

# Dopad klimatických změn na hydrologický režim v ČR

Jan Kubát

Český hydrometeorologický ústav  
kubat@chmi.cz

## **Climate Change 2001 – Impacts, Adaptation and Vulnerability**

Third Assessment Report IPCC, 2001

## **Extreme hydrological events: Floods and Droughts**

Sustainable water use in Europe, Part 3, Report EEA, 2001

## **Climate Change and the European Water Dimension**

Report to the European Water Directors, EC, JRC, 2005

## **Climate Change 2007 – The Scientific Basis**

## **Climate Change 2007 – Impacts, Adaptation and Vulnerability**

Fourth Assessment Report IPCC, 2007

Chapter 3: Freshwater Resources and their Management (Z.Kundzewicz)

## **Územní studie změny klimatu ČR (US Country study) – závěrečná zpráva, 1995**

### **Národní klimatický program České republiky**

20 – Dopady možné změny klimatu na hydrologii a vodní zdroje, 1996 (Hladný)

31 – Extrémní denní srážkové úhrny na území ČR 1879-2000, 2001 (Štekl)

32 – Scénáře změny klimatu ČR a odhady dopadů na hydrologický režim, zemědělství, lesní hospodářství a lidské zdraví, 2002 (Kašpárek)

## **Vliv klimatických změn na množství a kvalitu vodních zdrojů a hydrologické poměry**

Závěrečná zpráva projektu VaV/650/3/02, VUV 2003 (Kašpárek)

## **The Sceptical Environmentalist (Skeptický ekolog) – B.Lomborg, 2001**

## DETEKCE TRENDU

měřené časové řady (teplota vzduchu 150 let)

odvozené řady (proxy data) 1000 let, 400 000 let

výskyt povodní v Praze 1000 let

jasně prokazatelný trend – teplota, hladina moří

pravděpodobný trend – srážky (regionálně proměnlivé)

nezjištěný trend (přirozené kolísání) – hydrologické extrémny

globální hodnocení – representativnost údajů

severní polokoule – většina závěrů globálních studií

Evropa – rozdíl mezi severní a jižní částí

Česká republika – na rozhraní

## **Trendy teploty vzduchu**

**prokazatelné oteplování**

**více severní polokoule než jižní**

**více nad pevninou než nad mořem**

**prokazatelný trend i v ČR (více v zimě než v létě)**

## **Trend zvyšování hladiny moří (3 cm za 10let)**

**teplotní expanse moří více než tání ledovců**

## **Trend v celkových srážkách**

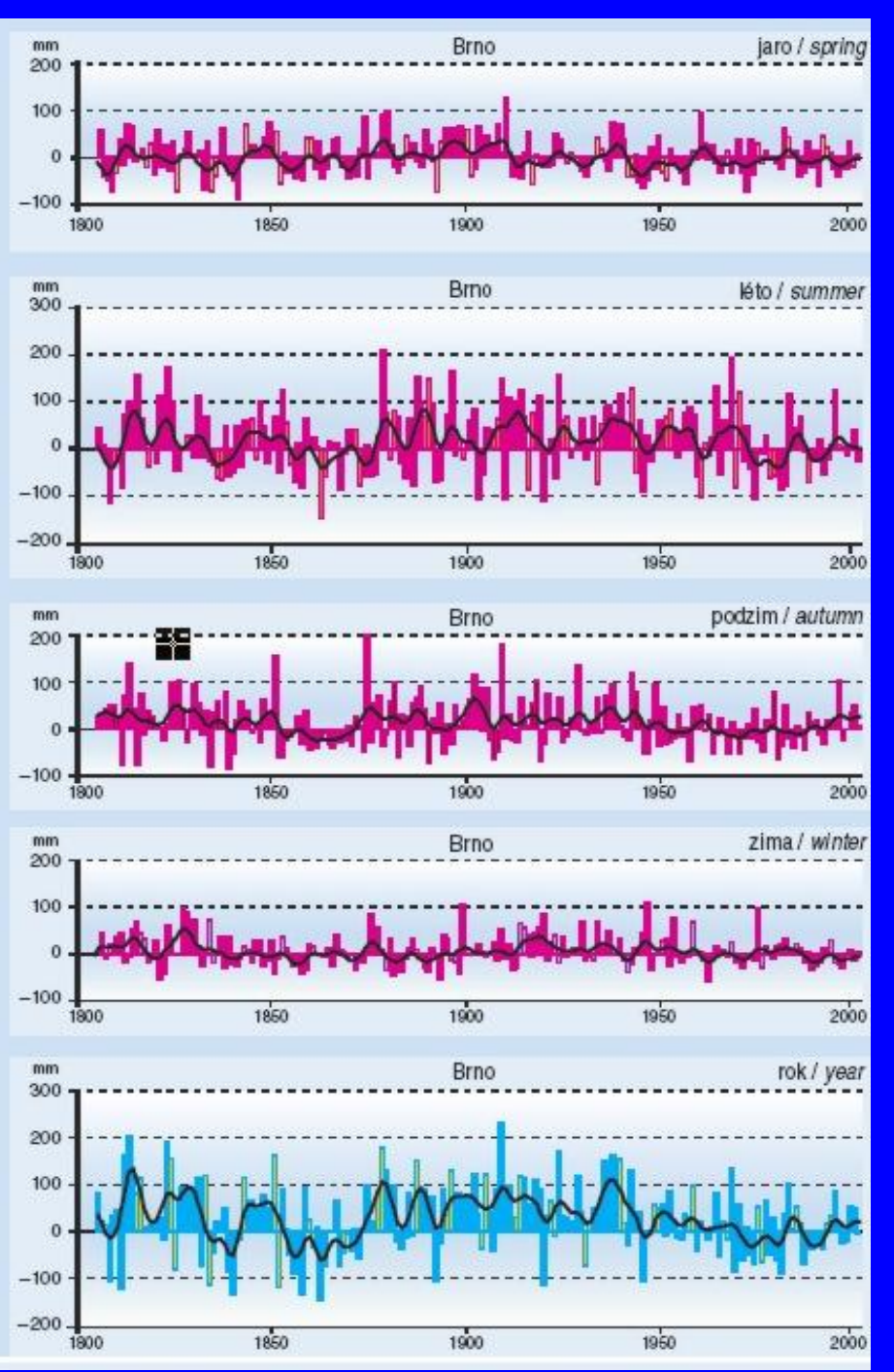
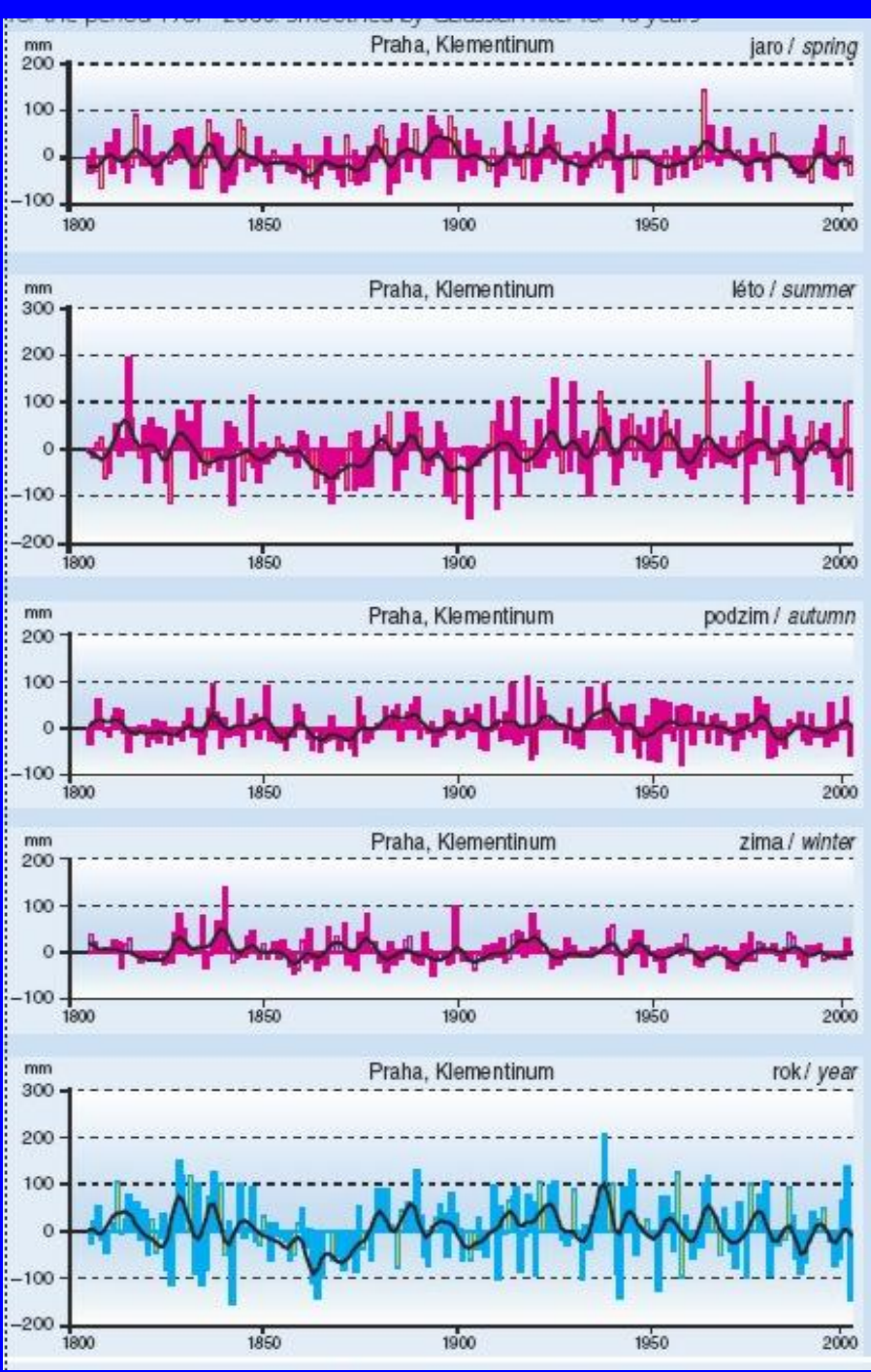
**nárůst – sev.Amerika, sev.Evropa**

**pokles – jižní Evropa, Středomoří**

**jinde není prokazatelný trend**

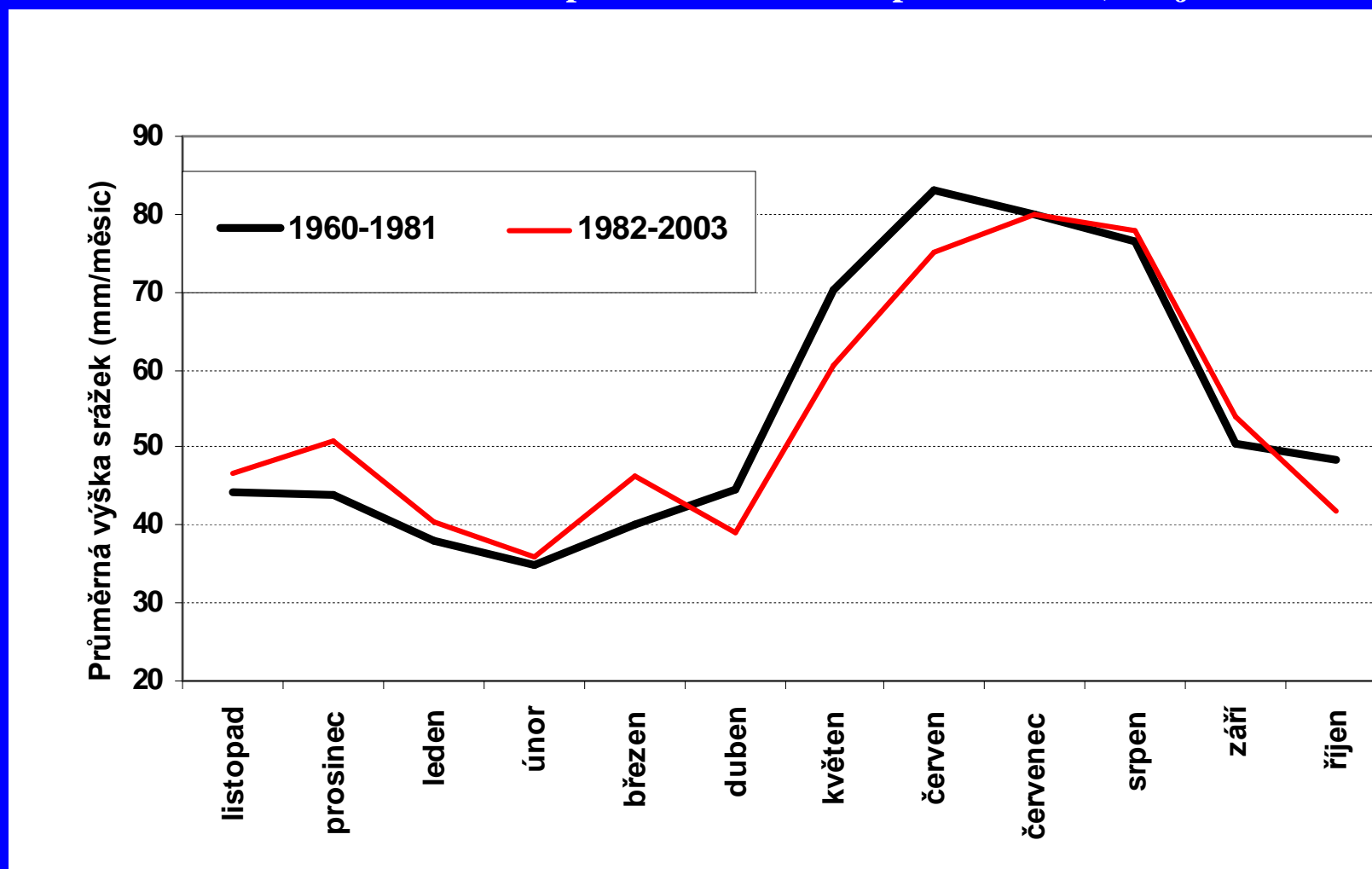
**ČR není prokazatelný trend ročních a sezónních srážek**

**(Klimatický atlas ČR 1961-2000)**



### Změna ročního rozložení srážek – v zimě více, na jaře méně

průměrná srážka na povodí Labe (zdroj: VÚV TGM)



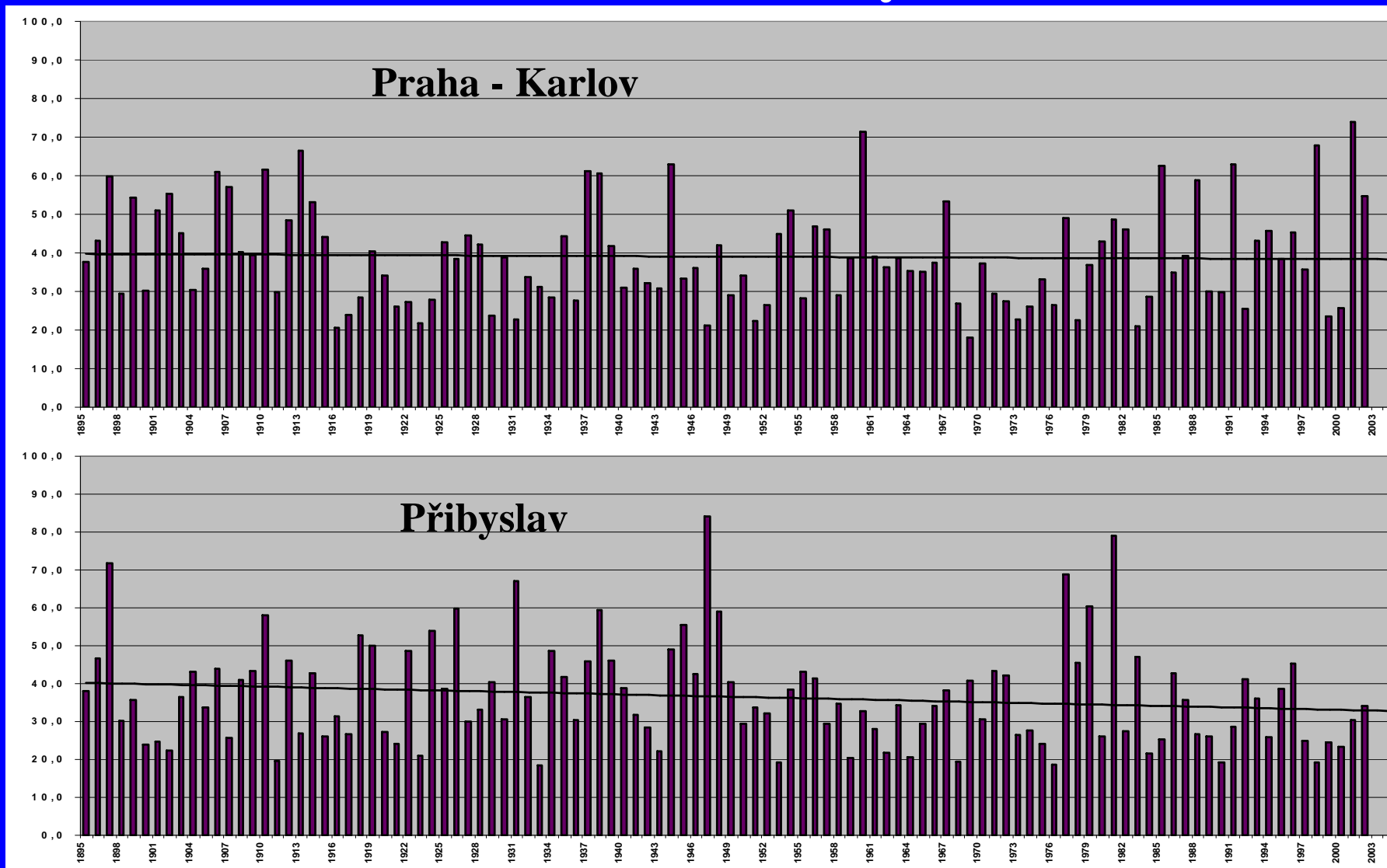
**Trendy extrémních srážek (globál, Evropa)**  
pravděpodobně se zvyšuje počet a intenzita  
většinou není kvantifikováno

**Extrémní srážky v ČR (srážkoměrná síť ČHMÚ)**  
není prokazatelný trend ve stanicích  
naměřené 1 denní srážky > 150 mm

**Změna rozložení srážek v roce**  
podíl „very wet days“ na celkové roční srážce  
indikuje možný výskyt povodní i sucha  
globálně vzestup v 90.letech

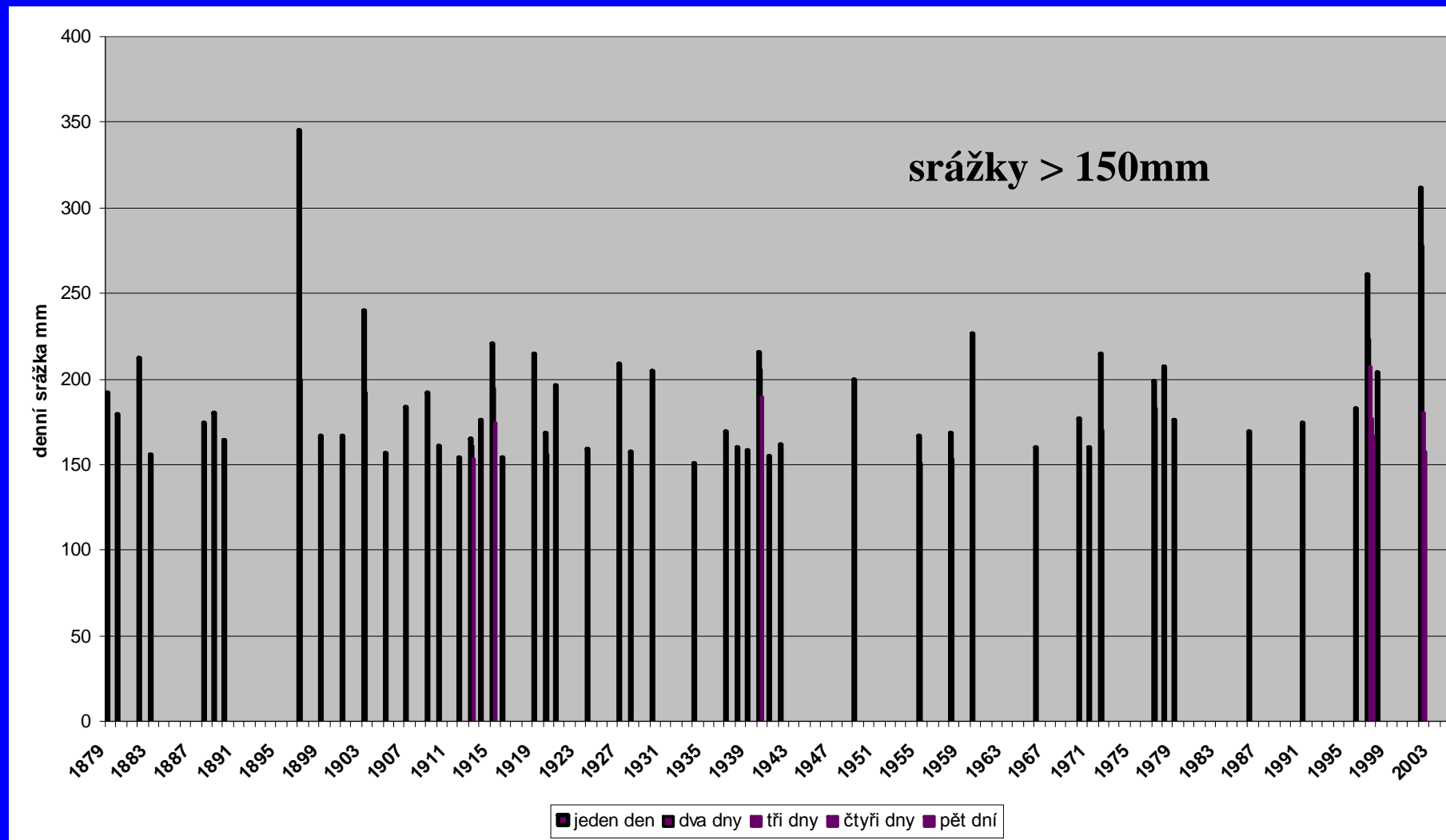


### 1 denní roční maximální srážky naměřené v ČR

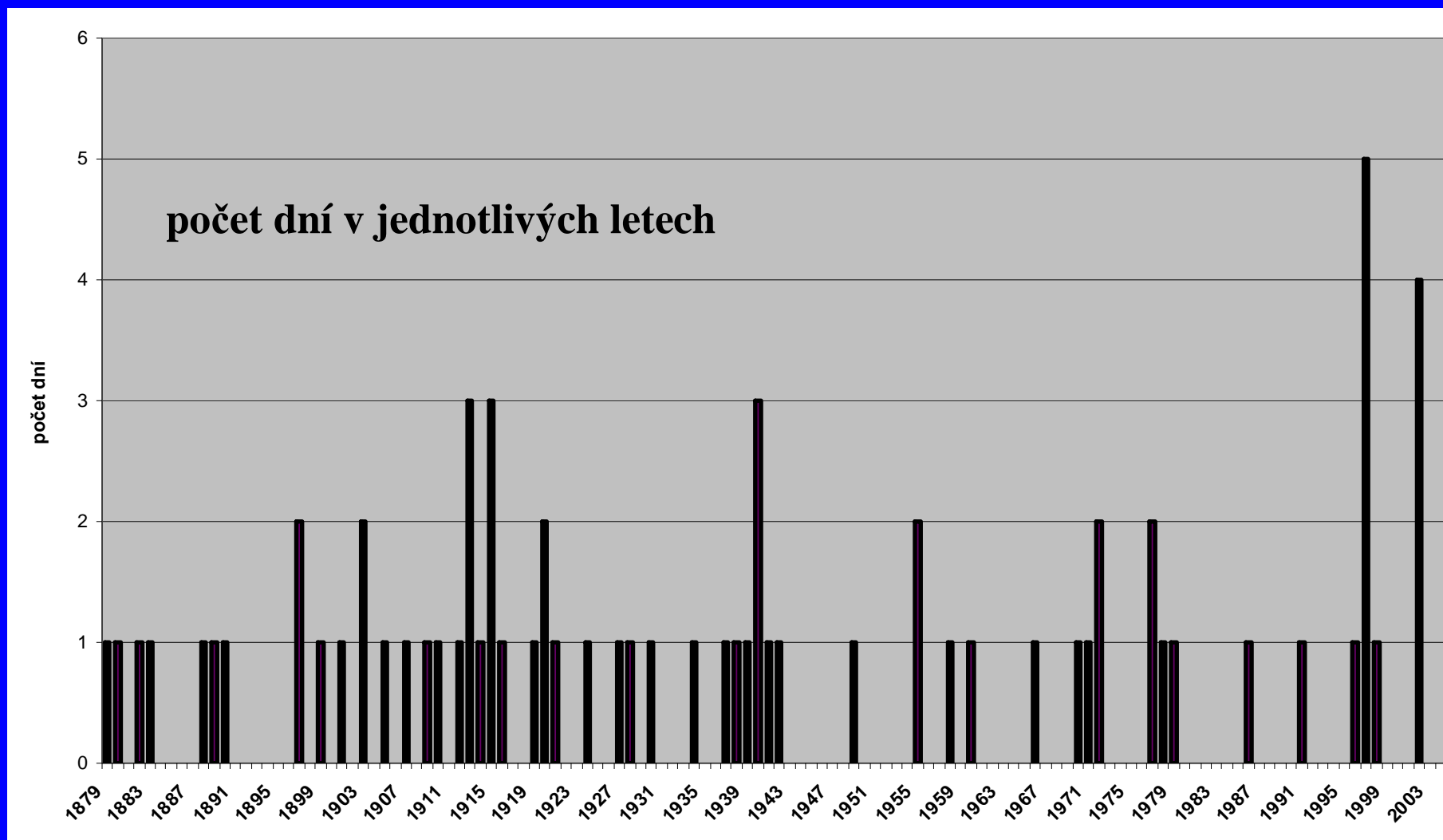




### Extrémní 1 denní srážky naměřené v ČR

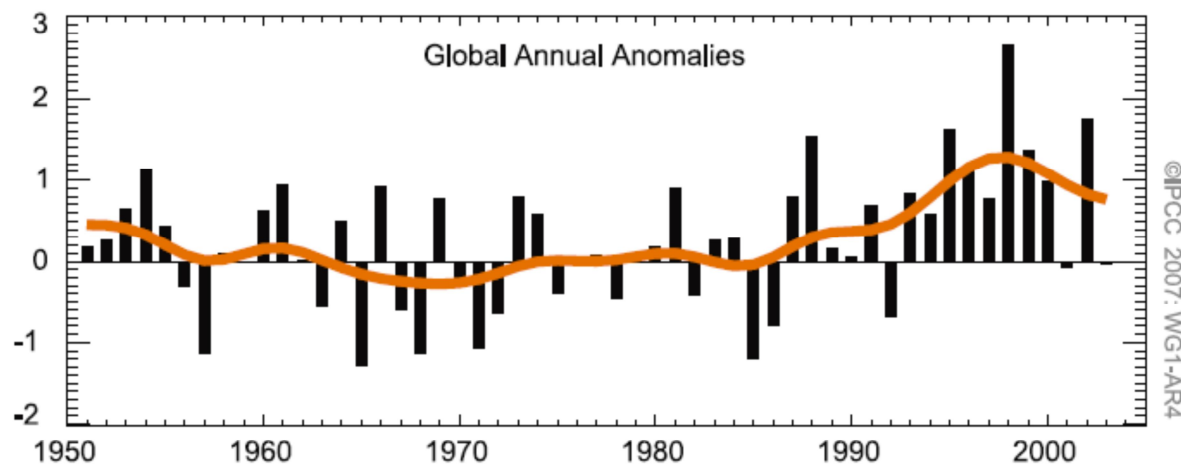
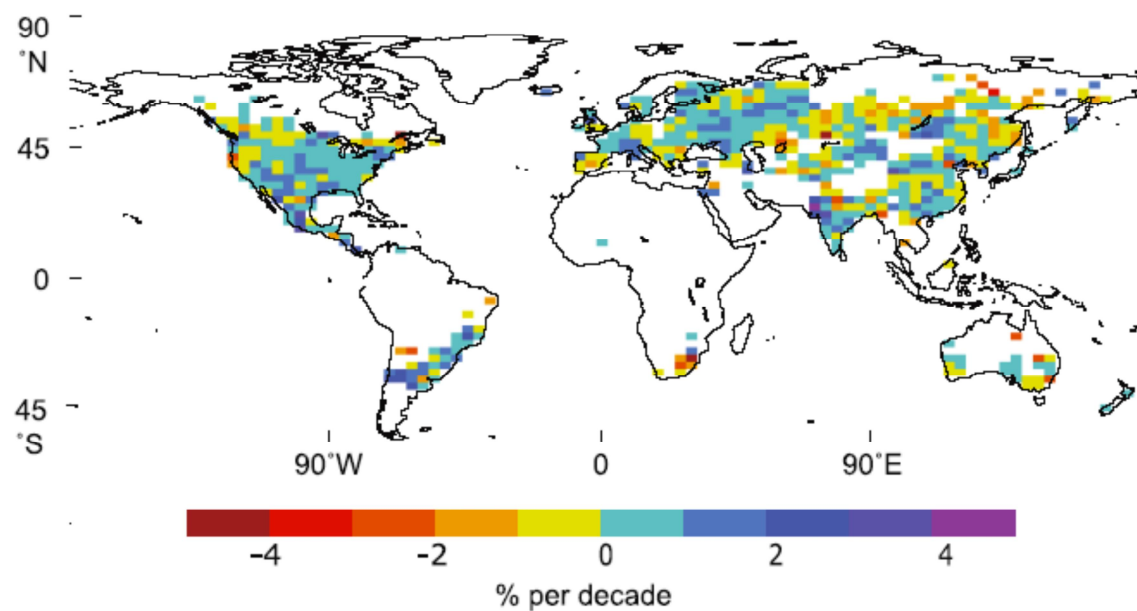


### Počet dní s naměřenými srážkami více než 150 mm za den

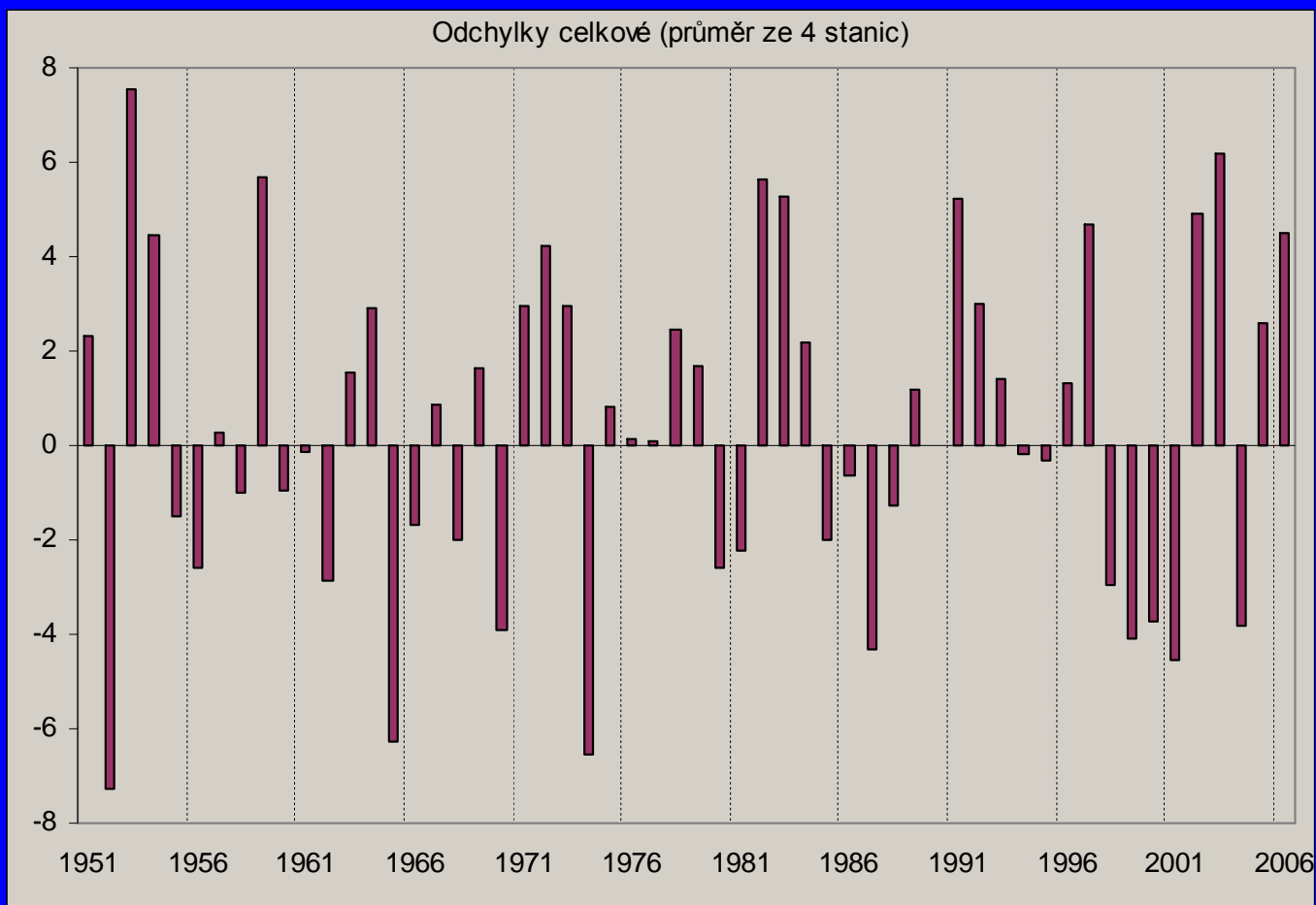


### ANNUAL PRECIPITATION TRENDS

Trend % per decade 1951 - 2003 contribution from very wet days



### podíl „very wet days“ na celkové roční srážce v ČR



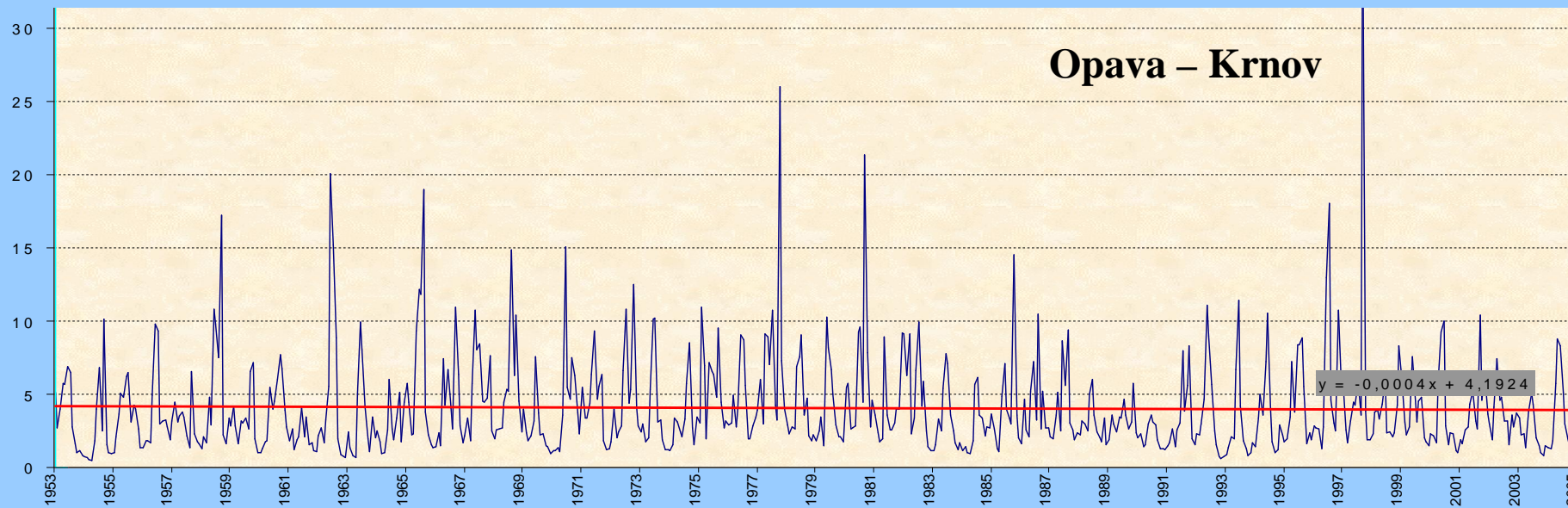
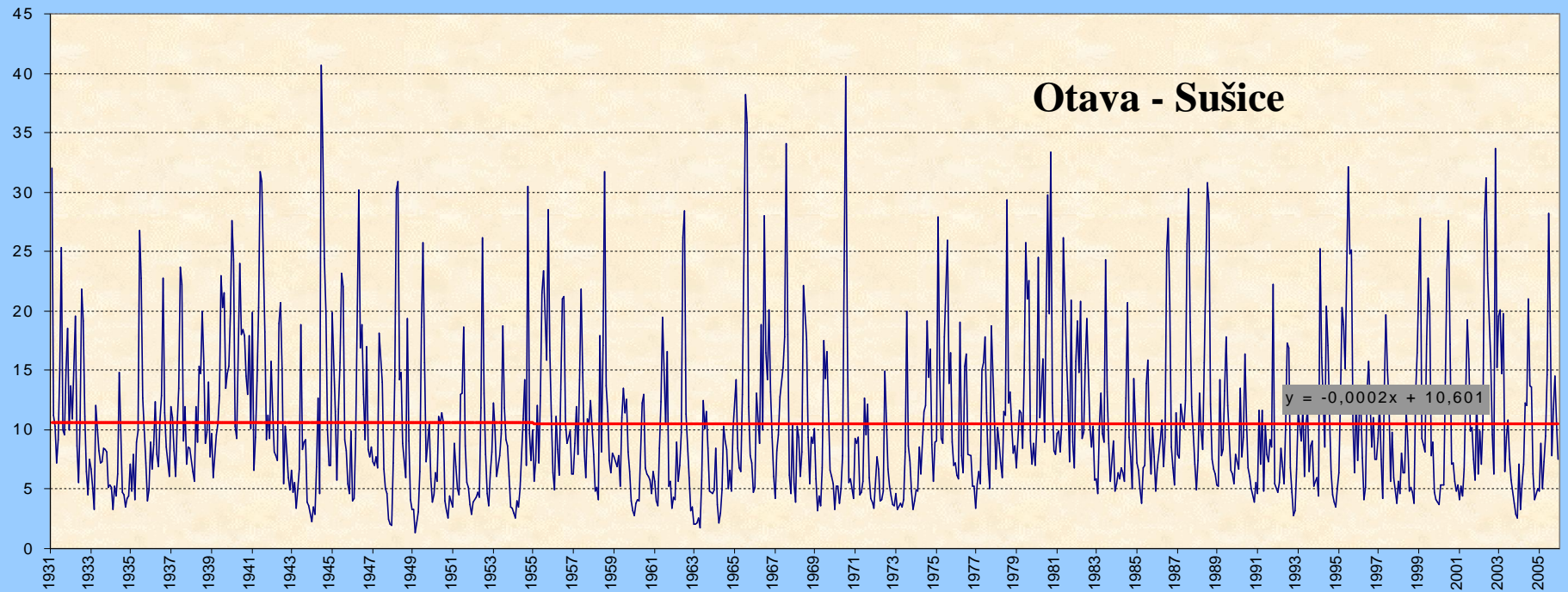
asi 45%  
roční srážky

**Trendy v režimu odtoku (globál, Evropa)  
regionálně se zvyšuje nebo snižuje  
většinou není kvantifikováno**

**Trendy režimu odtoku v ČR  
průměrné roční průtoky – není významný trend  
změna sezónního rozdělení – pokles jarních odtoků**

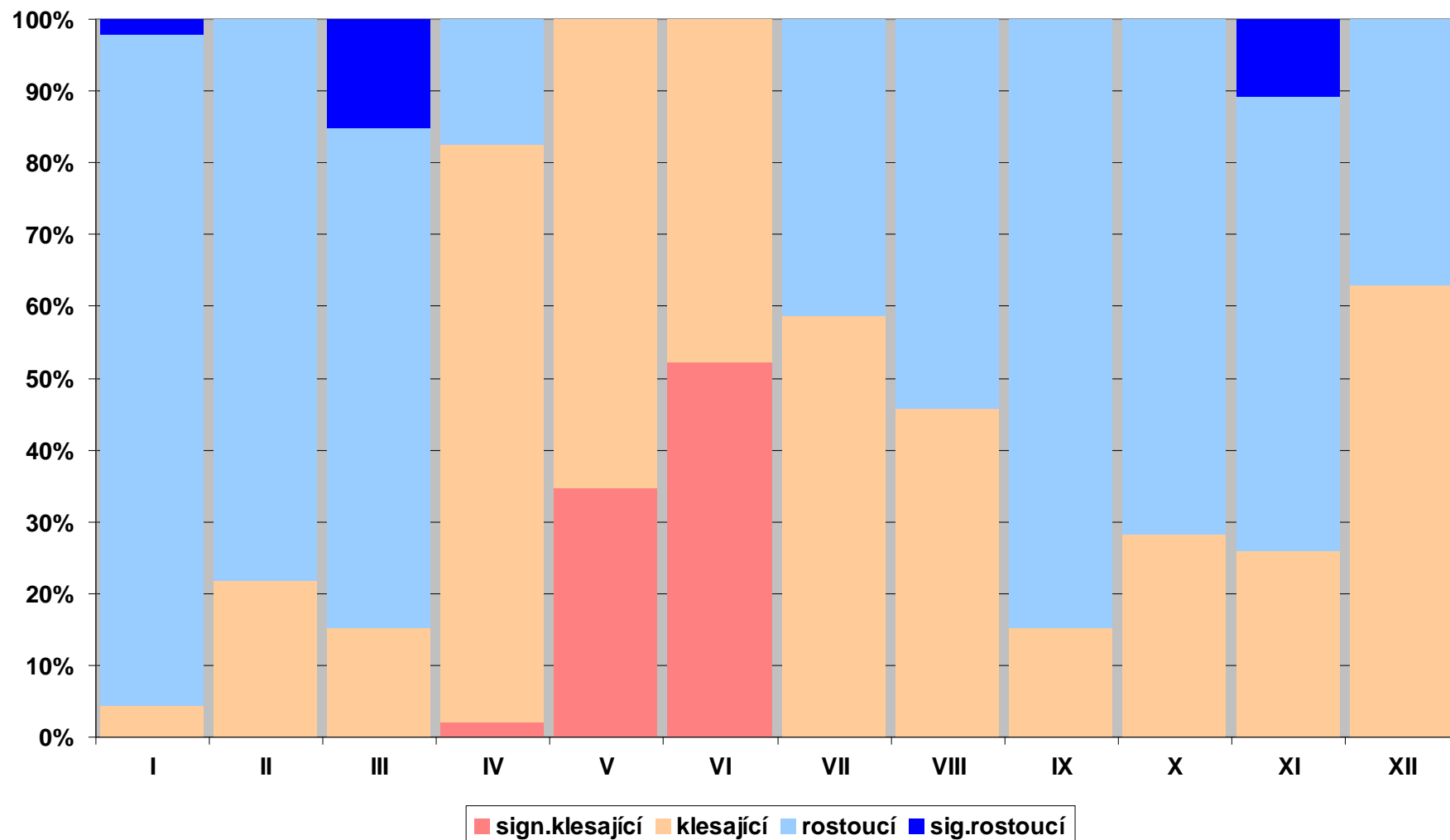
Vodní tok	Stanice	Období	DBC	Trend	Směrnice	Signifikance
Orlice	Klášteřec n.O.	1938-2005	0240	rostoucí	0,0005	NE
Otava	Sušice	1931-2005	1380	klesající	-0,0002	NE
Sázava	Zruč n.S.	1943-2005	1610	klesající	-0,00005	NE
Radbuza	Staňkov	1931-2005	1790	klesající	-0,00003	NE
Opava	Krnov	1953-2005	2630	klesající	-0,0004	NE
Mor.Dyje	Janov	1967-2005	4290	rostoucí	0,0005	NE

# Průměrné měsíční průtoky



### Trendy odtokového režimu

trendy měsíčních průtoků pro 46 vybraných stanic v ČR v období 1961 - 2005





### **Trendy extrémních odtoků - povodňových minimálních**

**problematické hledání trendů v krátkých časových řadách**

#### **Povodně globálně**

**za poslední dekádu 2x tolik povodní než 1950-80**

**5x více povodňových škod**

**„není jasný důkaz trendu ve výskytu povodní souvisejících s klimatem“**

**(IPCC AR4 WG2)**

#### **Povodně v ČR**

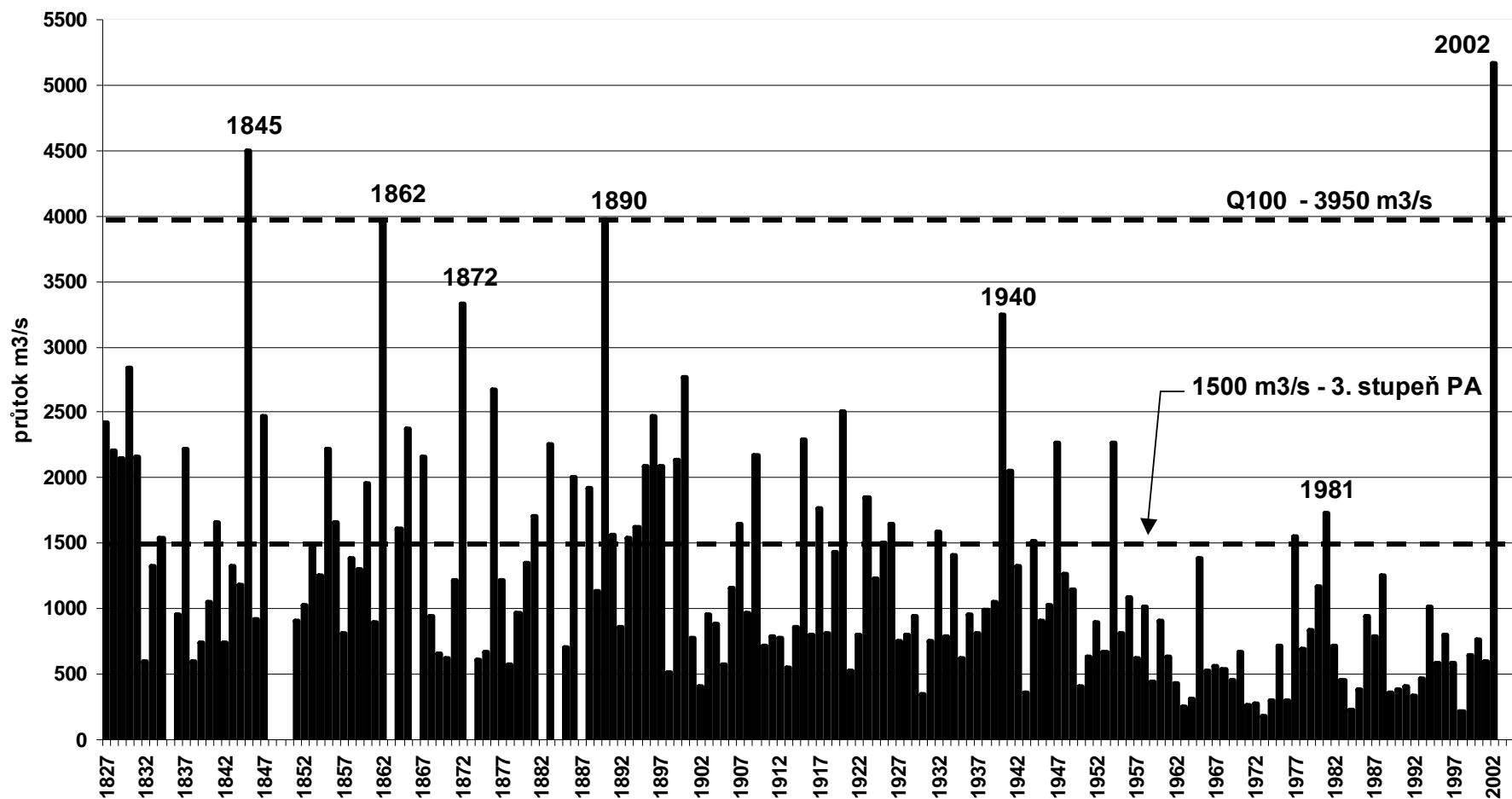
**častý výskyt velkých povodní koncem 19.století**

**malý výskyt povodní ve 2.polovině 20.století (do roku 1997)**

**častý výskyt povodní v posledních 10 letech (1997, 2000, 2002, 2006)**

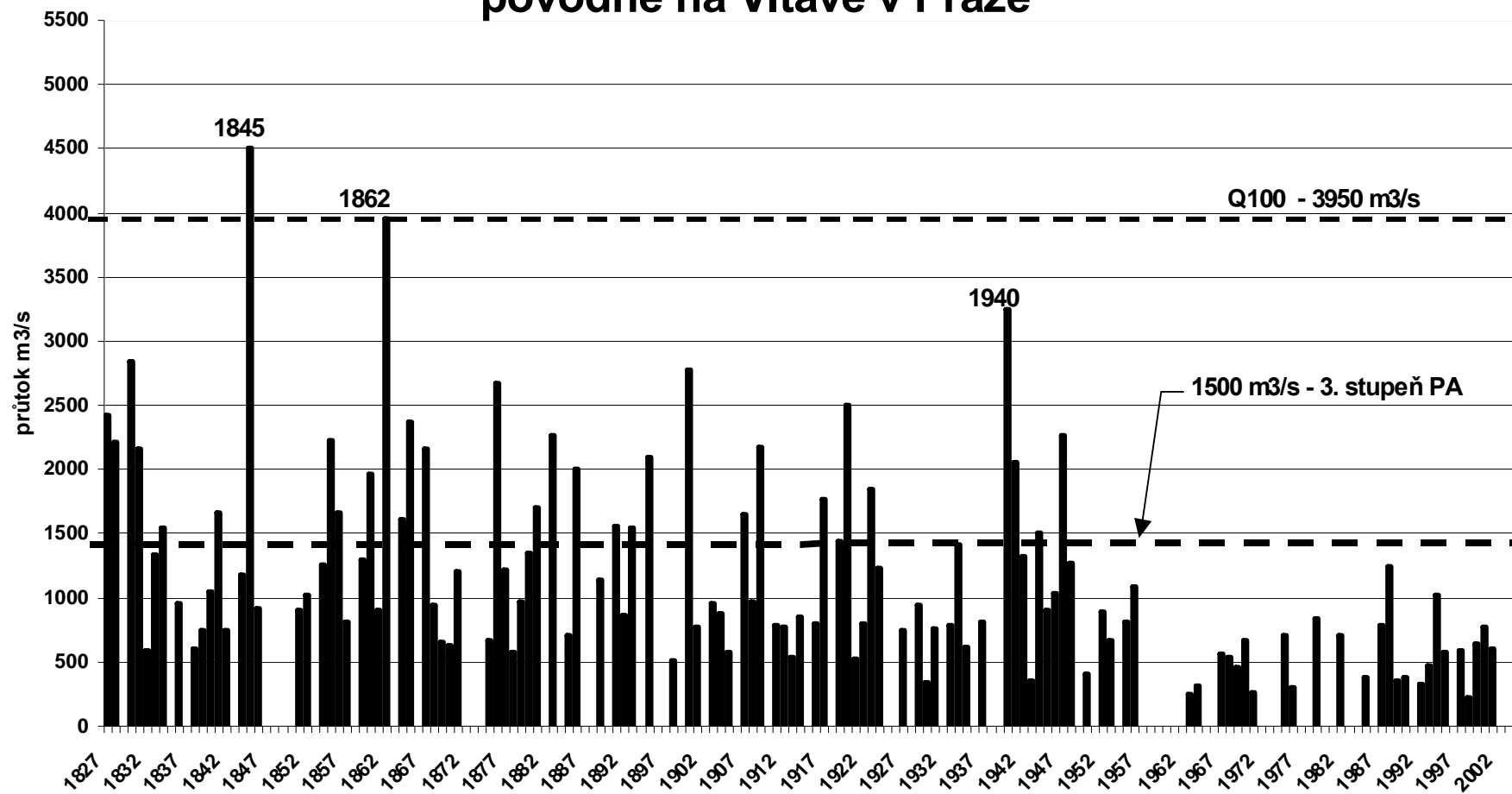
### Trendy povodňového režimu

Povodně na Vltavě v Praze



### Trendy povodňového režimu

#### Zimní a jarní povodně na Vltavě v Praze



**Projekce klimatické změny – emisní scénáře (4 základní skupiny)  
klimatické scénáře  
změny teploty vzduchu  
stoupání hladiny moří**

**Odhady dopadů na hydrosféru  
většinou ze scénářů středních - A1B, A2  
do roku 2030 stejný vývoj podle všech scénářů**

**vzestup hladiny moří  
snížení rozsahu ledovců  
snížení rozsahu sněhové pokrývky  
změna režimu srážek – celkové, sezónní, extrémní  
změna režimu odtoku – celkové, sezónní, extrémní  
dopady na množství a zabezpečení zdrojů vody  
dopady na kvalitu a ekologické funkce vody**

**Změna režimu srážek – příčinné faktory - teplota atmosféry  
množství vodní páry  
množství aerosolů**

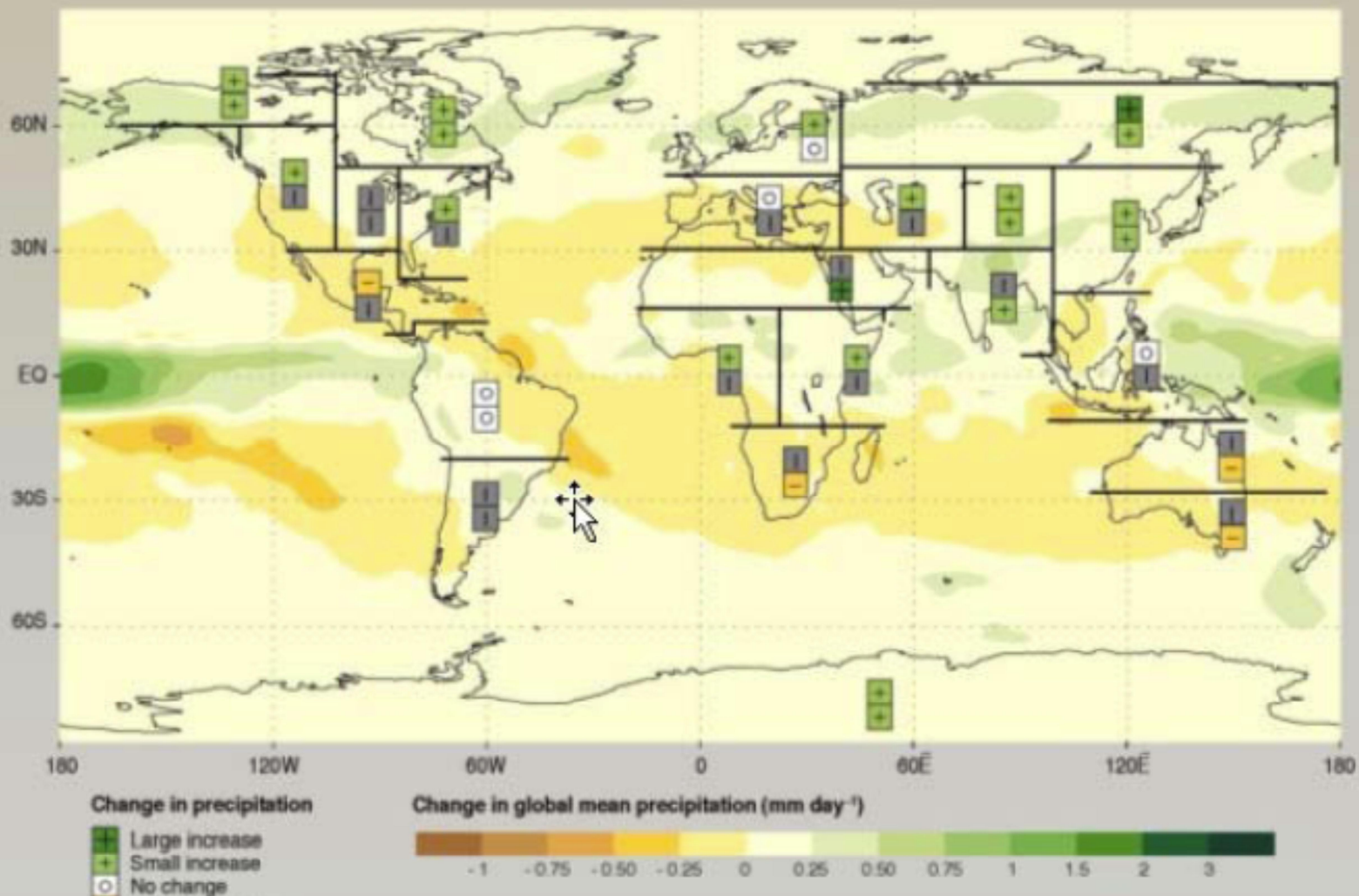
### Severní polokoule

**nárůst na severu a snížení na jihu  
neurčitost hranice mezi nárůstem a snížením  
zvýšení počtu a intenzity silných srážek**

#### Projekt Evropské Komise ACACIA

	<b>roční srážky 20.století</b>	<b>roční srážky 21.století</b>	<b>extrémy 21.století</b>
<b>Severní Evropa</b>	+ 10 až 40%	+1 až 2% za dekádu zimní i letní	int.srážky, v zimě nekvantifikováno
<b>Střední Evropa</b>	malé zvýšení – západ malé snížení – východ	změny malé, nejasné	int.srážky, v zimě riziko sucha
<b>Jižní Evropa</b>	- 20%	- 5% za dekádu, letní malé snížení, zimní	int.srážky, v zimě riziko sucha

### Change in precipitation for scenario B2



## Modelování vlivu klimatických změn na hydrologický režim v ČR

regionální scénáře MFF UUK - 2001 ECHAM4

EC1L, EC1H

- 2005 HIRHAM (orografie)

RCAO (není orografie)

scénáře emisí A2, B2

hydrologické modelování VÚV TGM – 2003 pro 50 profilů na tocích ČR

- 2005 pro povodí Labe po Děčín

### Hydrologický model BILAN

konceptuální model, hydrologická bilance v měsíčním kroku

složky hydrologické bilance (srážka, evapotranspirace, změna zásoby  
podzemní vody, odtok,)

### Hydrologický model SAC-SMA

konceptuální model v denním kroku, simulace extrémních průtoků



## Modelované dopady klimatických změn na hydrologický režim ČR

### Výpar

Potenciální evapotranspirace se zvětší výrazně.

Územní výpar se zvětší, vlivem omezeného množství srážek ve vegetačním období méně výrazně

### Průměrné průtoky

celoroční odtok se sníží ve všech povodích

v jarních, letních a podzimních měsících poklesne výrazně  
(EC1L: 80-90%, EC2H: 60-70%)

v zimních měsících poklesne méně výrazně nebo vzroste

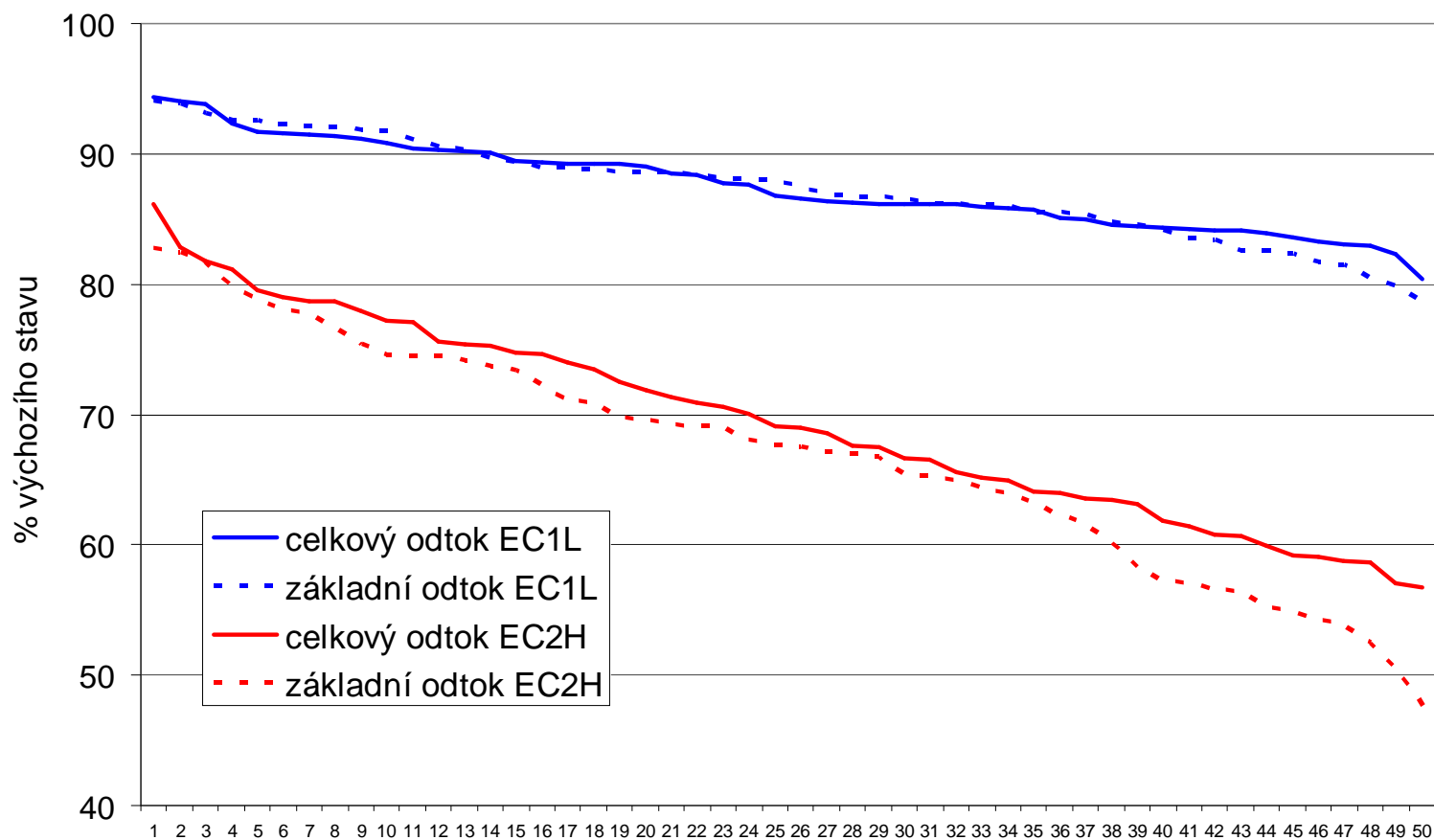
### Minimální průtoky

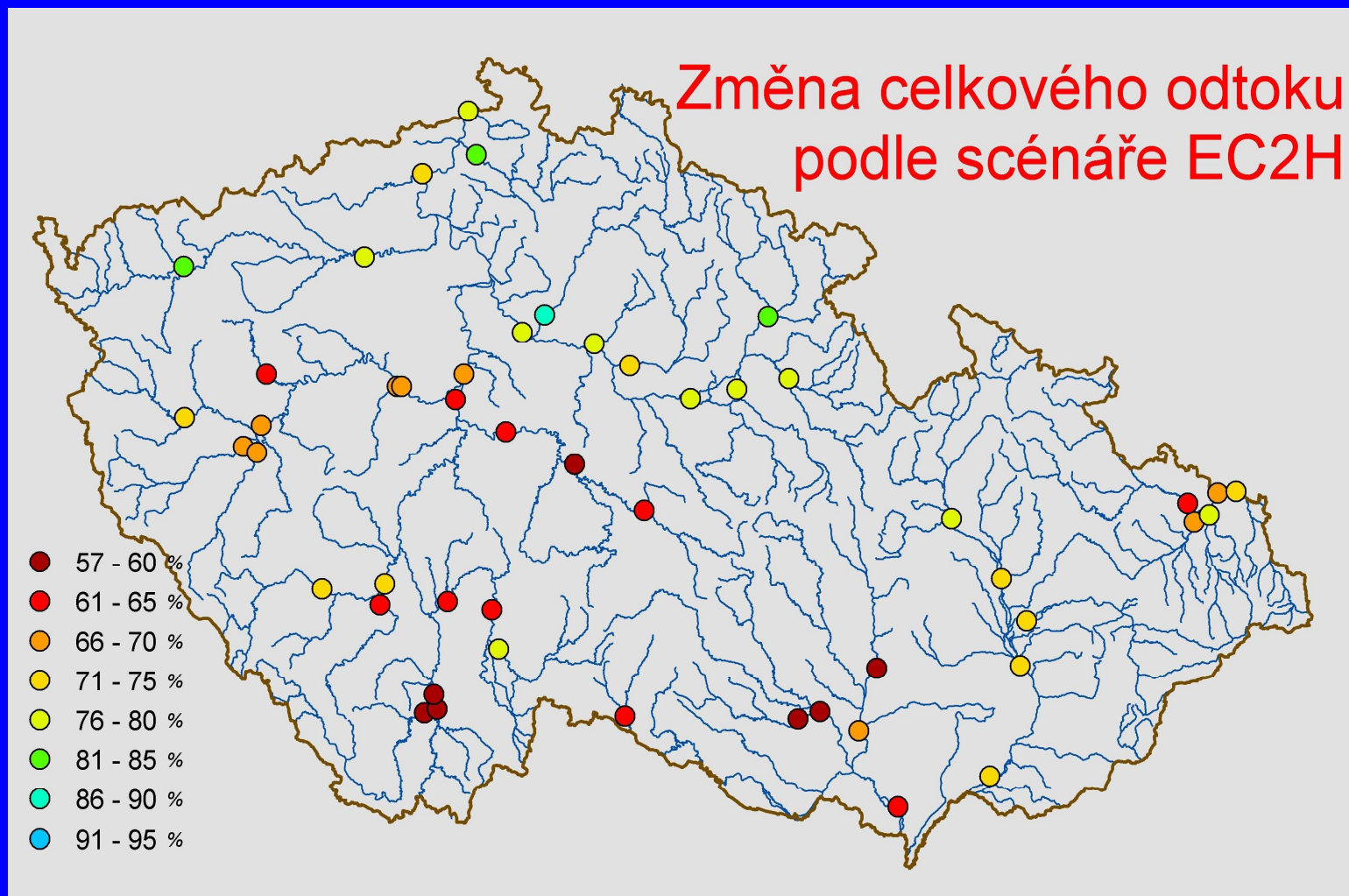
kromě zimních měsíců poklesnou minima velmi podstatně

(EC1L: 70%, EC2H 40%)

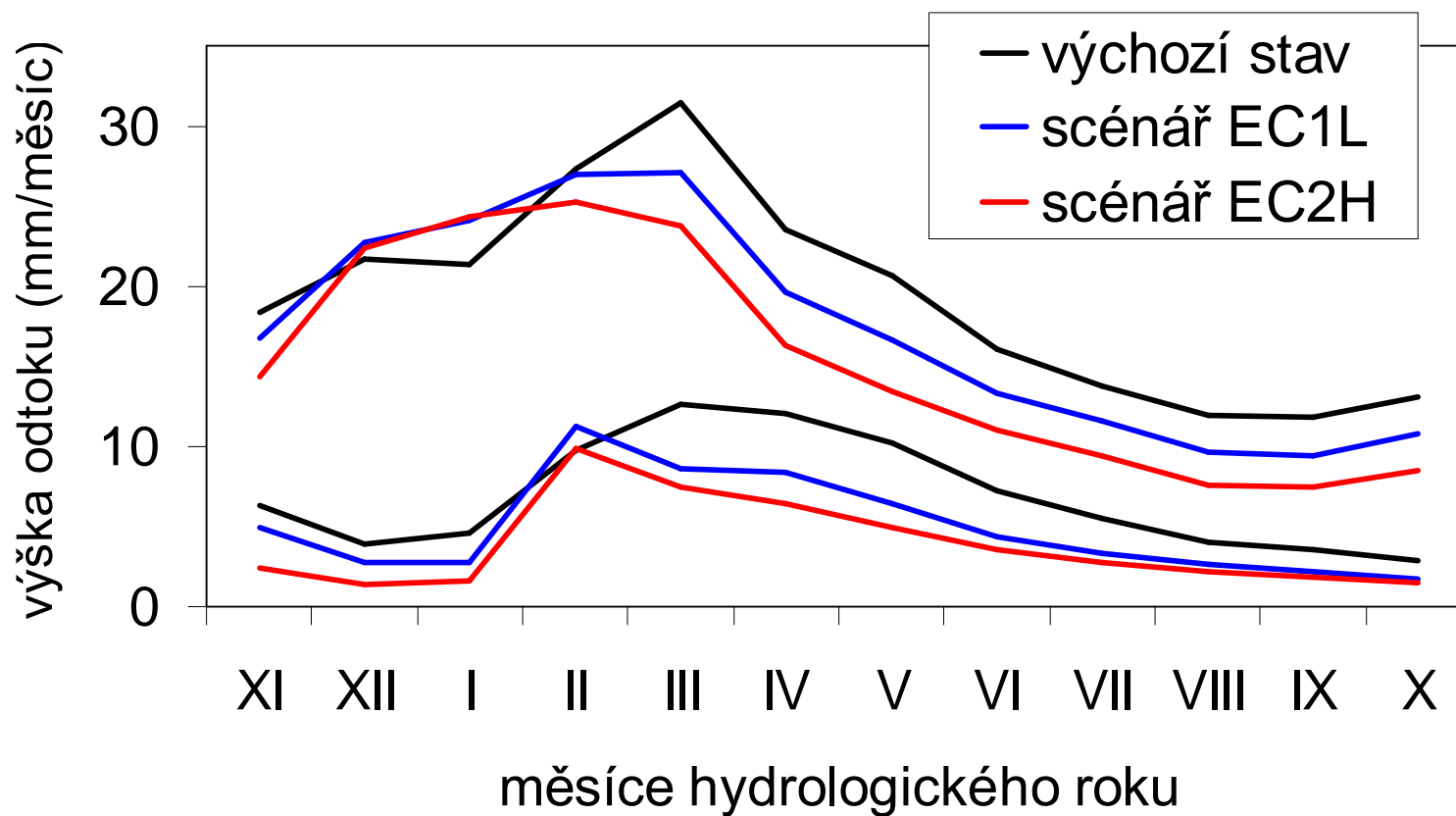
vyskytují se i poklesy do 15% původní hodnoty (srpen, povodí Moravy)

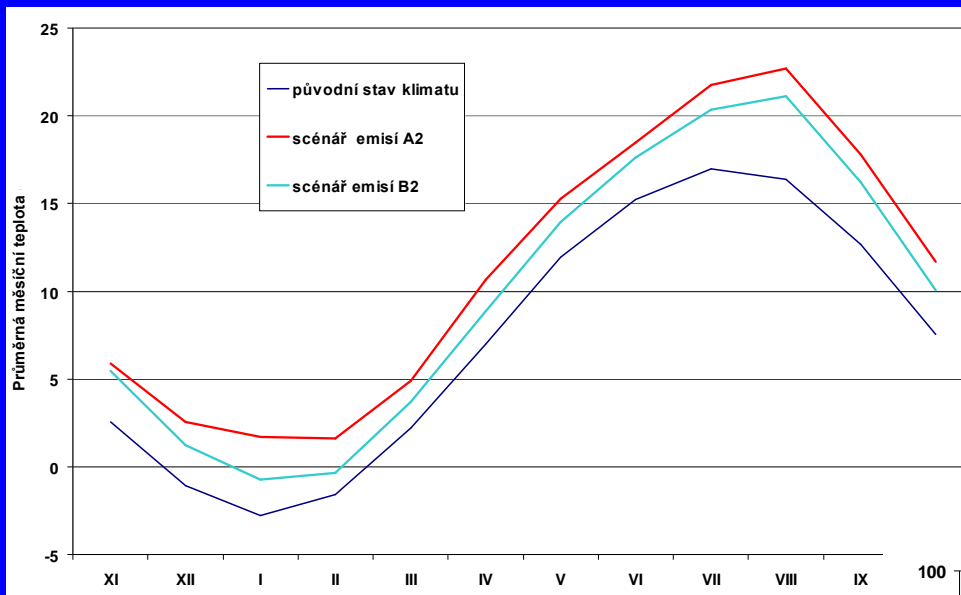
### Celkový a základní odtok při změně klimatu podle scénářů EC1L a EC2H





Průměry a minima měsíčních výšek odtoku.  
Povodí Labe po Brandýs.



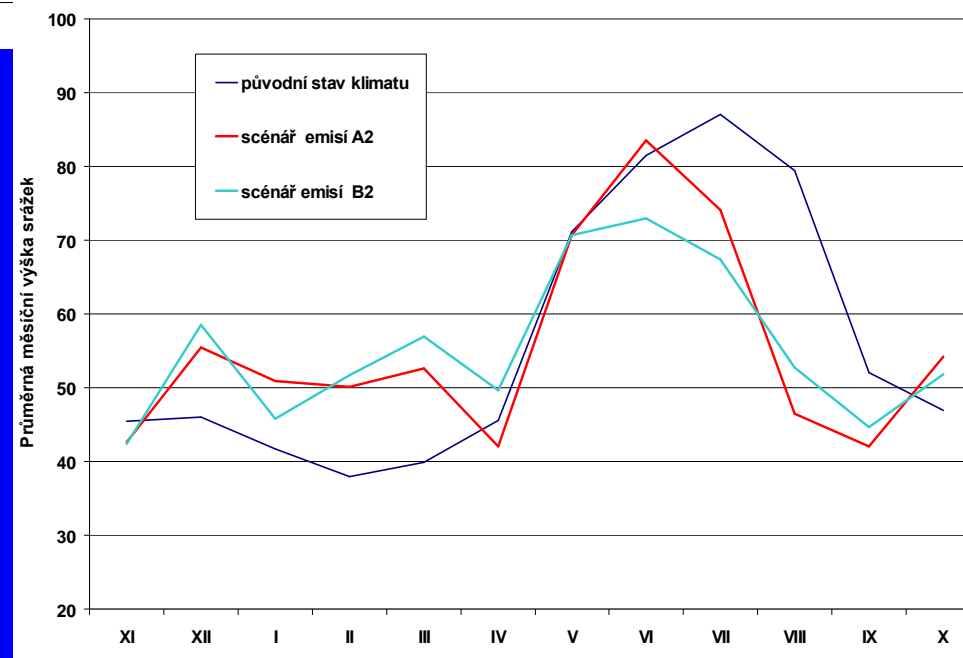


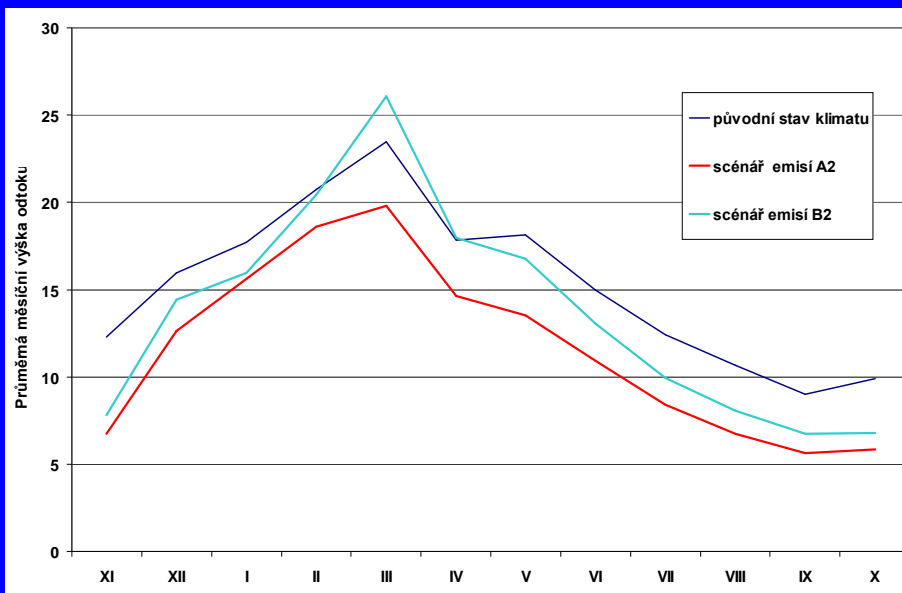
### Povodí Labe po Děčín regionální scénáře RCAO (2050-2100)

Změna teploty vzduchu -  
průměrné teploty na povodí

Změna režimu srážek -  
průměrné srážky na povodí

Zdroj: VÚV - Kašpárek



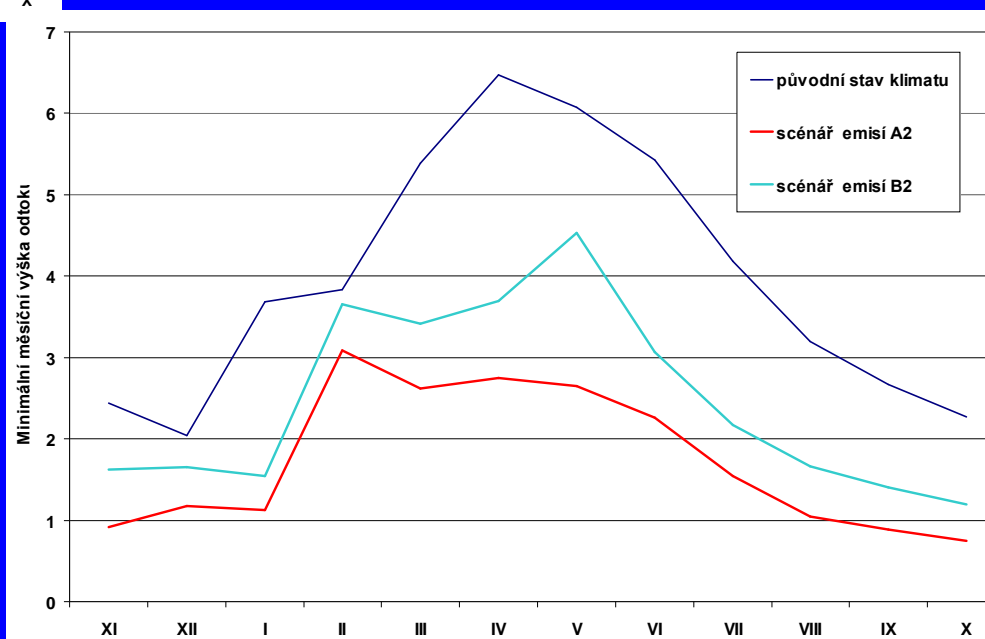


### Povodí Labe po Děčín regionální scénáře RCAO (2050-2100)

Změna odtokového režimu -  
průměrný měsíční odtok

Změna odtokového režimu -  
minimální měsíční odtok

Zdroj: VÚV - Kašpárek

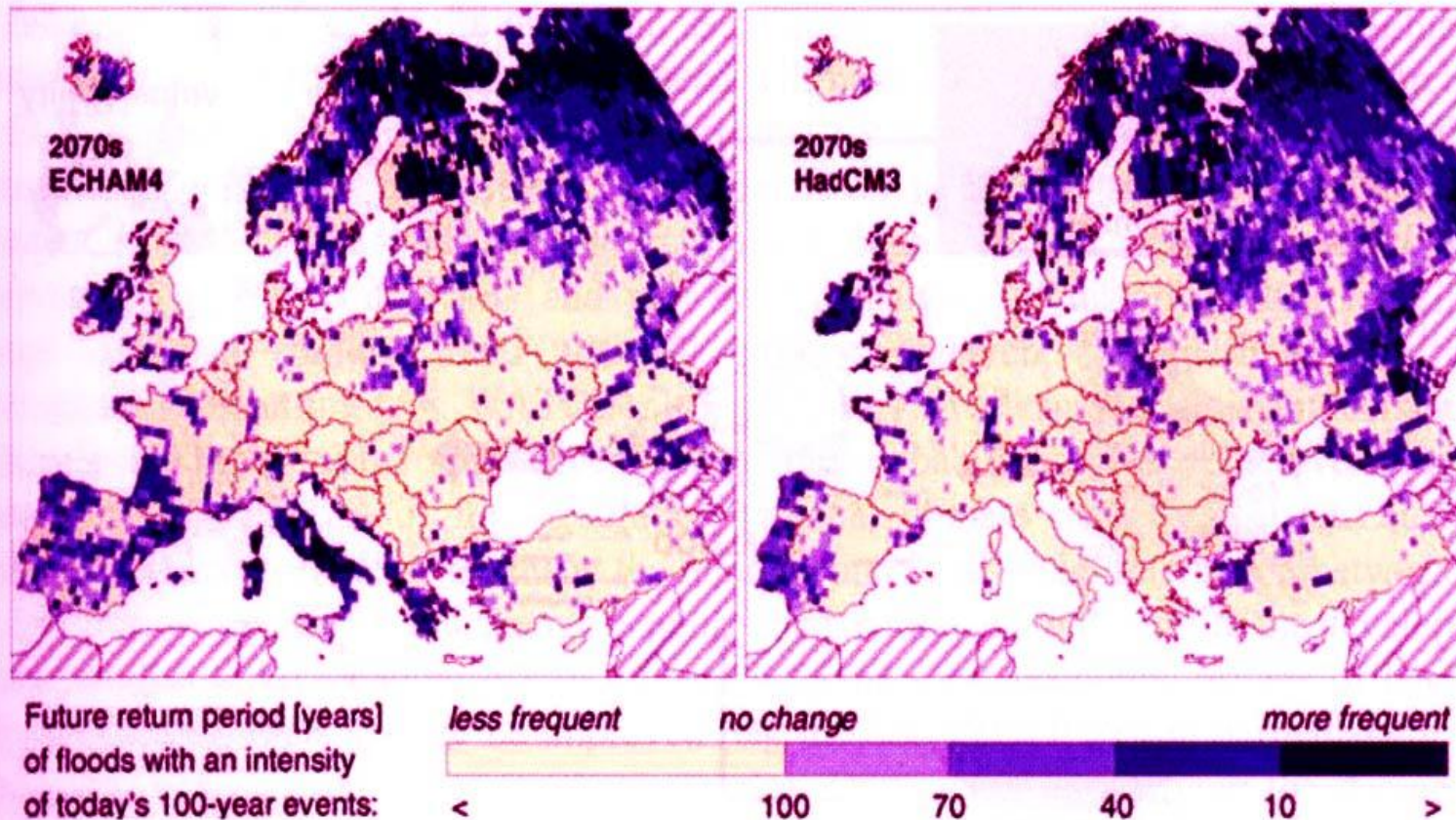


## Odhad vlivu očekávané klimatické změny na frekvenci výskytu a velikost povodní a sucha

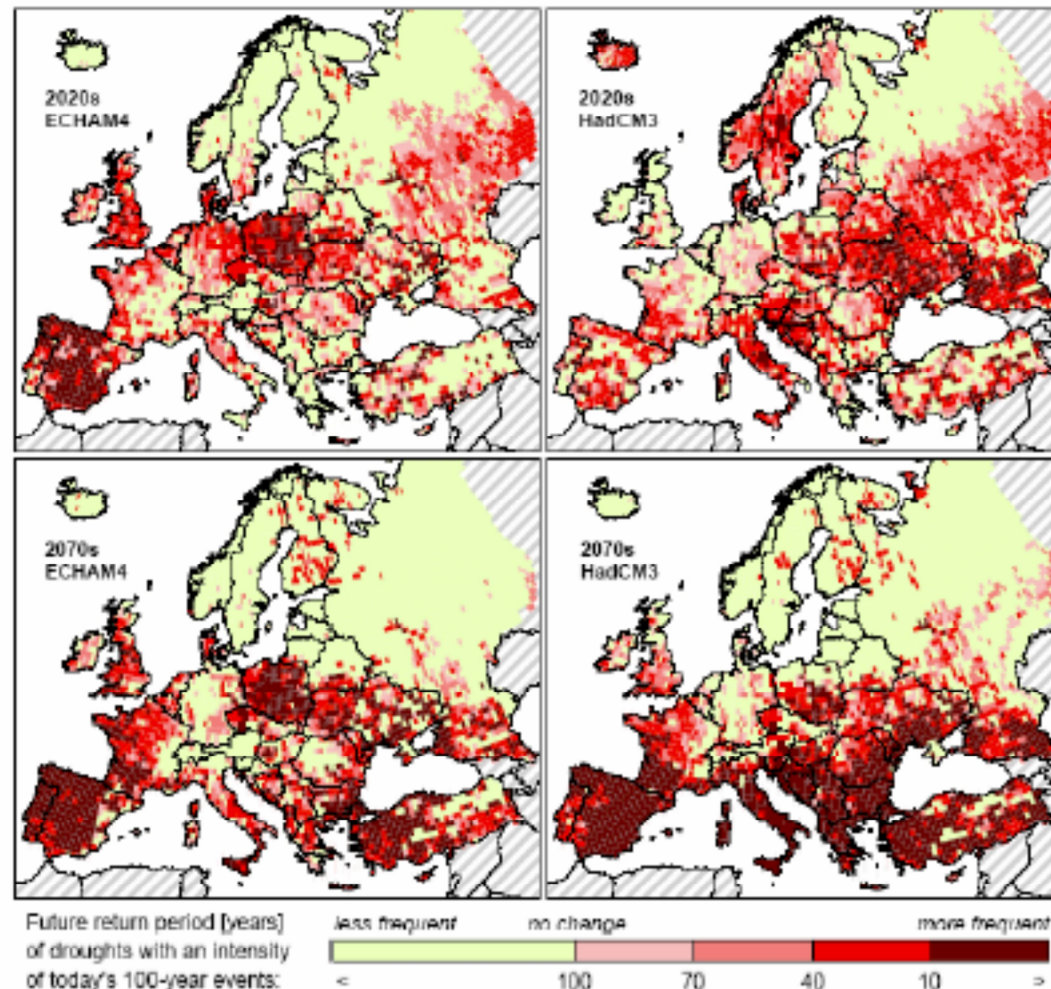
?

- snížení zásob vody ve sněhu
- přerušování zimy vloženými obdobími tání
- změny v množství a rozložení srážek
- nejsou dány scénáře změny srážkové intenzity
- nárůst evapotranspirace





**Figure 2.** Change in recurrence of 100-year floods, based on comparisons between today's climate and water use (1961-1990) and simulations for the 2020s and 2070s (ECHAM4 and HadCM3 climate models and Baseline-A water use scenario). Values calculated with WaterGAP 2.1. (from Lehner et al., 2006).



*Figure 3.6: Change in recurrence of 100-year droughts, based on comparisons between climate and water use of 1961-90 and simulations for the 2020s and 2070s (ECHAM4 and HadCM3 climate models, emissions scenario IS92a and a business-as-usual water use scenario). Values calculated with the model WaterGAP 2.1 (Lehner et al., 2005b).*



## Změna povodňového režimu globální klimatické modely

nesimulují krátkodobé události (intenzivní srážky)

nesimulují plošně lokalizované události

nesimulují dostatečné dlouhé období (dostatečný počet realizací extrémů s nízkou pravděpodobností výskytu)

presentovány verbální závěry bez kvantifikace

## regionální klimatické modely pro ČR se uvažuje

zimní povodně se zvýší

jarní povodně se sníží a posunou k zimě

letní povodně se příliš nezmění

možné zvýšení výskytu lokálních přívalových povodní

podzimní povodně se spíše sníží (po suchém létě)

## Potřeba pokračování výzkumu v ČR

- zohlednění poznatků ze 4. hodnotící zprávy IPCC
- aktualizace globálních a regionálních klimatických scénářů
- systém dlouhodobého sledování dopadů klimatické změny
- odhady výskytu a variability extrémních povětrnostních a hydrologických jevů
- upřesnění dopadů klimatické změny na sektory voda- lesnictví-zemědělství
- posouzení možných adaptačních opatření

Nový projekt v resortním programu výzkumu MŽP

**„Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“**

Termín 2007 – 2011

Koordinátor: Český hydrometeorologický ústav

Spoluřešitelé: Matematicko-fyzikální fakulta University Karlovy

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka

Ústav systémové biologie a ekologie AV ČR

Výzkumný ústav rostlinné výroby

Nový projekt v resortním programu výzkumu MŽP

## **„Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“**

*DP 01 Zpřesnění a aktualizace regionálních scénářů klimatické změny*

*DP 02 Dopady změny klimatu na hydrologickou bilanci a vodní zdroje a návrhy adaptačních opatření v sektoru vodního hospodářství*

*DP 03 Dopady změny klimatu na extrémní hydrologické jevy*

*DP 04 Dopady změny klimatu a návrhy adaptačních opatření v zemědělství*

*DP 05 Dopady změny klimatu a návrhy adaptačních opatření v lesním hospodářství*

*DP 06 Syntéza dopadů změny klimatu a vlivu adaptačních opatření v ČR a odhad ekonomických nákladů*

## Změna klimatu = Hydrologická výzva

Zohlednění nestacionarity hydrologického režimu  
Zpracování a poskytování hydrologických charakteristik,  
které budou vyjadřovat budoucí hydrologické poměry,  
a budou podkladem pro návrh adaptačních opatření

