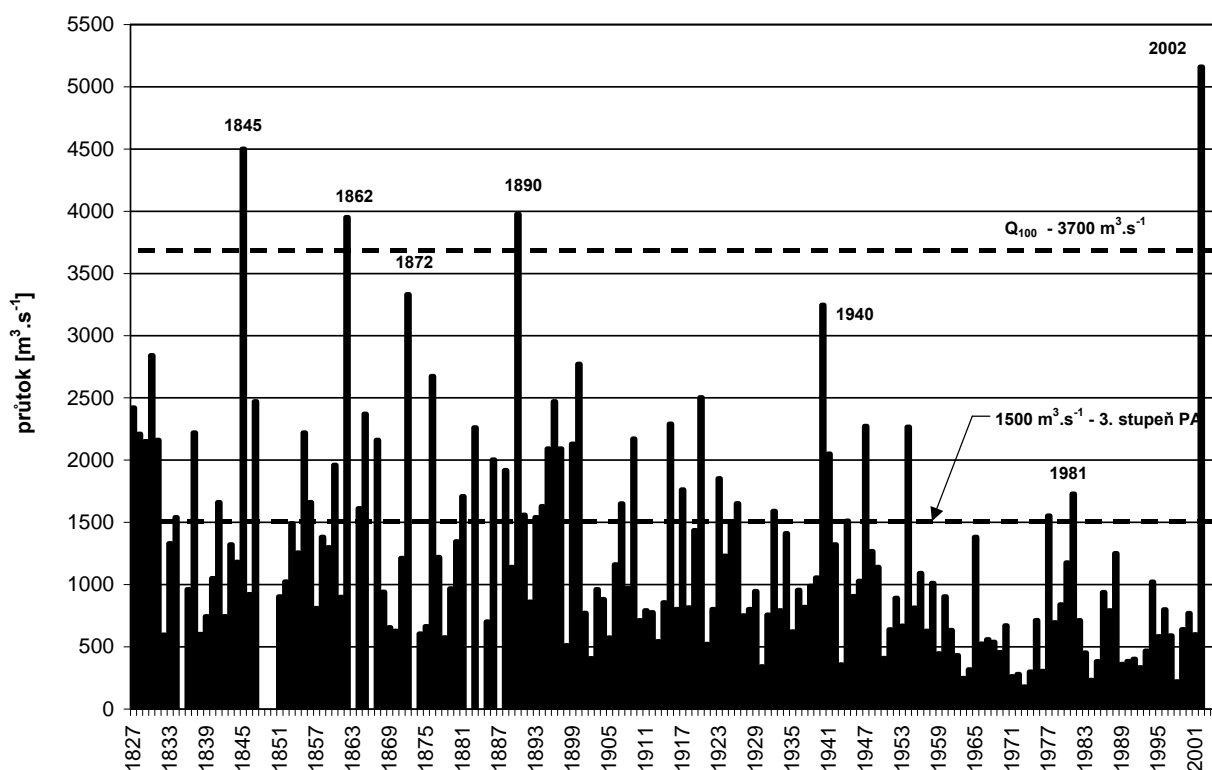


## 8 Porovnání hydrometeorologických podmínek významných letních povodní

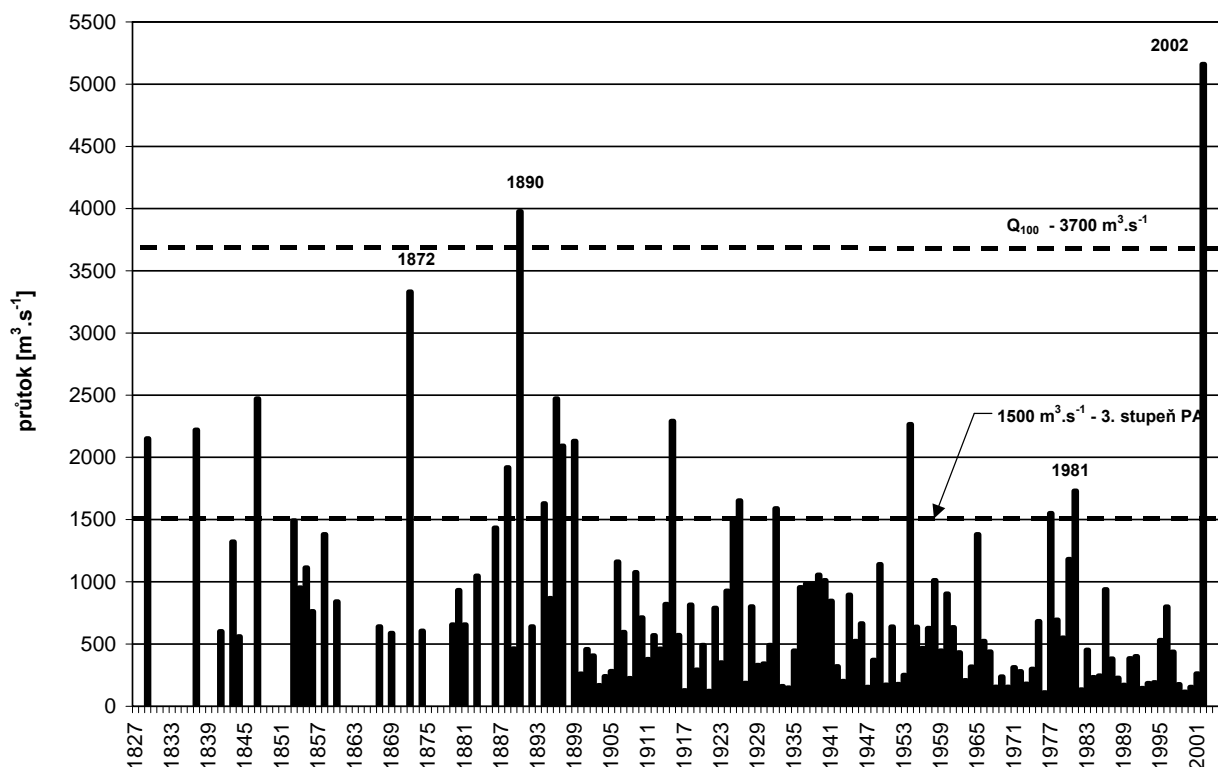
### 8.1 Porovnání povodně v srpnu 2002 s historickými povodněmi

Výskyt velkých a ničivých povodní je u nás velmi nepravidelný. Podle historických hydrologických záznamů, které jsou např. na Vltavě v Praze k dispozici od roku 1827, na Labi v Děčíně od roku 1845, byly velké povodně poměrně časté ve druhé polovině 19. století. Pak jejich výskyt pozvolna ustával a druhá polovina 20. století byla na výskyt velkých regionálních povodní poměrně chudá. Až v posledních letech došlo na našem území ke dvěma velkým povodním, které zasáhly nejen naše území, ale i sousední země. Povodňové situace v červenci 1997 v povodí Moravy a Odry, částečně horního Labe a v srpnu 2002 v povodí Vltavy, dolního Labe a Dyje byly svým rozsahem a extrémností mimořádné a svými důsledky katastrofální.

Jak je patrné z grafu na obr. 8.1, povodeň v srpnu 2002 byla z hlediska velikosti kulminačního průtoku absolutně největší povodní v Praze, která byla zaznamenána a hydrologicky vyhodnocena. Tato povodeň je také prokazatelně větší než povodeň v únoru 1784, která byla rovněž dodatečně průtokově vyhodnocena. To potvrzuje také porovnání úrovně maximální hladiny vody v srpnu 2002 se dvěma historickými značkami povodně 1784, které jsou v Praze na levém břehu Vltavy u mostu Legií a Karlova mostu, a se značkami z roku 1845 a z roku 1890. Je však třeba vzít v úvahu, že průtokové podmínky v Praze se od té doby značně změnily, takže z výškového rozdílu značek nelze činit žádné závažnější závěry.



Obr. 8.1 Porovnání velikosti kulminačních průtoků povodní na Vltavě v Praze.



Obr. 8.2 Porovnání velikosti kulminačních průtoků letních povodní na Vltavě v Praze.

Na obrázku 8.1 jsou zaznamenány maximální roční kulminace, které zdánlivě do roku 2002 vykazovaly zcela jasný klesající trend. Avšak celá řada z nich, především v 19. století, náleží povodním ze zimního nebo jarního období, které byly způsobeny většinou táním sněhu, případně v kombinaci s deštěm, a některé byly pravděpodobně také ovlivněny ledovými jevy na toku. Pokud zobrazíme v grafu kulminace z letního období (viz obr. 8.2), je již výskyt letních povodní poněkud rovnoměrnější, zejména ve 20. století, avšak se zřetelným maximem jejich výskytu koncem 19. století. Ve vztahu k převažujícím nižším hodnotám kulminačních průtoků v letním období na Vltavě v Praze se jeví povodeň ze srpna 2002 jako ještě extrémnější, než za situace, kdy je její velikost posuzována v rámci ročních kulminačních průtoků.

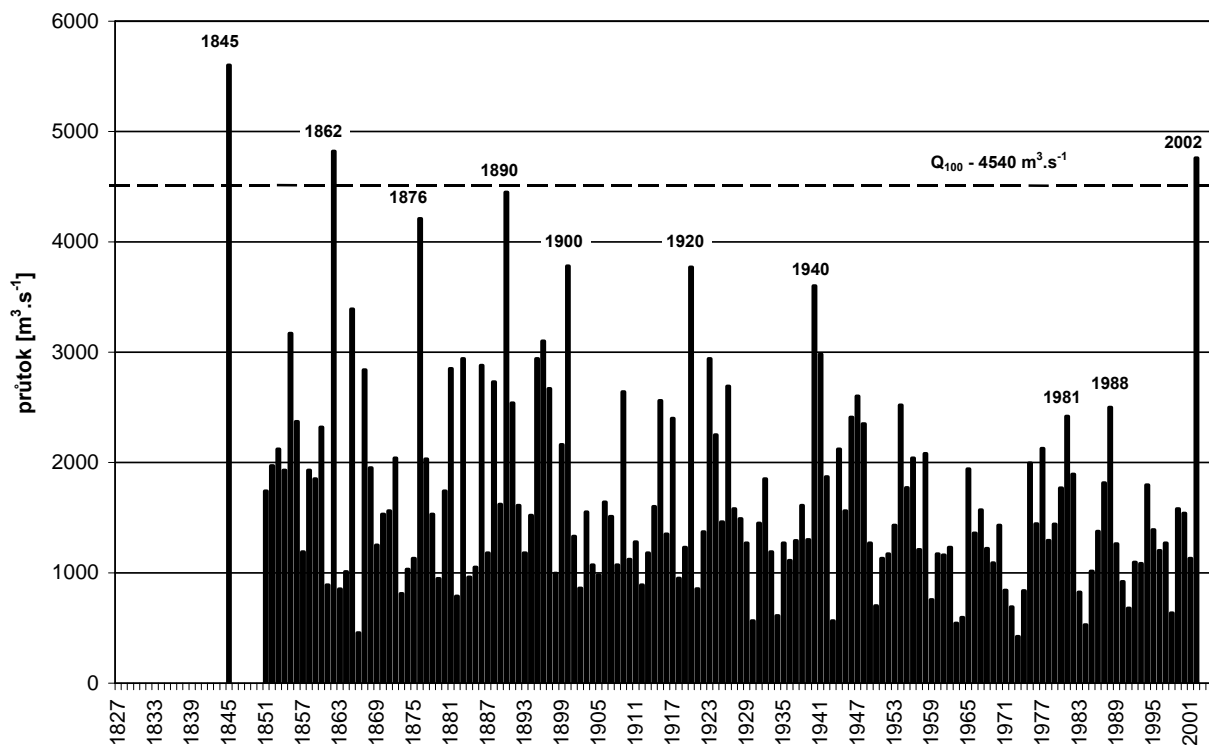
Kulminace povodní v Praze jsou od roku 1954, kdy byla poprvé funkční přehrada Slapy, ovlivněny nádržemi Vltavské kaskády. Vliv Vltavské kaskády na průběh povodní v Praze je významný při menších povodních, kdy některé její nádrže jsou schopny zachytit podstatnou část povodňové vlny. Markantní byl právě při povodni v roce 1954, kdy právě dokončená nádrž Slapy byla ještě zcela prázdná. Možný vliv kaskády na průběh povodní na Vltavě je doposud mezi odborníky diskutován s převažujícím názorem, že při velkých povodních není významný. Vzhledem ke složitosti problému je analýza vlivu nádrží na průběh povodně v srpnu 2002 předmětem samostatné části projektu, která bude dokončena ve III. etapě.

Historické prameny uvádějí, že na Vltavě v Praze se před zahájením pravidelného pozorování (tj. před rokem 1827) vyskytlo 45 významnějších povodní (nejstarší z roku 819). K těmto povodním ovšem nejsou k dispozici hydrologicky využitelné informace, pouze v některých případech je uvedena úroveň vody ve vztahu k reliéfu „Bradáče“, jehož přesná poloha v minulosti však není známa. Podle toho a dalších poznámek lze bez záruky

odhadovat, že povodeň v srpnu 2002 byla pravděpodobně největší povodň v Praze od roku 1432. Přehled největších povodní v Praze dává tabulka 8.1, kde jsou uvedeny všechny hydrologicky vyhodnocené historické povodně s dobou opakování kulminačního průtoku více než 10 let a pravděpodobně pět největších povodní z období před počátkem pravidelného pozorování. Kvantitativní porovnání povodně v srpnu 2002 s těmito povodněmi je již prakticky nemožné. Sloupeček „přirozená kulminace“ uvádí odhad velikosti kulminačního průtoku, který by se pravděpodobně vyskytl bez vlivu nádrží nebo ledových jevů.

Tab. 8.1 Přehled největších povodní na Vltavě v Praze.

Rok výskytu	Letní pololetí (květen-říjen)		Zimní pololetí (listopad-duben)		Přirozená kulminace [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	Kulminace [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Měsíc	Kulminace [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Měsíc	
1118	neznámá	8			
1272			neznámá	3	
1342			neznámá	2	
1432	neznámá	7			
1501	neznámá	7			
2002	5160	8			zjišťuje se
1784			4580	2	
1845			4500	3	
1890	3975	9			
1862			3950	2	
1872	3330	5			
1954	2265	7			2920
1830			2840	2	
1900			2770	4	
1940			3245	3	2700
1876			2674	2	
1920			2503	1	
1847	2470	6			
1896	2470	5			
1827	2420	3			
1865			2370	4	
1915			2290	10	
1947			2272	3	
1882			2260	12	
1837	2220	5			
1855			2220	3	
1828			2210	1	
1909			2170	2	
1831			2160	1	
1867			2160	1	
1829	2150	6			
1899	2130	9			
1895			2090	3	
1897	2090	7			
1941			2050	4	
1886			2002	3	



Obr. 8.3 Porovnání velikosti kulminačních průtoků povodní na Labi v Děčíně.

Výskyt hydrologicky vyhodnocených povodní na Labi v Děčíně je v grafu na obr. 8.3. Z grafu je patrné, že povodeň v srpnu 2002 je na Labi až na třetím místě za povodněmi v roce 1845 a v roce 1862. V obou případech šlo však o březnové povodně způsobené táním sněhu na celém povodí Labe. Doposud největší letní povodní na Labi byla povodeň v roce 1890, která byla stejně jako povodeň v roce 2002 způsobena především přítokem z Vltavy. Pořadí povodní na Labi potvrzuje i soubor historických značek na Děčínské skále pod zámekem, kde byla v srpnu 2002 hladina vody 31 cm pod značkou z roku 1845. Na rozdíl od Prahy není pravděpodobně průběh největších povodní v Děčíně významněji ovlivněn pozdější zástavbou.

## 8.2 Porovnání hydrometeorologických podmínek povodní 1890, 1997 a 2002

Pro podrobnější porovnání podmínek vzniku a průběhu povodně v srpnu 2002 byly vybrány povodně v září 1890 a v červenci 1997. V obou případech jde o mimořádně velké povodně způsobené regionálními srážkami. V roce 1890 byla srážkami zasaženo povodí Vltavy, což umožňuje dobré porovnání příčin a průběhu obou událostí. V roce 1997 bylo sice zasaženo jiné povodí, avšak jde o nedávnou povodňovou událost srovnatelného rozsahu, pro kterou jsou k dispozici dostatečné soubory dat.

Porovnání provedl Ústav fyziky atmosféry Akademie věd ČR (ÚFA AV ČR) v samostatné studii „*Posouzení hydrometeorologických podmínek vzniku významných letních povodní*“, která je v úplném znění přílohou této zprávy. V dalším textu jsou uvedeny některé vybrané informace a závěry.

### 8.2.1 Synoptické podmínky ve vztahu ke srážkovým epizodám

Společnými znaky případů extrémních povodní na území ČR v letním hydrologickém pololetí v letech 2002, 1997 a 1890, které byly způsobeny dvou až pětidenními trvalými dešti, jsou:

- uspořádané a dlouhotrvající výstupné pohyby vzduchu na frontálních rozhraních spojených s postupem cyklón ze severní Itálie k severovýchodu,
- vypadávání srážek na studené (týlové) straně cyklóny při poměrně nízkých teplotách vzduchu při zemi,
- na týlové straně nad oblastí s intenzivními srážkami značný horizontální tlakový gradient,
- v důsledku toho značné zesílení srážek při převažujícím proudění ze severního kvadrantu na návětrných stranách horských překážek,
- velmi pomalý postup cyklón (12.–13. srpna 2002 přes Čechy) nebo jejich ustálení (6. až 9. července 1997 nad jižním Polskem a 1.–4. září 1890 nad Maďarskem).

K rozdílným znakům patří délka jednotlivých srážkových epizod. V roce 2002 to byla dvoudenní a pak třídní epizoda v krátkém časovém sledu, v roce 1997 dvě pětidenní epizody a v roce 1890 tři a čtyřdenní epizody.

K nejméně příznivé kombinaci synoptických situací z hlediska velikosti kulminačních průtoků došlo v srpnu 2002, kdy se v časového intervalu pouhých 8 dní vyskytla obě srážková období (6.–7. srpna a 11.–13. srpna), přičemž srážkami byla postižena tatáž dílčí povodí Vltavy. K podobné situaci došlo sice i v roce 1890 (24.–26. srpna a 1.–4. září), avšak srpnové srážky byly podstatně slabší. V roce 1997 se jednalo o dvě červencové srážkové epizody s větším časovým odstupem, kdy srážky postihly zejména povodí Moravy a Odry a oblast severovýchodních Čech (v první epizodě 4.–8. července celé území Moravy a ve druhé 17. až 21. července zejména severovýchodní pohraničí Čech).

Lze konstatovat, že vždy dvě srážkové epizody v letech 2002, 1997 a 1890 byly dle zkoumání řad synoptických map z Denních přehledů počasí ČHMÚ (za období 1950–2002) způsobeny situacemi, které samy o sobě nejsou z hlediska pravděpodobnosti výskytu ojedinělé. V srpnu 2002 byl však výskyt sledu dvou za sebou jdoucích situací s malým časovým odstupem, doprovázený vždy místy až extrémními úhrny srážek, zcela ojedinělý. Jeho opakování ovšem nelze v budoucnu vyloučit.

### 8.2.2 Porovnání příčinných srážkových úhrnů 1890 a 2002

Povodně v letech 2002 a 1890 jsou případy dvou největších povodní na Vltavě v Praze z hlediska velikosti kulminačních průtoků v letním hydrologickém pololetí (za období 1825 až 2002). Intenzivní srážky postihly v obou případech téměř celé povodí Vltavy. Srážkové úhrny uvedené v tab. 8.2 jsou členěny podle rozdělení dílčích povodí, užívaného v roce 1890.

Z porovnání obou povodňových případů jsou patrné následující nejvýznamnější shodné znaky:

- a) v obou případech se jednalo o dvě srážkové epizody, z nichž pro vývoj povodně byla rozhodující druhá epizoda,
- b) téměř stejný úhrn srážek na povodí Vltavy během druhé epizody, tj. za období 11. až 13. 8. 2002 průměrně 111 mm a 1.–4. 9. 1890 průměrně 109 mm,
- c) nejvyšší příčinné srážky v povodí Vltavy a Malše po České Budějovice a Otavy,
- d) podstatné zesílení srážek z prvního na druhý den srážkového období ve všech dílčích povodích Vltavy.

Tab. 8.2 Úhrny druhé epizody srážek v povodí Vltavy v srpnu 2002 a září 1890.

Dílčí povodí Vltavy	Příčinné srážky v mm/den				Celkový úhrn
	11. 8. 2002 1. 9. 1890	12. 8. 2002 2. 9. 1890	13. 8. 2002 3. 9. 1890	- 4. 9. 1890	11.–13. 8. 2002 1.–4. 9. 1890
Vltava a Malše	66 56	74 52	8 35		<b>148</b> 162
Otava	51 42	71 47	1 26		<b>123</b> 133
Lužnice	26 35	73 55	9 31		<b>108</b> 129
Přímé povodí Vltavy od Českých Budějovic po soutok se Sázavou	40 33	75 43	3 25		<b>118</b> 112
Sázava	23 21	57 38	32 30		<b>112</b> 98
Mže, Radbuza, Úhlava	27 27	58 31	2 14		<b>87</b> 89
Berounka od Plzně s přítoky	34 15	69 26	2 22		<b>105</b> 78
Přímé povodí Vltavy od soutoku se Sázavou po Mělník	25 6	54 22	10 28		<b>89</b> 68
<b>Celé povodí Vltavy po Mělník</b>	36 29	67 39	8 27	- 14	<b>111</b> 109

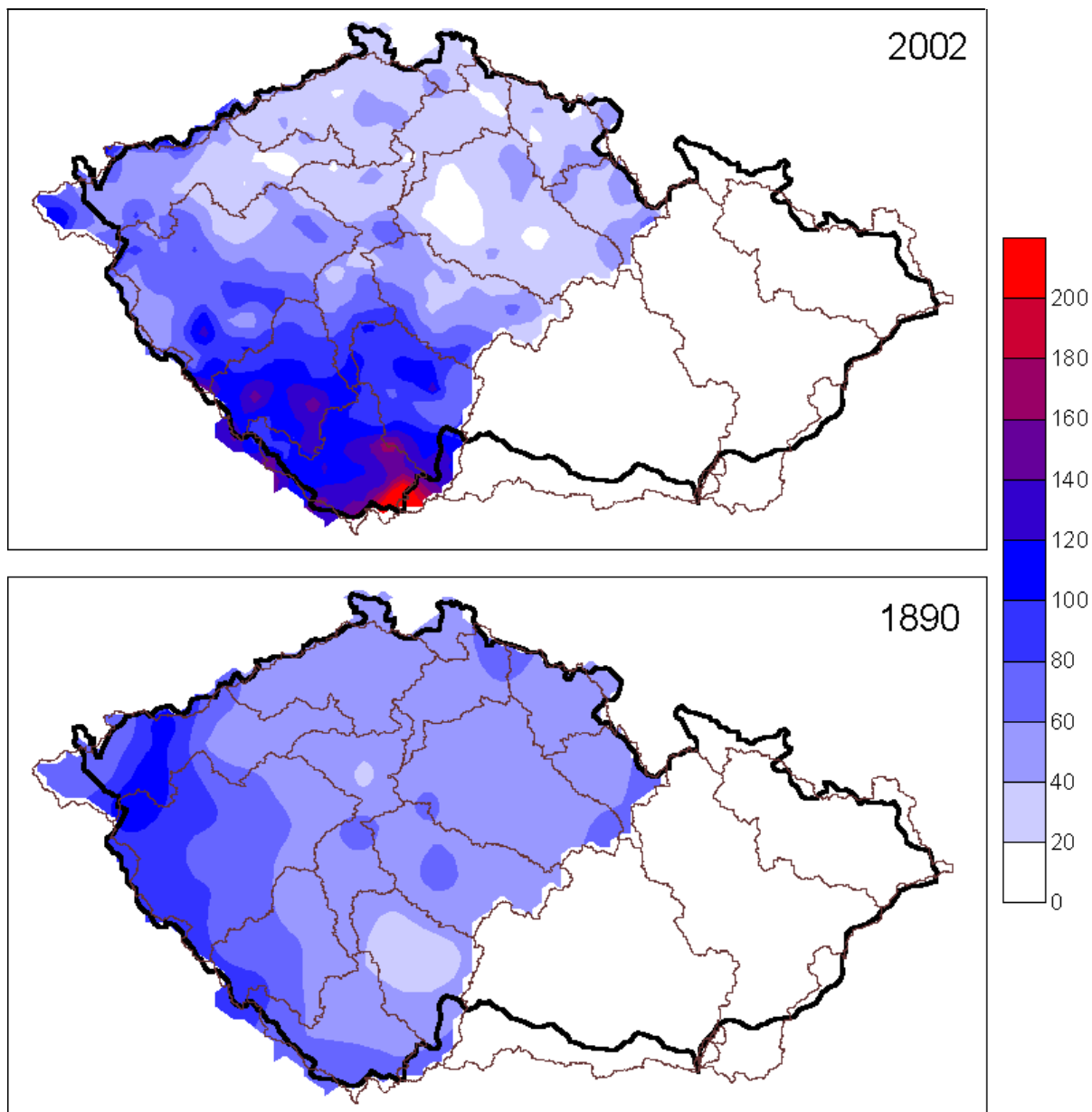
Mezi oběma událostmi však byly některé rozdíly, které ovlivnily velikost a průběh povodně:

- e) příčinné srážky trvaly v roce 2002 na rozhodující části povodí pouze dva dny, kdežto v roce 1890 byly rozloženy do čtyř dnů,
- f) denní srážky dva dny před kulminací Vltavy v Praze (tj. 12. 8. 2002 a 2. 9. 1890), které byly rozhodující pro velikost kulminace, byly ve všech dílčích povodích v roce 2002 podstatně vyšší,
- g) mezi oběma srážkovými epizodami byla v roce 1890 přestávka 5 dnů, kdežto v roce 2002 pouze 3 dny,
- h) hodnoty ukazatele předcházejících srážek  $API_{30}$  byly v roce 2002 v povodí Vltavy podstatně vyšší než v roce 1890 (viz obr. 8.4).

Všechny uvedené rozdíly měly za následek větší kulminační průtoky v dílčích povodích Vltavy a také na Vltavě v Praze v roce 2002 oproti roku 1890 (s výjimkou povodí Sázavy).

### 8.2.3 Porovnání příčinných srážkových situací 1997 a 2002

Analýza rozložení i množství příčinných srážek pro povodně v srpnu 2002 a v červenci 1997 byla již zahrnuta do „Zprávy o meteorologických příčinách katastrofální povodně v srpnu 2002 a vyhodnocení extremity příčinných srážek“ (I. etapa Projektu). Porovnání je ztíženo tím, že obě povodňové události vznikly na různých povodích.



Obr. 8.4 Hodnoty API [mm] na území Čech pro případy povodní v povodí Vltavy v roce 2002 (ke dni 11. 8.) a v roce 1890 (ke dni 1. 9.).

V obou případech byla povodeň způsobena dvěma vlnami vydatných regionálních srážek:

- Rok 2002 – první srážková epizoda 6.–7. srpna
  - 3 dny bezsrážkového období
  - druhá srážková epizoda 11.–13. srpna
- Rok 1997 – první srážková epizoda 4.–8. července
  - 8 dní bezsrážkového období
  - druhá srážková epizoda 17.–21. července

Podstatné bylo, že hlavní povodňová vlna byla v roce 1997 způsobena již první srážkovou epizodou, kdežto v roce 2002 na většině povodí až druhou epizodou. Přehled srážek spadlých v rozhodující srážkové epizodě na jednotlivá povodí dává tab. 8.3.

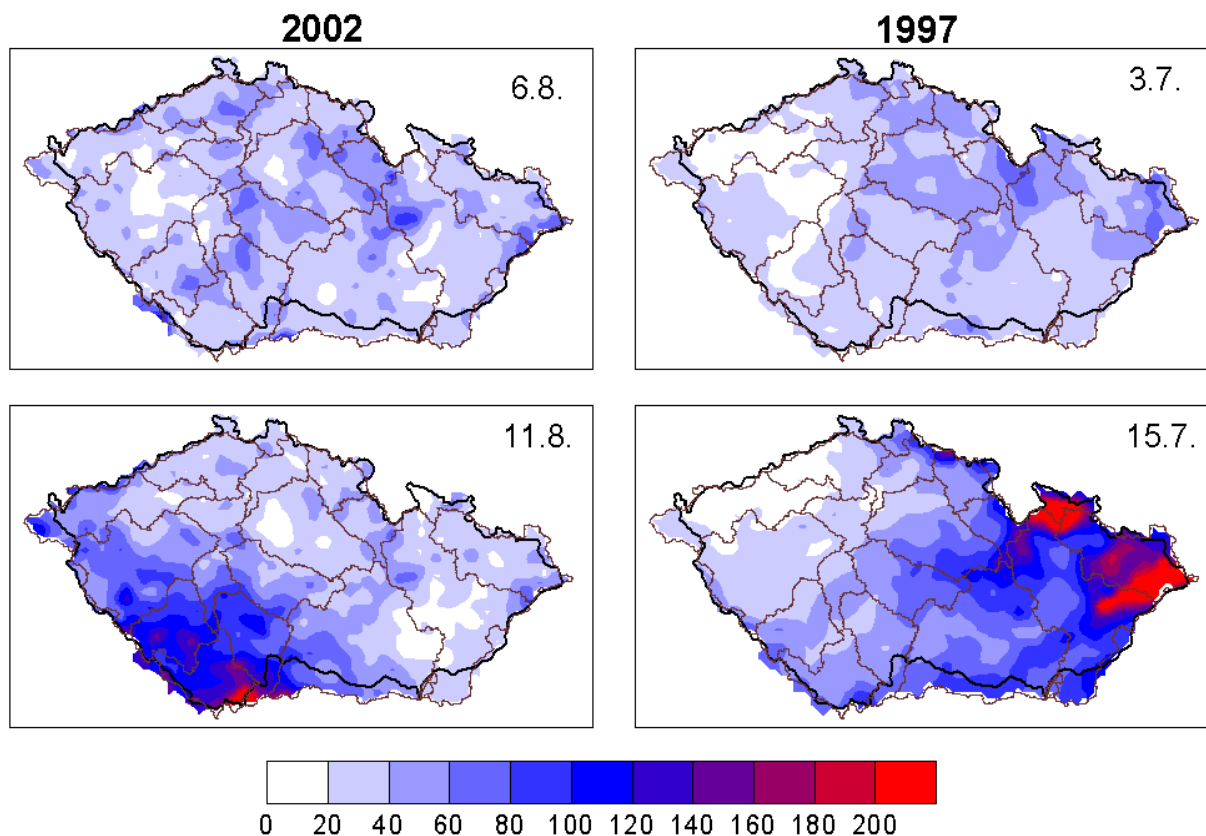
Tab. 8.3 Úhrny rozhodující epizody srážek na povodích v červenci 1997 a srpnu 2002.

Povodí	rok	Plocha [km <sup>2</sup> ]	11. 8. 2002	12. 8. 2002	13. 8. 2002			11.–13. 8. 2002
			4. 7. 1997	5. 7. 1997	6.7.1997	7. 7. 1997	8. 7. 1997	4. - 8.7.1997
Přímé povodí Vltavy od soutoku se Sázavou po Mělník	2002	1576	25	54	10			89
Bečva	1997	1620	11	45	102	65	48	271
Orlice	1997	2036	18	20	39	54	1	131
Opava	1997	2089	8	53	80	66	32	240
Olše	1997	2097	12	51	84	65	77	289
Přímé povodí Vltavy od Českých Budějovic po soutok se Sázavou	2002	2404	40	75	3			118
Vltava a Malše	2002	2841	66	74	8			148
Otava	2002	3839	51	71	1			123
Mže, Radbuza, Úhlava	2002	4032	27	58	2			87
Labe po soutok s Orlicí a Orlice	1997	4160	17	15	35	45	0	113
Lužnice	2002	4216	26	73	9			108
Sázava	2002	4349	22	57	32			111
Berounka od Plzně s přítoky	2002	4823	34	69	2			105
Morava po soutok s Bečvou a Bečva	1997	5196	10	56	68	59	23	215
Odra	1997	5802	11	54	83	68	51	266
Morava	1997	9381	10	44	60	51	17	183
Odra + Morava	1997	15184	11	48	69	57	30	215
Vltava	2002	27100	36	67	8			111

Z tabulky je patrné, že v roce 1997 byl celkový úhrn srážek vyšší. Výraznější byla však první vlna srážek, která také způsobila větší povodňovou odezvu v povodí Odry a Moravy. V roce 2002 první vlna srážek byla menší na většině území. Druhá, větší vlna srážek pak spadla do nasyceného povodí a vyvolala velmi rychlé a extrémní odtoky. Pro průběh a extrémnost povodně v roce 2002 v porovnání s rokem 1997 jsou podstatné následující rozdíly:

- Obě vlny srážek byly v roce 2002 odděleny podstatně kratším bezsrážkovým obdobím, přičemž výraznější byla druhá srážková vlna.
- Druhá vlna srážek, která v roce 2002 způsobila hlavní povodňovou vlnu, spadla do silně nasyceného povodí.
- Hodnoty ukazatele předcházejících srážek  $API_{30}$  byly v roce 2002 před druhou srážkovou epizodou pochopitelně vyšší než před první epizodou v roce 1997, avšak nižší než před druhou epizodou 1997 (viz obr. 8.5). Přesto v roce 1997 druhá povodňová vlna již nedosáhla velikosti první vlny.
- Podstatná část odtoku v roce 1997 byla rozdělena do povodí dvou řek – Odry a Moravy. V roce 2002 bylo zasaženo vějířovité povodí jediného toku – Vltavy, kde se veškerý odtok soustředil do koryta dolní Vltavy a posléze do Labe.





Obr. 8.5 Srovnání plošného rozložení hodnot  $API_{30}$  pro začátek srážkových epizod v 1997 a 2002. Datum je vždy uvedeno v obrázku.

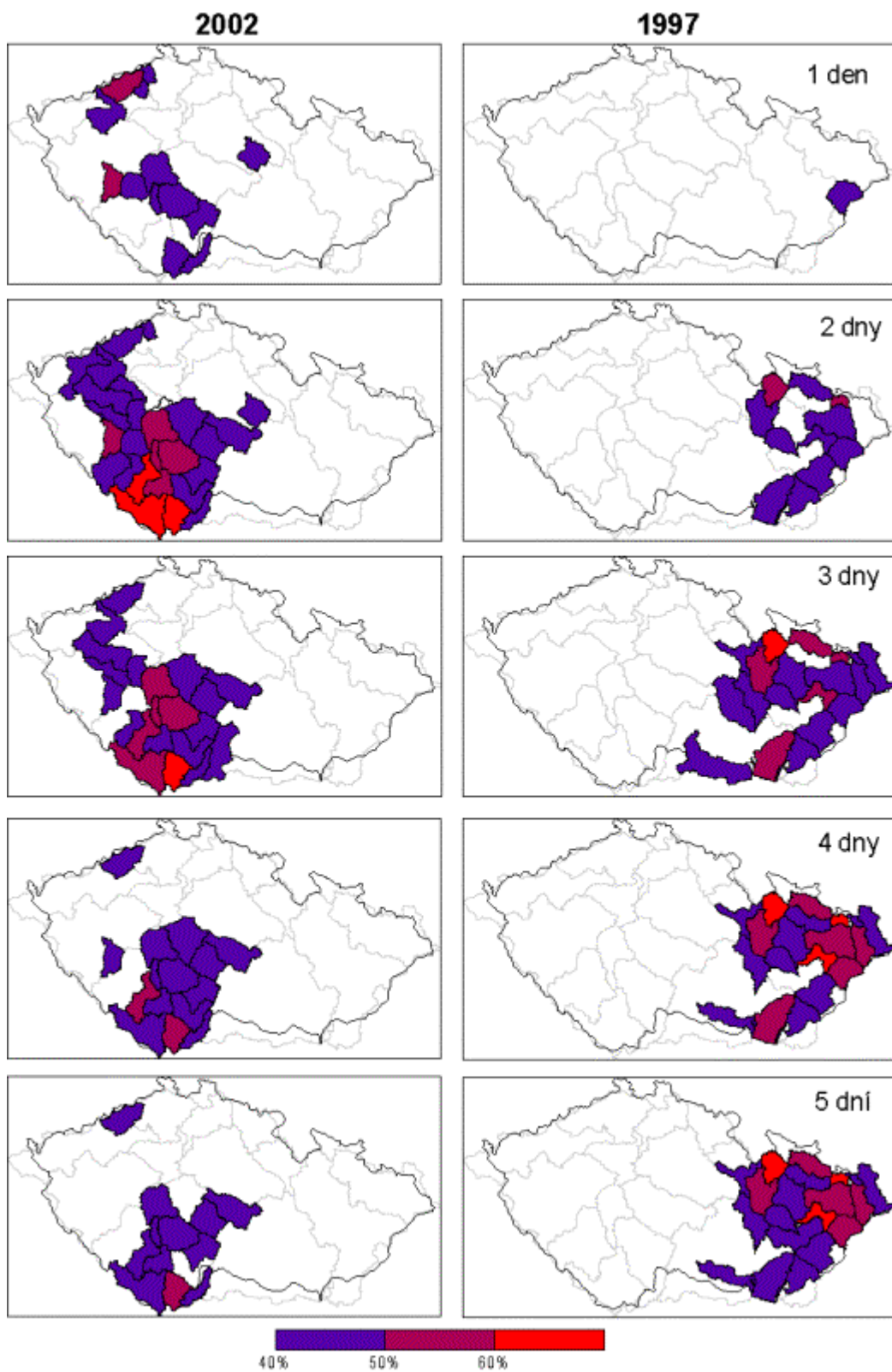
### 8.3 Porovnání množství příčinných srážek v srpnu 2002 s pravděpodobnou maximální srážkou pro daná povodí

Podle manuálu Světové meteorologické organizace (WMO, 1986) je pravděpodobná maximální srážka (PMP) definována jako: „... maximální meteorologicky možný srážkový úhrn pro oblast dané velikosti a dané geografické polohy, pro danou dobu během roku a pro dané trvání srážkové události. Odhad PMP nebere v úvahu možné klimatické změny.“ Hodnotu PMP je tedy nutné považovat za odhad limitní horní meze extrémních srážek.

Při hodnocení extrémnosti srážek v srpnu 2002 byl proveden:

- odhad hodnot PMP pro vybraná povodí zasažená srážkami v srpnu 2002 a porovnání odhadu PMP s maximálními úhrny skutečných srážek,
- porovnání výsledků pro srpen 2002 s obdobnými hodnotami stanovenými pro příčinné srážky z povodní v červenci 1997.

Při výpočtech byly využity postupy pro odhad PMP na území ČR, vyvinuté v projektech vědy a výzkumu. Při hodnocení je využita statistická metoda založená na zpracování řad ročních maxim pro srážkové úhrny vztažené k době trvání 1, 2, 3, 4, a 5 dní. Vstupním podkladem jsou údaje ze srážkoměrné sítě a data z radarů provozovaných ČHMÚ na území ČR.



Obr. 8.6 Poměr plošného srážkového úhrnu na povodích III. řádu a plošného odhadu PMP pro dobu trvání 1–5 dní a srážková období z července 1997 a srpna 2002.

Výsledky hodnocení srážek v srpnu 2002 a v červenci 1997 ve vztahu k PMP jsou graficky znázorněny na obr. 8.6 jako poměr naměřených plošných úhrnů srážek k plošnému odhadu PMP pro znázorněná povodí III. řádu a pro 1 až 5denní trvání srážky. Výsledky lze shrnout takto:

- a) Hodnoty srážek v roce 2002 pro zasažená povodí různé velikosti dosahují maximálně 68 % hodnot PMP, nejvyšší hodnoty byly dosaženy v povodí Vltavy po Malši a a v povodí Malše. Maximální relativní hodnoty byly dosaženy v případě dvoudenních a třídenních úhrnů.
- b) Podobné relativní hodnoty vzhledem k PMP byly dosaženy i v červenci 1997, přičemž absolutní hodnoty PMP jsou pro moravská povodí vyšší než pro jižní a střední Čechy. Maximální relativní hodnoty byly v roce 1997 dosaženy pro delší srážkové úhrny (4 až 5 dnů).
- c) Bodové hodnoty srážek překonaly v jednom případě bodový odhad PMP pro danou lokalitu. Jedná se o stanici Cínovec (na území SRN), kde 12. srpna dosáhla denní srážka hodnoty 312 mm a odhad PMP byl stanoven na 277 mm. Z toho vyplývá, že je nutné zpřesnit hodnoty PMP v hraničních oblastech s využitím měření z příhraničních oblastí okolních států.
- d) Plošné srážkové úhrny z povodňové epizody 2002 jsou poměrně hluboko pod úrovní odhadu PMP. I když připustíme nepřesnost v odhadu PMP, vyplývá z dosavadních výsledků, že srážky vyšší než v srpnu 2002 jsou reálně možné.

Závěrečná poznámka: Do metody pro odhad bodových i plošných PMP byly srážkové úhrny z roku 1997 zahrnuty, rok 2002 prozatím zahrnut nebyl. Vliv srážek ze srpna 2002 na odhady PMP dosud nebyl vyhodnocen, předpokládáme však, že nebude zásadní. Nicméně bude nutné stanovit upřesněné odhady PMP a srážkové úhrny roku 2002 do nich zapracovat.

