populační vývoj



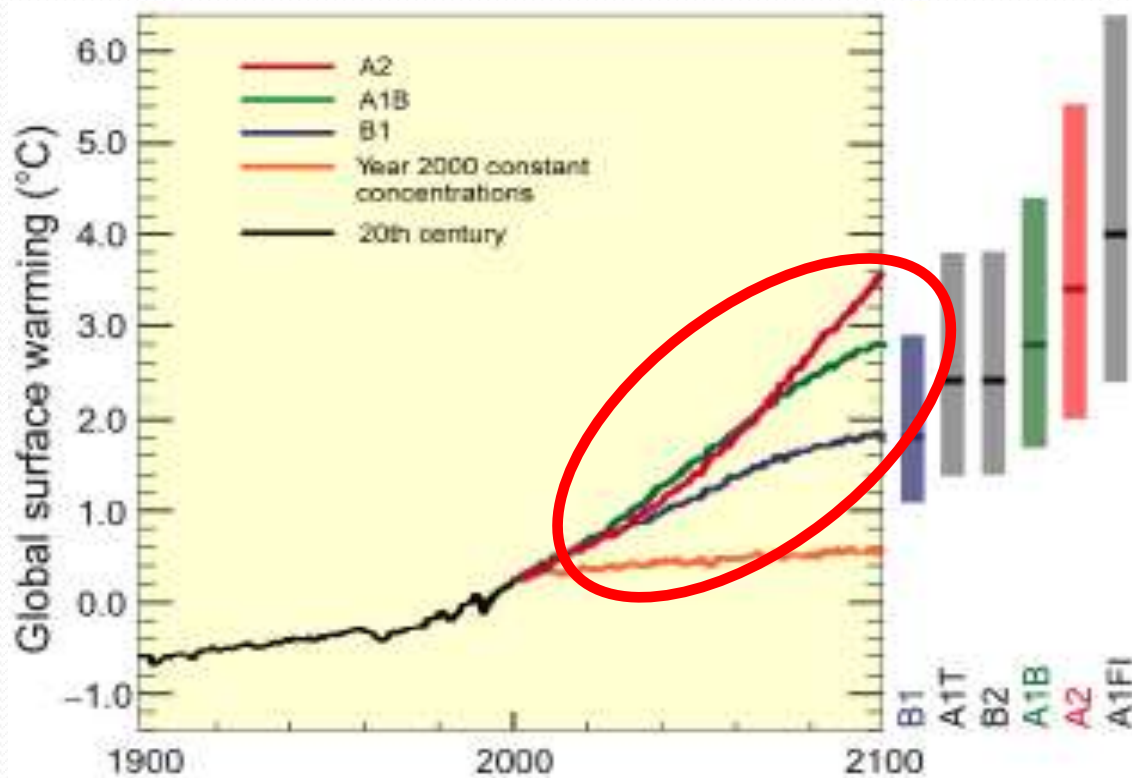
(3) PROJEKCE VÝVOJE KLIMATU VE SCÉNÁŘÍCH

dolní odhad

nejlepší odhad

horní odhad

Projekce změn globální teploty



do r. 2030
minimální
závislost na
volbě scénáře

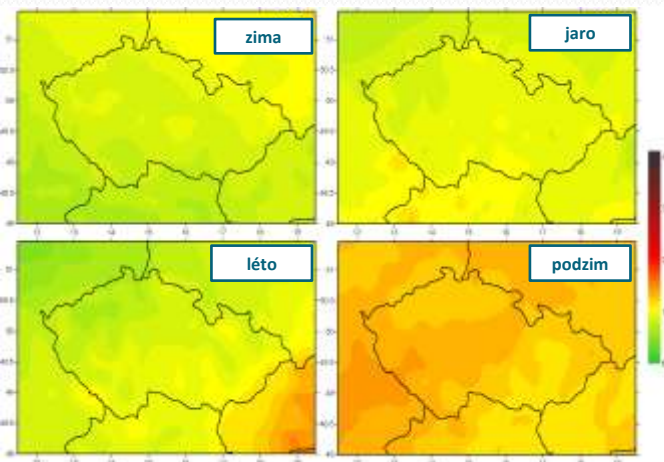
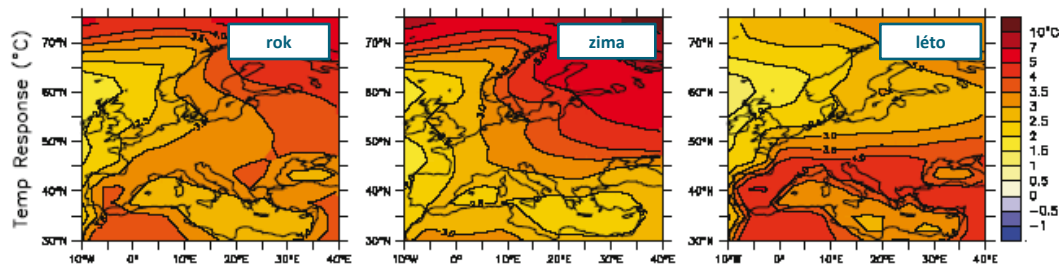
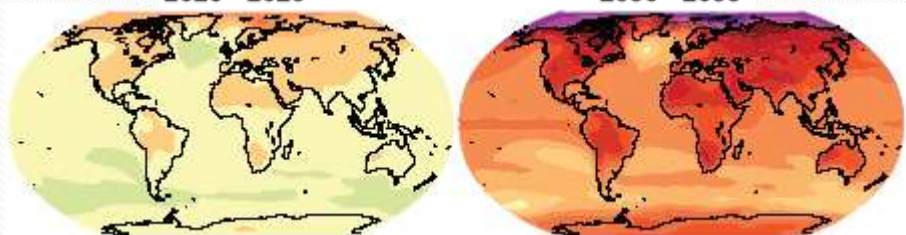
nárůst teploty
přibližně
 $0,2^{\circ}\text{C}/10$ let

Modelové projekce

A1B

2020 - 2029

2090 - 2099

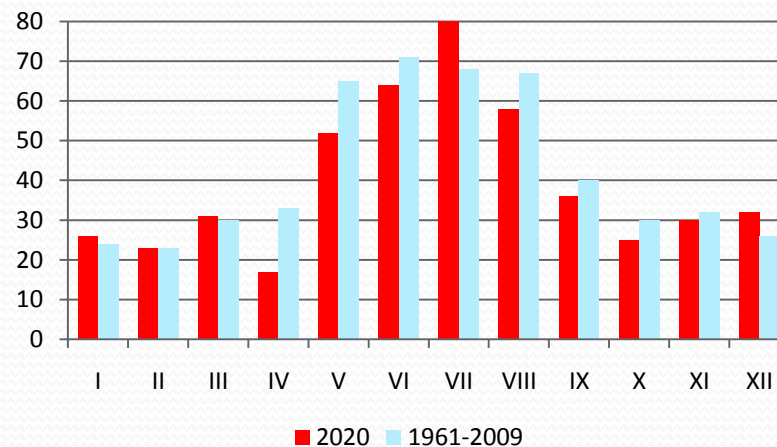
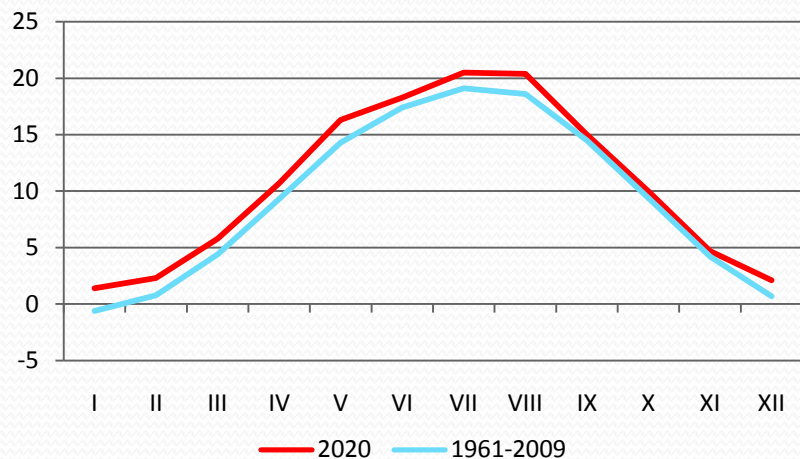


- výběr scénáře SRES
- výběr období
- GCM (krok ~ 300 km)
- GCM/RCM (krok ~ 75 km)
- RCM (krok < 25 km)

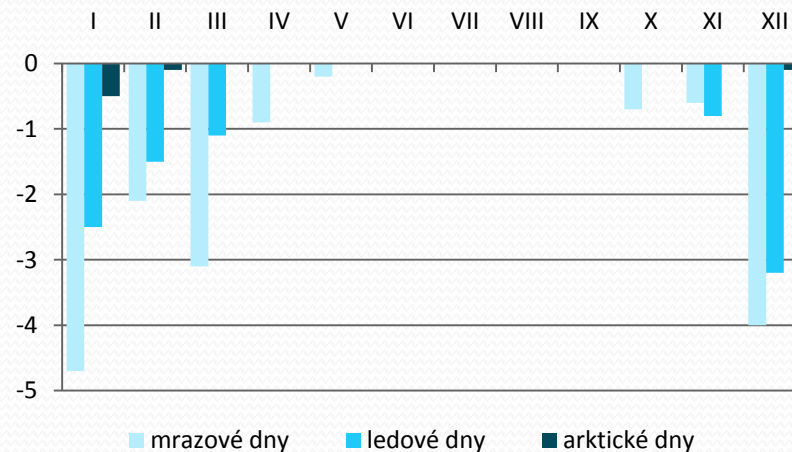
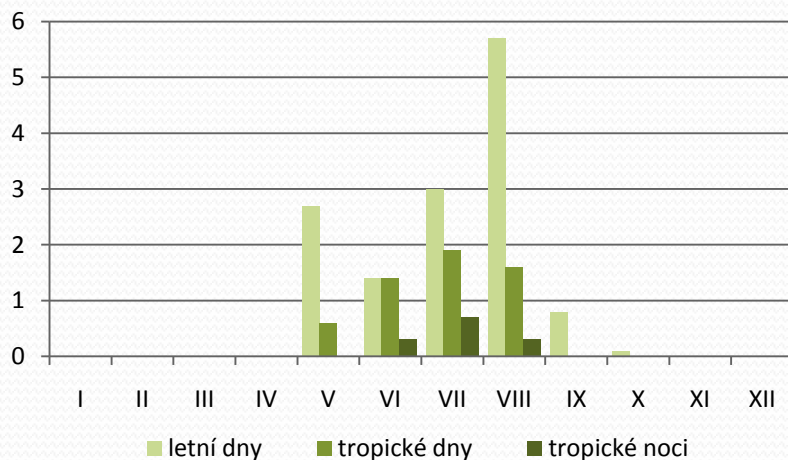
ČHMÚ: *ALADIN – CLIMATE/CZ*

- krok 25 km (\Rightarrow 10 a 5 km)
- topografie
- **downscaling**
- **validace** (data 1961-1990)
- teplota, srážky, max. + min. teploty, vlhkost, vítr, globální záření
- porovnání = projekty PRUDENCE, CECILIA

Výhled Praha 2020



Rozdíl 2000 -vs. 1961-2009	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
teplota	2,0	1,5	1,4	1,4	2,0	0,9	1,4	1,8	0,5	0,6	0,5	1,4	1,3
srážky	2	0	1	-16	-13	-7	12	-9	-4	-5	-2	6	-35



Současné nejistoty projekcí

- ❑ nejistoty v **socio-ekonomických předpokladech** modelů
- ❑ v **GCM a RCM** vlivy
 - vlhkosti
 - oblačnosti (výskyt, druh, výška)
 - uvolňování tepla z oceánů
 - aerosolů
 - zpětných vazeb uhlíkového cyklu
 - radiačních faktorů skleníkových plynů a pevných částic
- ❑ nejistoty v projekcích teploty pro delší časová období
- ❑ vždy výrazně nižší přesnost projekcí srážek
- ❑ nižší kvalita regionálních projekcí (*nestacionarita projevů menších měřítek*)
- ❑ projekce změn proudění v oceánech
- ❑ projekce nárůstu hladin oceánů
- ❑ ... a určitě ještě řada dalších...

Dopady, zranitelnost, rizika



Vodní zdroje a systémy

Ekosystémy

Lesní porosty

Biodiverzita

Pobřežní oblasti

Zdravotní aspekty

Průmyslové a sídelní aglomerace

Turistický ruch

Dopady, zranitelnost, rizika

Plošná nehomogenita dopadů a rizik

- ☐ změna klimatu = problém **globální**
- ☐ dopady, zranitelnost = problém **regionální**
lokální

Nejistoty detekce změn a dopadů

- nedostatečné geografické pokrytí dostupnými údaji
- analýzy extrémů jsou složitější než analýzy průměrů
- vlivy probíhajících přirozených adaptací
- vlivy „neklimatických“ faktorů
- analýzy přirozených a antropogenních příspěvků v malých měřítcích

Dopady ČR (I)

Vodní hospodářství

- pokles průměrných průtoků
- snížení zásob vody ze sněhu
- zvýšení územního výparu
- eutrofizace vodních toků
- nárůst rizik povodní a záplav / sucha

Zemědělství

- změny nástupů fenofází
- prodloužení bezmrazového období, posun počátku vegetačního období
- teplotní a vláhový stres
- snížení výnosů v nejproduktivnějších oblastech
- šíření a plošné působení zemědělských škůdců a virových a houbových chorob

Dopady ČR (II)

Lesnictví

- pozitivní dopad zvýšené koncentrace CO₂ na růstovou aktivitu
- nebezpečí teplotního a vláhového stresu (*letní přísušky*)
- posuny lesních vegetačních stupňů
- posuny přirozené hranice lesa
- šíření a plošné působení vaskulárních mykóz, podkorního a listožravého hmyzu

Lidské zdraví

- stresy z horka
- zvýšení výskytu klíšťat a prodloužení sezóny výskytu
- pylová zrna a plísňové spóry
- onemocnění přenášená potravinami a vodou (salmonela, virová hepatitida A, virová meningitida)
- snížení zimní / zvýšení letní úmrtnosti

Dopady ČR (III)

Energetika

- změny energetických špiček
- chladící vlastnosti vody

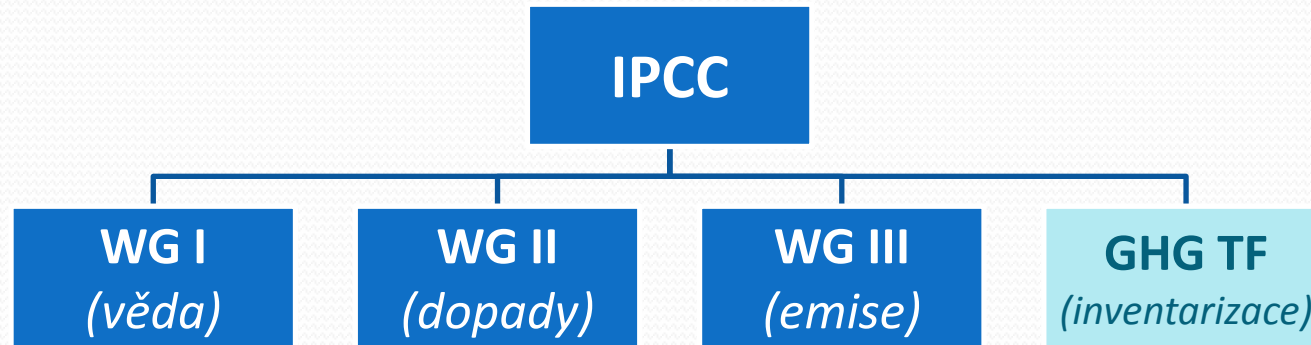
Biodiversita

- ohrožení rostlinných a živočišných druhů
- šíření invazních druhů

Turistický ruch

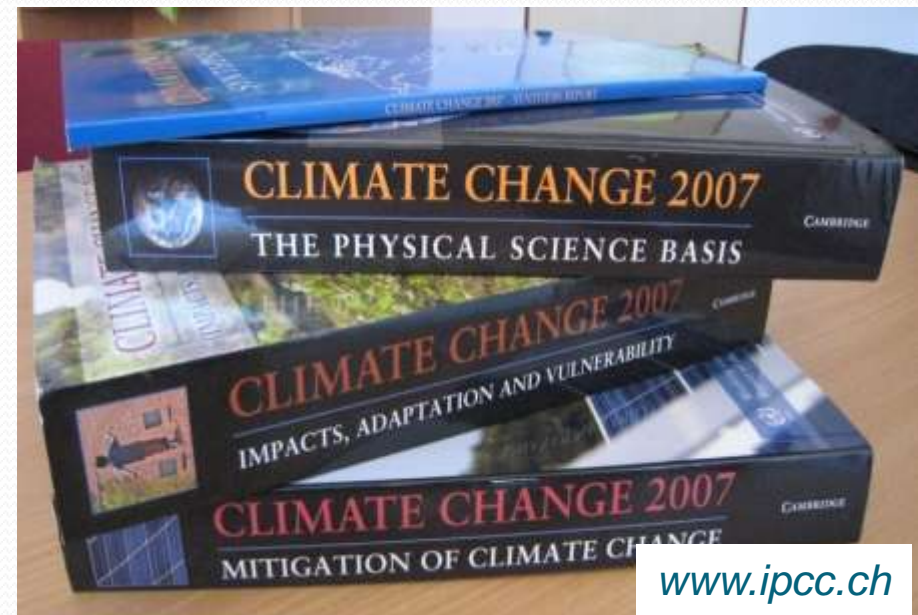
- extremalita počasí
- zima
 - úbytky sněhu – umělé zasněžování
 - spotřeba energie, spotřeba vody
- léto
 - kvalita vody ve vodních rekreačních nádržích

IPCC AR4 2007



1990
1995
2001

- ❑ nejde o projektovou činnost
- ❑ per reviewed literature, „gray literature“ (≈ 10.000 citací)
- ❑ tři kola nezávislých recenzí
- ❑ REPORT ⇒ TS ⇒ SPM
- ❑ „...policy relevant, but not policy prescriptive...“



Tři základní příčiny současných, často vyhrocených diskuzí o klimatu

- ✓ Používaná terminologie, různé definice pojmu „klimatická změna“ IPCC a UNFCCC
- ✓ Interpretace vědeckých výsledků
- ✓ Politické přístupy k volbě opatření ke snižování rizik klimatické změny

⇒ *akce budí reakce*

Problém terminologie

Globální oteplování

původní termín, vycházející ze zjištění, že na planetě se *globálně zvyšuje teplota*

Klimatická změna

globální zvyšování teploty planety vyvolává *změny v klimatickém systému*, které se neprojevují všude na planetě stejně

Rozdílnost definicí

IPCC: přirozené a antropogenní vlivy

UNFCCC: antropogenní vlivy

Problém interpretace výsledků a jejich politizace

Obvykle „černo-bílá“ interpretace

PŘÍKLAD: IPCC WG I, 2007 : ... příčiny změn ...:

*„Značná část nárůstu průměrných globálních teplot je **velmi pravděpodobně (= 90 % !!)** spjata se zvýšenou produkcí skleníkových plynů antropogenního původu.“*

Z výroku nelze dovozovat kvantitativní podíl člověka na „globálním oteplování“ a následně na klimatické změně

Většinou nepříznivé dopady rychleji se měnícího klimatu jsou zjevné, lidé je více vnímají, často podstatě nerozumí a někteří se důsledků (*i pod tlakem medií*) silně obávají

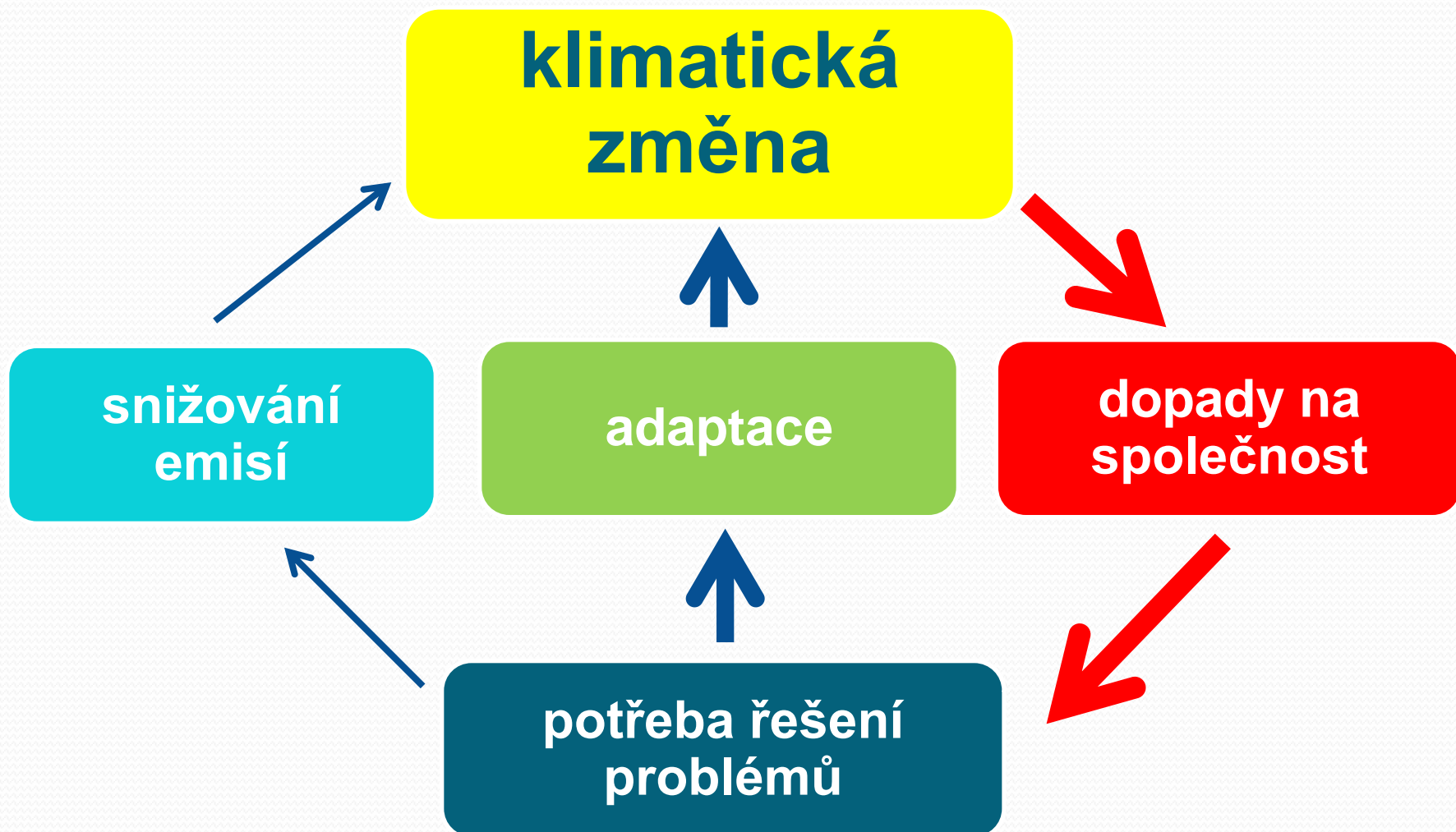
⇒ **téma vhodné pro politiky ke zviditelnění**

Problém volby opatření

(často fundamentalistické názory)

- Problém bude vyřešen snížením emisí skleníkových plynů**
- Klimatická změna je marginální problém - primární je zisk**
- Klimatická změna neprobíhá (klima vždy měnilo...)**
 - ohrožení svobody člověka
 - případné drobné problémy vyřeší trh - ekologie je pouze třešnička na dortu...

Řešení problému KLIMATICKÁ ZMĚNA



Adaptační opatření

- soubor možných přizpůsobení přírodního nebo antropogenního systému probíhající nebo předpokládané změně klimatu a jejím dopadům
- adaptační kapacity jsou závislé na
 - míře klimatického rizika
 - na lokálních, národních, regionálních podmínkách
 - politických a ekonomických omezeních
- **adaptační opatření = nejvhodnější reakce na velkou setrvačnost klimatického systému**

Směry adaptačních opatření

Vodní hospodářství

- zvýšení retenční schopnosti krajiny
- revitalizace vodohospodářských systémů
- zvýšení efektivity řízení vodních děl v nestacionárních podmínkách
- zajišťování bezpečného průchodu povodní
- omezení znehodnocování vody kontaminacemi

Zemědělství

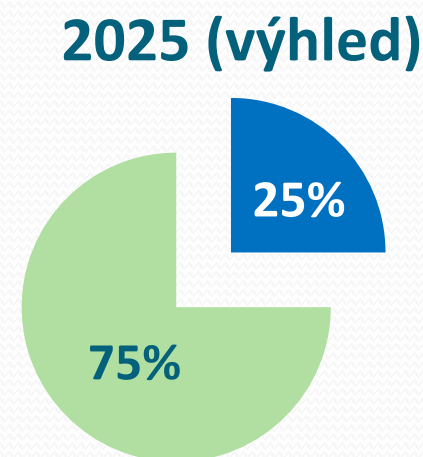
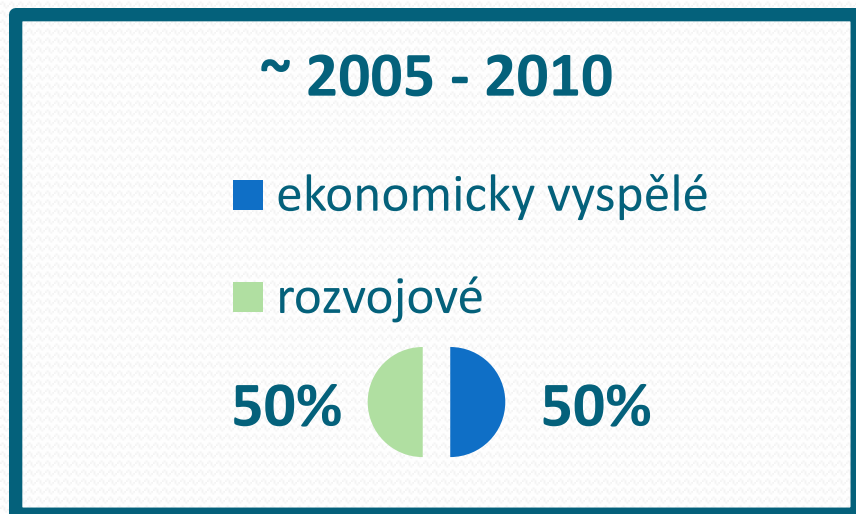
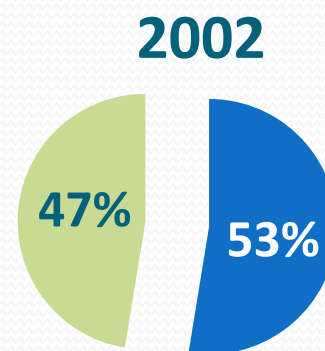
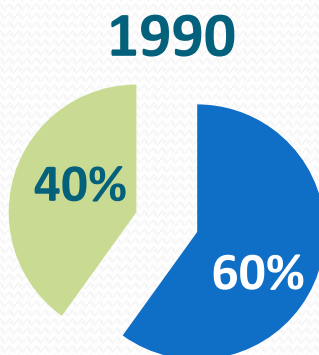
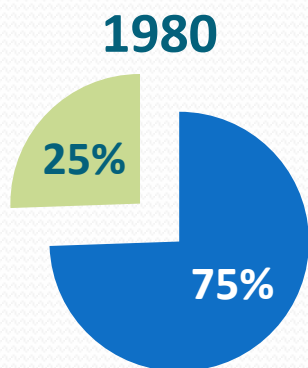
- změna druhů zemědělských plodin
- agrotechnické postupy
- snižování ztrát půdní vláhly
- zvýšení stability půd, erozní ohrožení
- optimální využití závlah pro produkci speciálních plodin
- eliminace zvýšeného tlaku infekčních chorob, působení plísní a hmyzu a plevelů

Směry adaptačních opatření

Lesnictví

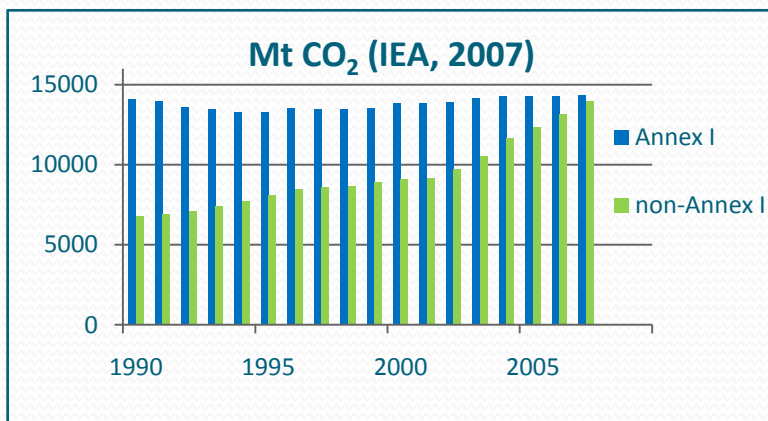
- lokální predikce možného ohrožení
- dlouhodobé plánování a respektování specifik lesních oblastí
- zvyšování adaptačního potenciálu lesů
- druhová, genová a věková diverzifikace porostů
- náhrada jednodruhových porostů směsí dřevin
- eliminace rizik gradací hmyzích škůdců, vaskulárních mykóz a kořenových hnilob

Historie a výhled emisního vývoje



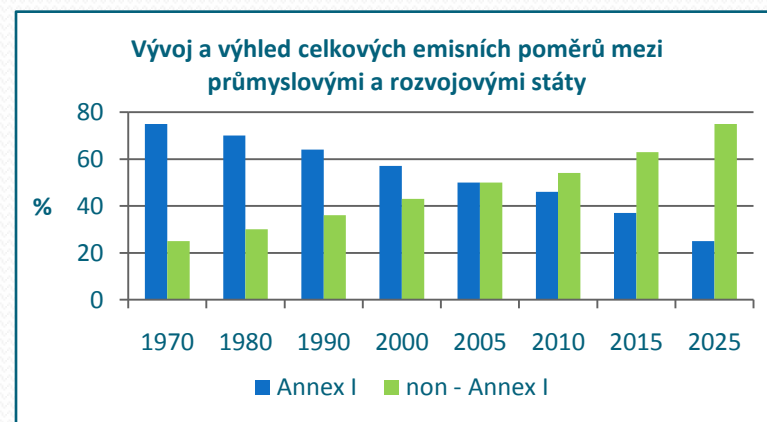
Vývoj a výhled světových emisí

- světové emise CO₂ od r. 1990 vzrostly o 36 %
- celkové emise v ekonomicky vyspělých státech od r. 1990 klesly o 3 %
 - emise CO₂ v ekonomicky vyspělých státech vzrostly o 1,6 %
 - emise CO₂ v rozvojových státech vzrostly o 110 %

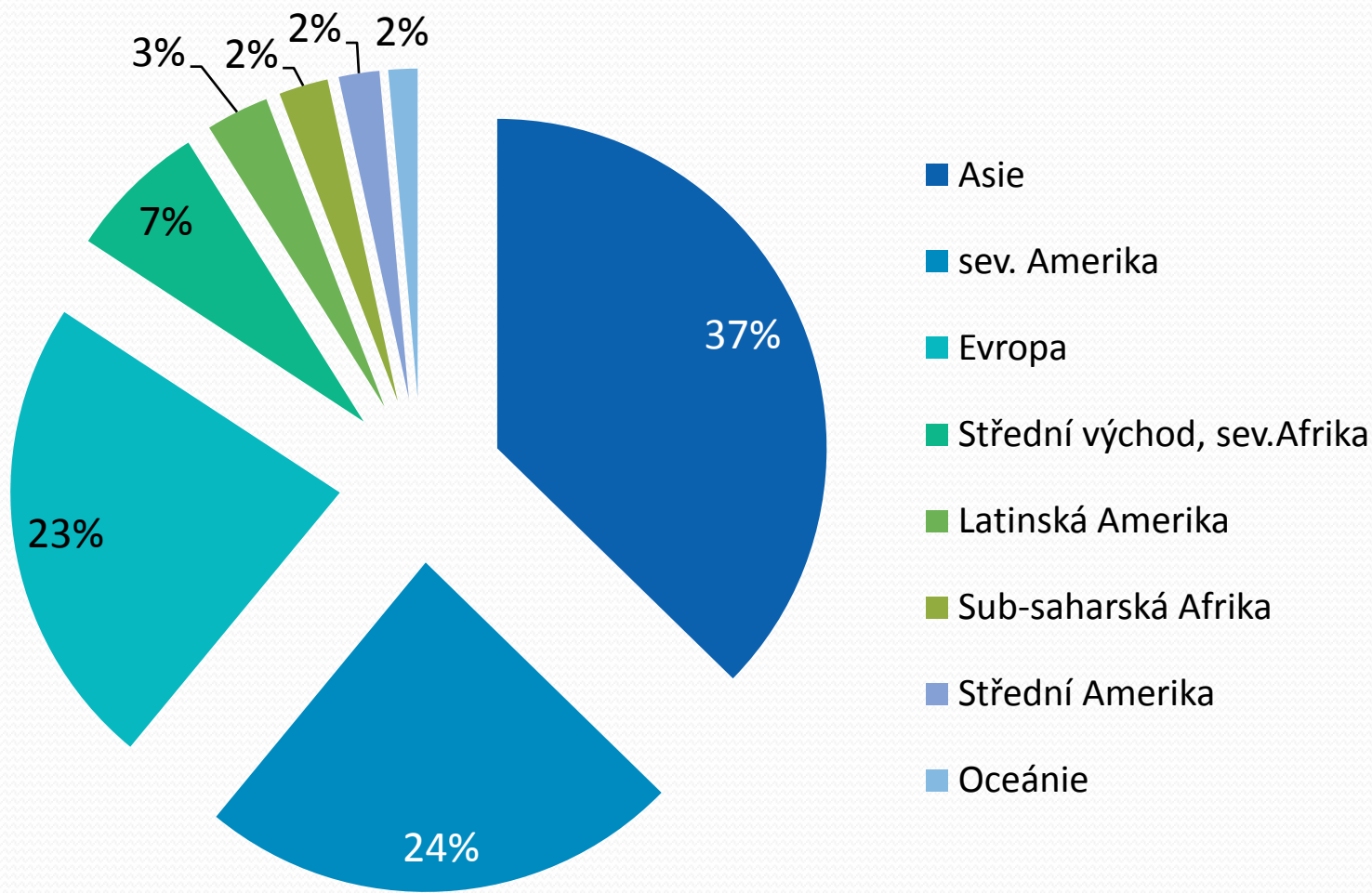


Country/Region	Value
Czech Republic	1,18
United States	1,21
EU-27	1,26
Russian Federation	1,39
China	1,47

- nekompatibilita datových zdrojů Annex I/non-Annex I
- databáze IEA 2007 – CO₂ ze spalovacích procesů
- rozdíly dané nezapočtením všech zdrojů
- **nejpřesnější rámcové porovnání vývoje emisí**



Podíly regiónů na světových emisích



Změny GHG emisí (%)

	<i>2007/1990</i>	<i>posledních 10 let</i>	<i>posledních 5 let</i>
rozvojové státy	107	61	44
Čína	153	97	81
Indie	129	53	33

vyspělé ekonomiky	1,6	6,6	3,2
státy KP	-9,4	4,9	2,7

	<i>2007/1990</i>	<i>posledních 10 let</i>	<i>posledních 5 let</i>
EU-27	-9,4	-2,3	-0,4
EU-15	-4,7	-3,0	-2,3
EU-10	-25,9	-0,6	5,8
USA	16,8	5,2	2,8
Japonsko	8,2	5,2	1,5
Kanada	26,2	10,1	4,2
Austrálie	30,0	14,6	6,7
Rusko	-33,9	10,8	6,6
Ukrajina	-52,9	6,2	9,5

Změny GHG emisí EU-15 (%)

2007/1990

Germany	-22,1
UK	-17,5
Sweden	-9,2
Belgium	-9,2
France	-6,2
Denmark	-5,3
Luxembourg	-2,2
Netherlands	-2,0
Italy	6,9
Finland	10,4
Austria	11,2
Ireland	24,6
Greece	26,1
Portugal	38,4
Spain	53,7

posledních 10 let

Denmark	-13,5
Belgium	-13,2
Sweden	-10,5
UK	-9,4
Germany	-9,1
France	-8,5
Netherlands	-8,4
Italy	2,2
Ireland	5,1
Greece	6,5
Austria	6,5
Portugal	7,2
Finland	8,3
Spain	29,2
Luxembourg	42,5

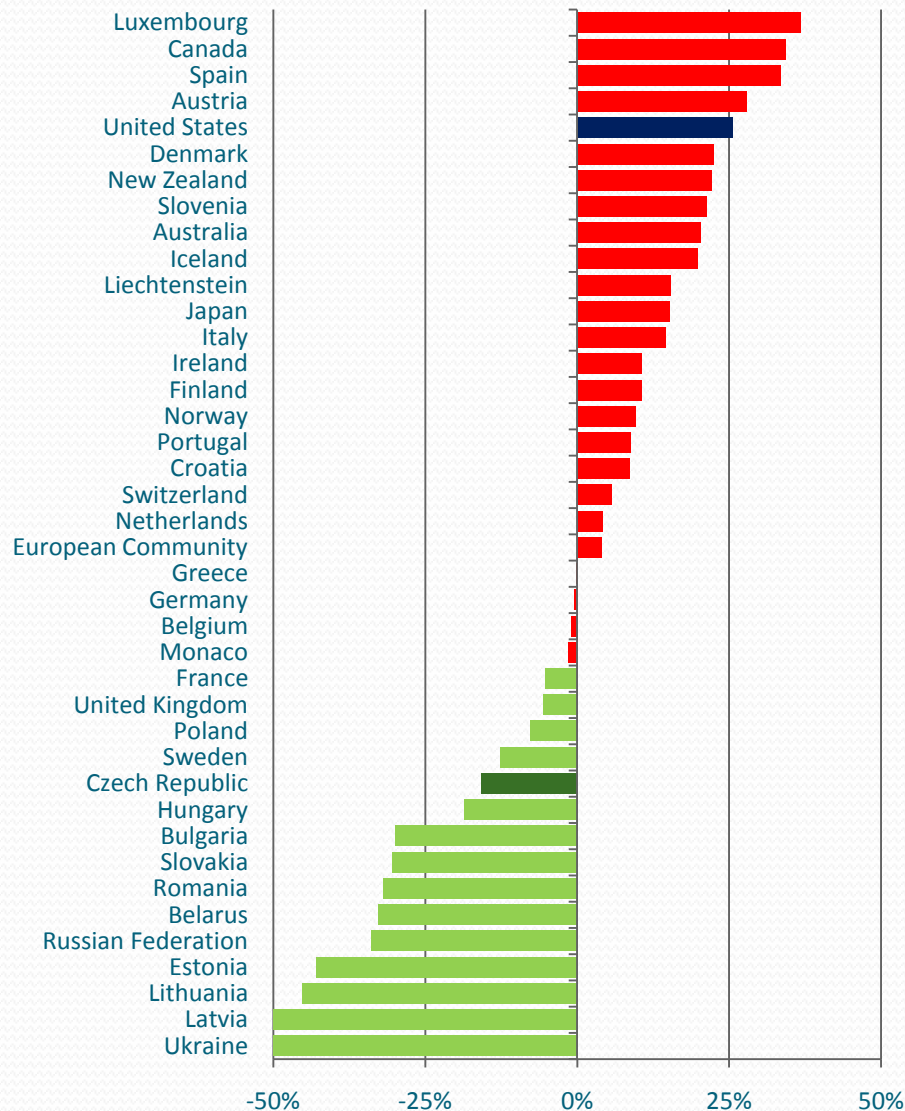
posledních 5 let

Belgium	-8,4
Portugal	-6,9
Sweden	-6,5
Germany	-6,0
Denmark	-4,9
France	-4,0
Netherlands	-3,4
UK	-3,0
Italy	-1,1
Ireland	0,5
Austria	1,0
Finland	1,6
Greece	1,9
Spain	9,9
Luxembourg	14,1

Změny GHG emisí EU-10 (%)

	<i>2007/1990</i>	<i>posledních 10 let</i>	<i>posledních 5 let</i>
Latvia	-54,7	Slovakia -6,9	Slovakia -4,2
Lithuania	-49,6	Hungary -4,8	Hungary -2,6
Estonia	-47,5	Poland -3,5	Slovenia 3,3
Romania	-37,3	Bulgaria 1,4	Romania 3,8
Slovakia	-35,9	Romania 2,4	Czech Republic 4,0
Bulgaria	-35,6	Czech Republic 4,0	Poland 7,4
Hungary	-23,5	Latvia 4,9	Latvia 12,5
Czech Republic	-22,5	Lithuania 5,4	Bulgaria 14,0
Poland	-13,2	Slovenia 7,1	Lithuania 20,0
Slovenia 11,6		Estonia 12,0	Estonia 21,8

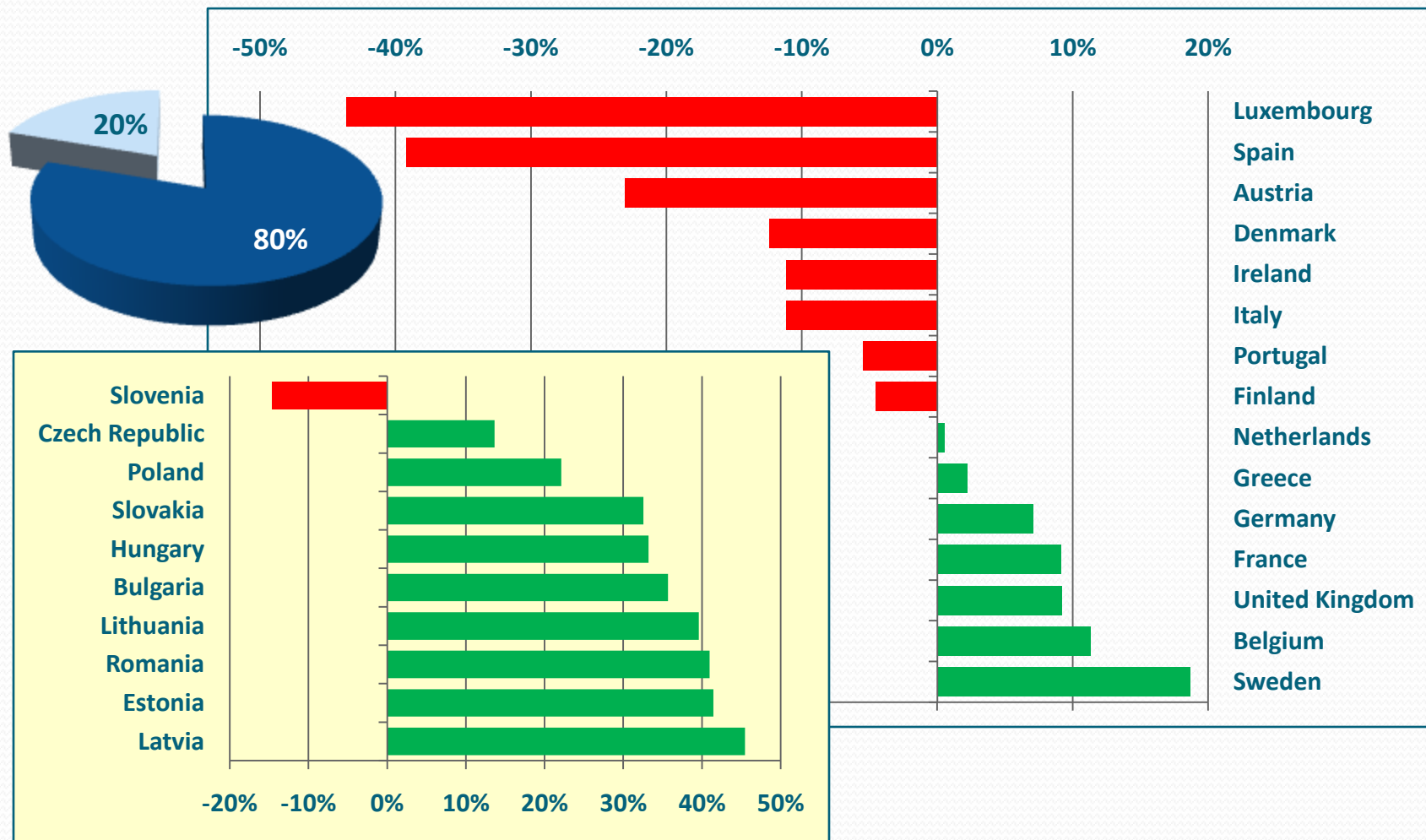
Emisní difference od cílů KP (2007)



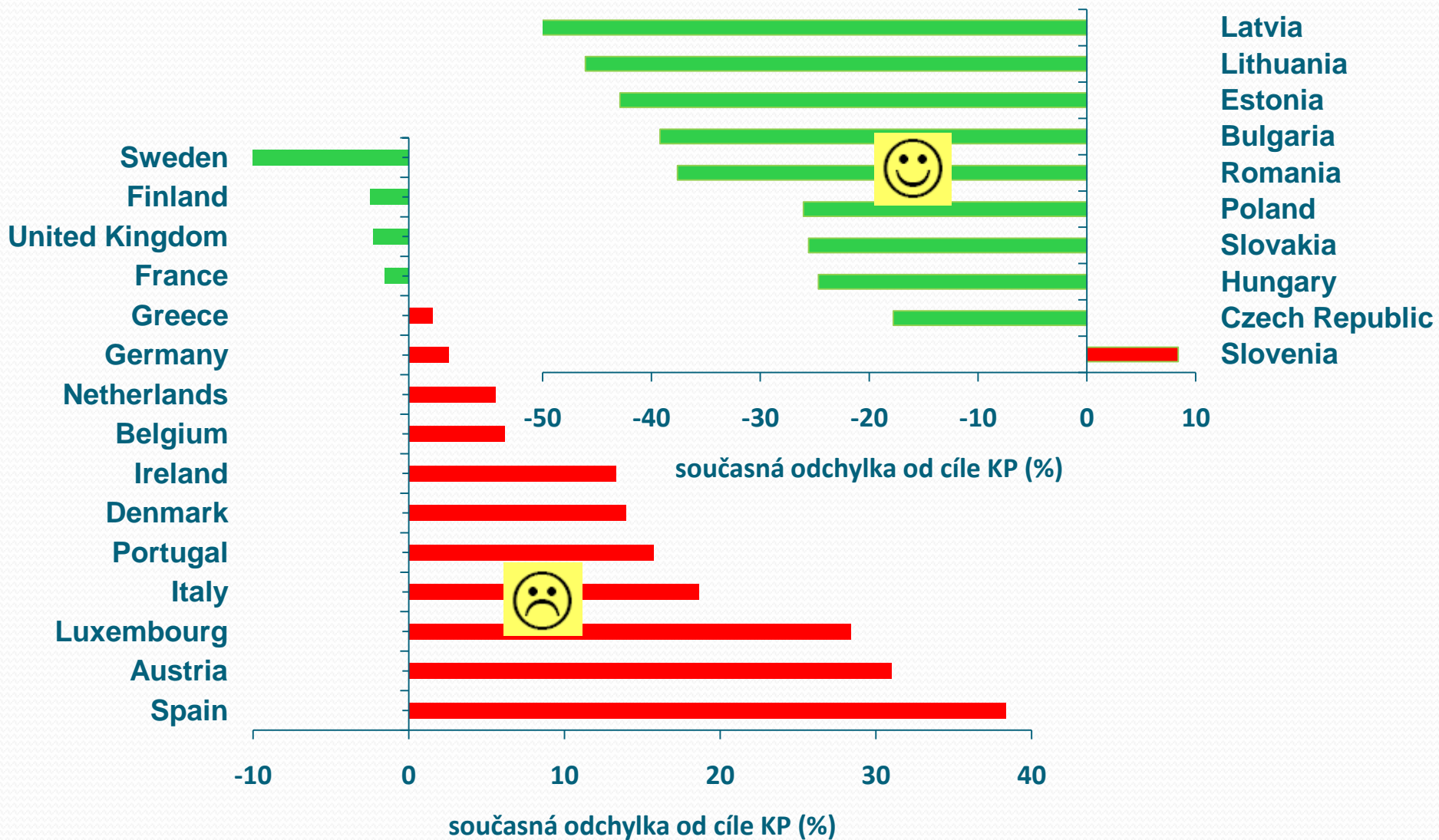
- **více než polovina států vykazuje kladné odchylky od emisních cílů stanovených Kjótským protokolem**
- **všechny Annex I EIT státy s výjimkou Slovinska vykazují záporné odchylky**
- **záporné odchylky také Švédsko (13%), V. Británie (5%), Francie (5%), Belgie (1%), Německo (0,4%)**
- **příklady kladných odchylek: *Lucembursko +37%, Kanada +34%, Španělsko +33%, Rakousko +28%, USA +26%, ...***

Odhad plnění Kjótského protokolu

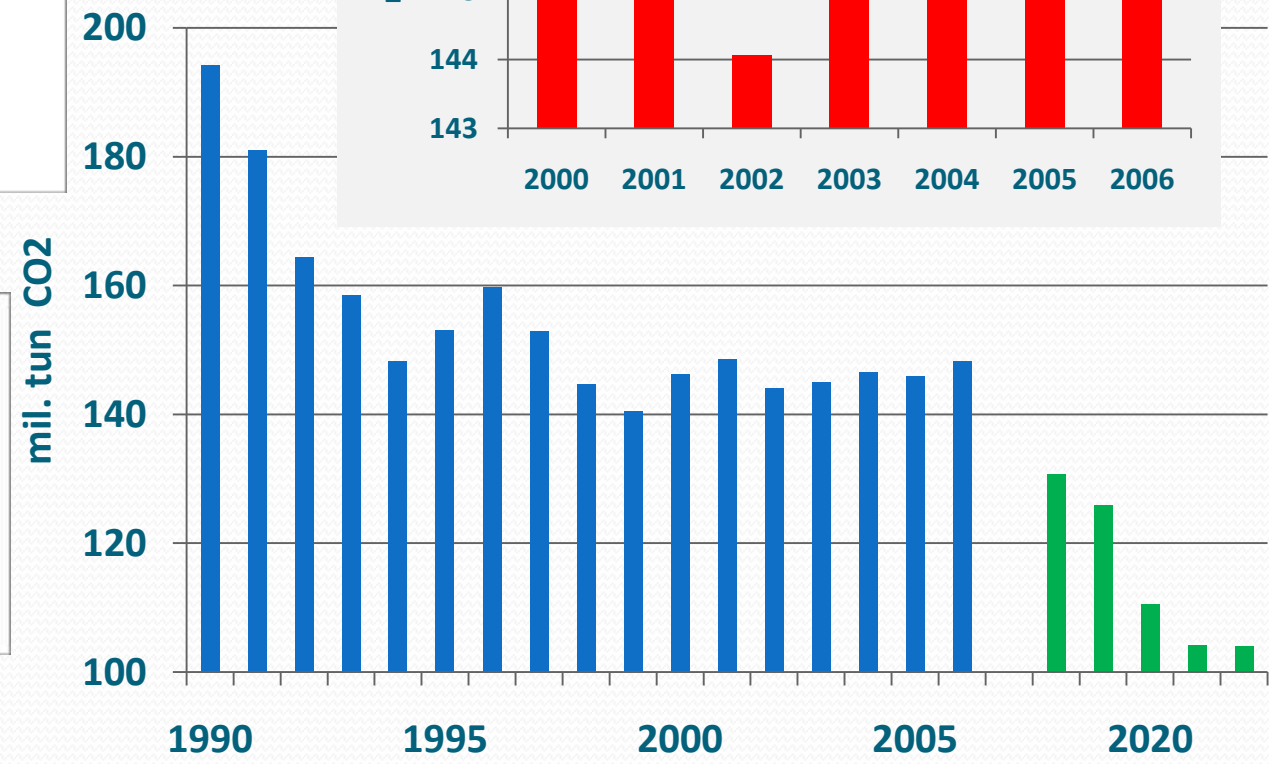
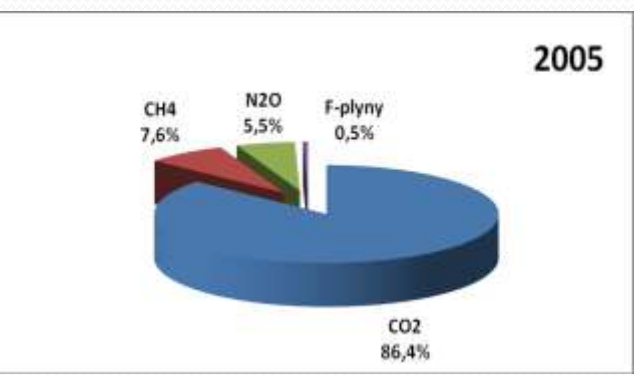
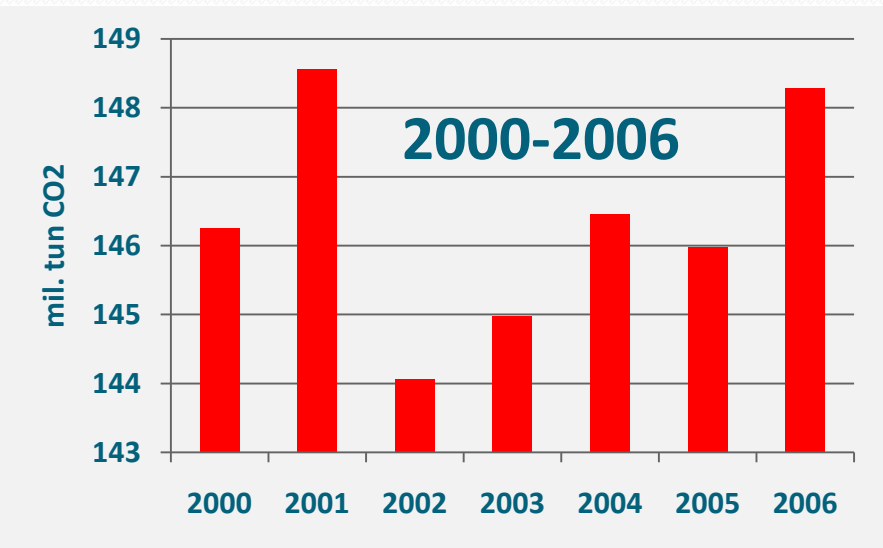
na základě extrapolace trendů posledních 5 let



KP v EU-15 a EU-10



Emise a jejich zdroje v ČR



Několik vět na závěr...

- **Klimatická změna je realita současnosti**
- **Vliv člověka a antropogenních emisí je prokazatelný**
- **Mitigační i adaptační opatření mají řadu společných vstupních prvků**
- **Klimatická strategie (politika)**
 - vyváženost snižování emisí a adaptačních opatření
 - ekonomické souvislosti, energetická bezpečnost
 - energetická koncepce, **realistický energetický mix**
 - podpora vědy, výzkumu, vývoj nových technologií

Děkuji za pozornost

RNDr. Jan Pretel, CSc.

Český hydrometeorologický ústav
oddělení klimatické změny

Na Šabatce 17
143 06 Praha 4

pretel@chmi.cz
www.chmi.cz