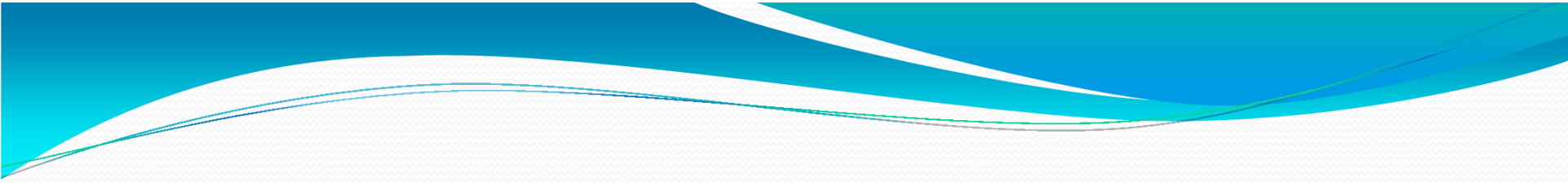


Změny podnebí očima klimatologa (fakta a souvislosti)

RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.



Témata

Klimatický systém a jeho vývoj

Příčiny změn klimatického systému

Jak přesně jsme schopni odhadnout jeho další vývoj?

Co nám změny přinášejí a pravděpodobně přinesou?

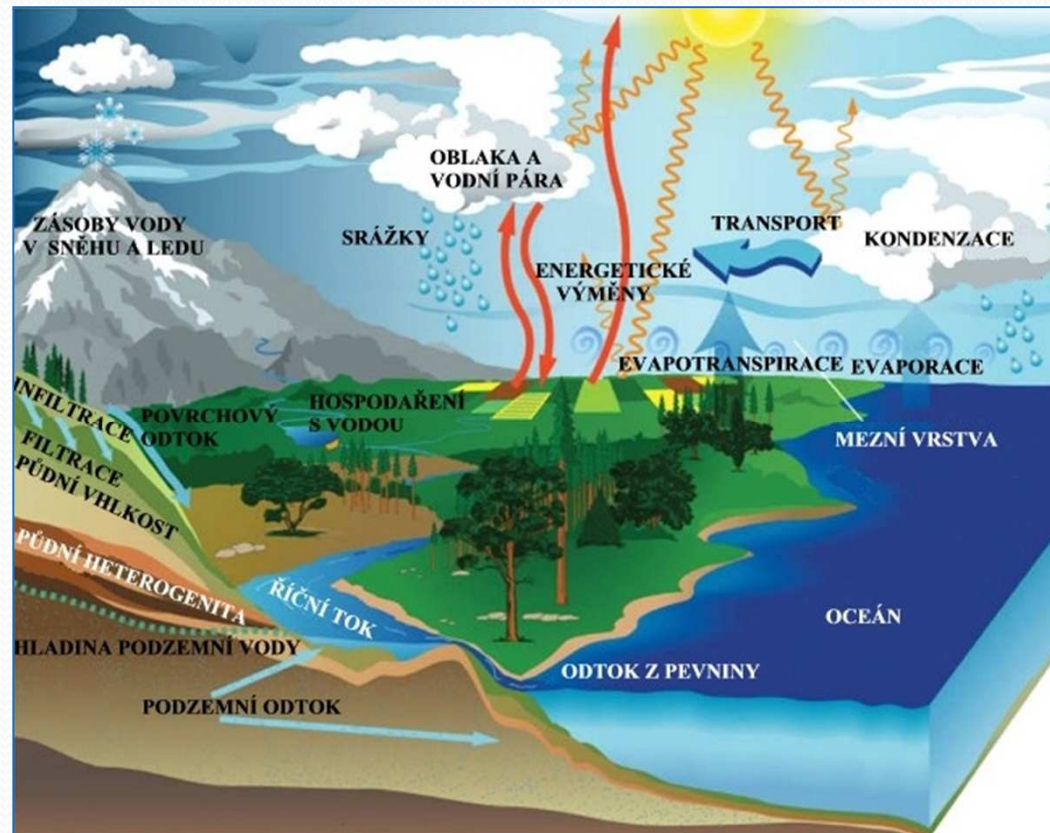
Panel IPCC a jeho problémy

Můžeme nad změnami klimatu zvítězit?

Klimatický záznam ČR

Klimatický systém a jeho změny

- složitý fyzikální systém
 - atmosféra
 - oceán
 - kryosféra
 - litosféra
 - biosféra
- změny ve složkách
- vazby mezi složkami
- zpětné vazby



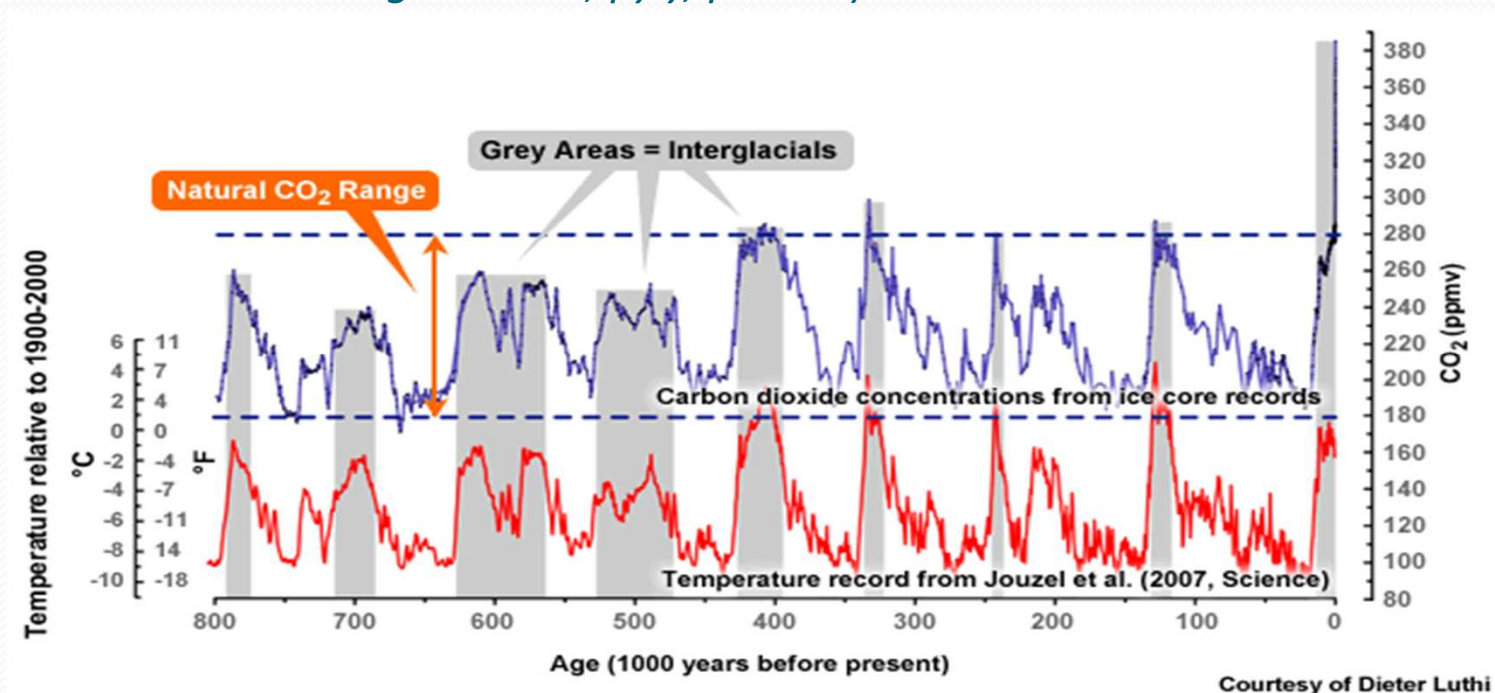
POČASÍ = okamžitý stav atmosféry

KLIMA = charakteristické (průměrné) počasí

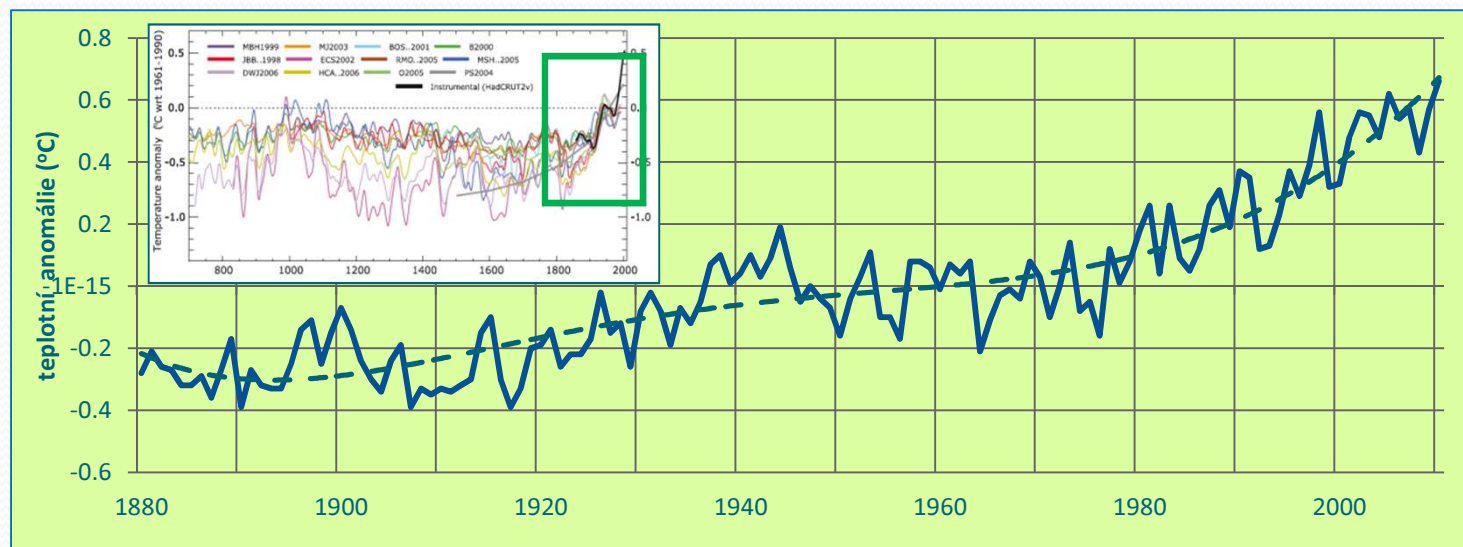
Teplota - hlavní indikátor změn

historické klima

- střídání glaciálů a interglaciálů
- glaciál $\approx$ 100 tisíc let, interglaciál $\approx$ 20 tisíc let
 - *glaciály*: pomalý nástup, kulminace ke konci, teplota o 5-6 °C nižší než dnes
 - *interglaciály*: kratší než glaciály, teplota o 2-5 °C vyšší než dnes
- paleoklimatická proxy data (*ledovcové vrty, izotopy kyslíku, uhlíku, dendrologická data, pyly, prach...*)



Klima posledního tisíciletí



NOAA

2010

2005

2011

1998

2003

2002

2009

2006

2007

2004

2001

2004

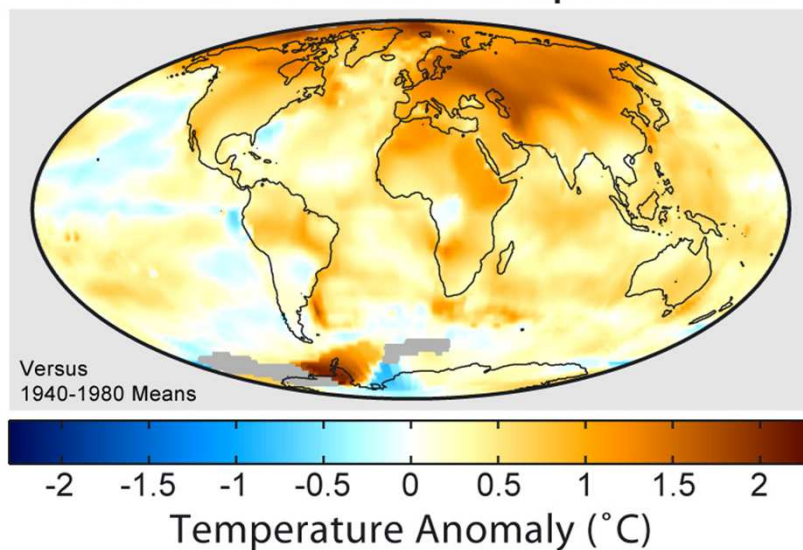
2001

1995

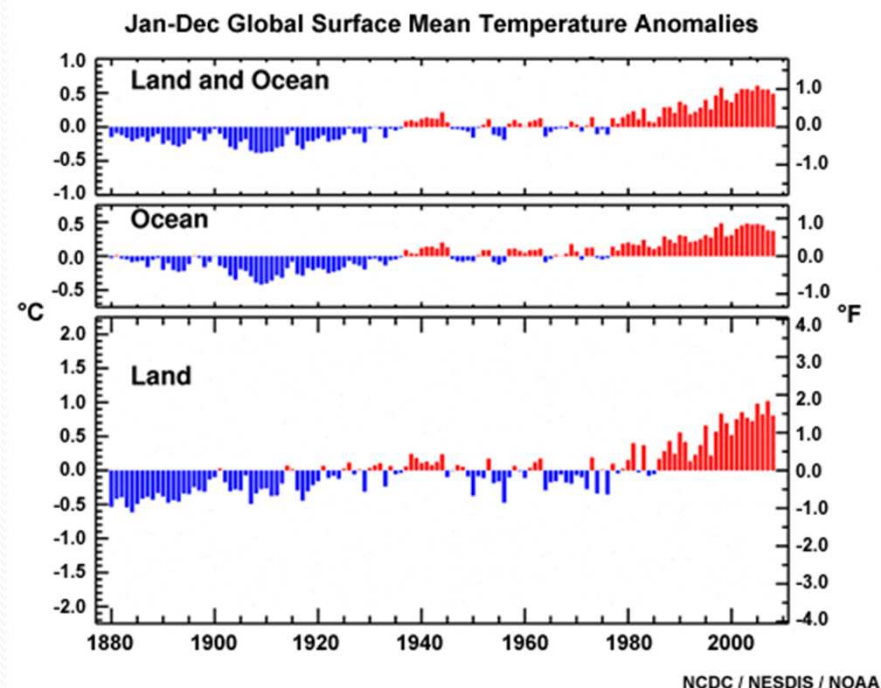
- **relativně stabilní**
 - 9. – 14. stol. teplejší
 - 16. – 19. stol. chladnější
- **20. století teplejší**
 - 40. - 60. léta chladnější
 - výrazný nárůst teploty od 80. let
- **21. století - ???**

Změny teploty nejsou globálně homogenní

1999-2008 Mean Temperatures



<i>příklad 2010</i>	pevnina	oceán
globálně	0,96	0,49
S - polokoule	1,08	0,51
J - polokoule	0,65	0,49

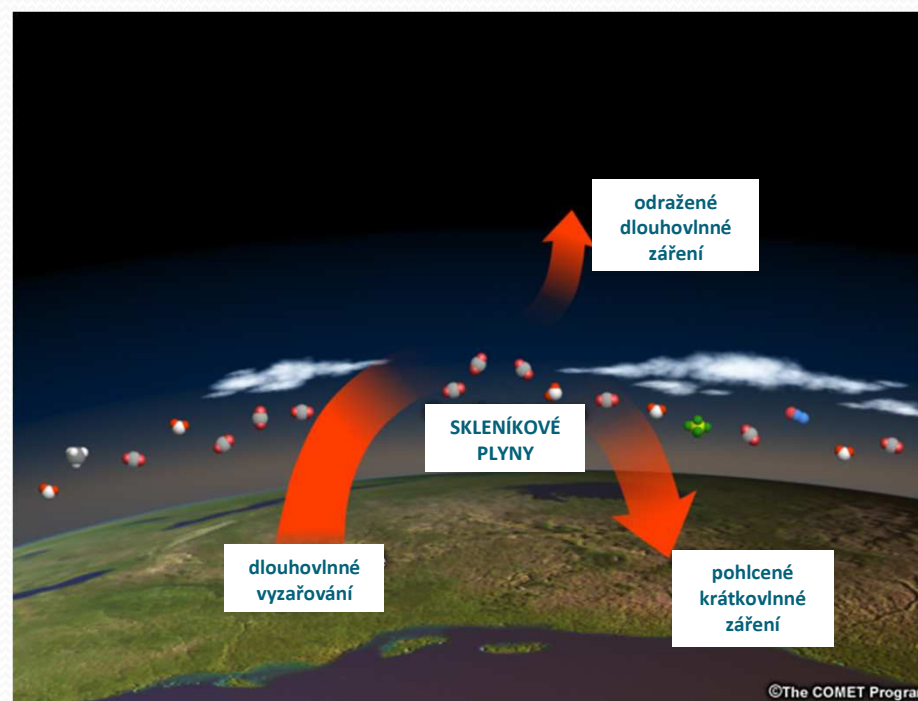


Příčiny změn a jejich projevů

- **extraterestrické**
 - orbitální změny
 - sluneční činnost a její změny
- **terestrické**
 - změny parametrů zemského povrchu a parametrů oceánů
(vč. *změn fyzikálních a chemických vlastností, změn proudění, atd.*)
 - vulkanická činnost
- **antropogenní**
 - emise skleníkových plynů
 - působení člověka na složky systému

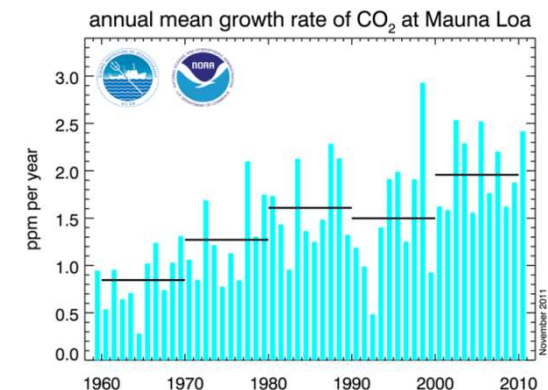
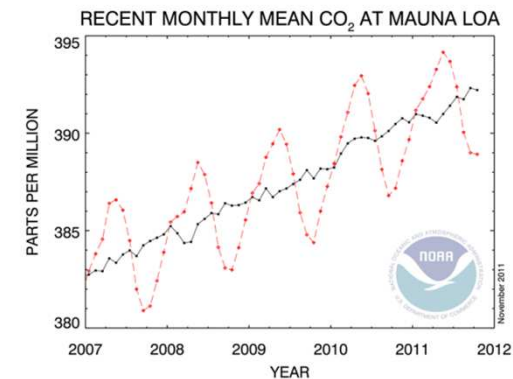
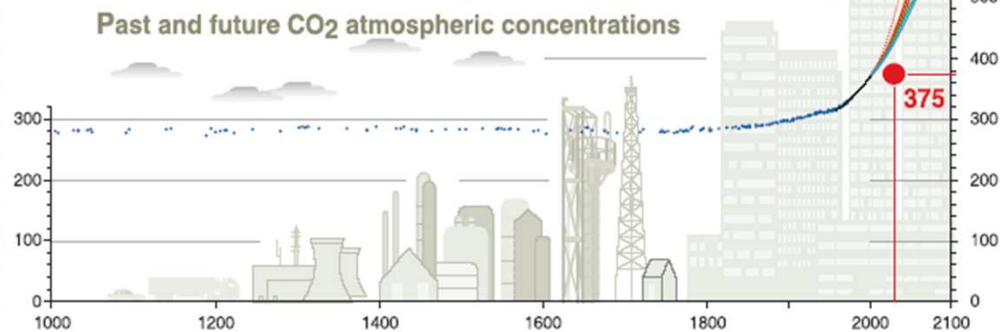
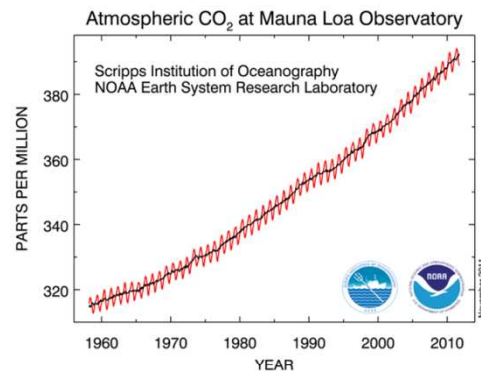
Skleníkový efekt a jeho zesilování

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



Atmosférické koncentrace CO₂

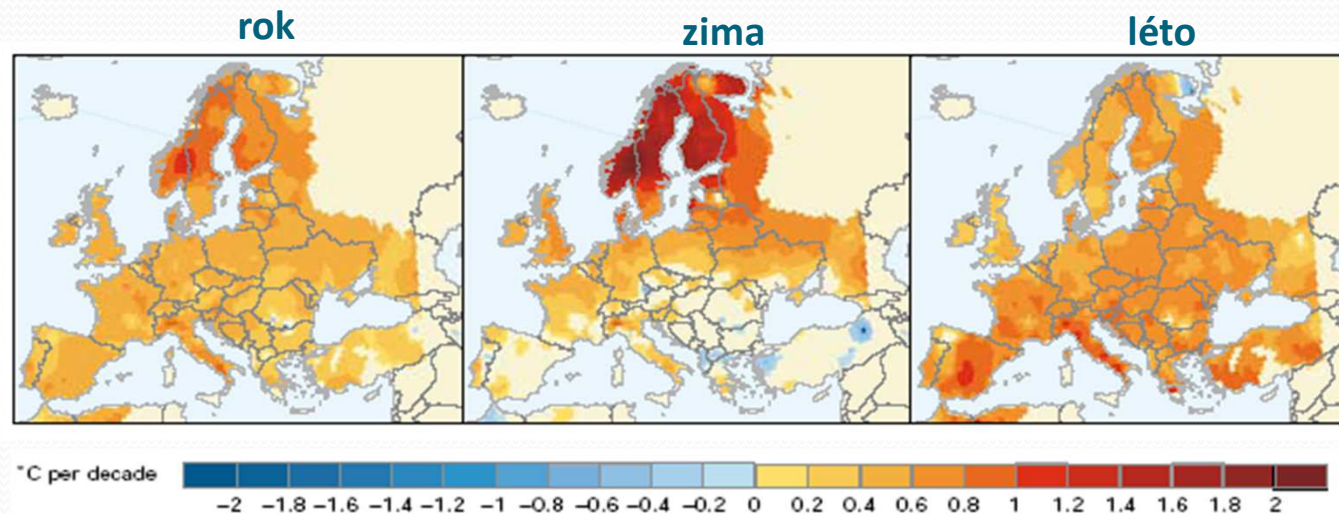
- nárůst o přibližně 25 % za posledních 50 let
- nárůst o přibližně 40 % za posledních 200 let
- trend meziročních nárůstů kolem 2 ppm, tj. přibližně 0,5 %/rok



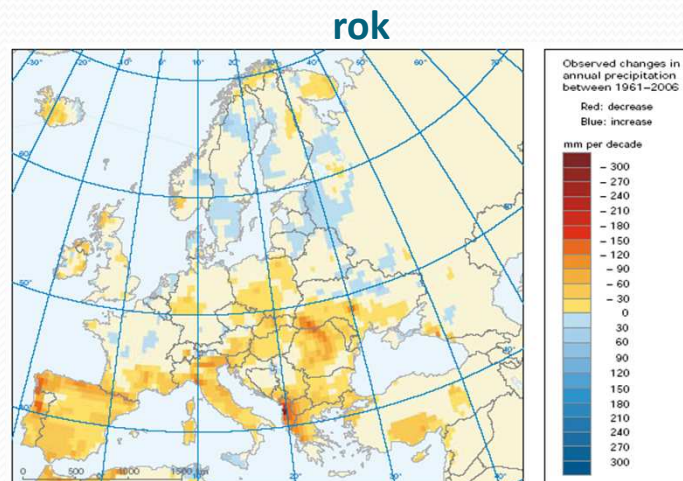
Změna teploty a srážek v Evropě

(1976-2006)

teplota

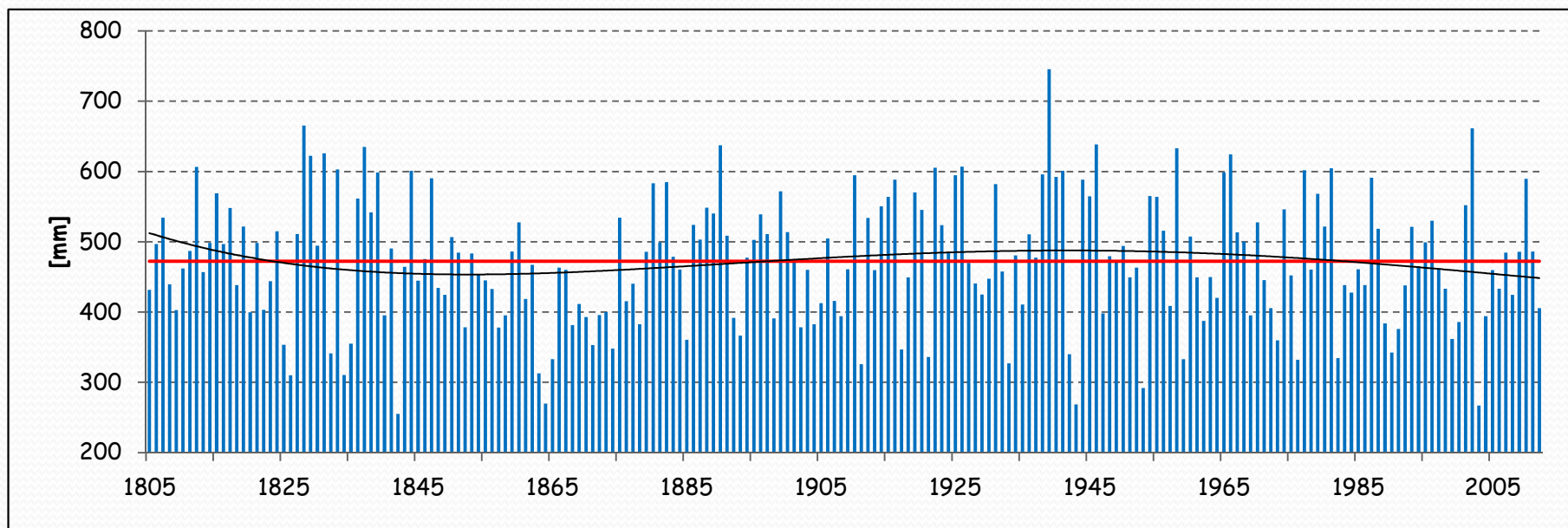
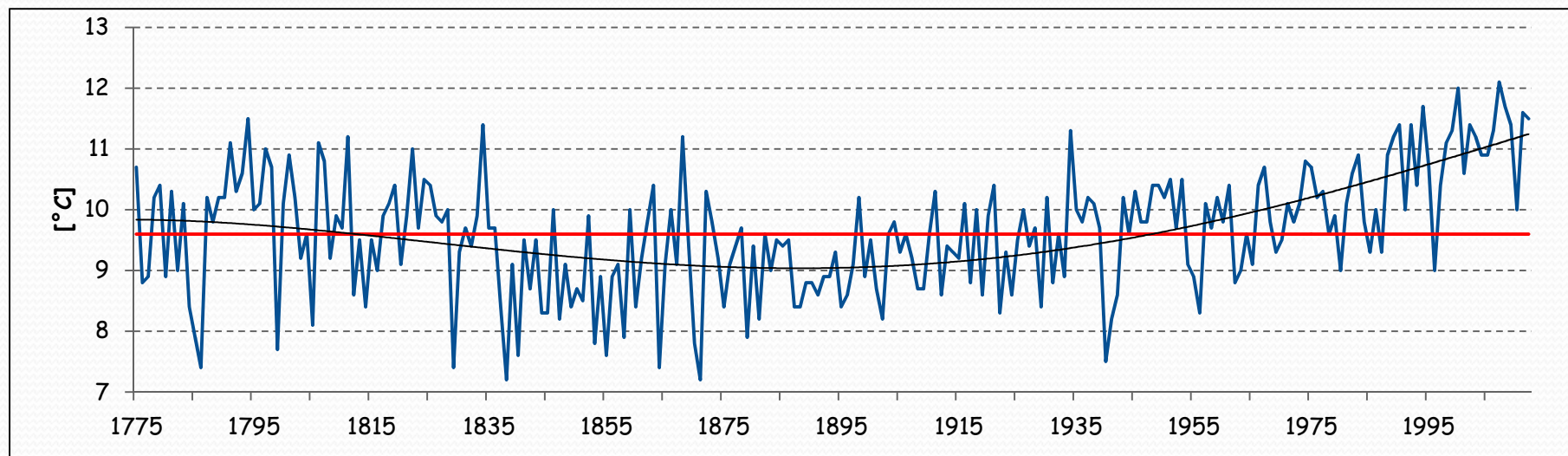


srážky



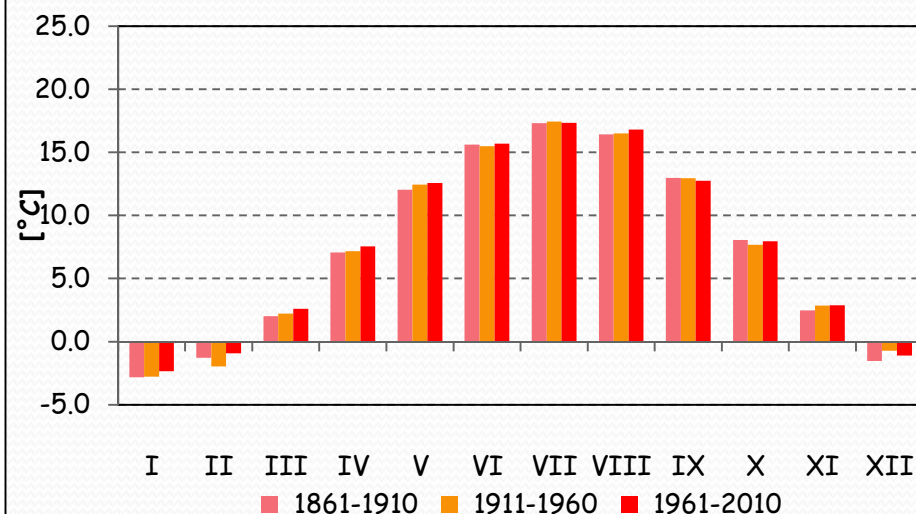
Teploty a srážky v ČR

1775/1805 – 2012 (Praha – Klementinum)



Změny teplot a srážek v ČR

porovnání období 1861-1910, 1911-1960 a 1961-2010

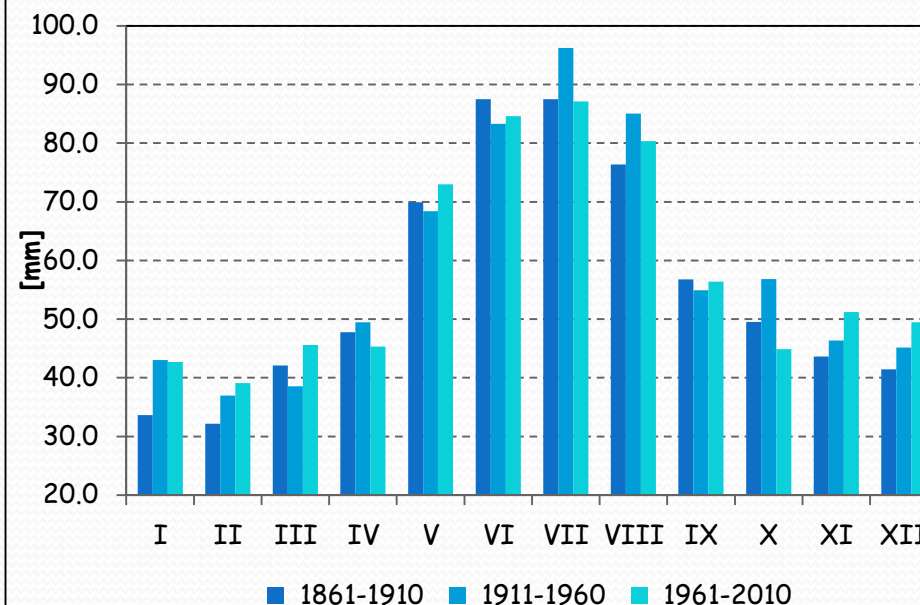


Průměrná teplota

- 1861-1910 7,4°C
- 1911-1960 7,4°C
- 1961-2010 7,7°C

Průměrná srážka

- 1861-1910 668 mm
- 1911-1960 704 mm
- 1961-2010 700 mm



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

Klimatické scénáře

- pravděpodobné vyjádření budoucího klimatu pro explicitní využití v závislosti na emisních scénářích – **NEJDE O PŘEDPOVĚĎ !!!**
- klíčové proměnné (*teplota, TMAX, TMIN, srážky, sluneční záření, vlhkost, vítr,...*)
- prostorové a časové rozlišení proměnných a konzistence komponent

Vývojové emisní scénáře IPCC SRES (2000):

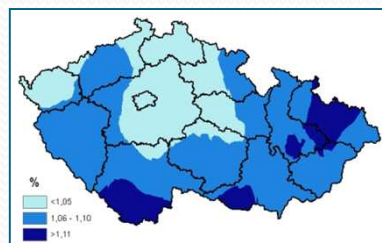
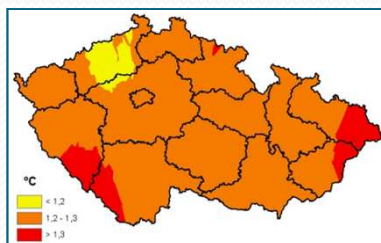
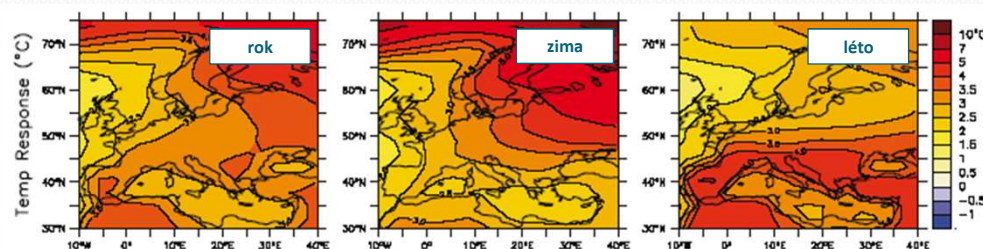
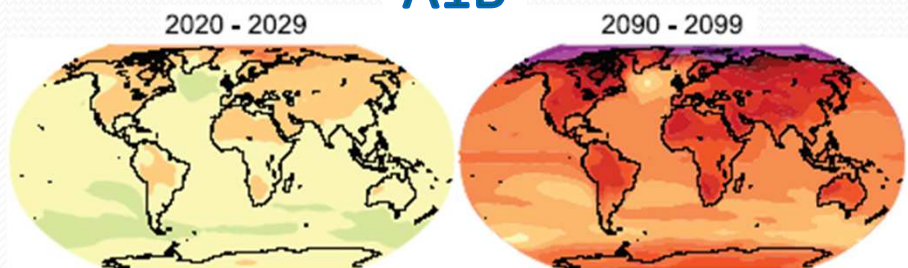
A1	rychlý růst ekonomiky a vývoj nových technologií
A1FI	intenzivní využívání fosilních paliv
A1T	bez fosilních paliv
A1B	vyvážené využívání všech zdrojů energie
A2	heterogenní svět, silný populační nárůst, přetrvávající regionální ekonomické rozdíly
B1	postupující globalizace, rychlý rozvoj informačních technologií, služeb, zavádění nových technologií
B2	důraz na udržitelný rozvoj, podpora regionálních ekonomik, různorodost technologických změn

Representative Concentration Pathways (RCPs):

RCP2.6	<i>Strong mitigation scenario</i>
RCP4.5	<i>Medium low</i>
RCP6.0	<i>Medium high</i>
RCP8.5	<i>Highest</i>

Modelové projekce

A1B

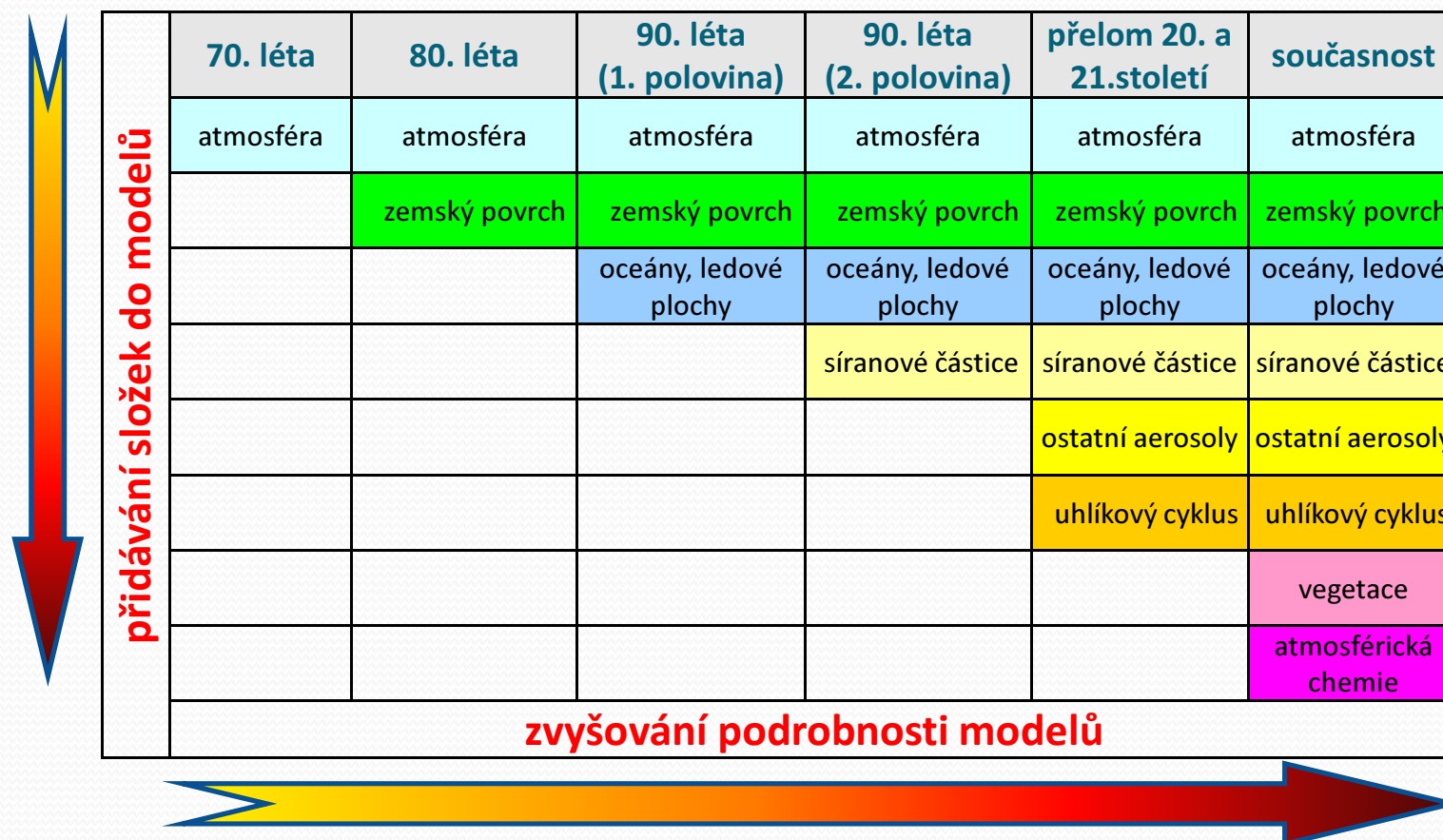


- výběr scénáře SRES 2000
- výběr období
- GCM (krok ~ 300 km)
- GCM/RCM (krok ~ 75 km)
- RCM (krok ≤ 25 km)

ČHMÚ: **ALADIN – CLIMATE/CZ**
(CGM ARPÉGE-CLIMATE)

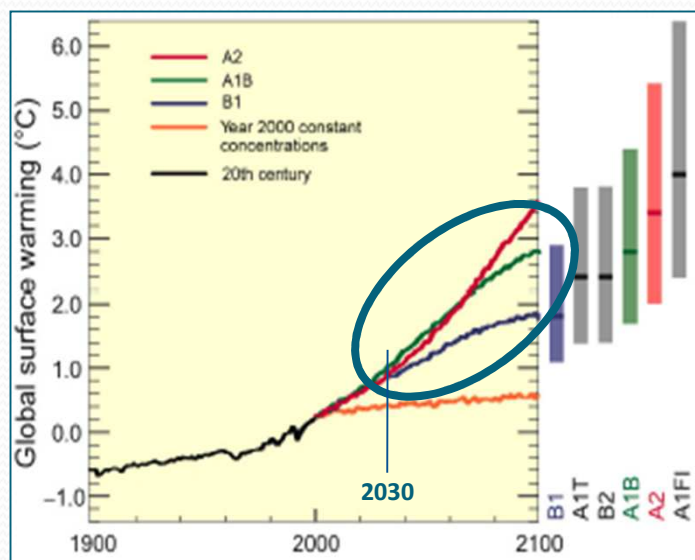
- krok 25 km ($\Rightarrow$ 10 a 5 km)
- topografie
- statistický downscaling
- validace (data 1961-1990)
- teplota, srážky, max. + min. teploty, vlhkost, vítr, globální záření
- porovnání = projekty ENSEMBLES, PRUDENCE, CECILIA

Schéma vývoje GCMs



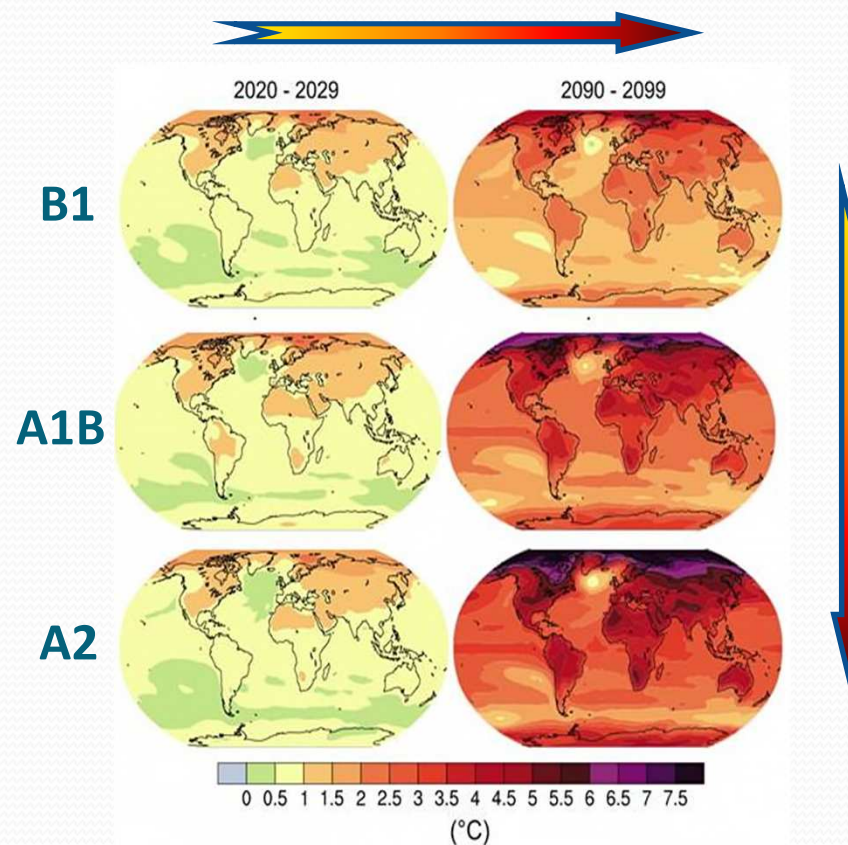
Výrazné kvalitativní změny v poznání jednotlivých „složek“

Projekce změn globální teploty



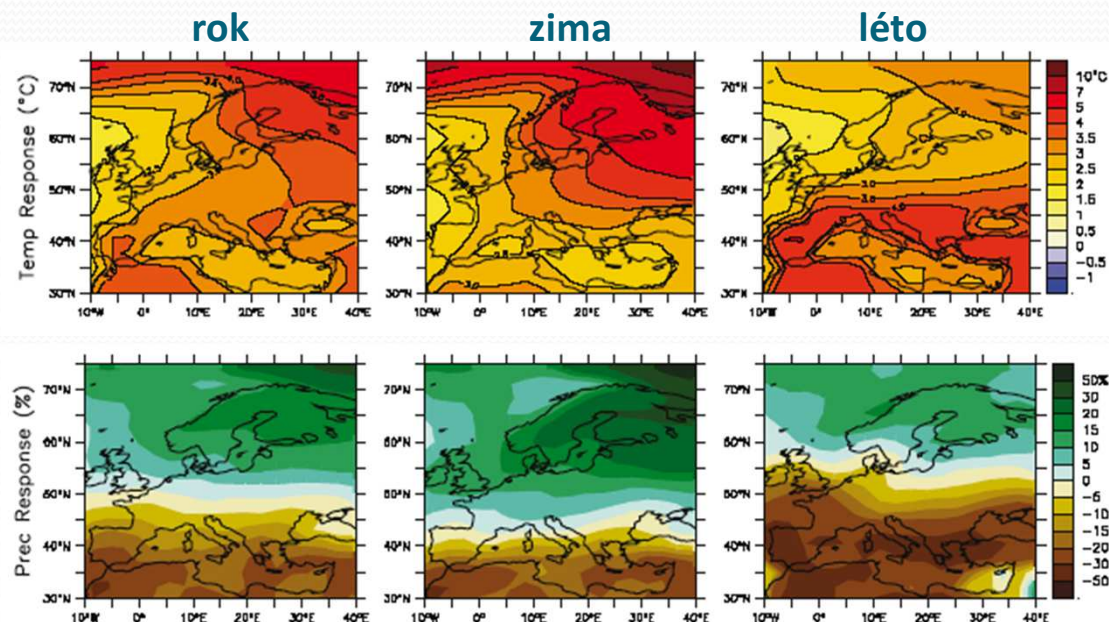
do r. 2030 minimální závislost
na volbě scénáře

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



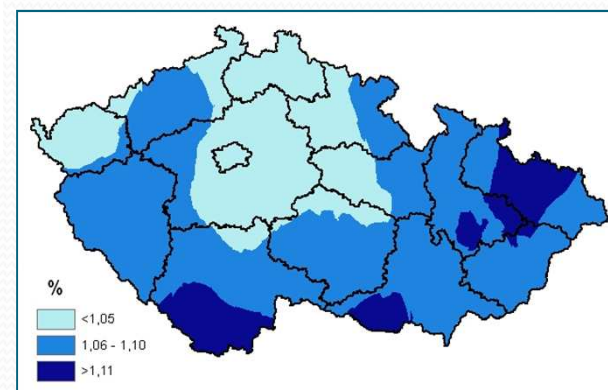
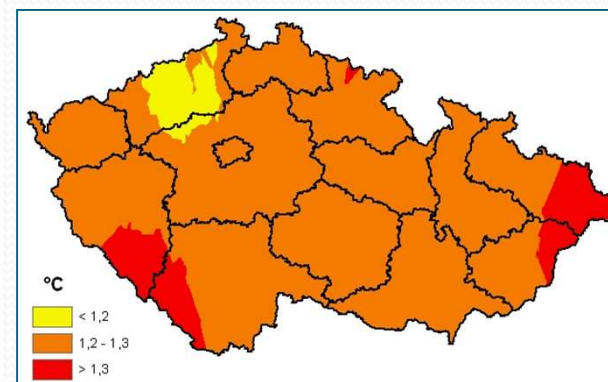
Teplota a srážky - výhled (A1B)

1980-1999 vs.2080-2099:



	změna teploty			podíl úhrnů srážek		
	Q50	Q25	Q75	Q50	Q25	Q75
jaro	1,1	0,7	1,5	1,06	0,99	1,12
léto	1,0	0,8	1,4	1,04	0,96	1,08
podzim	1,3	1,1	1,6	1,01	0,95	1,08
zima	1,4	0,9	1,7	1,04	0,99	1,07

1961-1990 vs.2010-2039:



Hlavní nejistoty současných projekcí

- **socio-ekonomické předpoklady modelů**
- **parametry modelů** (*vlhkost, oblačnost, uvolňování tepla z oceánů, aerosoly, zpětné vazby uhlíkového cyklu, aj.*)
- **vazba atmosféra – oceán** (*změny oceánického proudění, nárůst hladin oceánů*)
- **nižší přesnost projekcí srážek**
- **nižší kvalita regionálních projekcí** (*projevy menších měřítek jsou výrazně nestacionární*)
- **nejistoty se zvyšují se zvyšováním časových projekčních období**
- **PROJEKCE NEJSOU V ŽÁDNÉM PŘÍPADĚ PŘEDPOVĚDÍ !!!**

„Odskok“ k politice...

- Valné shromáždění OSN (1989)
- **založení IPCC** (1989) – WMO a UNEP
- Rámcová úmluva OSN (1992)
- **Kjótský protokol** - vstup v platnost (2005) a prodloužen do r.2020 (v Dauhá)
 - problém „sever – jih“
 - neplnění redukčních cílů
- **problém „klimatu“ se stává stále více politickým tématem**
 - „klíma“ se stává také politickým byznysem
 - ambiciózní redukční cíle a katastrofické scénáře vs. negace problému
- **FAR (1990), SAR (1995), TAR (2001)**
- **IPCC AR4 (2007)**
 - důsledkem krachu „Kodaně 2009“ je také politické a pseudo-vědecké zpochybňování vážnosti dokumentu (*některé faktické chyby či nejasnosti v IPCC AR4, podezření ze střetu zájmů předsedy IPCC Pachauriho, atp.*)
- **IPCC AR5 (září 2013 - říjen 2014)**

IPCC AR4 2007

- nejde o projektovou činnost
- shrnutí „*per reviewed literature* „+ „*gray literature*“ (≈ 15.000 citací)
- nezávislé recenze
- výsledky: „...*policy relevant, but not policy prescriptive*...“

REPORT ⇒ TS ⇒ SPM



IPCC Plenary

IPCC Bureau

IPCC Secretariat

Working Group I

The Physical Science Basis

TSU

Working Group II

Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability

TSU

Working Group III

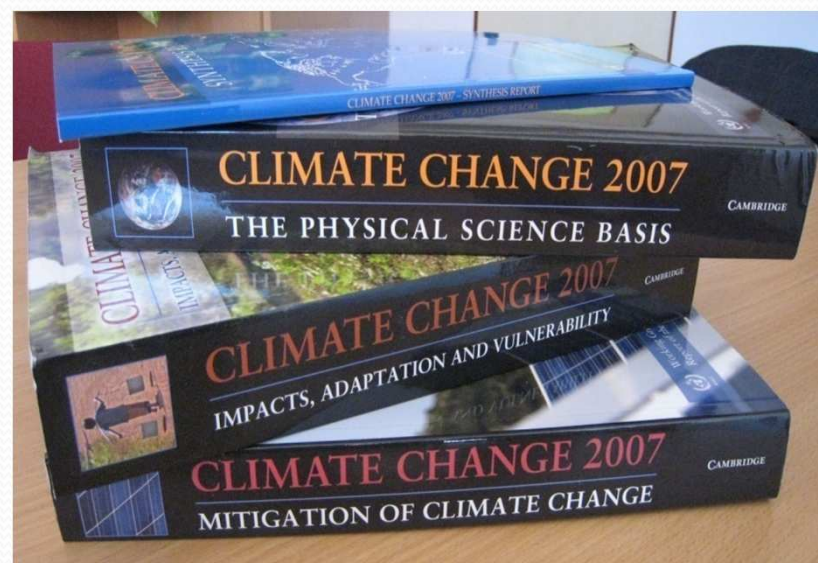
Mitigation of Climate Change

TSU

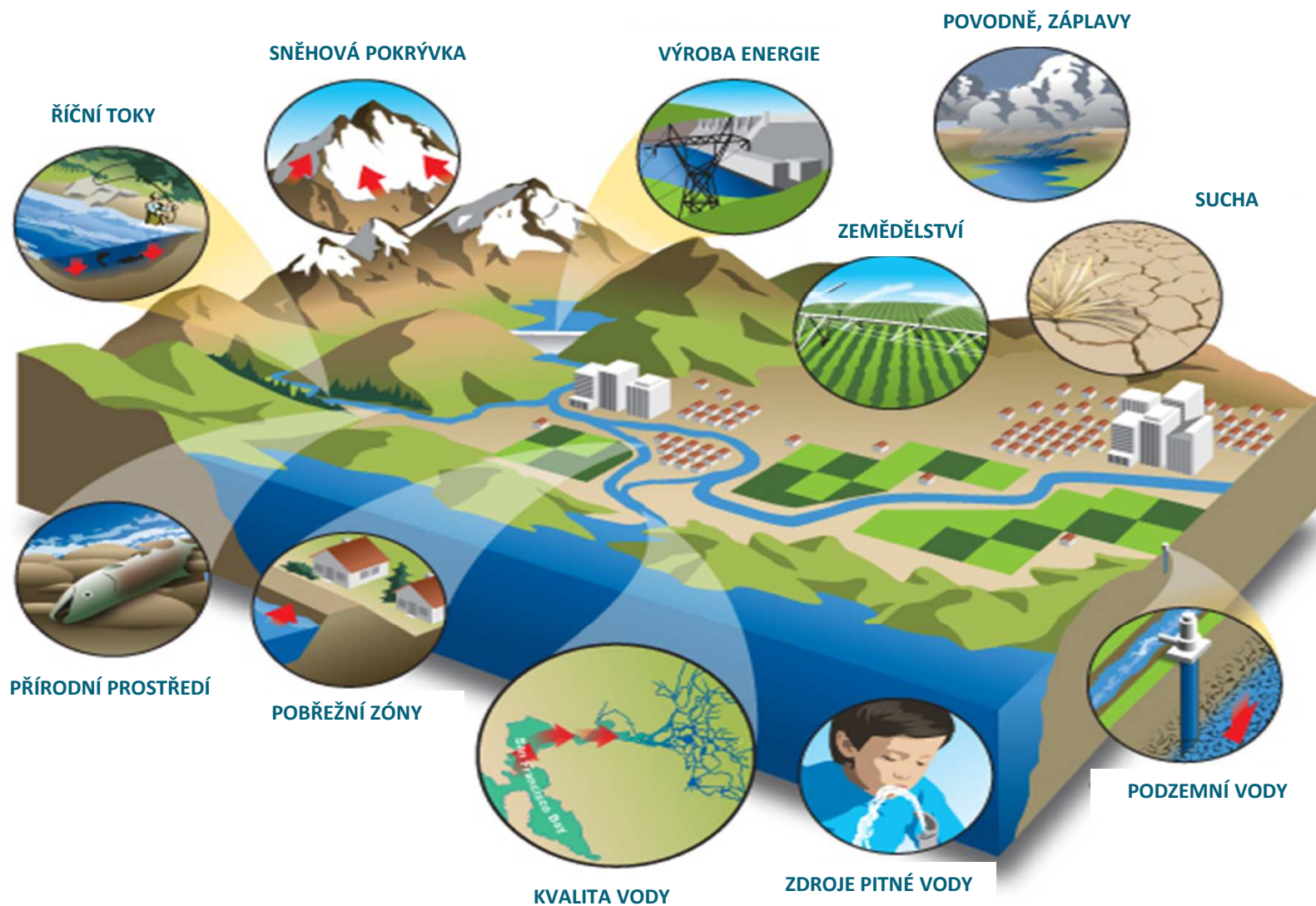
Task Force on National Greenhouse Gas Inventories

TSU

Authors, Contributors, Reviewers



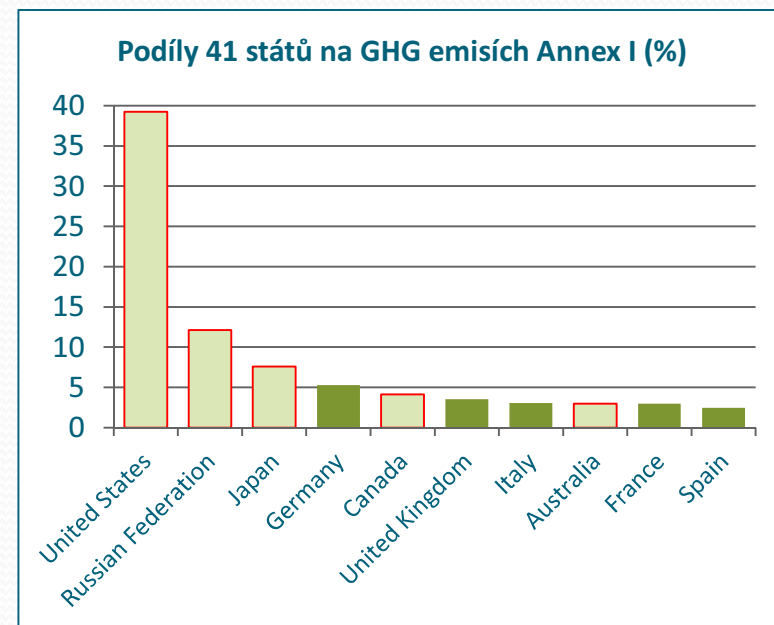
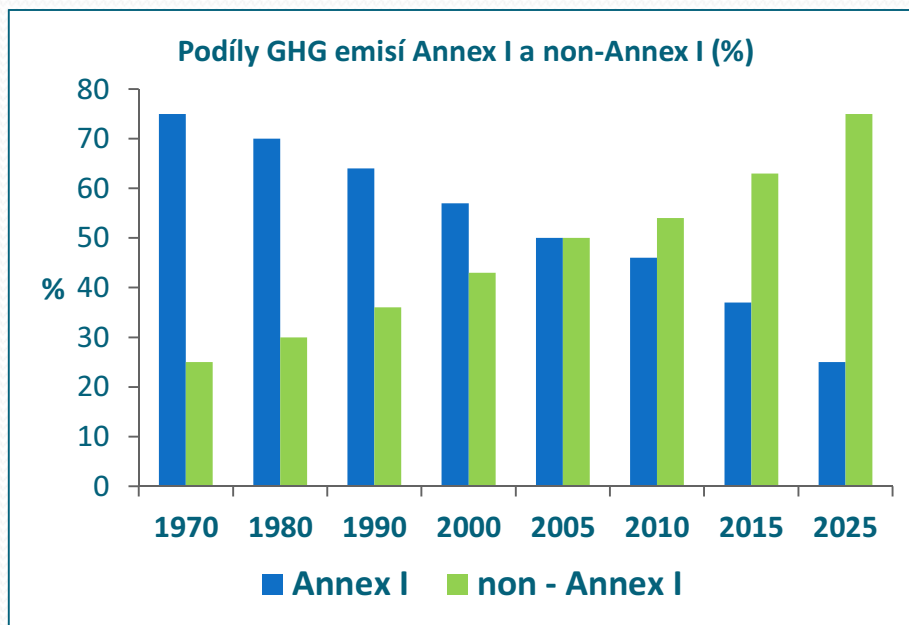
Dopady změn klimatického systému



SEKTORY	KLÍČOVÉ DOPADY V ČR
vodní hospodářství	variabilita rozložení srážek , extrémní srážkové epizody, nárůst rizik povodní a záplav/sucha, pokles průměrných průtoků, zvýšení územního výparu, snížení zásob vody ze sněhu, eutrofizace vod
zemědělství	prodloužení bezmrazového období, změny vegetačního období, teplotní a vláhové stresy, šíření a plošné působení škůdců, virových a houbových chorob
lesnictví	teplotní a vláhové stresy (letní přísušky), kalamitní situace, posun přirozené hranice lesa, posuny vegetačních stupňů, šíření a plošné působení škůdců, virových a houbových chorob, rizika požárů
energetika	změny energetických špiček, chladicí vlastnosti vody
lidské zdraví	důsledky extremality počasí, teplotní stresy, choroby (Lymeská borelióza, salmonela, alergie), letní/zimní úmrtnost
cestovní ruch	extremita počasí, úbytek sněhu , spotřeba a kvalita vody
doprava	extremalita počasí, kalamitní situace, dopravní nehodovost
biodiverzita	ohrožení rostlinných a živočišných druhů, invazní druhy

Snižování GHG emisí a globální efektivita Kjótského protokolu

- světové emise CO₂ od r. 1990 vzrostly o 36 %
- emise CO₂ v ekonomicky vyspělých státech (Annex I) vzrostly o 1,6 %
- emise CO₂ v rozvojových státech (non-Annex I) vzrostly o 110 %



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 (I)

Voda

- **opatření v krajině**
 - *organizační (podpora plošné rozmanitosti v rámci komplexních pozemkových úprav, podpora zalesnění a zatravnění...)*
 - *agrotechnická (osevní postupy podporující infiltraci atp.)*
 - *biotechnická (průlehy, zasakovací pásy atd.)*
- **opatření na tocích a v nivě**
 - *revitalizace toků (úpravy řečišť, uvolnění nivy pro rozlivy)*
- **opatření v urbanizovaných územích**
 - *zvýšení infiltrace dešťové vody, jímání a využívání srážkových vod*
- **obnova starých či zřízení nových vodních nádrží**
- **zefektivnění hospodaření s vodními zdroji**
 - *převody vody mezi povodími a vodárenskými soustavami, vícenásobné využití vody, zhodnocení a přerozdělení kapacit vodních zdrojů, ...*
- **snížení spotřeby vody**
 - *minimalizace ztrát, racionalizace stanovení minimálních průtoků, stanovení priorit pro kritické situace nedostatku vody*
- **dokonalejší čištění odpadních vod**

Směry adaptačních opatření (II)

Zemědělství

- **úprava zemědělské činnosti**
 - *snížení rozmanitosti, šlechtění pro změněné podmínky*
 - *zlepšení postupů rajonizace odrůd a druhů a rajonizace systémů zpracování půdy, hnojení minerálními i organickými hnojivy*
- **agrotechnické technologie**
 - *snížení ztrát půdní vláh, změny systémů pěstování*
- **udržení úrodnosti půdy**
 - *rizikem jsou plodiny pro energetické využívání (biopaliva) a klesající dostupnost hnojení organickými hnojivy*
- **zvýšení stability půd**
 - *rizika větrné eroze a snížení aridizace krajiny*
- **změny pěstebních postupů**
- **optimalizace závlahových systémů**
 - *automatické systémy indikace podmínek ve spojení s inteligentními systémy (předpovědní modely) a technologickým vybavením (např. kapková závlaha, metody částečné závlahy kořenové zóny)*
- **ochrana před zvýšeným tlakem infekčních chorob a škůdců**

Směry adaptačních opatření (III)

Lesnictví

- **lokální predikce možného ohrožení**
 - *zvyšování adaptačního potenciálu lesů*
 - *změny druhového složení lesa, garantující dostatečnou biodiverzitu i odolnost (adaptabilitu)*
 - *náhrada jednodruhových porostů směsí dřevin*
- **druhová, genová a věková diverzifikace porostů**
 - *dlouhodobé plánování a respektování specifik lesních oblastí*
 - *zalesňování nelesních ploch*
- **posilování protipovodňové a protierozní funkce lesa**
- **zachování a reprodukce geofundu lesních dřevin, garantujících dostatečnou odolnost**
- **integrovaná ochrana lesa proti kalamitním i invazním škůdcům**
 - *eliminace rizik gradací hmyzích škůdců, vaskulárních mykóz a kořenových hnilob*

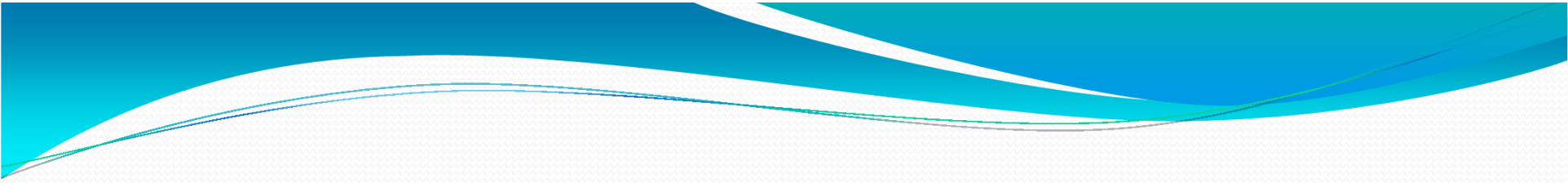
Klimatický záznam ČR

- 25 profesionálních, 150 klimatologických a 700 srážkoměrných stanic
- Nejstarší Praha-Klementinum (1775)
- Dnes z velké části automatizováno, data v intervalu 10 minut
- Kontrola a uložení dat, výpočet charakteristik v databázi CLIDATA

KLIMATOLOGICKÉ STANICE ČHMÚ

stav: leden 2008



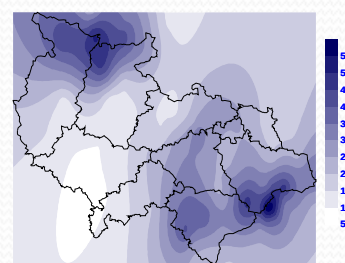
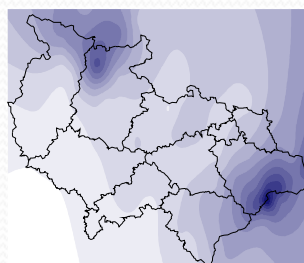


**Zvyšuje se extremita klimatu? Nebo
nám jenom globalizovaný svět
zprostředkovává informace rychleji
a možná i přesněji než v minulosti?**

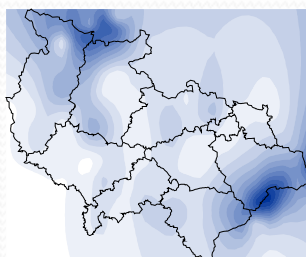
Povodeň 1997



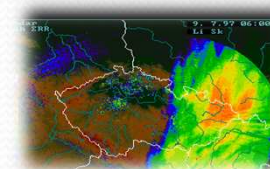
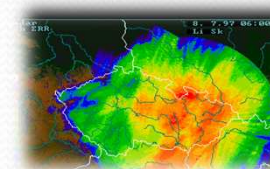
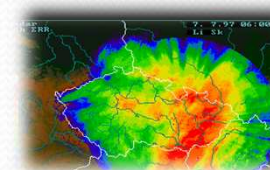
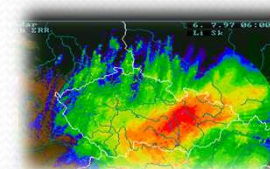
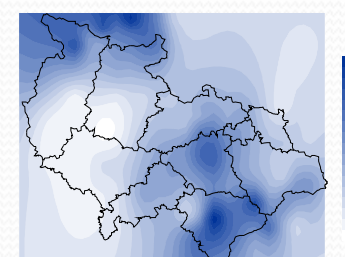
Červencový srážkový normál 1961 - 1990 [mm] Úhrn srážek v červenci 1997
4.7. - 8.7. [mm]



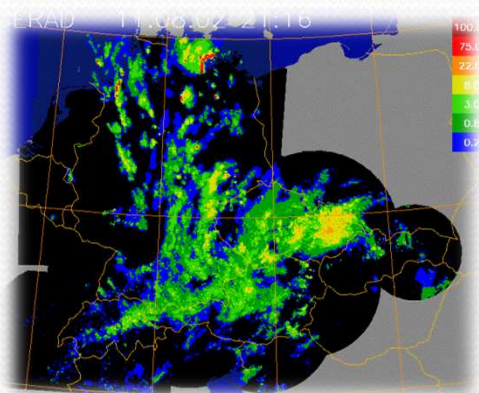
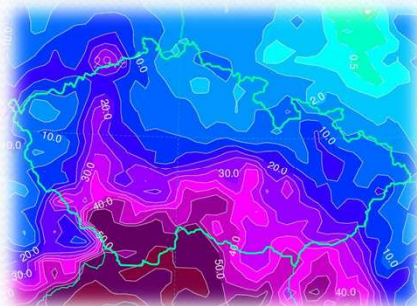
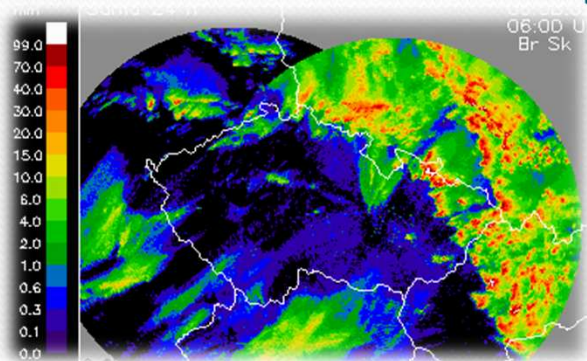
100-letá srážka [mm]



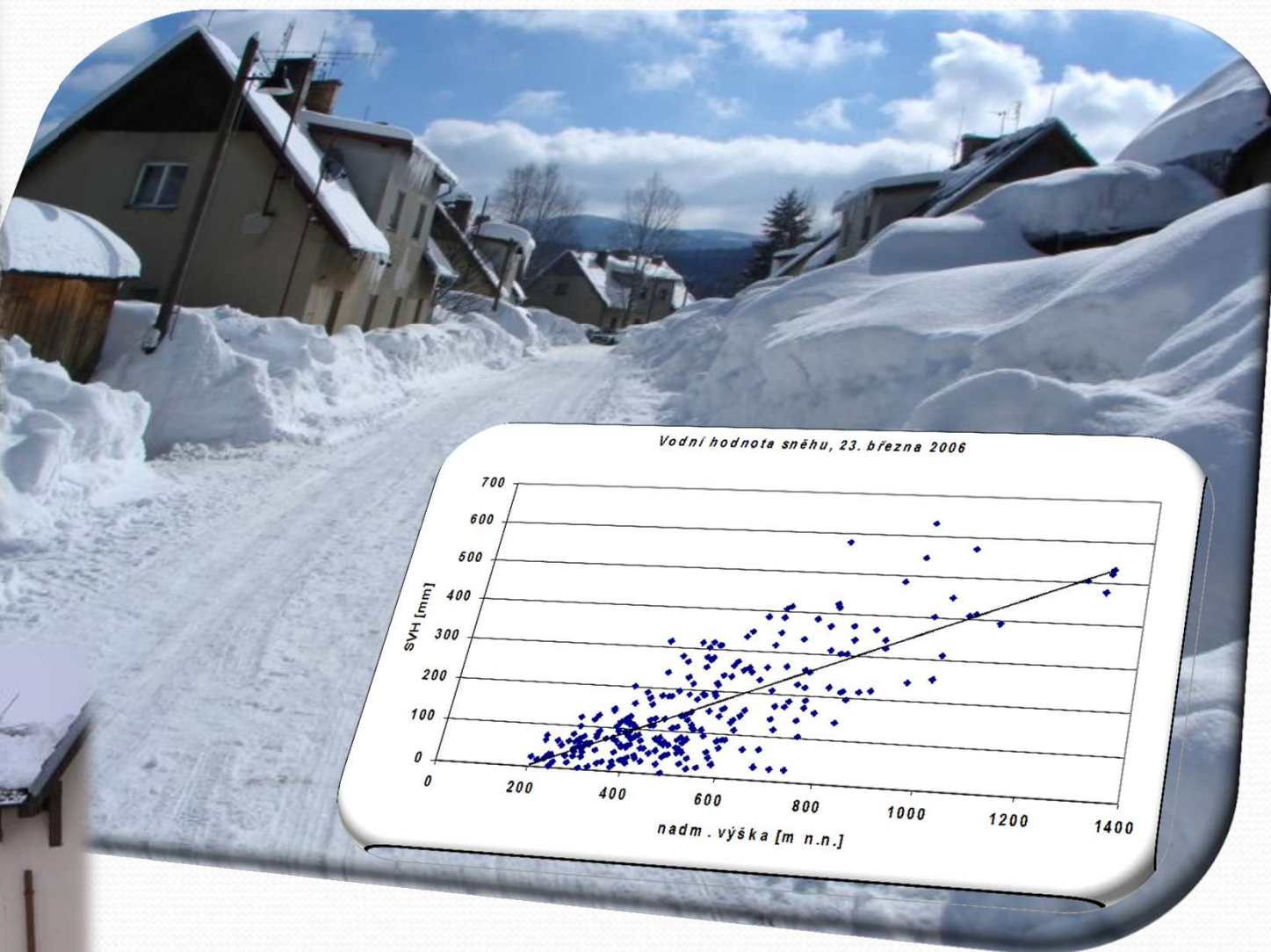
6.7. [% 100 leté srážky]



Povodeň 2002

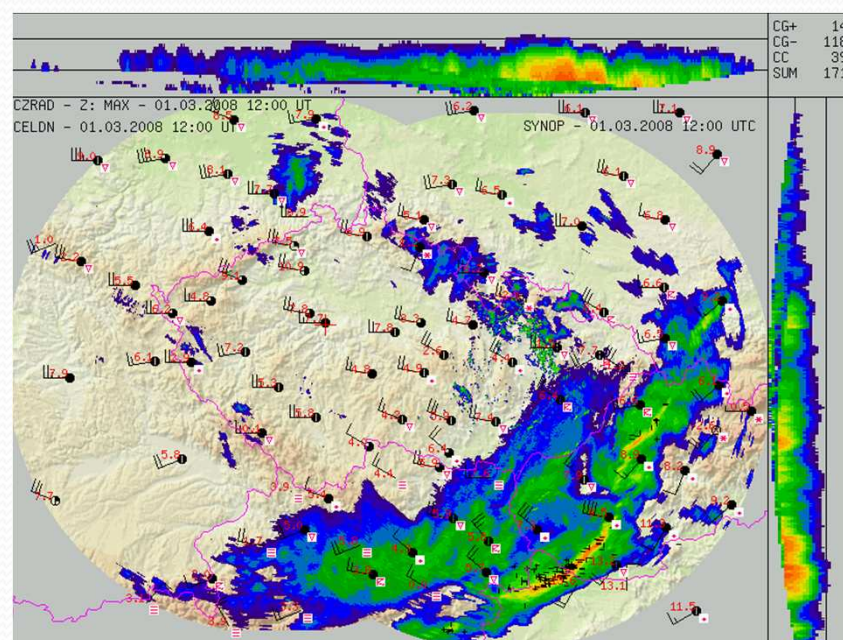
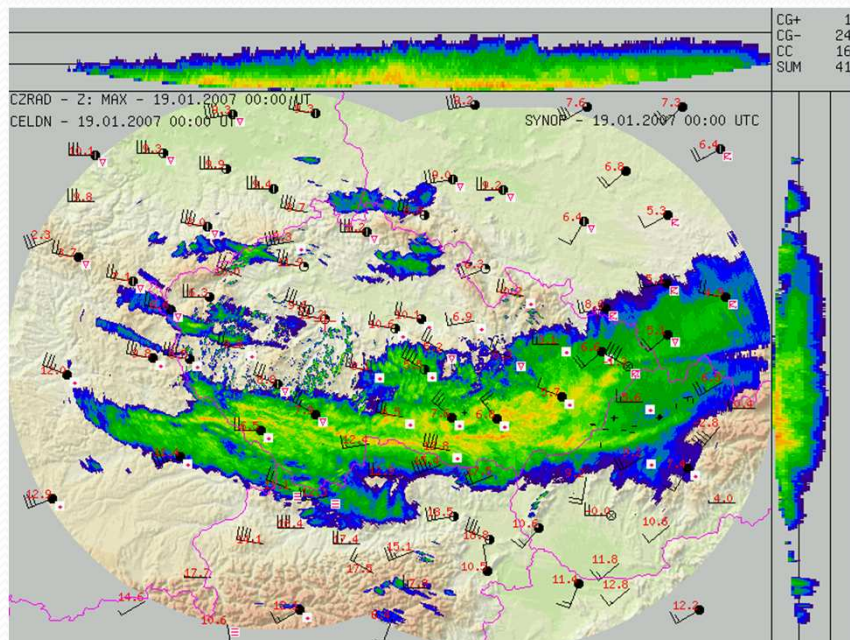
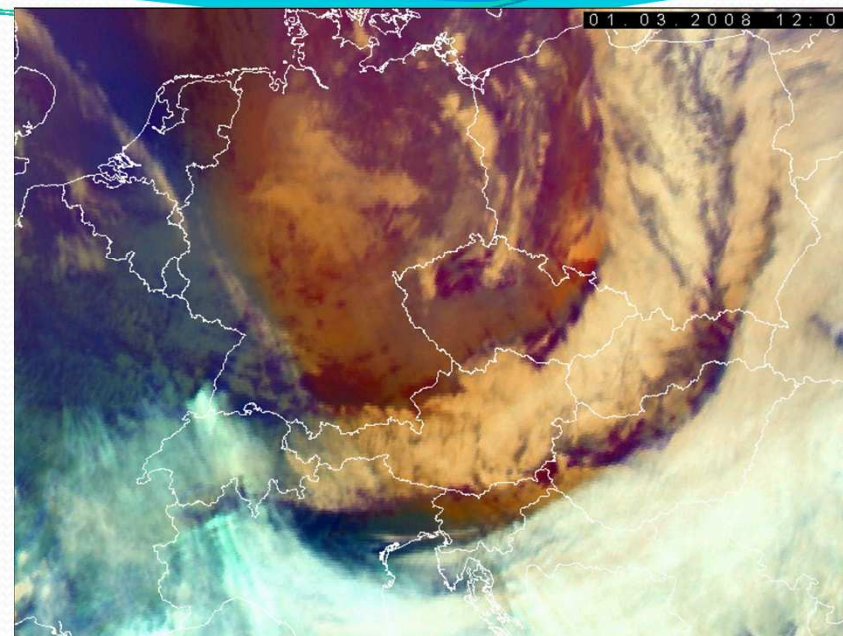
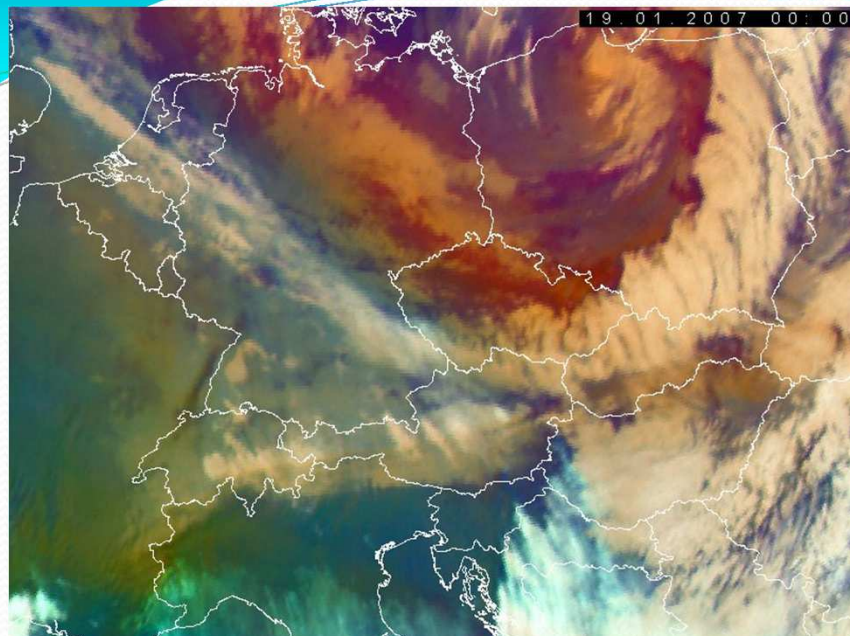


Povodeň 2006

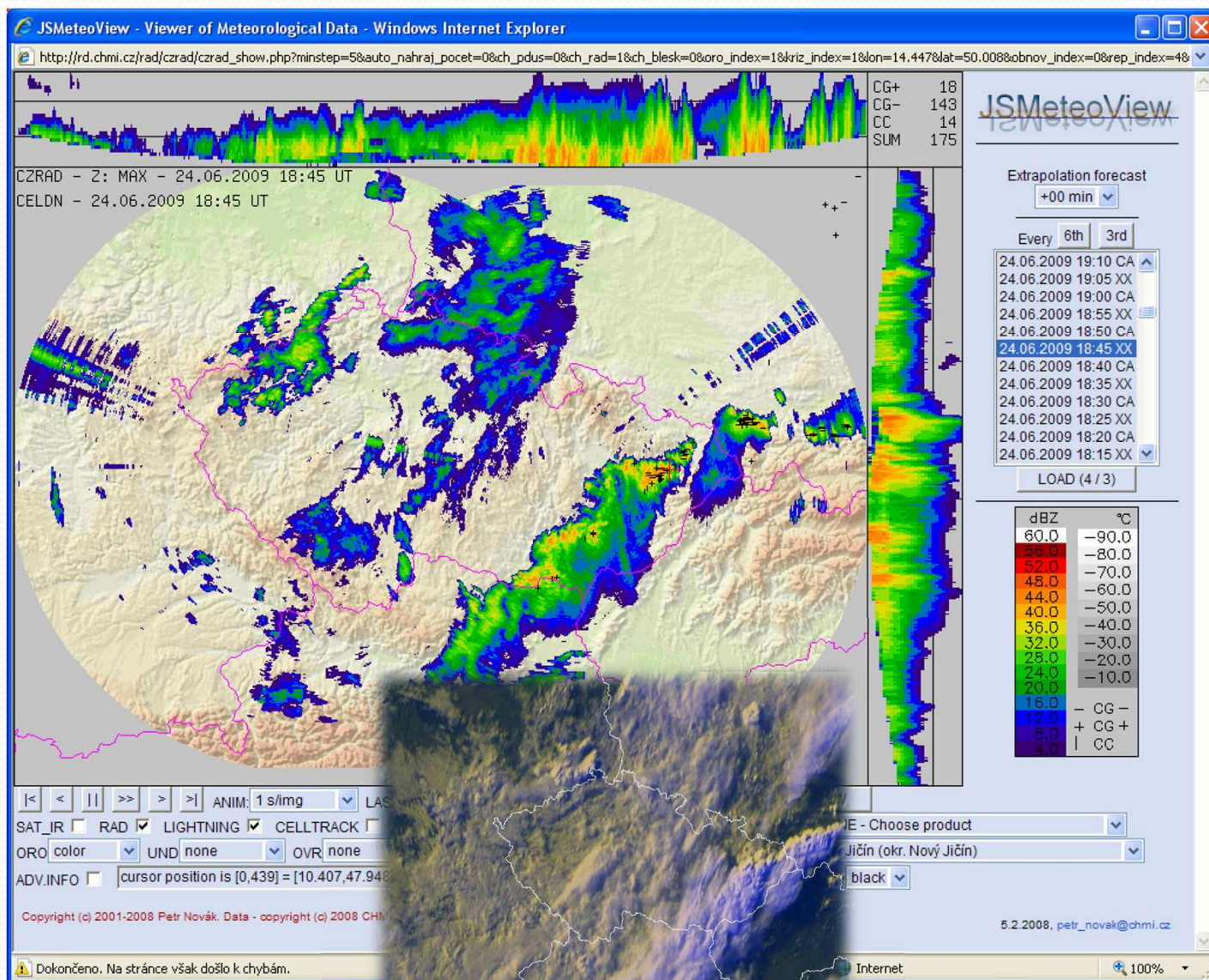


Kyrill – 19. 1. 2007

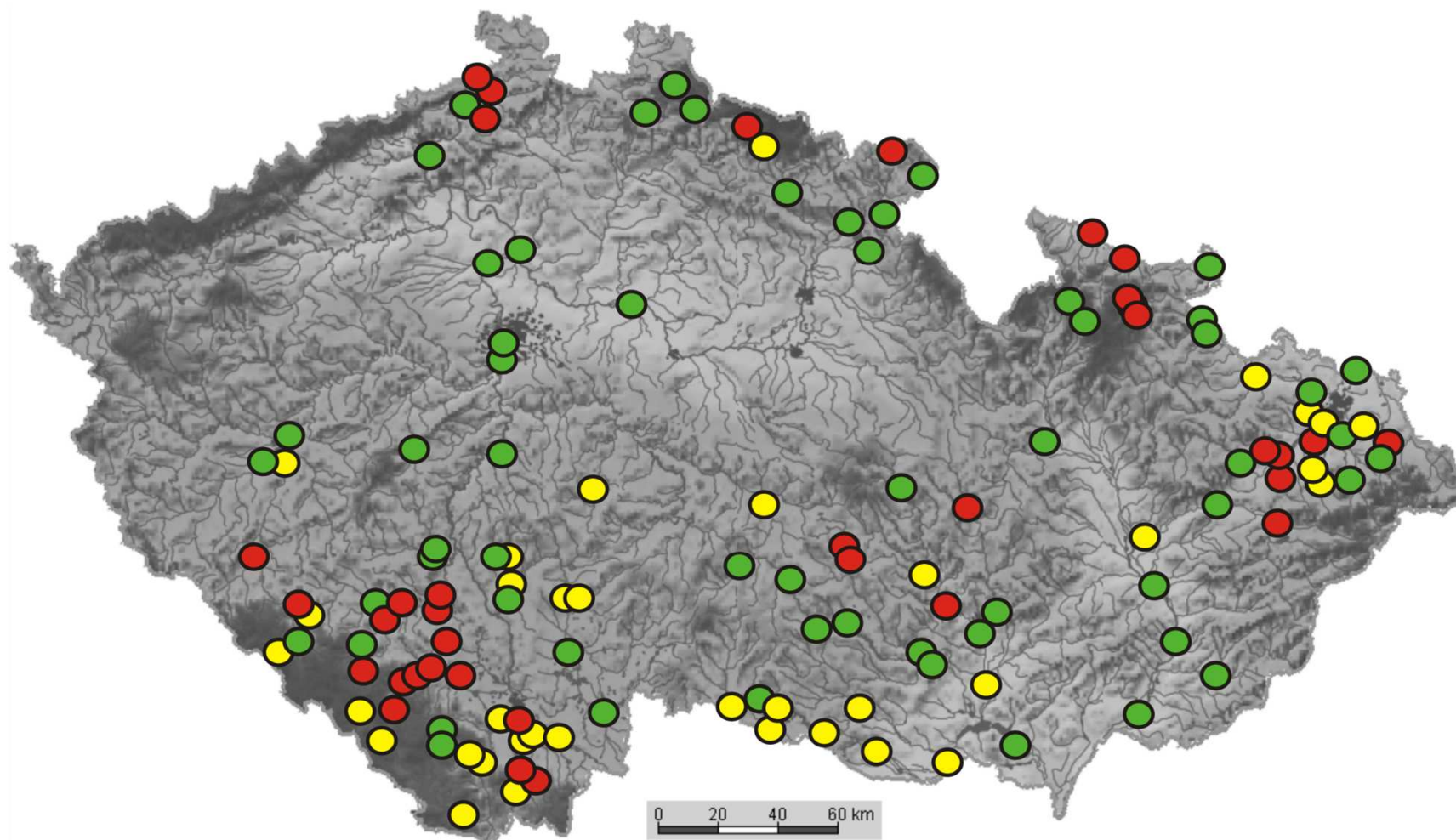
Emma – 1. 3. 2008



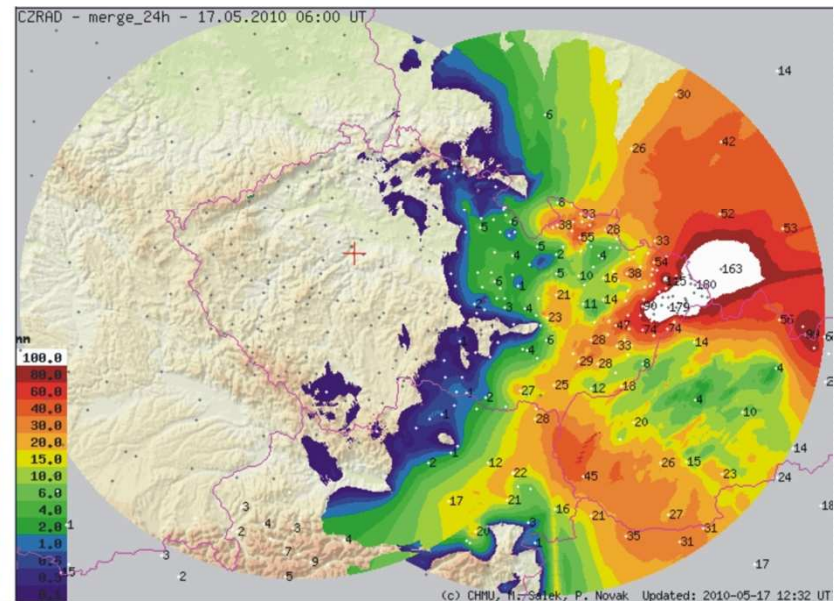
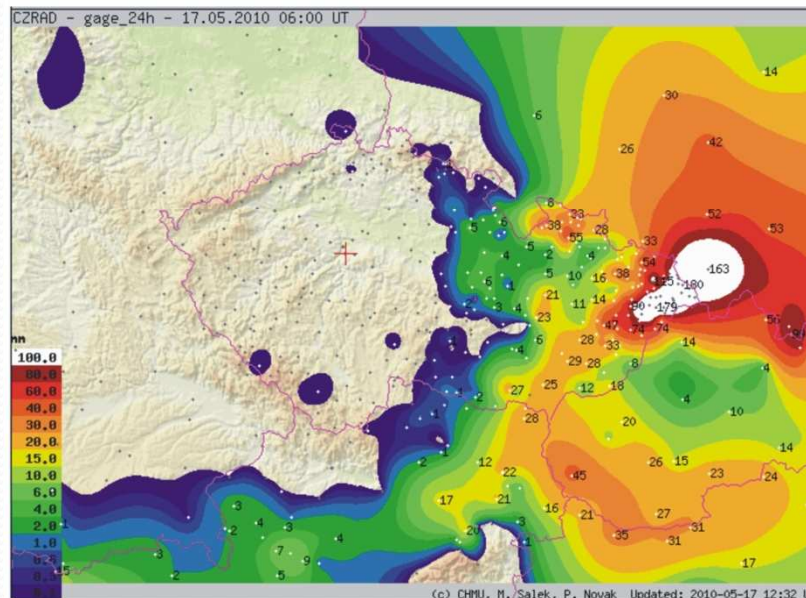
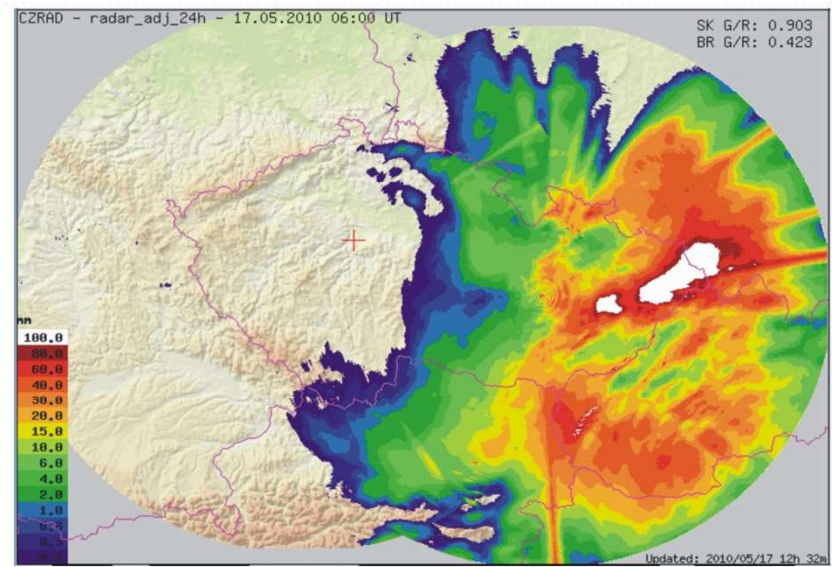
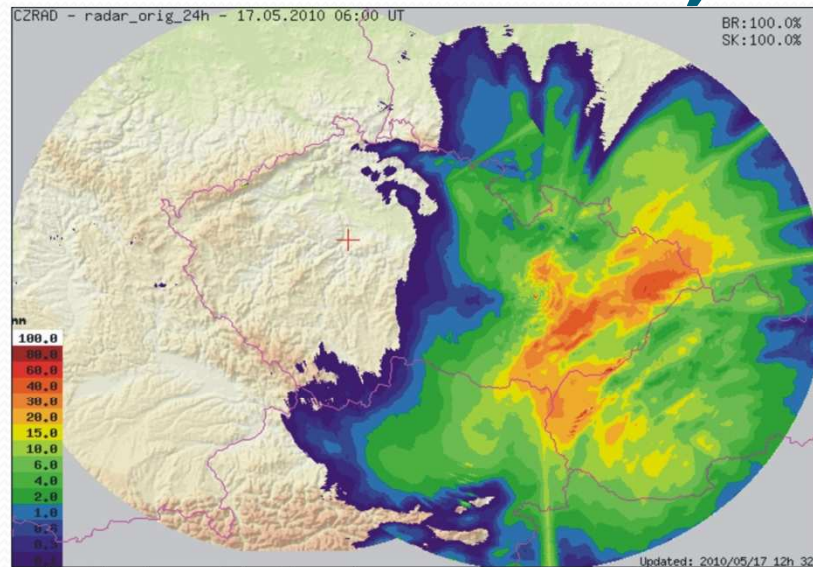
Přívalové povodně 2009



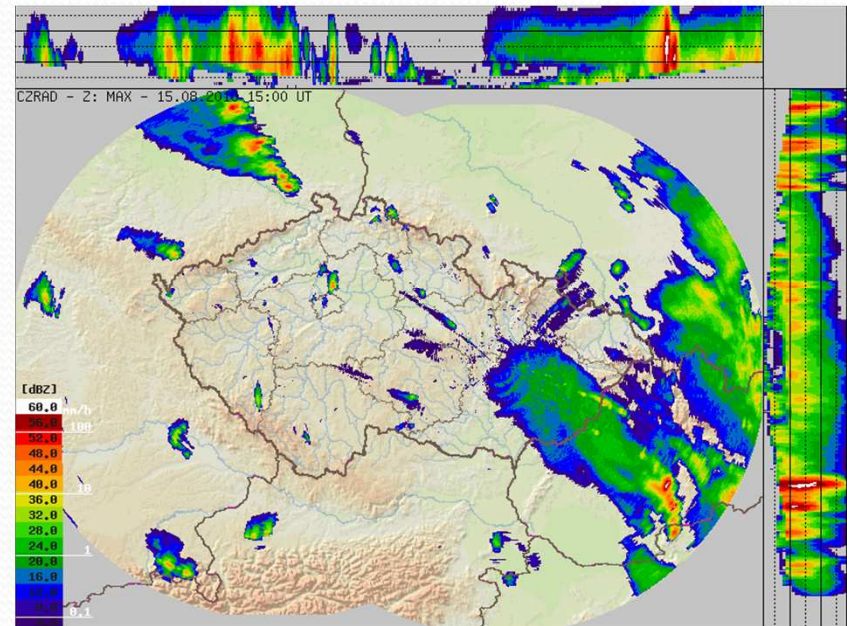
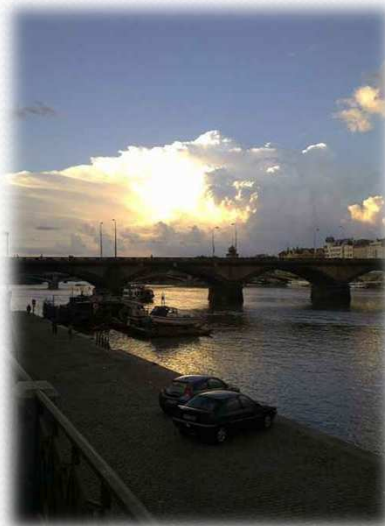
SPA, červen a červenec 2009



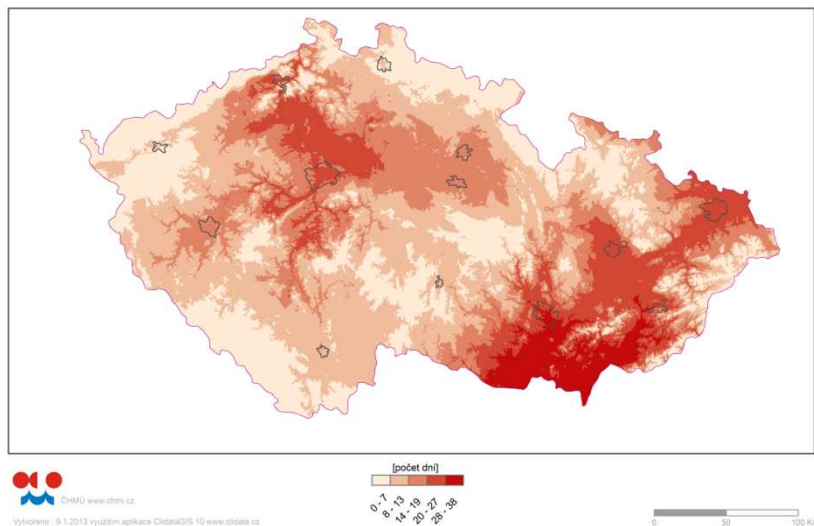
Povodeň, květen 2010



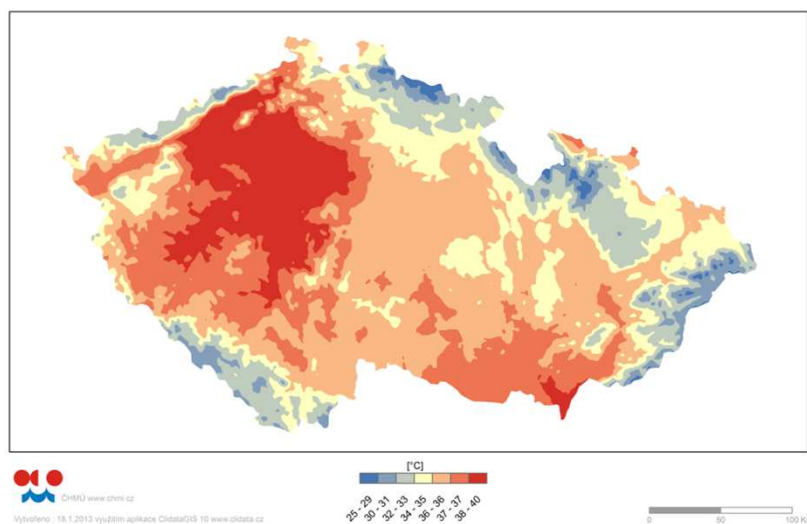
Kroupy, srpen 2010



Horké vlny 2012

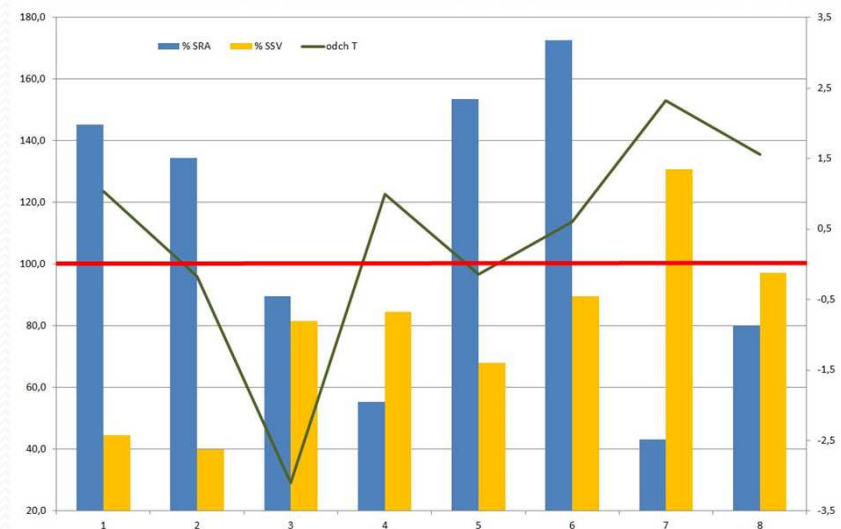
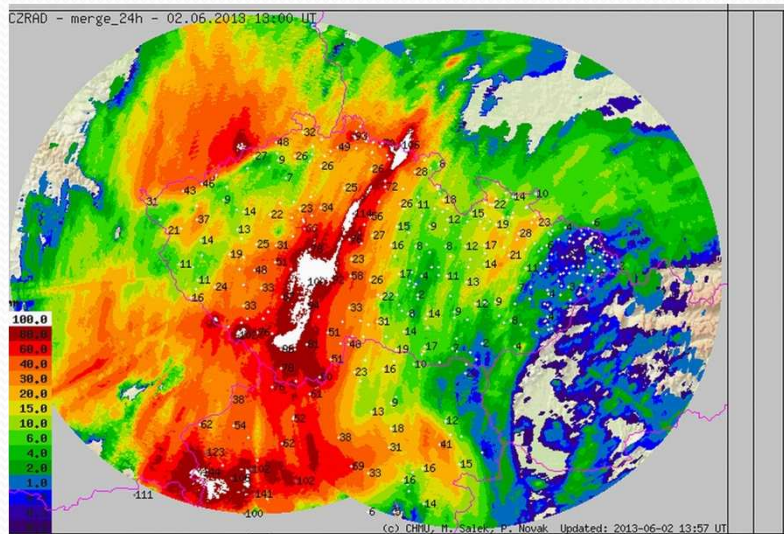
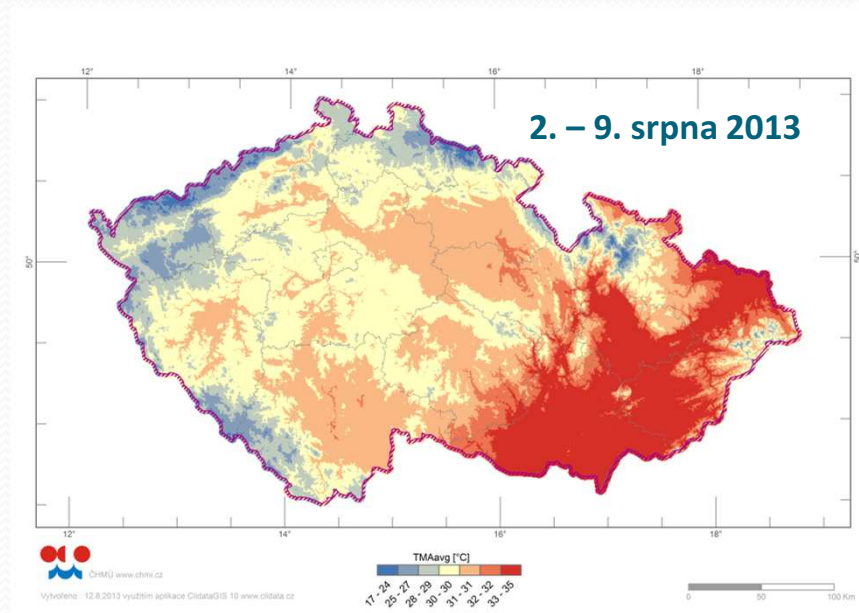


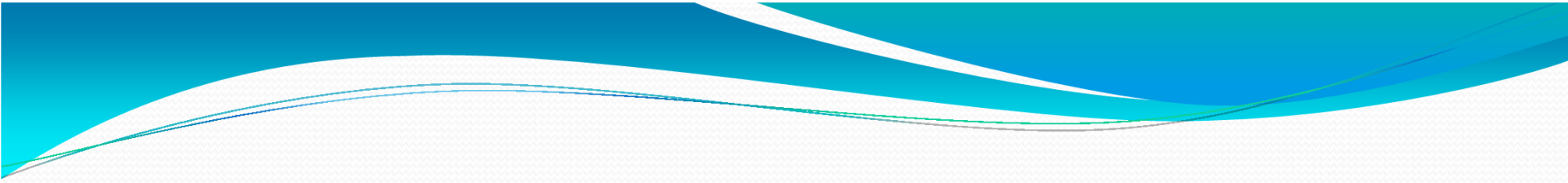
TMA 20. 8. 2012



- počet tropických dní až 38, průměr 1991-2010 je 15
- horká vlna na přelomu června a července zakončena intenzívními bouřkami
- 20. srpna 2012 na stanici Dobřichovice ve středních Čechách naměřena teplota +40,4 °C

Podivný rok 2013

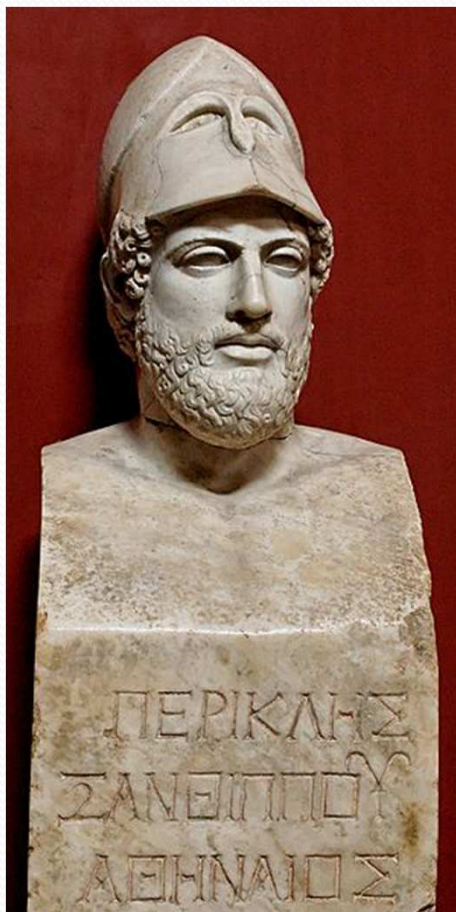




Ve 20. století jsme informace o extrémním počasí spojovali se suchem v africkém Sahelu, povodněmi v Indii a lesními požáry v Kalifornii. Dnes vidíme extrémní počasí v bezprostředním okolí. Počasí a klima se mění.

Několik slov na závěr...

- Klimatická změna je realita současnosti s globálními důsledky
- Podíl člověka na změnách a jejich důsledcích je zřejmý, ale těžko kvantifikovatelný
- Globální teplota vzrůstá, hlavním problémem je ale narůstající extrémita projevů počasí
- Specifiky regionálních a lokálních dopadů
- Klimatická strategie
 - vyváženost opatření na snižování emisí a adaptačních opatření,
 - ekonomické a energetické souvislosti
 - podpora vědy, výzkumu a vývoje nových technologií
- Adaptační opatření jsou nejúčinnějším a nejrychlejším způsobem reakce na probíhající změny a jejich důsledky



Perikles (493-429 př.n.l.)

*„Není důležité budoucnost předpovídat ,
ale je třeba se na ni připravit...“*

Děkuji za pozornost

RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.
Český hydrometeorologický ústav
ÚMK - OKZ
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4
radim.tolasz@chmi.cz