

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M.

# **Prognóza kapacity vodních zdrojů v České republice v dlouhodobém výhledu**

Ladislav Kašpárek

# Výzkum dopadů klimatické změny na hydrologii – hlavní projekty:

1995 – Country Studies Program – financovaný USA

1997 – účast na projektu Evropské komise

1997, 2002 Národní klimatický program ČR

2003 – Projekt MŽP „Vliv klimatických změn na množství a kvalitu vodních zdrojů a na hydrologické poměry v ČR“

2005 – Subprojekt Výzkumného záměru řešeného ve VÚV T.G.M.

Pro modelování vlivu klimatických změn na hydrologické poměry jsou rozhodujícím vstupem **scénáře klimatické změny**.

Ty jsou založeny na Modelech globální cirkulace atmosféra-oceán, z nich se odvozují regionální klimatické modely.

Scénáře se liší podle použitého modelu, zejména podle **scénáře vývoje emisí** a zvolené časové úrovně.

**Scénáře klimatické změny jsou používány podle doporučení Mezinárodního panelu pro klimatickou změnu (IPCC).**

**Značná nejistota scénářů klimatické změny je dána:**

**velkým rozmezím odhadů možného vývoje emisí skleníkových plynů,  
nejistotou podílu vlivu jejich nárůstu na globálním oteplování v porovnání s přirozeným kolísáním klimatu.**

**Pro modelování vlivu změn klimatu na hydrologický režim jsou nejpodstatnější scénáře:**

**změn teploty vzduchu**

**změn úhrnů srážek,**

**jsou k dispozici simulace v denním kroku, používají se zejména přepočtené na roční chod změn v měsíčním kroku.**

**Teplotní poměry modely vystihují poměrně dobře, srážkové poměry, na kterých vodní zdroje závisí nejvíce, se zatím nedaří modelovat dostatečně věrně.**

# Regionální scénáře klimatické změny z roku 2005 HIRHAM a RCAO

Zpracovala Matematicko – fyzikální fakulta  
UK, katedra meteorologie a ochrany  
prostředí,

podle výsledků projektu Evropské komise  
PRUDENCE,

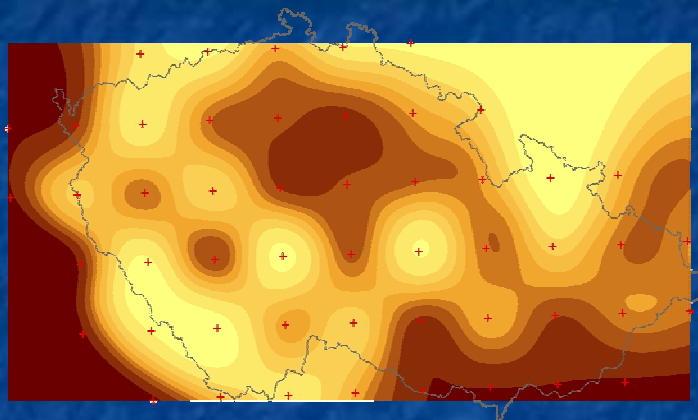
pro časovou úroveň 2071-2100, scénáře emisí  
SRES A2 a SRES B2

v gridech 50x 50 km

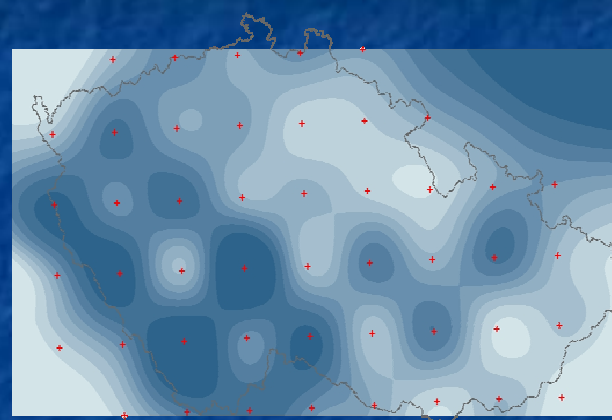
Scénář **HIRHAM** řízený globálním modelem ECHAM4/OPYC navazuje na scénáře ECHAM z roku 2000, zpracované pro časovou úroveň 2050

Scénář **HIRHAM** jeví vliv orografie. V nížinách nastává v létě větší oteplení než v hornatých oblastech, v zimě se spíše naopak nížiny méně oteplují než hory. Srážky v létě klesají výrazněji v nížinách než v hornatých oblastech. V zimě se srážky v nížinách zvyšují více než na horách.

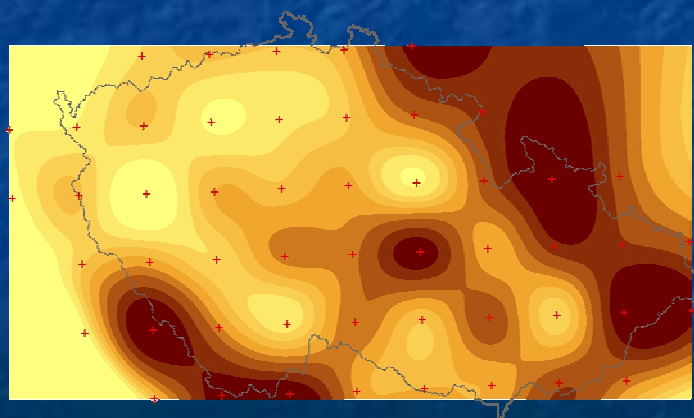
# Regionální variabilita dle modelu HIRHAM



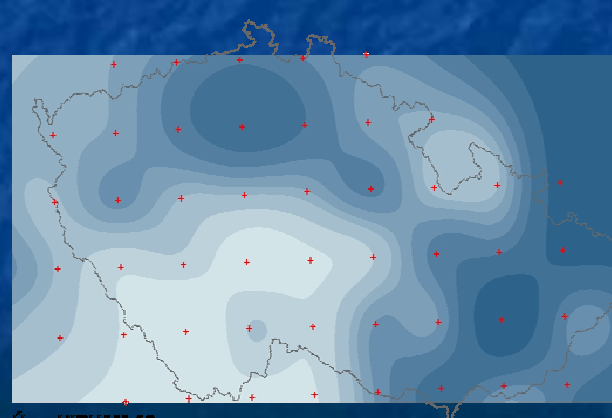
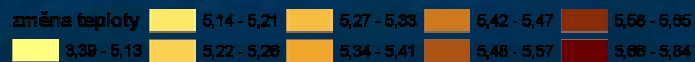
Srpen HIRHAM A2



Srpen HIRHAM A2



Březen HIRHAM A2



Únor HIRHAM A2

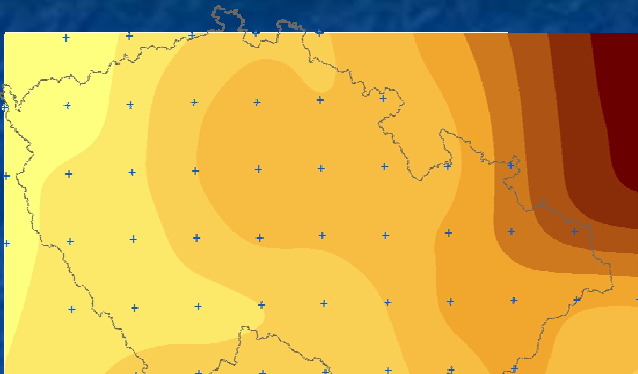




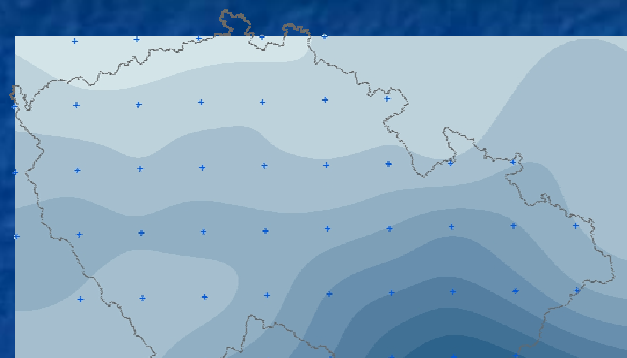
Scénář **RCAO** řízený globálním modelem HadAM3H navazuje na předcházející scénáře z Hadleyova centra.

Scénář **RCAO** vliv orografie v měřítku ČR nevyjadřuje. Gradienty změn klimatických charakteristik podle modelu RCAO probíhají ve směrech sever-jih a západ-východ. Změna teploty v létě narůstá od severu k jihu. V zimě narůstá změna teploty od západu k východu.

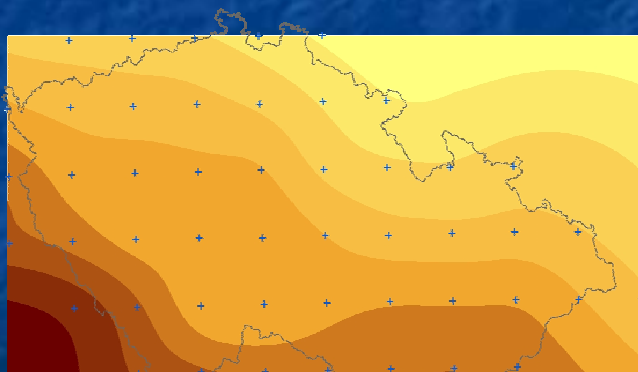
# Regionální variabilita dle modelu RCAO



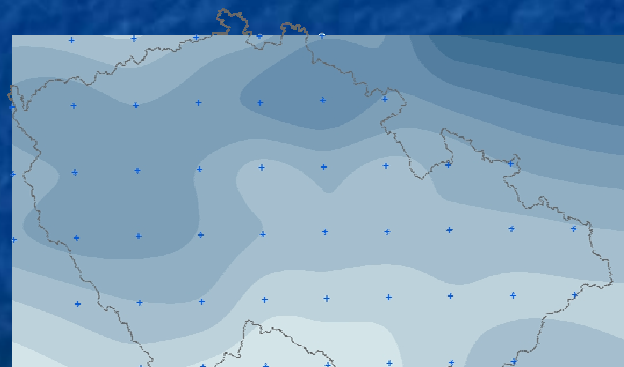
Leden RCAO A2



Únor RCAO A2



Srpen RCAO A2

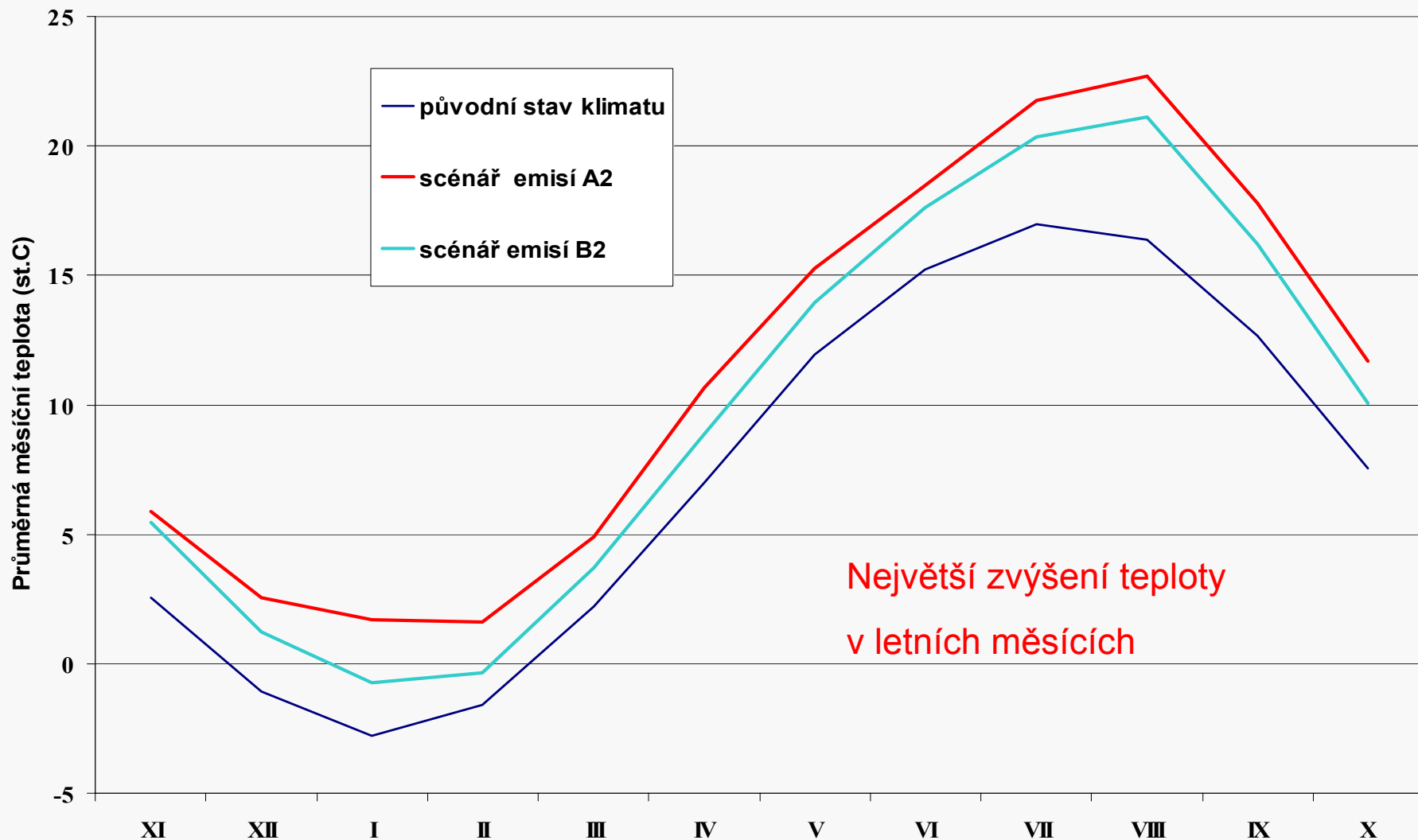


Srpen RCAO A2



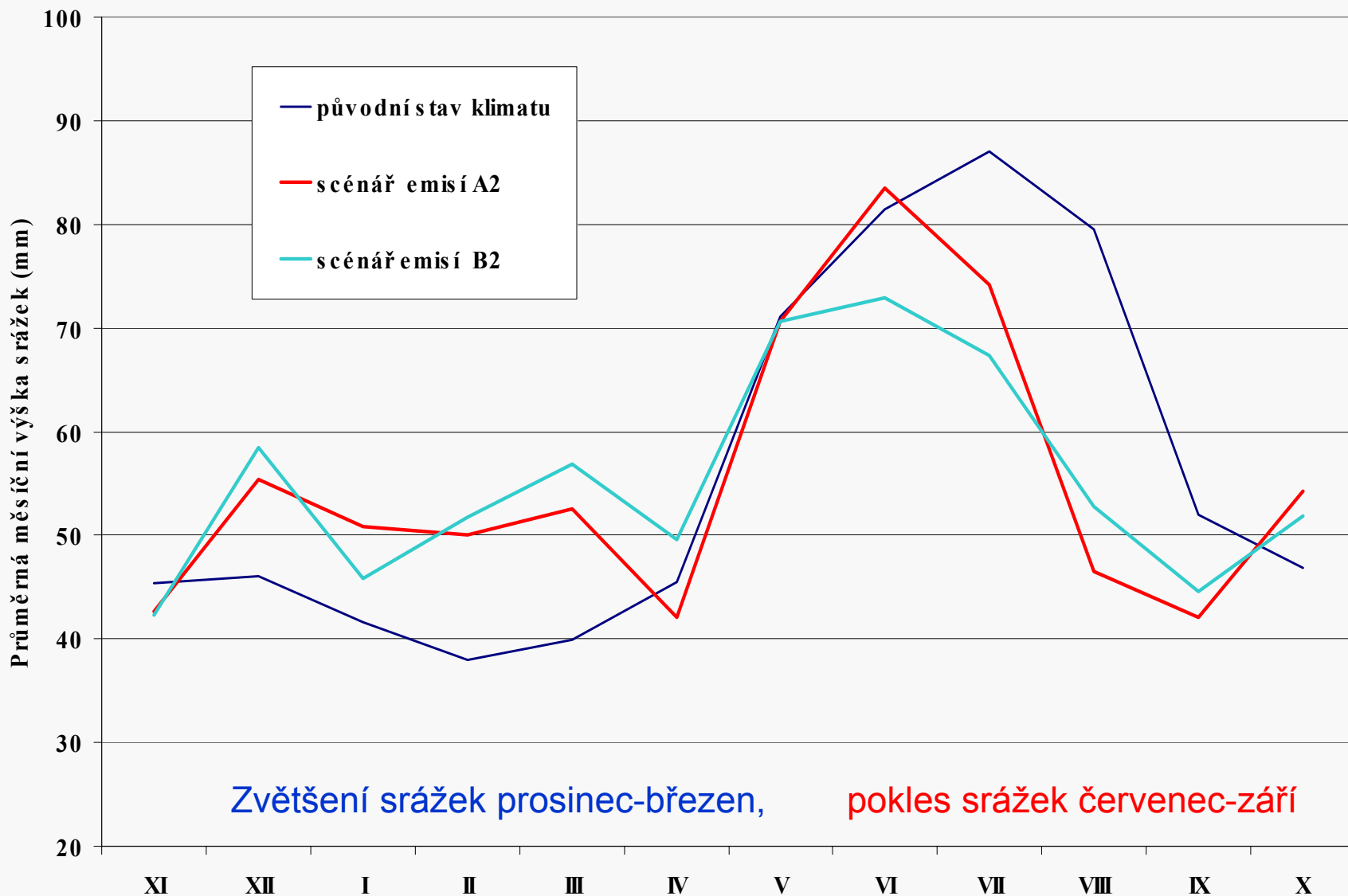
# Povodí Labe po Děčín, regionální scénář RCAO (2071-2100)

## Teplota vzduchu - měsíční průměry na povodí



# Povodí Labe po Děčín, regionální scénář RCAO (2071-2100)

## Srážky – průměrné měsíční výšky na povodí

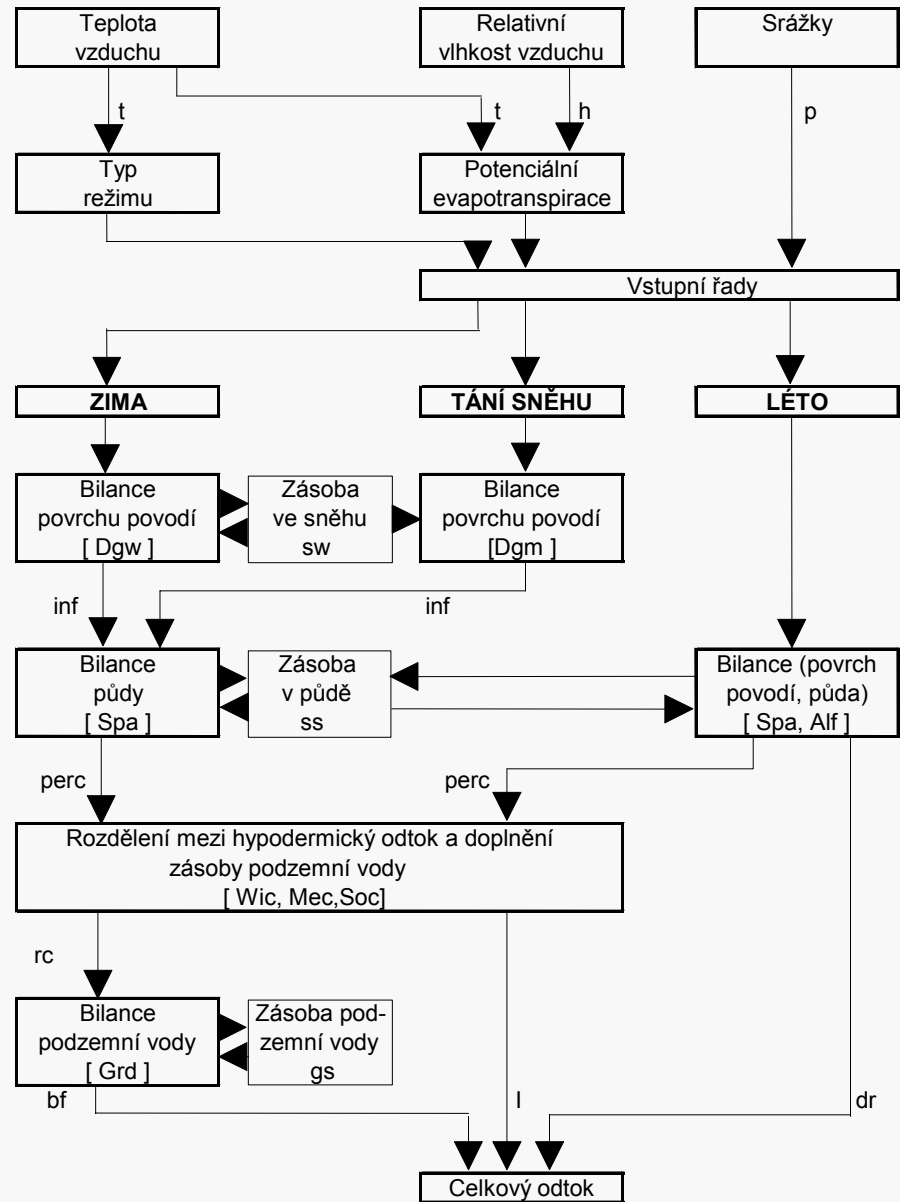


## Postup hydrologických výpočtů:

1. Pozorované řady srážek, teplot a vlhkostí vzduchu se upraví o změny udávané scénáři.
2. Na základě pozorovaných (neupravených) řad se optimalizací stanoví parametry hydrologického modelu povodí.
3. Za použití těchto parametrů se modelem provede výpočet složek hydrologické bilance pro scénáři upravené vstupní řady.
4. Porovnání výchozího stavu a předpovídaného stavu.

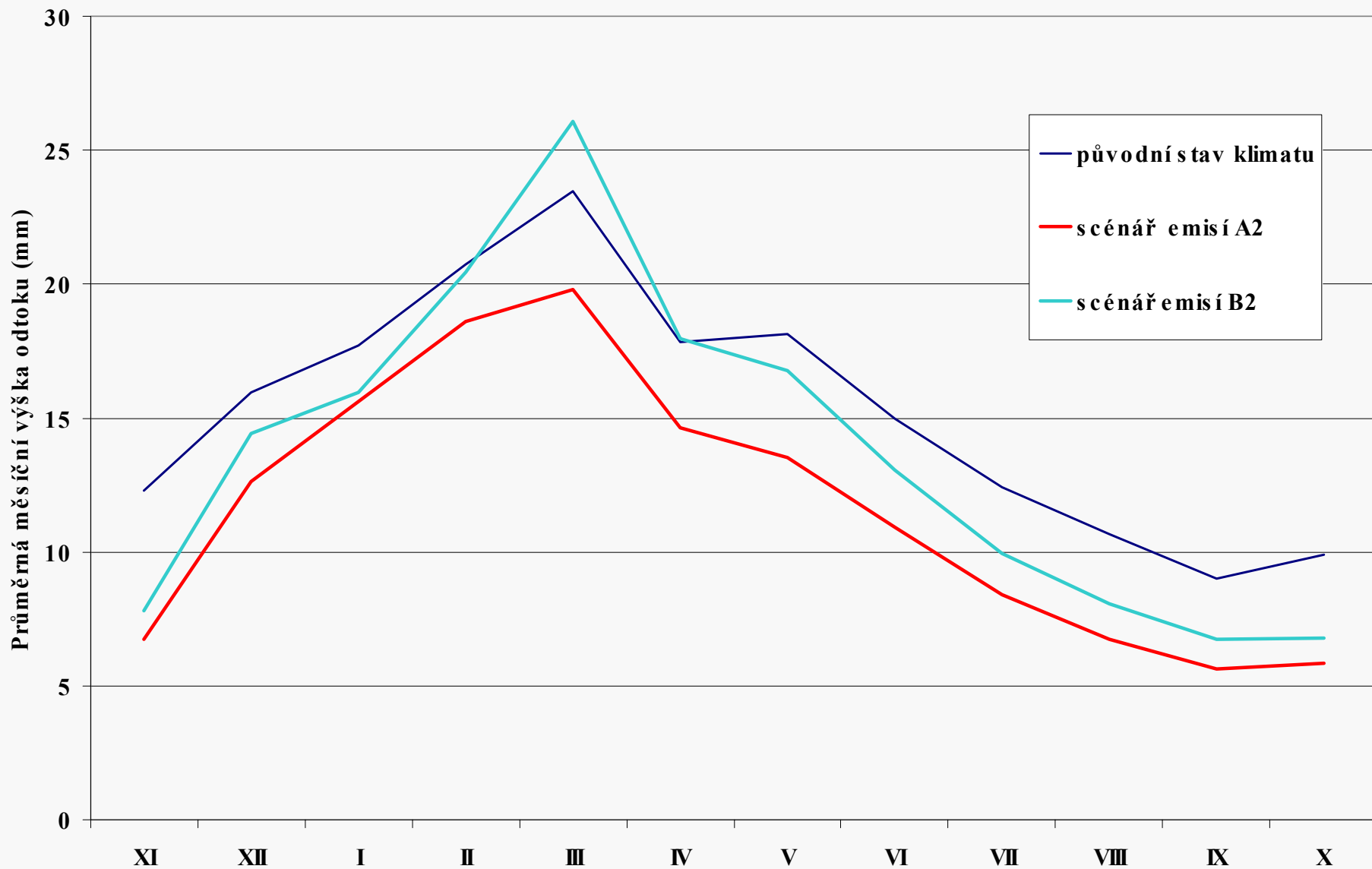
# Hydrologické modelování – model BILAN

Tallaksen, L., Lannen, H.  
(editors) 2004. Hydrological  
drought - processes and  
estimation methods for  
streamflow and  
groundwater.  
Developments in water  
science, 48, Elsevier.



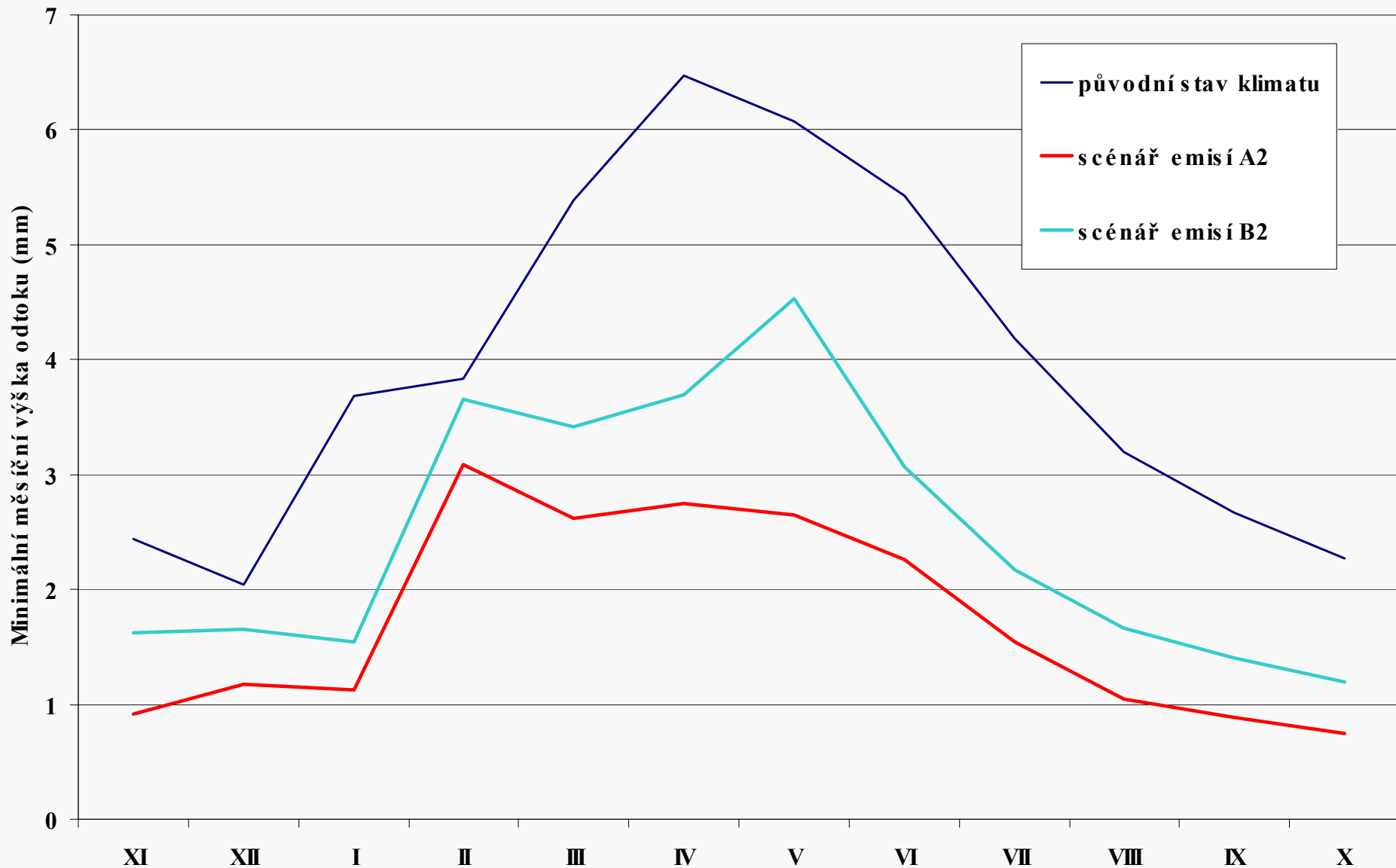
# Povodí Labe po Děčín, regionální scénáře RCAO (2071-2100)

## Průměrné měsíční výšky odtoku



# Povodí Labe po Děčín, regionální scénáře RCAO (2071-2100)

## Minimální měsíční výšky odtoku





## Příčina poklesu průtoků:

- podstatné zvětšení potenciálního výparu
- změna sezónního rozložení srážek (zvětšení v zimě, pokles v létě) vede ke
- **zvětšení výparu** vždy, když je voda ze srážek a z půdní zásoby k dispozici
- k podstatnému **omezení odtoku v letních a podzimních měsících**, kdy velmi často potenciální výpar je větší než srážky.

**Výsledky získané pro povodí Labe po Děčín jako jeden celek jsou orientační – klimatické i hydrologické podmínky v dílčích částech ČR jsou velmi rozmanité.**

**Dále uvedené výsledky regionální studie ukazují na značné rozdíly dopadu klimatické změny v regionálním měřítku.**

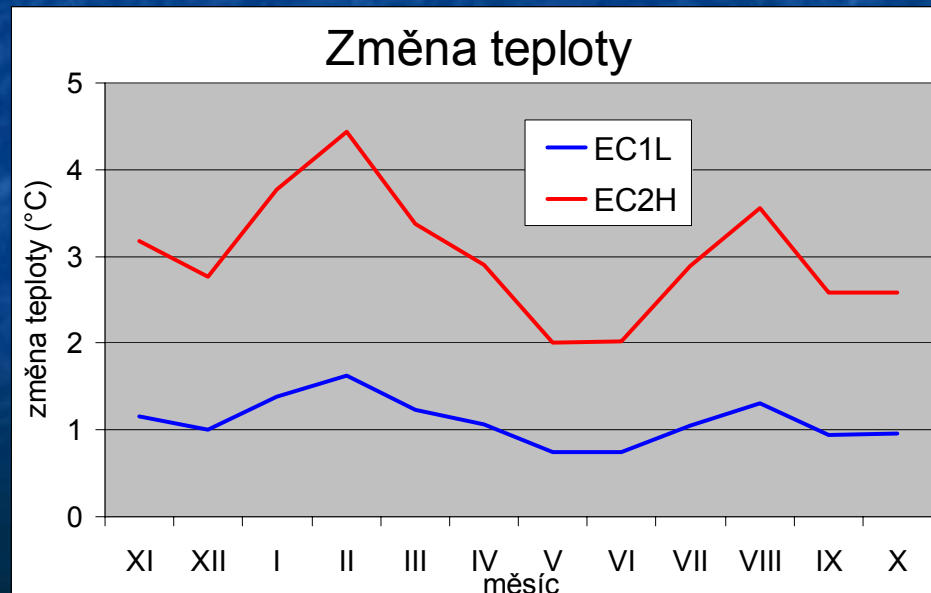
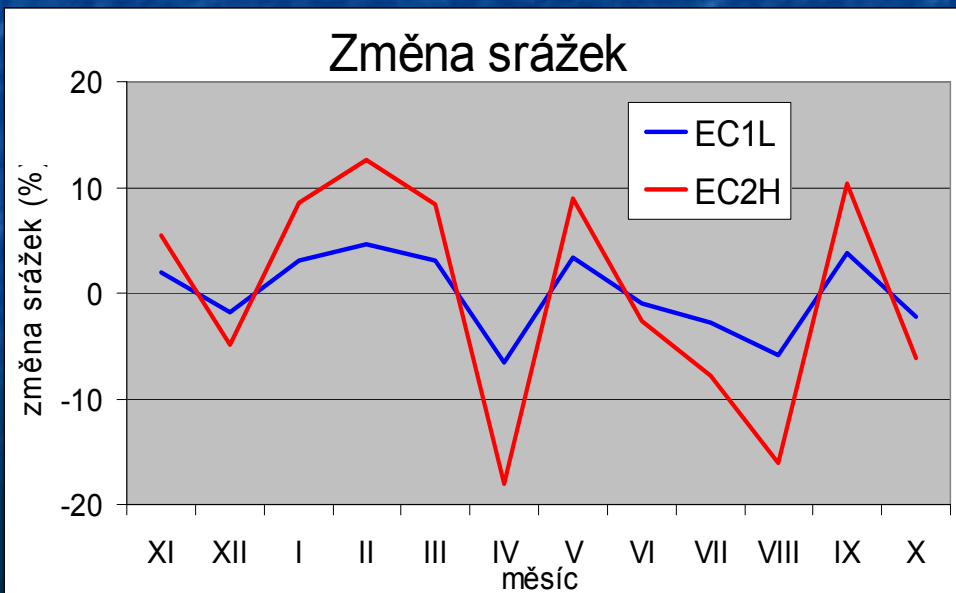
Z osmi scénářů pro úroveň roku 2050 (Kalvová, 2000) byly vybrány dva – vymezují předpokládané rozmezí změn.

Scénáře, označené EC1L a EC2H udávají

změny srážek, teploty a vlhkosti vzduchu

➤ pro jednotlivé měsíce v roce,

➤ stejné pro území celé ČR.



Vstupní data:

z 50 profilů na větších tocích v ČR

za období 1971 – 2002

časové řady v měsíčním kroku.

# Změny dlouhodobých průměrů

## Výpar

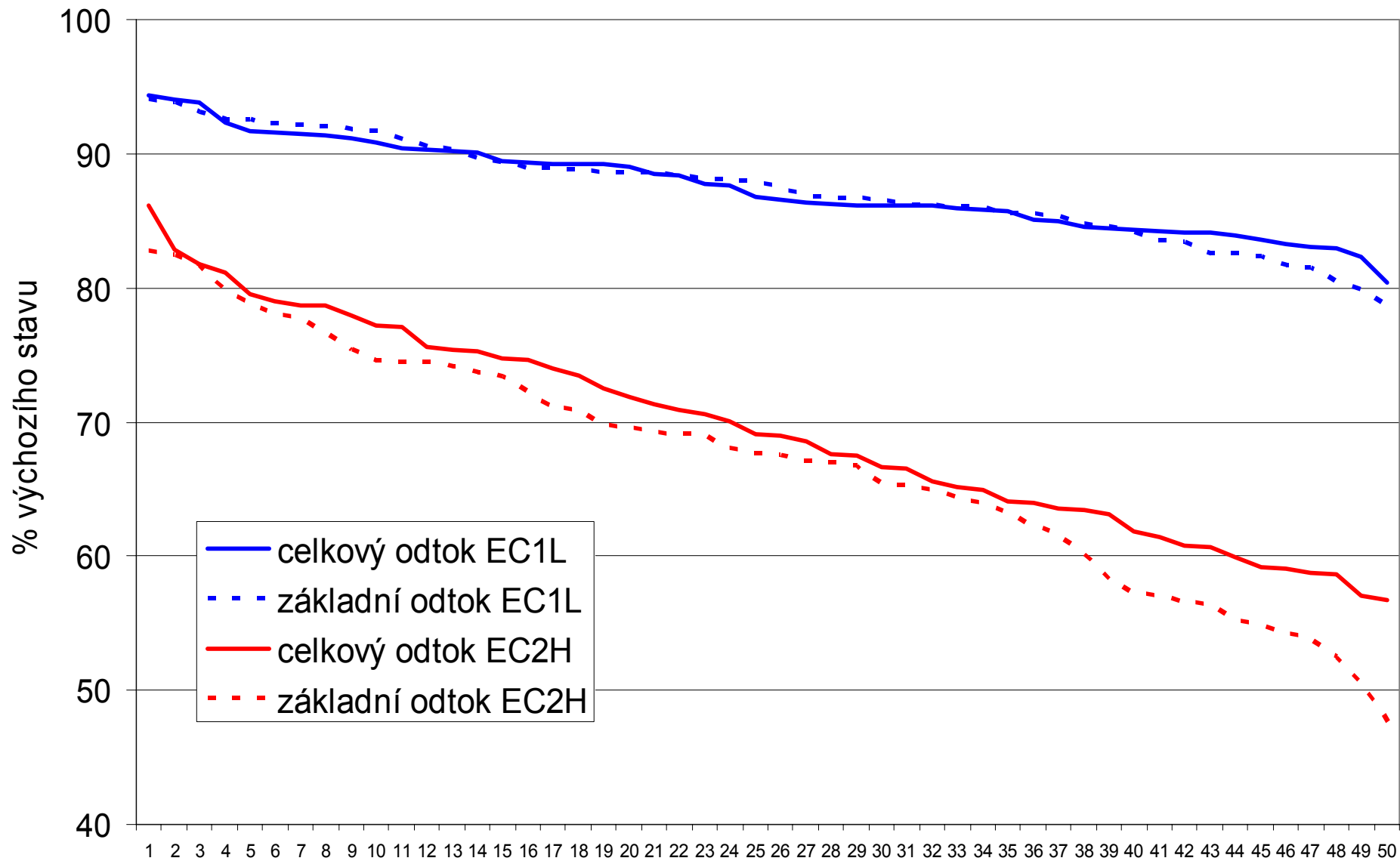
Potenciální evapotranspirace se zvětší výrazně.

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

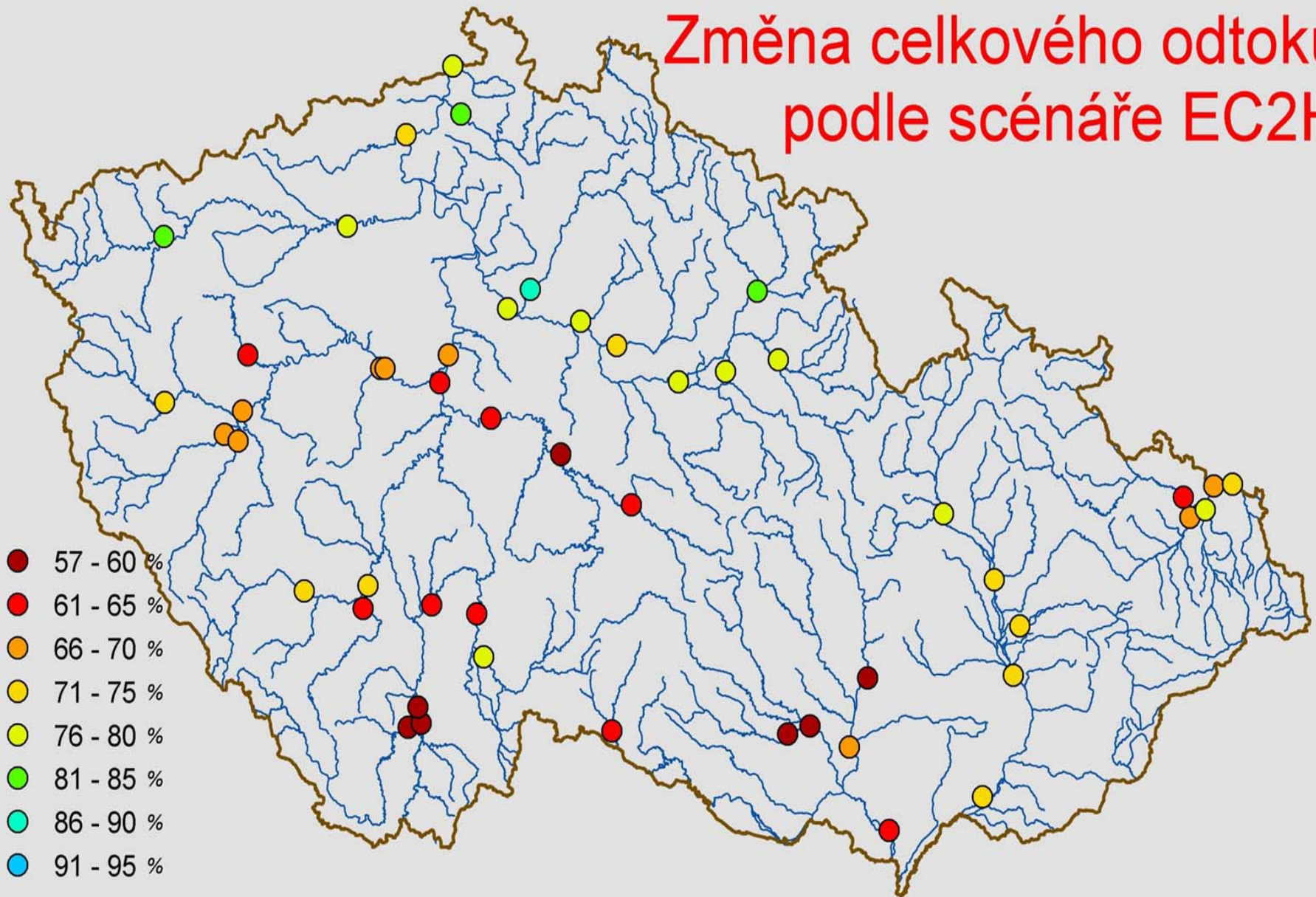
## Celkový odtok

Základním důsledkem klimatické změny je **pokles průměrné dlouhodobé odtokové výšky** ve všech povodích..

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



# Změna celkového odtoku podle scénáře EC2H



# Změny sezónního chodu

## Celkový odtok

### Průměry

V jarních, letních a podzimních měsících výrazně poklesnou (EC1L: 80-90%, EC2H: 60-70%).

V zimních měsících klesnou méně výrazně nebo vzrostou.

### Minima

Kromě zimních měsíců poklesnou minima velmi podstatně (EC1L: 70%, EC2H 40%).

Vyskytují se i poklesy do 15% původní hodnoty (v měsíci srpnu, v povodí Moravy).



## Dopad na hospodaření v nádržích

### Zmenšení celkového nalepšovacího účinku nádrží.

Dopad klimatické změny postihne především ty zásobní nádrže, které v současné době zabezpečují celkové nalepšení v návrhových hodnotách. Pokud je zásobní objem využíván pro nalepšení pouze z části, pak se v některých případech může vyrovnat i s klimatickou změnou.

## Dopad na hospodaření v nádržích - příklad

**Nádrž Švihov na Želivce** se zásobním prostorem 245 mil. m<sup>3</sup> je schopna se zabezpečeností 95% poskytnout odběr

6,4 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> pro původní stav klimatu

5,3 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> pro stav klimatu podle scénáře EC1L

3,8 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> pro stav klimatu podle scénáře EC2H

# Dopady na kvalitu povrchových vod

Předpokládané klimatické změny ovlivní kvalitu vody velmi nepříznivě

Zmenšení celkového odtoku znamená **větší koncentrace znečišťujících látek** ve vodě. Nejvážnější situace při malých průtocích nastane na drobných tocích, do kterých odtékají splaškové vody.

Se stoupající teplotou **klesá obsah kyslíku**. Zvýšení teploty vody vede také ke zrychlení pochodů produkce a rozkladu organické hmoty. Při rozkladných pochodech se zvyšuje spotřeba kyslíku. **Větší rozvoj fytoplanktonu** (řas a sinic) komplikuje vodárenské i rekreační využití vody.

## Shrnutí

Vliv změny klimatu povede k těmto změnám:

Průměrné průtoky se zmenší,  
obdobně poklesne i odtok ze zásob podzemní vody,  
minimální průtoky se na většině povodí zmenší radikálně,  
což bude mít významný dopad na zásobní funkci nádrží,  
které nemají dostatečný prostor pro překrytí období sucha.

Kvalita vody v tocích a nádržích se zhorší.

# Jak zajistit dostatek čisté vody?

Obnova retenční schopnosti krajiny-přispěje ke zlepšení kvality vody

Větší využití stávajících nádrží a vodohospodářských soustav

Výstavba nových nádrží (rezervovat pro ně vhodná území)

Ekonomické nástroje vedoucí k šetření s vodou a menšímu znečišťování vody

Rekonstrukce vodovodních sítí, aby se zamezilo ztrátám v rozvodech vody

Výstavba čistíren a účinnější čistění odpadních vod

Rekonstrukce kanalizačních sítí k zamezení pronikání balastních vod a únikům znečištěných vod

# Možnosti kompenzace dopadu klimatické změny pomocí vodních nádrží

Směrný vodohospodářský plán ČSR (1988) uvažoval:

Lokality výhledových vodních nádrží, 210 je dosud územně hájených.

Cíl studie:

odhad celkového objemu nádrží ve zvolených povodích, který řádově odpovídá potřebě kompenzovat pokles odtoku vlivem klimatické změny (pod zvolenou mezní hodnotou) a jeho regionální zhodnocení

# Postup

## Použitá data:

pozorované řady srážek, odtoků, teplot vzduchu a relativních vlhkostí vzduchu - měsíční řady z 32 povodí (pro povodí Labe od r.1932, pro povodí Moravy a Odry 1971-1990)

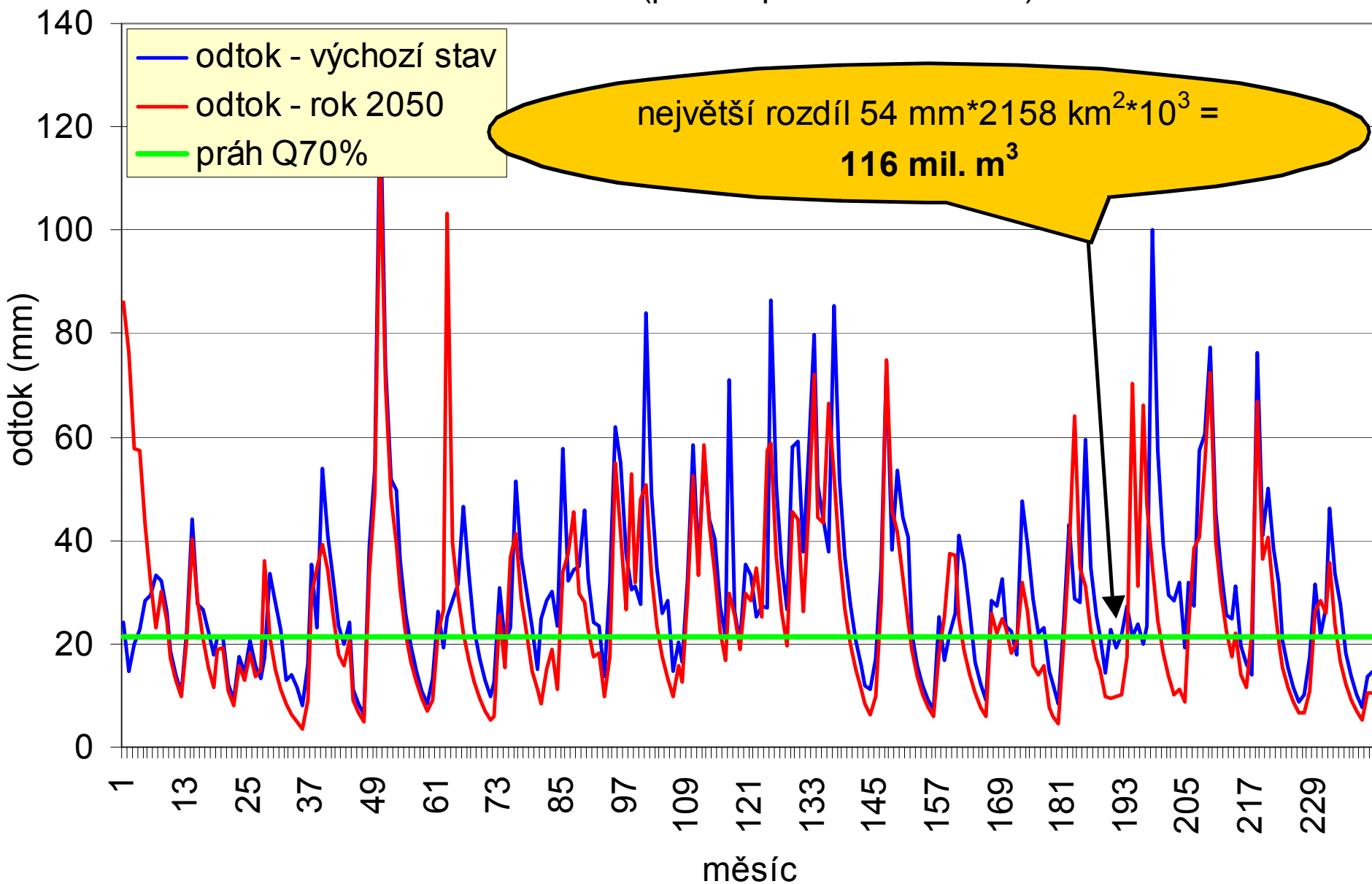
## Použité prostředky:

scénář klimatické změny EC2H pro rok 2050

model hydrologické bilance BILAN

program EXDEV pro výpočet nedostatkových objemů

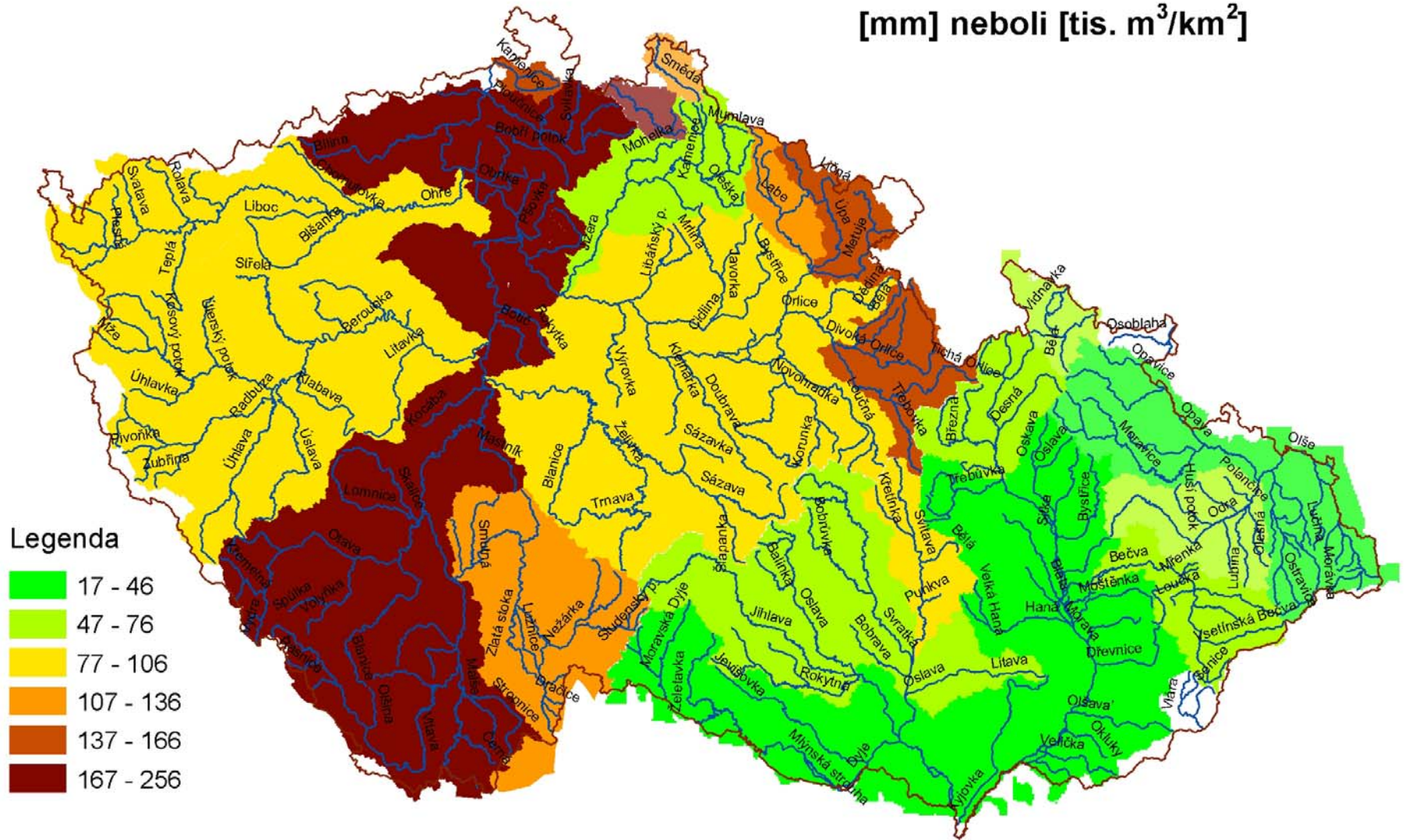
# Jizera - Předměřice (plocha povodí 2158 km<sup>2</sup>)



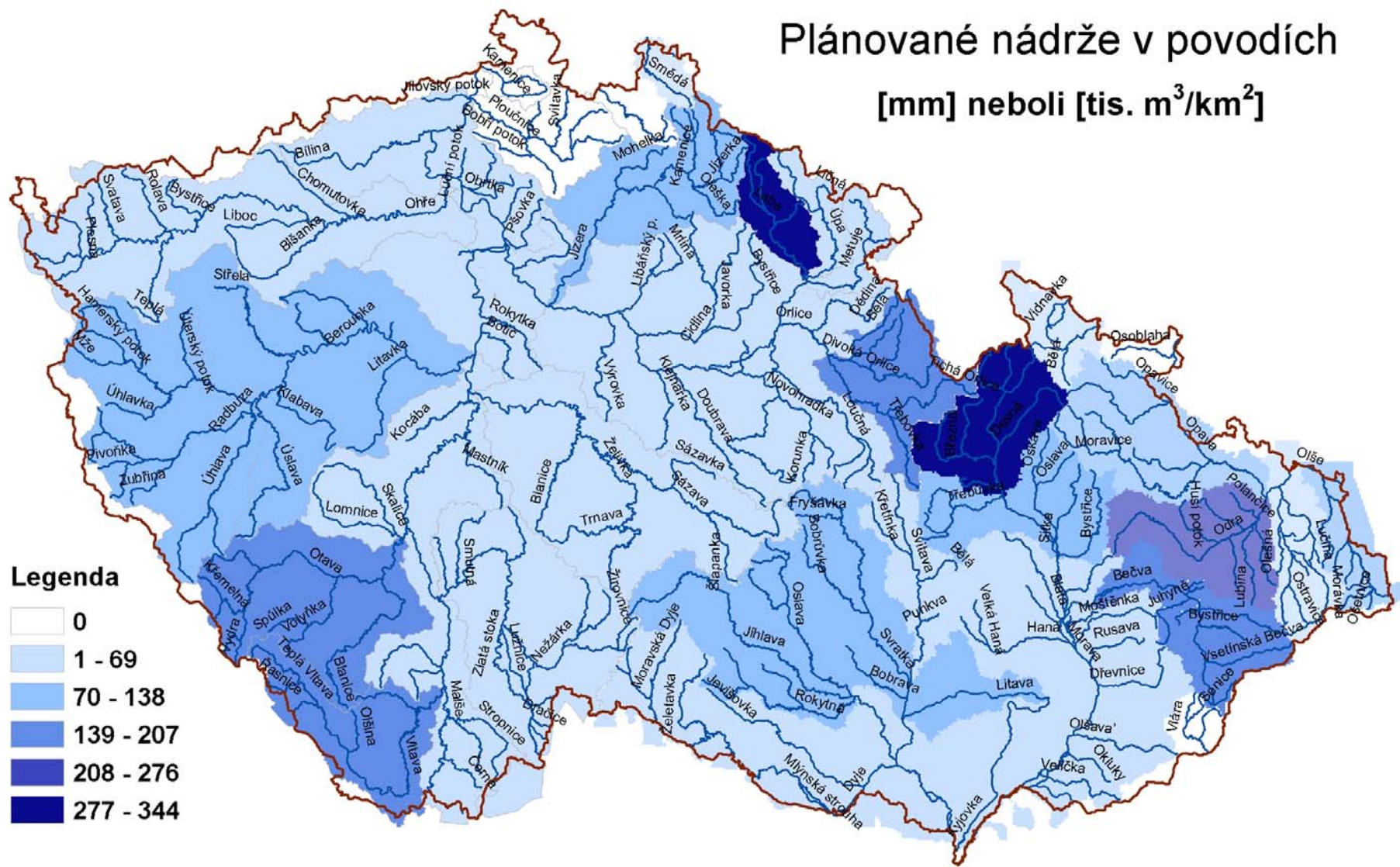


# Chybějící množství vody v podmínkách klimatické změny (rok 2050)

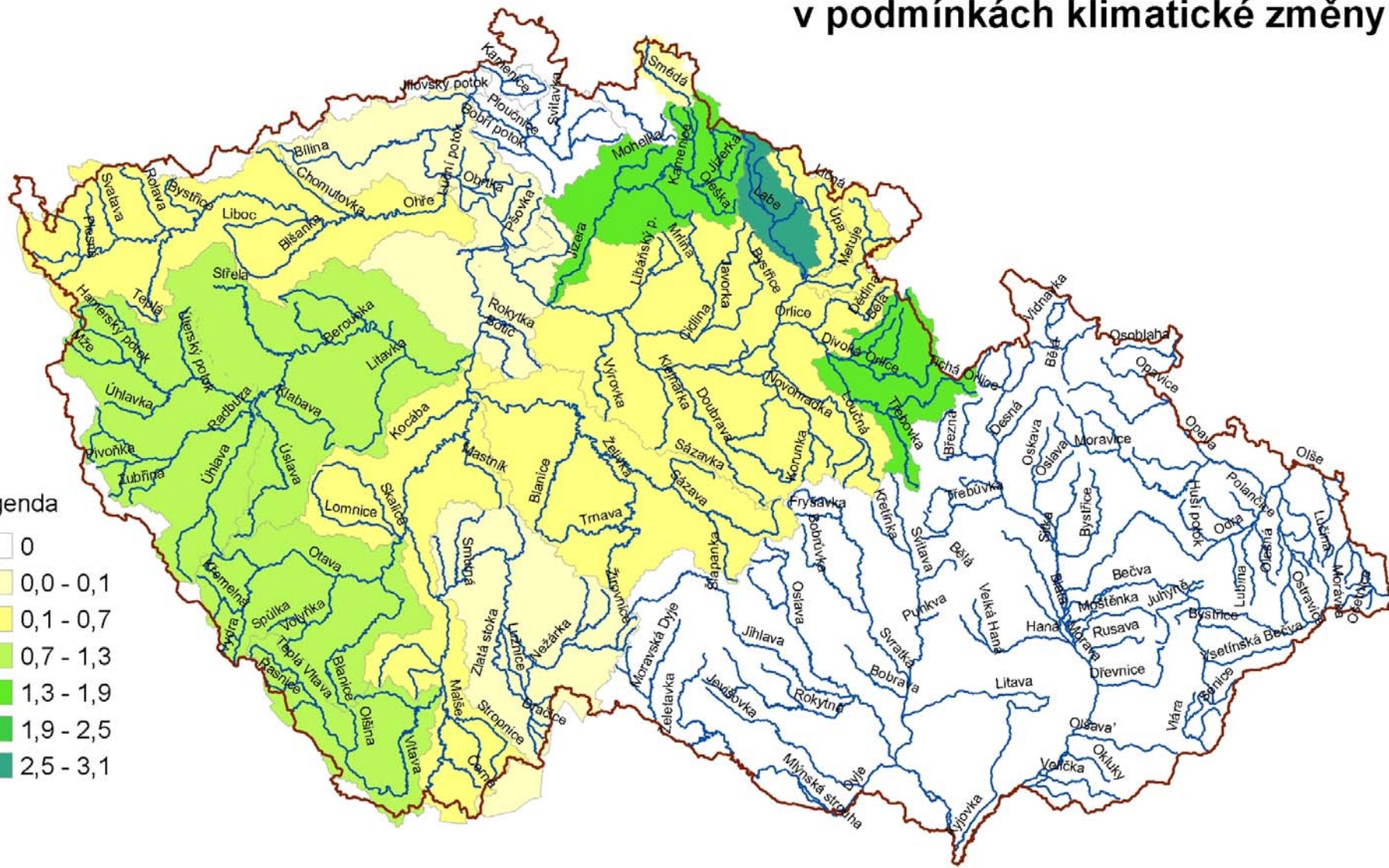
[mm] neboli [tis. m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>]



## Plánované nádrže v povodích [mm] neboli [tis. m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>]



# Poměr mezi objemem plán. nádrží a chybějícím objemem vody v podmínkách klimatické změny



# Závěr

V povodí Labe objemy plánovaných nádrží řádově odpovídají chybějícím objemům vody předpokládaným v podmínkách klimatické změny.

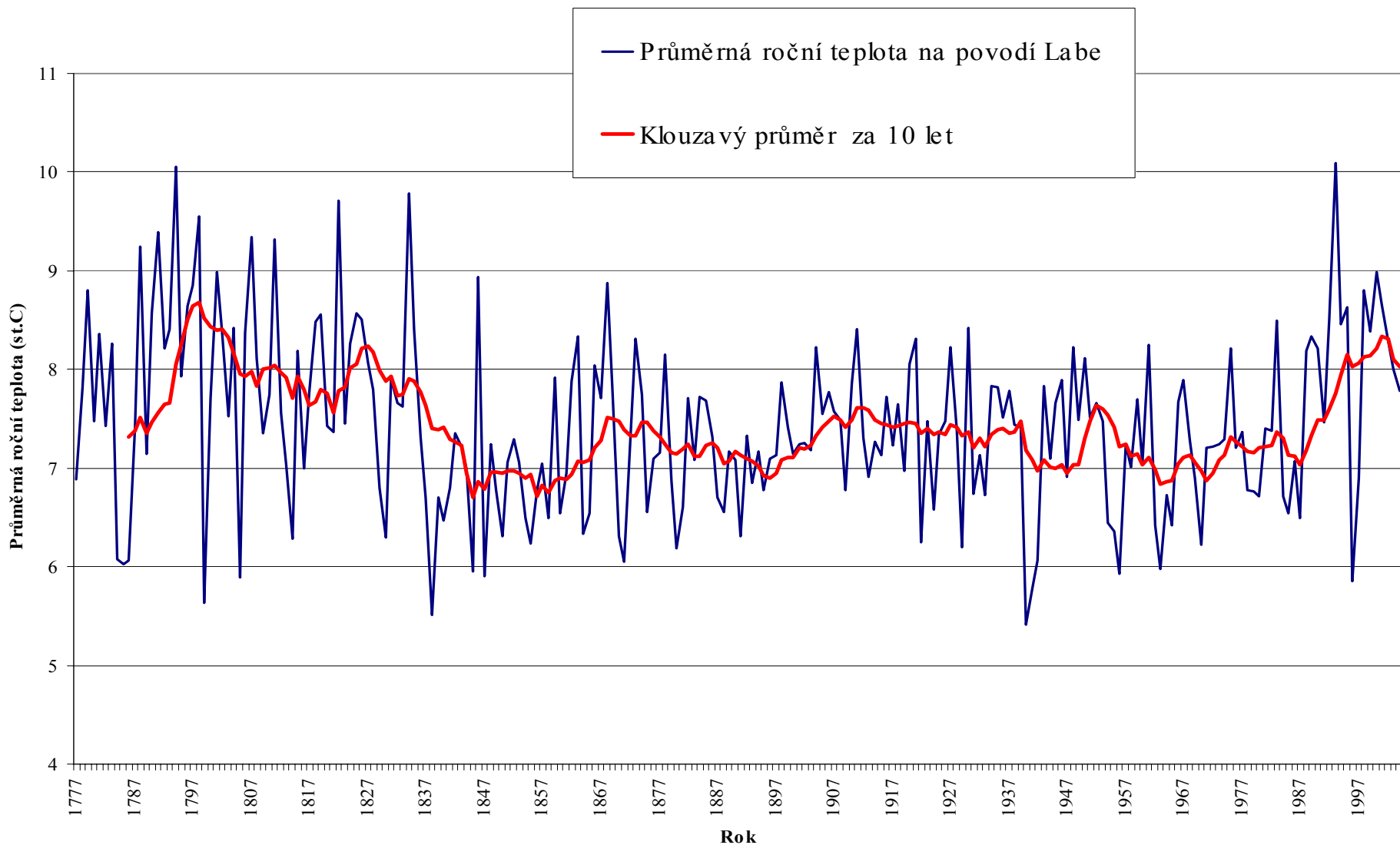
Objem plánovaných nádrží: 3540 mil. m<sup>3</sup>

Chybějící objem vody: 6584 mil. m<sup>3</sup>

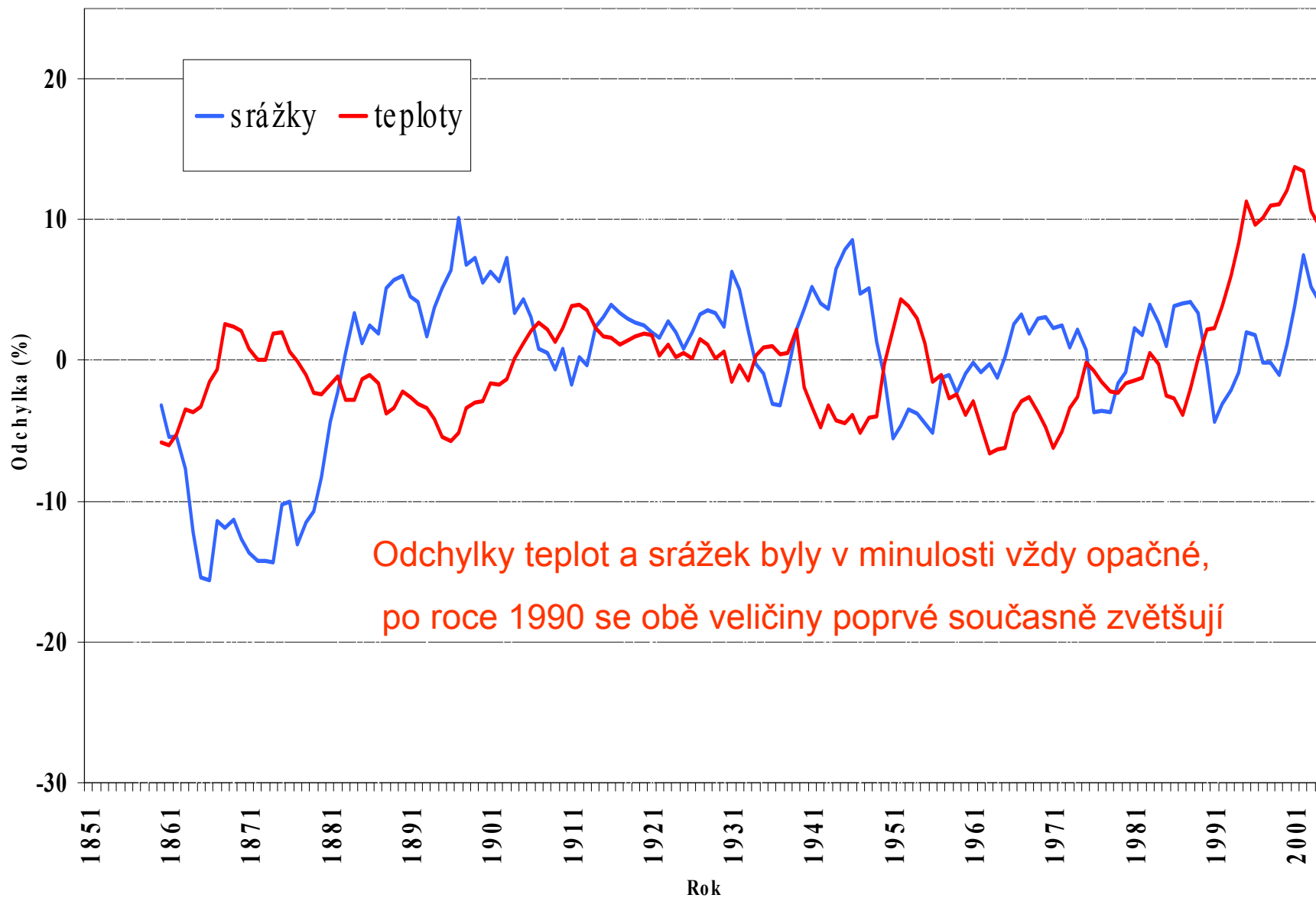
# Jak se projevuje probíhající změna klimatu na povodí Labe po Děčín?

Je ještě přijatelné extrapolovat charakteristiky  
průtoků z pozorování v předcházejících  
desetiletích jako návrhové hodnoty?

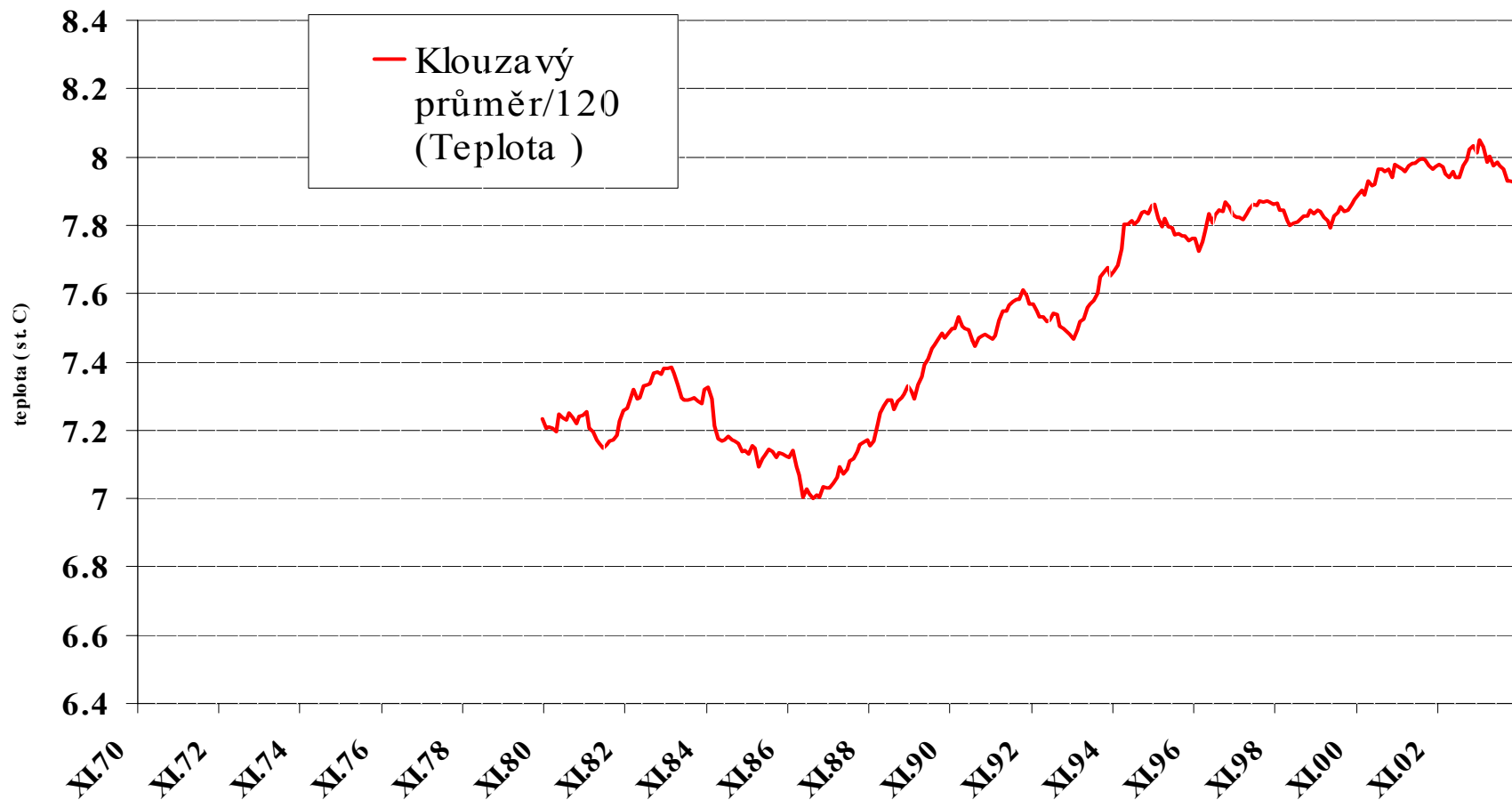
Teplota v Čechách významně kolísala až do poloviny 19. století, pak podstatně méně, posledních 20 let vzestup o 1 st.C – **klima se mění**



Povodí Labe po Děčín 1851-2004, směrodatné odchylky srážek a odtoků  
(desetileté klouzavé průměry)

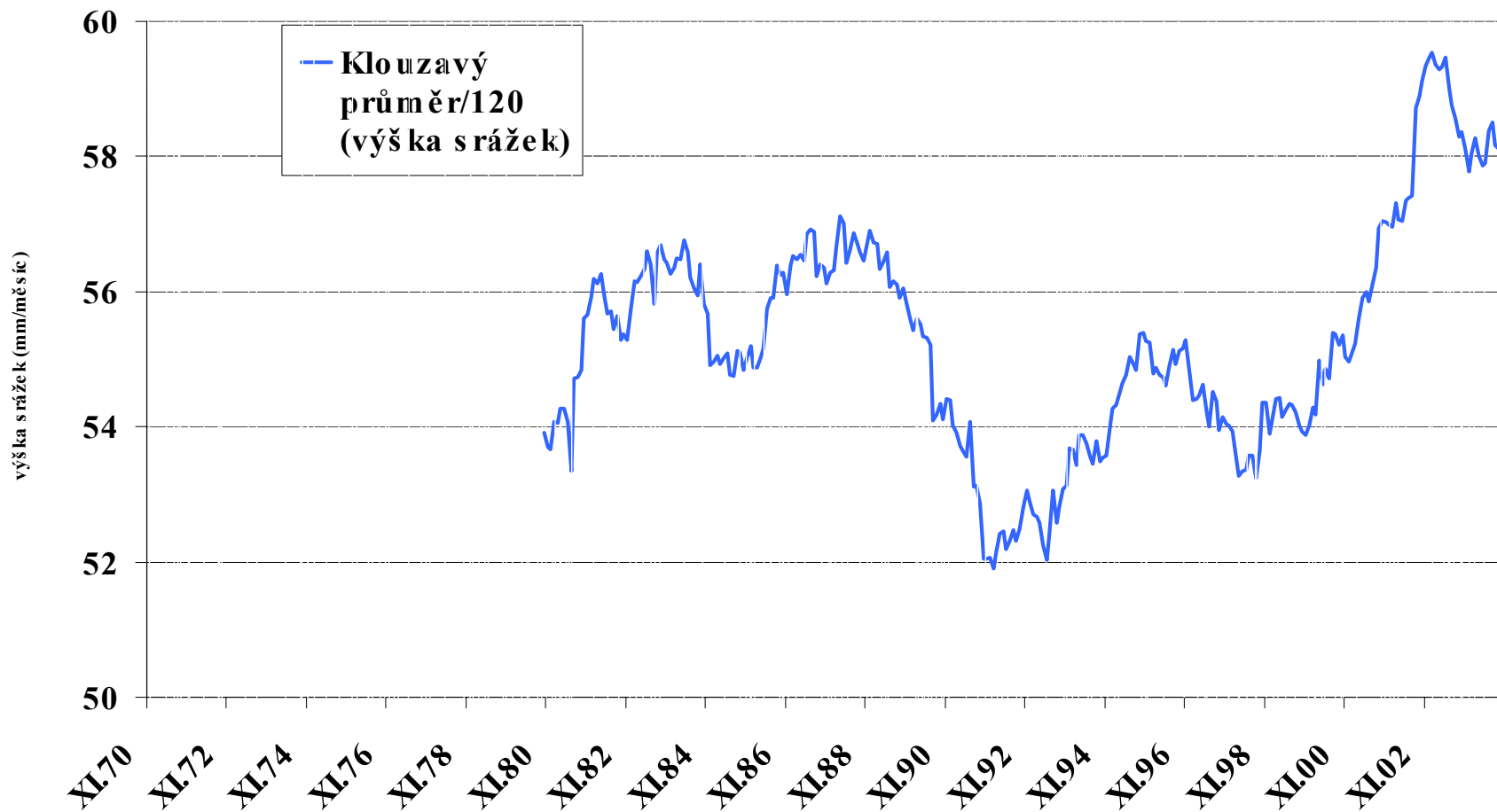


Měsíční řada z období 1971-2004 : Teplota se zvýšila o 0,6 až 1 st. C

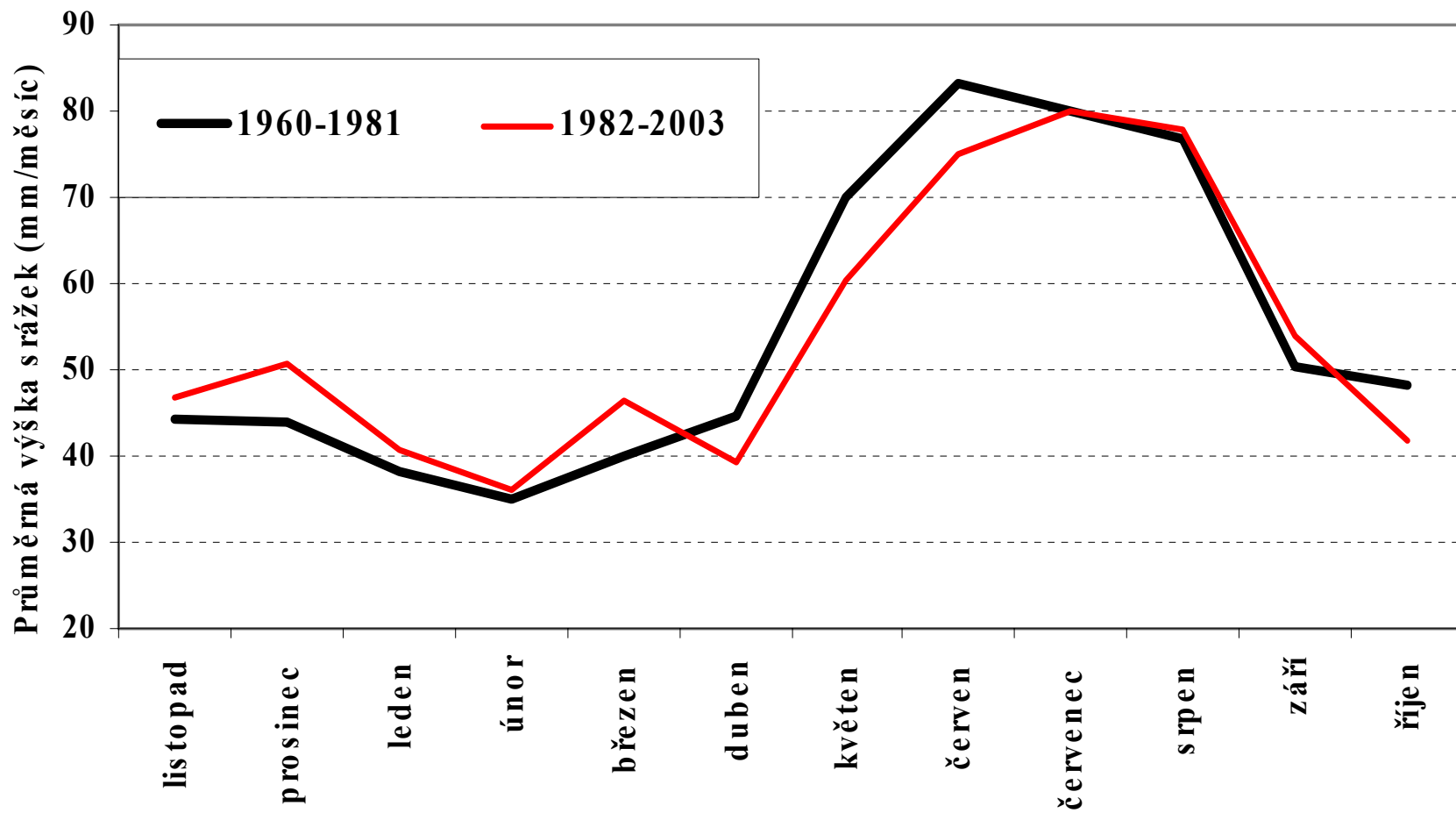




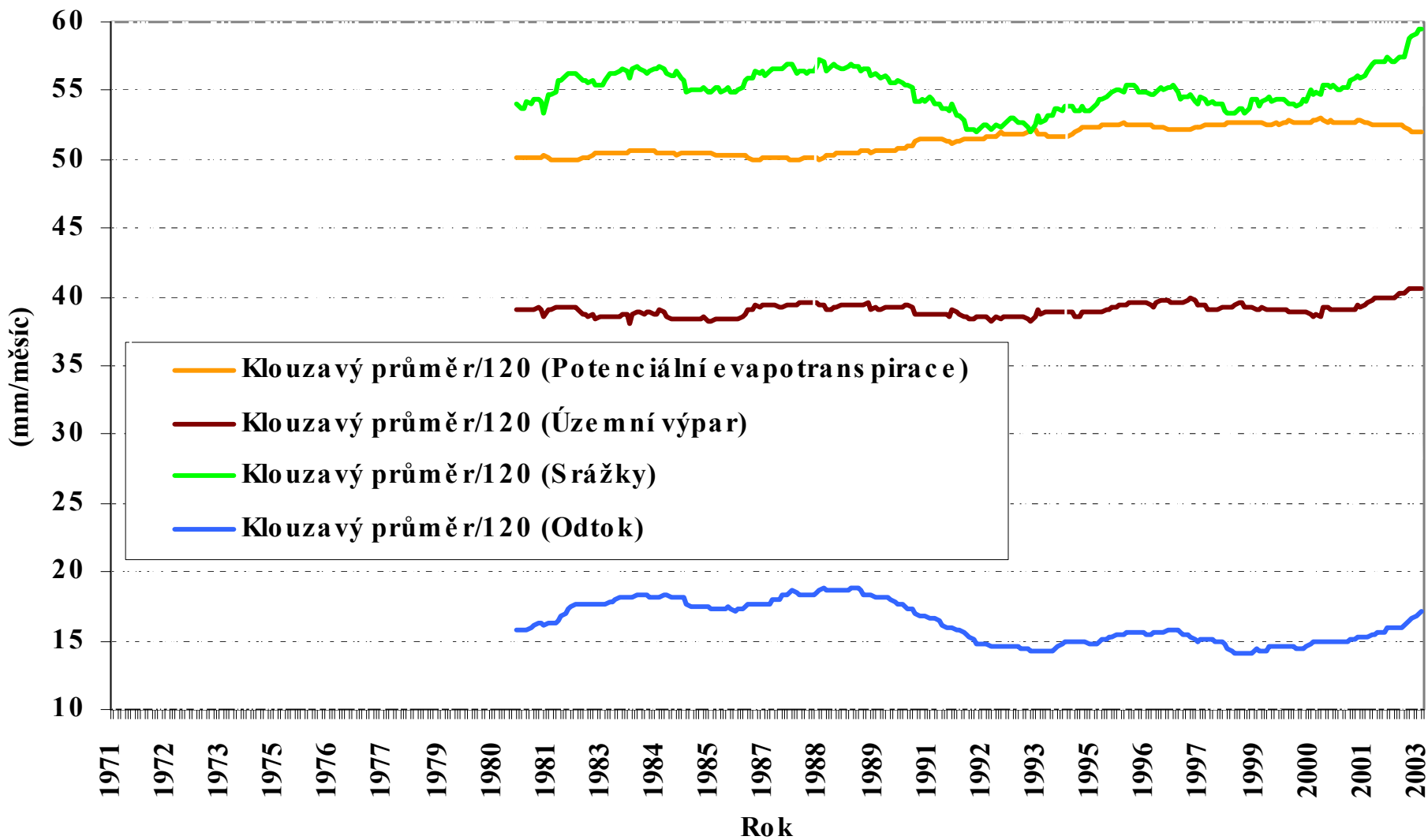
Měsíční řada z období 1971-2004 : srážky rostou po roce 1998



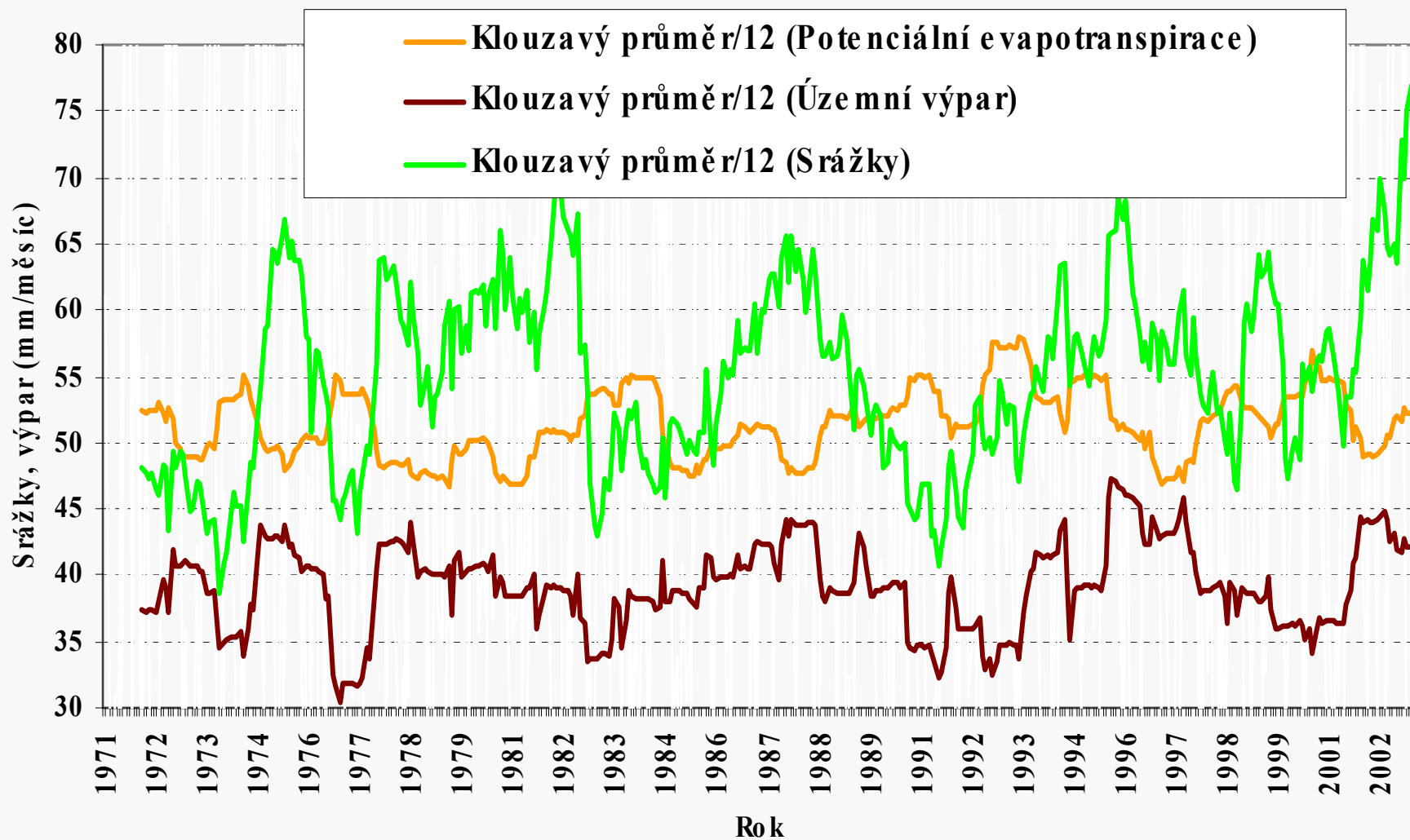
## Mění se roční chod srážek – v zimě více, na jaře méně



## Územní výpar se zvětšuje méně, než potenciální evapotranspirace



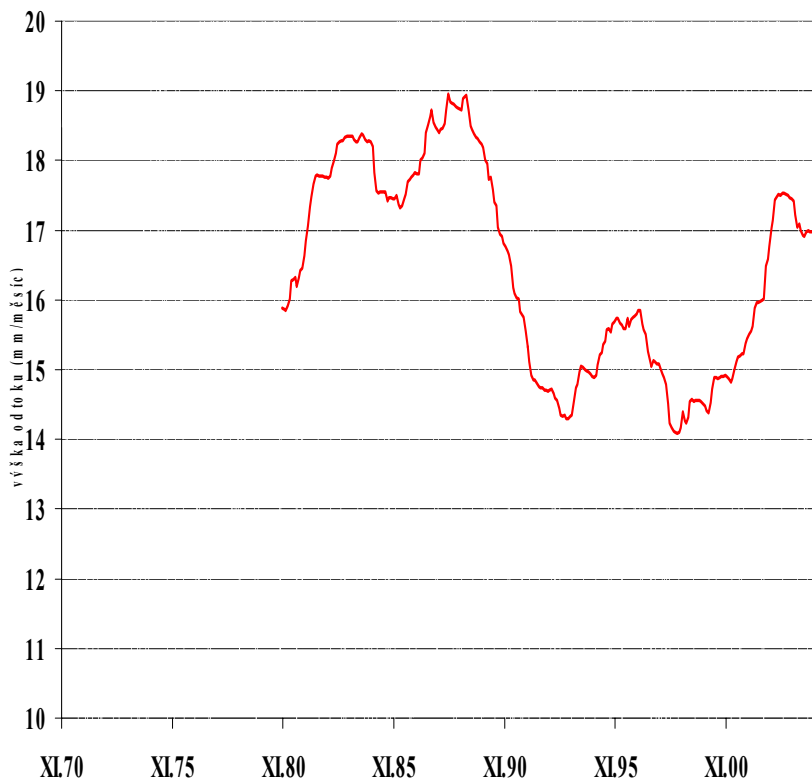
## Územní výpar je limitován převážně srážkami



## Měsíční řady z období 1971-2004 :

odtok se zvětšuje méně, než odpovídá vzestupu srážek

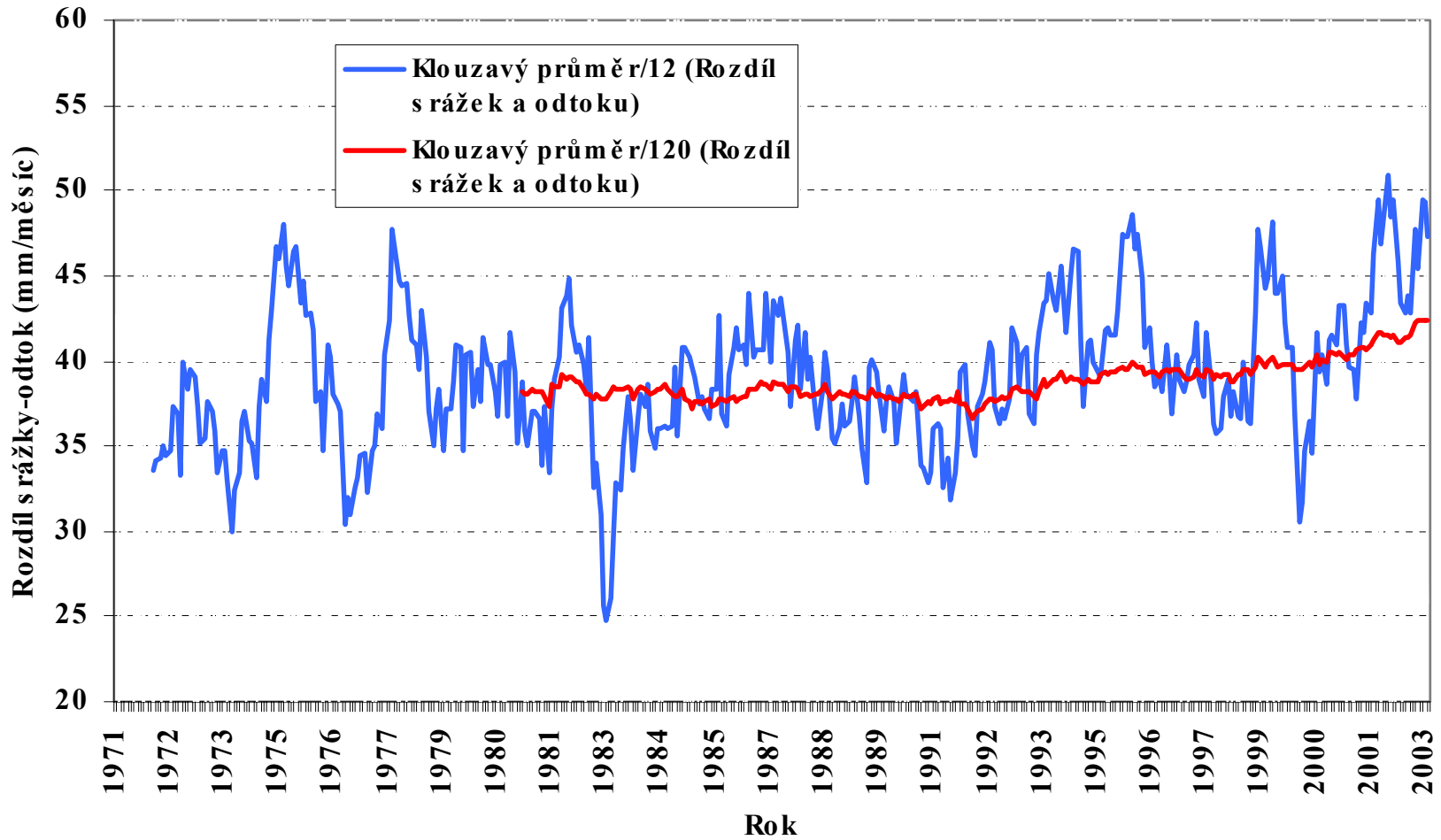
odtok



srážky



## Rozdíl mezi srážkami a odtokem se zvětšuje

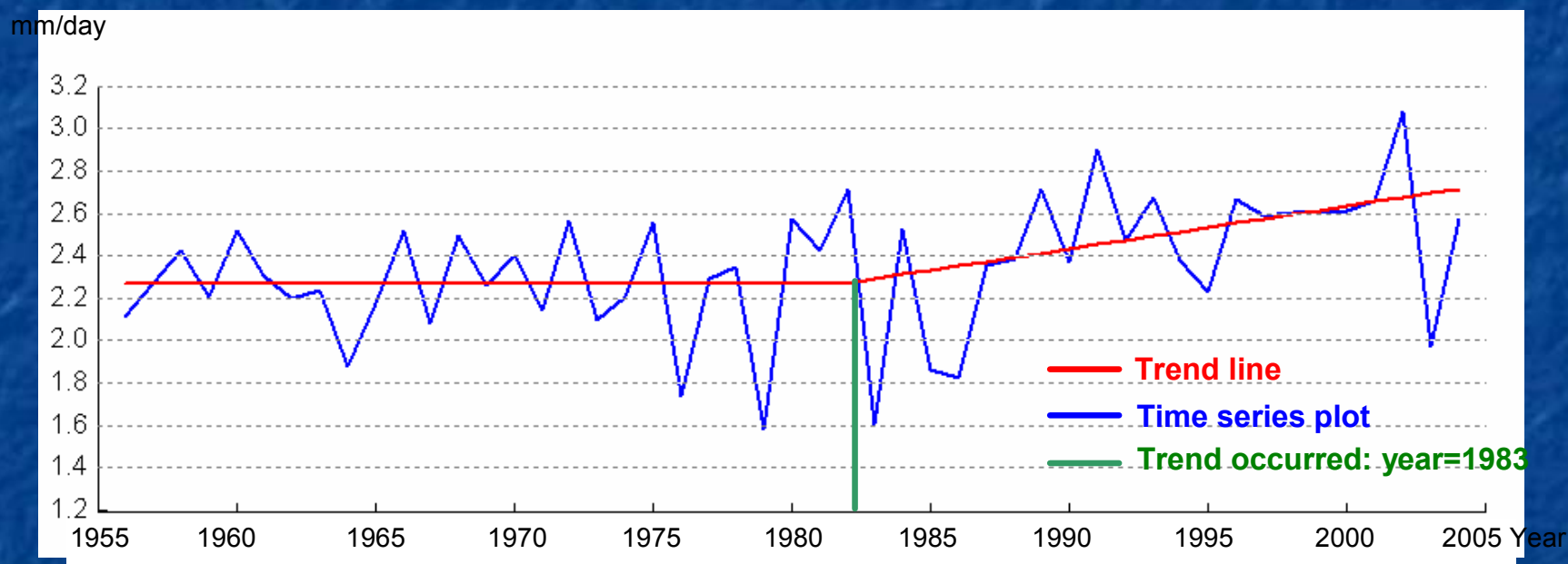


# Výsledky statistické analýzy padesátileté řady pozorování výparu ve stanici Hlasivo



*Výparoměry Class-A, GGI, v pozadí srovnávací výparoměr a meteorologické přístroje*

Od poloviny osmdesátých let (1983) dochází k statisticky významnému **zvyšování výparu z vodní hladiny** v důsledku zvyšování teploty vzduchu  
Nárůst je přibližně **o 5 mm ročně**



*Test vzniku trendu pro časovou řadu průměrných sezónních hodnot výparu za období 1957 až 2005*



**Děkuji za pozornost**

