

4. Porovnání množství příčinných srážek v srpnu 2002 s pravděpodobnou maximální srážkou pro daná povodí

Cílem 3. části předložené studie je porovnání srážkových úhrnů z příčinných srážek v srpnu 2002 s hodnotami odhadu tzv. pravděpodobné maximální srážky (dále jen zkratkou PMP z anglického ekvivalentu “Probable Maximum Precipitation”). Výchozím metodickým podkladem pro odhad PMP je manuál Světové meteorologické organizace (*WMO, 1986*), který shrnuje poznatky o postupech vhodných pro odhad PMP na úrovni poznání roku vydání. Podle tohoto manuálu je 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.

Tato část studie využívá postupy pro odhad PMP, které byly odvozeny v rámci projektu VaV510/3/97 „Vývoj metod pro stanovení extrémních povodní“ podporovaného MZP ČR v letech 1997–2000 (*VaV510/3/97 Souhrnná závěrečná zpráva, 2001*). Sestavení metod, které umožňují provést bodové i plošné odhady PMP pro vybraná povodí v ČR, byl předmětem dílčího úkolu 2.1 řešeného v ÚFA AV ČR (*VaV510/3/97/2.1 Závěrečná zpráva, 2000; Řezáčová, Sokol a Pešice, 2001*). Při výpočtu plošných odhadů PMP jsme využili novějších výsledků získaných v rámci probíhajícího projektu podporovaného Ministerstvem Zemědělství ČR (2001–2004): QD1368 „Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní“ (*QD1368 Periodická zpráva, 2003*). V rámci tohoto projektu byly, s využitím radarových dat, provedeny nové výpočty koeficientu, který vyjadřuje závislost plošné srážky na maximální bodové srážce na povodí (*QD1368/03,04 Výroční zpráva, 2003*).

Vstupním podkladem pro výpočty byly následující údaje předané objednatelem studie:

- datový soubor obsahující hranice povodí III. řádu v zeměpisných souřadnicích převedený z prostředí GIS (ing. Šercl, ČHMÚ),
- seznam vybraných povodí, pro něž je nutné stanovit PMP a provést srovnání se skutečnými srážkovými úhrny (ing. Šercl, ČHMÚ),
- srážkoměrná data z obou sledovaných událostí (2002 a 1997) ve formě plošných srážkových úhrnů pro povodí III. řádu (dr. Květoň, ČHMÚ).

Práce byla rozvržena do několika etap, jejichž výsledky jsou shrnuty v následujících částech. Je nutné poznamenat, že srovnání odhadů PMP se srážkovými úhrny ze srpna 2002 jsme rozšířili a zahrnuli do srovnání i situaci z července 1997 tak, aby tato část zprávy doplňovala obdobné srovnání z kapitoly 2 a 3.

V části 4.1 stručně uvádíme základní postupy, které byly užity při odhadu PMP. Část 4.2 je věnována odhadům PMP pro povodí III. řádu a srovnání vypadlých srážek s teoretickými hodnotami PMP. Porovnání srážkových úhrnů s hodnotami PMP pro vybraná větší povodí je obsahem části 4.3 a v následující části 4.4 jsou stručně zmíněny extrémní bodové srážky a jejich srovnání s bodovými hodnotami PMP. Závěrečná část 4.5 shrnuje výsledky studie a jejich význam z hlediska výskytu budoucích extrémních srážek.

4.1. Základní postupy užití při výpočtu PMP

Bezpečnost provozu vodohospodářských děl (VD) vyžaduje respektování odtokového režimu povodí i za předpokladu extrémních srážek. Speciálním typem režimové předpovědi

extrémních srážek je odhad PMP. Předpověď či odhad PMP je jedním ze vstupních údajů pro odhad tzv. pravděpodobné maximální povodně (PMF – Probable Maximum Flood), která je již hydrologicky využitelná pro stanovení požadovaných vlastností projektovaných vodních děl, resp. pro prověření bezpečnosti vodních děl stávajících. Základním omezením při odhadu PMP je rozsah a kvalita dat, která jsou pro danou oblast k dispozici. Výpočet PMP je tedy vždy nutné považovat za odhad, který je zatížen nejistotou závislou na použité metodě a vstupním datovém souboru. Světová meteorologická organizace proto doporučuje, aby pro odhad PMP bylo užito několik nezávislých postupů.

V projektu VaV510/3/97 jsme odvodili dva postupy pro odhad PMP (*VaV510/3/97/2.1 Závěrečná zpráva, 2000; Řezáčová, Sokol a Pešice, 2001*). Pro trvání srážky kratší než 24 hodin jsme využili základní myšlenky fyzikálního modelu (*Austin, Cluckie, Colier a Hardaker, 1995; Colier a Hardaker, 1997*). Tyto doby trvání odpovídají extrémním přívalovým srážkám vypadávajícím z konvektivních systémů, příkladem je příčinná srážka z července 1998, která vyvolala přívalovou povodeň v podhůří Orlických hor. Pro jedno- a vícedenní odhad PMP jsme modifikovali statistický postup (WMO, 1986), který je založen na zpracování řad ročních maxim pro srážkové úhrny dané doby trvání. Řady se stanoví na základě měření přízemních srážkoměrných stanic a statistická metoda sestavená na bázi postupu WMO využívá výběrové hodnoty průměru a standardní odchylky jednotlivých řad.

Statistický odhad bodové hodnoty PMP pro dané trvání srážky se stanoví na základě regresních modelů, které berou v úvahu délku pozorovací řady. Výsledná regresní plocha musí dále splňovat požadavek, aby PMP v místě maximální bodové srážky naměřené na našem území překračovala toto maximum (viz *VaV510/3/97/2.1 Závěrečná zpráva, 2000*). Vzhledem ke struktuře srážkových polí nelze předpokládat současný výskyt hodnoty bodové hodnoty PMP ve všech bodech povodí. Taková aplikace bodových odhadů na plochu by nereálně nadhodnotila odhad plošný. Proto byl odvozen vztah mezi bodovým a plošným odhadem, který bere v úvahu plošné rozložení srážek při extrémních událostech na našem území. Tato korekce na velikost zasažené plochy byla dále upřesněna s uvažováním plošných srážek odvozených z měření meteorologických radarů (*QD1368 Periodická zpráva, 2003*).

Při hodnocení extrémních srážkových epizod ze srpna 2002 a z července 1997, které jsou příkladem extrémních trvalých srážek, jsme využili tuto statistickou metodu.

4.2. Odhad hodnot PMP pro povodí III. řádu

V této části práce jsou uvedeny výsledky, které se týkají porovnání plošných odhadů PMP pro povodí III. řádu s odpovídajícími plošnými srážkami, které vypadly během srážkových epizod v červenci 1997 a v srpnu 2002. Plošné odhady PMP pro jednotlivá povodí byly provedeny postupem popsáním v předchozí části. Vzhledem k charakteru srážek byly studovány hodnoty PMP pro jeden a více dnů.

Na základě údajů ČHMÚ jsme měli k dispozici jednodenní plošné srážkové úhrny pro obě povodňová období a pro všechna povodí III. řádu. Dvou až pětidenní plošné srážkové úhrny byly stanoveny z jednodenních hodnot. Pro každé povodí a každou délku trvání byla vybrána maximální hodnota plošného úhrnu pro sledované období a byla srovnána s odpovídajícím plošným odhadem PMP.

Získané výsledky jsou shrnuty v obr. 4.1. Nejvyšších hodnot plošných srážkových úhrnů vzhledem k odhadu PMP bylo dosaženo v roce 2002 v povodí Malše pro dvoudenní a třídní srážkové úhrny (64 %) a v povodí Blanice, resp. Vltavy po Malši pro dvoudenní

srážkový úhrn (62 % resp. 60 %). V roce 1997 byla maxima plošných srážkových úhrnů relativně k hodnotám PMP zaznamenána na povodích Moravy po Moravskou Sázavu pro třídní až pětidenní srážkové úhrny (maximum 62 %) a v povodích Opavy od Moravice po ústí a Bečvy od soutoku Vsetínské a Rožnovské Bečvy po ústí (maximum 63 %).

Z obr. 4.1 je patrné, že plošné srážkové úhrny dosahovaly v obou epizodách velmi podobných hodnot vzhledem k odhadům PMP, maxima byla v roce 2002 dosažena pro dvoudenní a třídní srážkové úhrny, zatímco v roce 1997 byla posunuta k delším časovým úsekům.

4.3. Odhad hodnot PMP pro vybraná povodí zasažená příčinnými srážkami.

V další etapě byly plošné odhady PMP stanoveny pro vybraná povodí, zahrnující jak povodí třetího řádu s vysokými srážkovými úhrny při sledovaných epizodách, tak jim nadřazená povodí větší. Výběr povodí pro povodňovou epizodu 2002 byl proveden zadavatelem. Pro srovnání s rokem 1997 byl obdobným postupem vybrán vzorek moravských povodí. Plošné srážkové úhrny pro větší územní celky byly stanoveny jako suma plošných srážkových úhrnů na povodích třetího řádu vážená plochou jednotlivých povodí. Plošné odhady PMP byly stanoveny nezávisle pro malá i větší povodí.

Vyhodnocovaná povodí jsou znázorněna na obr. 4.2. V roce 2002 byla do hodnocení zařazena povodí Vltavy a jejích přítoků a v roce 1997 povodí Moravy a Odry. Výsledky jsou shrnuty v tab. 4.1, hodnoty PMP jsou vyneseny do obr. 4.3 a relativní hodnoty plošných srážek z tab. 4.1 jsou znázorněny na obr. 4.4. Hodnoty srážek pro zasažená povodí různé velikosti v roce 2002 dosahují maximálně 68 % hodnot PMP, nejvyšší hodnoty byly dosaženy v povodí Vltava po Malši a Malše. Maximální relativní hodnoty byly dosaženy v případě dvoudenních a třídních úhrnů. 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. Stejně jako u povodí III. řádu byly maximální relativní hodnoty v roce 1997 dosaženy pro delší srážkové úhrny (4 až 5 dnů).

4.4. Extrémní bodové srážky a jejich srovnání s bodovým odhadem PMP

Staniční srážkové úhrny v průběhu povodní v roce 2002 se v několika případech dostaly na čelná místa tabulek absolutních srážkových maxim. Proto součástí hodnocení povodňové epizody bylo i posouzení bodových jedno a vícedenních srážkových úhrnů. Na základě údajů uvedených ve *Zpráva ČHMÚ (2002)* bylo vybráno vždy deset nejvyšších bodových srážkových úhrnů pro danou dobu trvání. Pro danou lokalitu byly stanoveny odpovídající bodové odhady a ty byly srovnány s bodovými odhady PMP. Získané výsledky jsou v tab. 4.2.

Bodové hodnoty srážek překonaly v jednom případě bodový odhad PMP pro danou lokalitu. Jedná se o stanici Cínovec (na území SRN), kde 12. 8. dosáhla denní srážka hodnoty 312 mm a odhad PMP byl stanoven na 277 mm. To ukazuje, že dosavadní odhady PMP nejsou stanoveny nereálně vysoko tak, aby je nebylo možné v žádném případě překonat. Jedná se o reálné odhady, vycházející z dosavadních historických měření, které je nutné stále kontrolovat. Druhým důsledkem překročení odhadu PMP na stanici Cínovec je nutnost znovu zhodnotit odhady PMP na základě nových dat z roku 2002 a při úpravě zahrnout do výpočtu i údaje z příhraničních oblastí vně území ČR.

4.5. Souhrn a závěr

Výsledky hodnocení srážek ve vztahu k PMP lze shrnout následujícím způsobem:

1. V srpnu 2002 dosahují hodnoty plošných srážek pro zasažená povodí různé velikosti maximálně 68 % hodnot PMP, nejvyšší hodnoty byly dosaženy v povodí Vltava po Malši a Malše. Maximální relativní hodnoty byly dosaženy v případě dvoudenních a třídních úhrnů.
2. 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).
3. Bodové hodnoty srážek překonaly v srpnu 2002 v jednom případě bodový odhad PMP pro danou lokalitu. Jedná se o stanici Cínovec (na území SRN), kde 12. 8. 2002 dosáhla denní srážka hodnoty 312 mm a odhad PMP byl stanoven na 277 mm. Je tedy nutné zpřesnit hodnoty PMP v hraničních oblastech s využitím měření z příhraničních oblastí okolních států.
4. 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.
5. Popsaná situace odpovídá současnému stavu klimatu. Nejsou nám zatím známy žádné odborně uznávané údaje, které by umožnily posoudit vliv globální klimatické změny (globální oteplování) na zvýšení nebo snížení možných srážkových úhrnů na našem území i na odhad PMP.

Závěrečná poznámka: Do metody pro odhad bodových i plošných PMP byly srážkové úhrny z roku 1997 zahrnuty, rok 2002 pochopitelně zahrnut nebyl. Vliv srážek ze srpna 2002 na odhady PMP nelze předem zhodnotit, i když předpokládáme, že není zásadní. Bude nicméně nutné stanovit upřesněné odhady PMP a srážkové úhrny roku 2002 do nich zapracovat.

Přiložené tabulky a obrázky

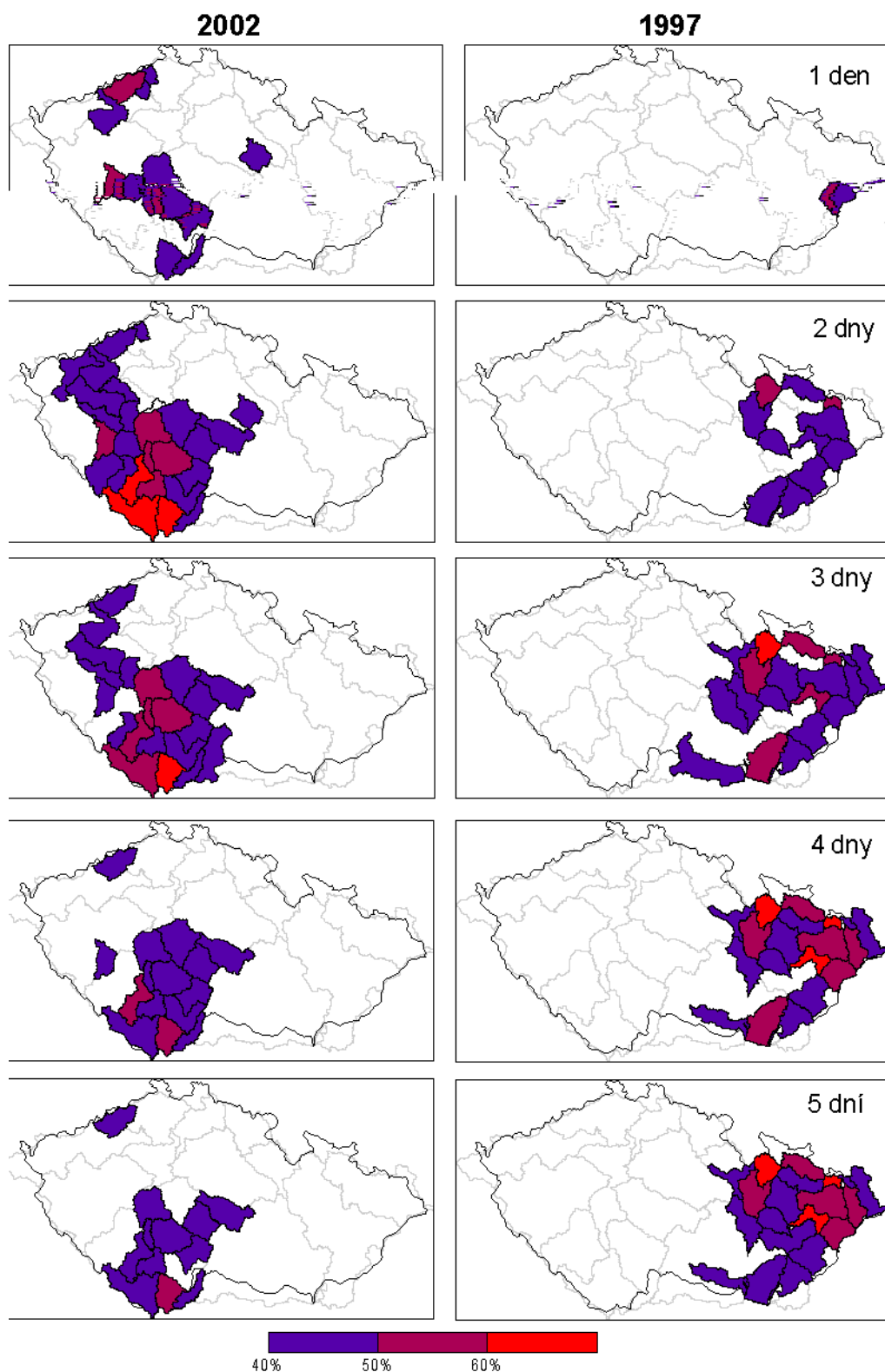
Tab. 4.1 Hodnoty plošných odhadů PMP a maximálních plošných srážek na vybraných povodích (viz. obr. 3.2) pro povodňové epizody roku 2002 a 1997. Část (A) jednodenní a dvoudenní hodnoty, část (B) třídní, čtyřdní a pětidenní hodnoty. Poměrné hodnoty srážek vůči plošným odhadům PMP jsou pro obě epizody podobné; je však patrné, že odhady PMP pro moravská povodí jsou vyšší.

(A)	Plocha [km ²]	1 den			2 dny		
		PMP [mm]	Srážky [mm]	Poměr [%]	PMP [mm]	Srážky [mm]	Poměr [%]
2002							
Vltava po Malši	1864	196	77	39	240	145	60
Malše	980	196	91	46	261	168	64
Vltava po Malši a Malše	2844	184	82	45	225	153	68
Blanice	980	186	70	38	220	137	62
Lomnice	845	174	70	40	227	103	45
Otava	3841	201	72	36	268	122	46
Vltava po Orlik	11997	166	75	45	221	123	56
Úslava	757	180	93	52	236	131	56
Vltava po Prahu	27128	145	68	47	192	107	56
1997							
Odra po Opavu	1618	260	84	32	370	157	42
Opava po Moravici	946	280	107	38	390	180	46
Ostravice	829	328	106	32	494	176	36
Odra	5836	247	84	34	372	150	40
Morava po Mor. Sázavu	823	270	103	38	367	201	55
Bečva pod soutok	990	285	116	41	435	184	42
Bečva po ústí	1621	300	102	34	452	167	37
Morava	10511	224	67	30	337	116	34

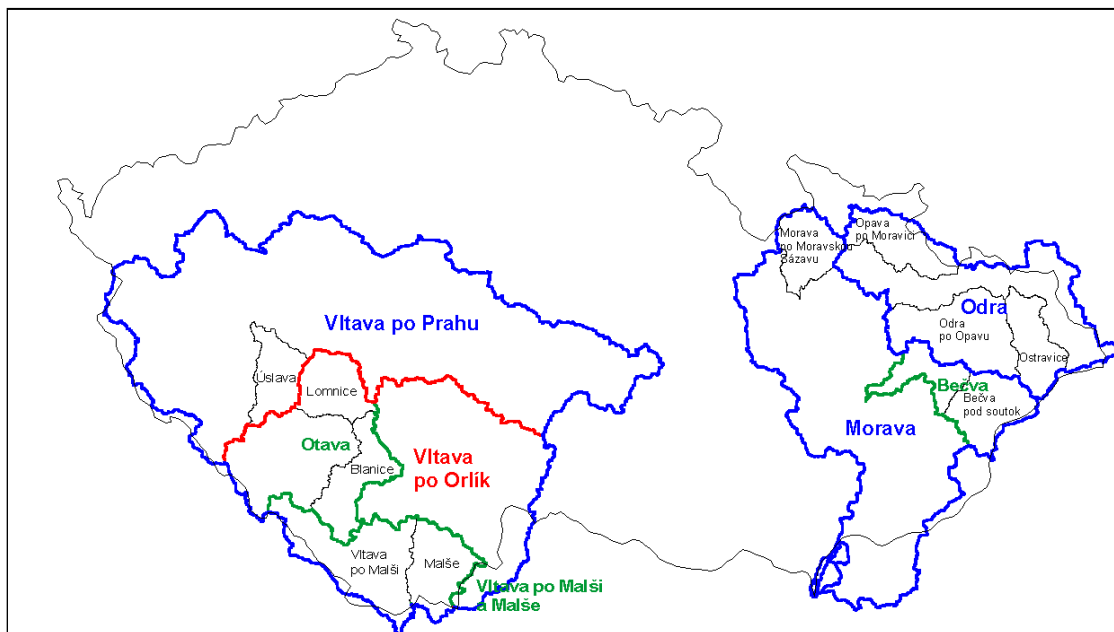
(B)	Plocha [km ²]	3 dny			4 dny			5 dní		
		PMP [mm]	Srážky [mm]	Poměr [%]	PMP [mm]	Srážky [mm]	Poměr [%]	PMP [mm]	Srážky [mm]	Poměr [%]
2002										
Vltava po Malši	1864	275	145	53	296	146	49	309	148	48
Malše	980	272	173	64	304	173	57	319	177	55
Vltava po Malši a Malše	2844	258	155	60	278	155	56	290	158	54
Blanice	980	248	138	56	274	138	50	280	138	49
Lomnice	845	275	103	37	302	103	34	328	105	32
Otava	3841	311	123	40	328	124	38	338	125	37
Vltava po Orlik	11997	257	127	49	271	127	47	280	128	46
Úslava	757	288	132	46	317	132	42	346	135	39
Vltava po Prahu	27128	225	114	51	237	115	49	243	116	48
1997										
Odra po Opavu	1618	442	217	49	477	256	54	493	269	55
Opava po Moravici	946	470	239	51	508	274	54	514	283	55
Ostravice	829	577	267	46	626	324	52	650	336	52
Odra	5836	435	214	49	471	255	54	490	266	54
Morava po Moravskou Sázavu	823	443	271	61	486	294	60	495	306	62
Bečva pod soutok	990	503	246	49	550	283	51	559	293	52
Bečva po ústí	1621	528	227	43	573	260	45	595	271	46
Morava	10511	393	156	40	427	172	40	443	181	41

Tab. 4.2 Srovnání bodových hodnot PMP s nejvyššími zaznamenanými srážkovými úhrny na území ČR. Bylo vybráno vždy deset nejvyšších měřených srážkových úhrnů pro doby trvání jeden až pět dnů. Datum v tabulce udává vždy první den sledovaného období. Bodový odhad PMP byl překročen v jediném případě – měřeno na stanici Zinnwald (Cínovec), cca 500 m za státní hranicí, pro jednodenní srážkový úhrn.

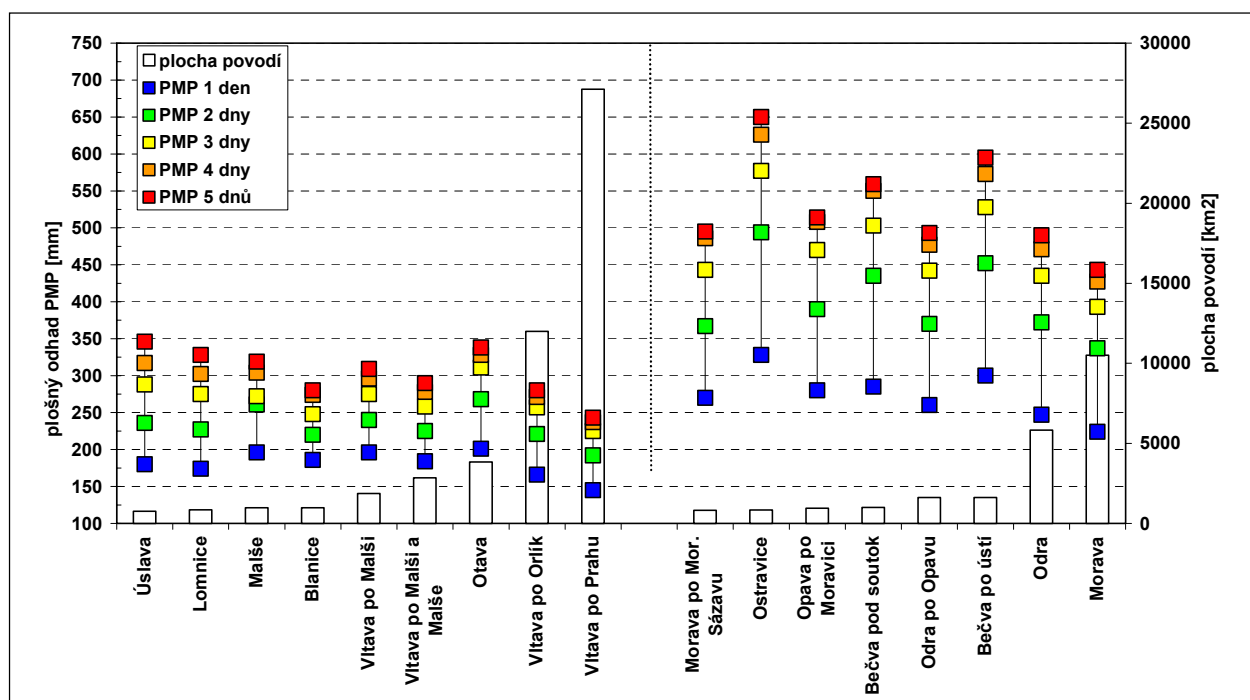
	Pořadí	Datum výskytu	Stanice	Zem. šířka	Zem. délka	Výška m .n.m.	Srážky [mm]	PMP [mm]	Poměr [%]
1 den	1	29. 7. 1897	Nová Louka	50.8139	15.1578	780	345.1	355	97
	2	12. 8. 2002	Cínovec	50.7333	13.7500	882	312.0	277	113
	3	29. 7. 1897	Jizerka	50.8175	15.3494	970	300.0	365	82
	4	13. 8. 2002	Knajpa	50.8167	15.2489	967	278.0	356	78
	5	13. 8. 2002	Smědavská hora	50.8453	15.2519	1006	271.1	356	76
	6	29. 7. 1897	Pec pod Sněžkou	50.7000	15.7333	812	266.2	389	68
	7	6. 7. 1997	Studniční hora	50.7250	15.7055	1531	260.9	385	68
	8	13. 8. 2002	Jizerská	50.8175	15.3494	1000	247.8	365	68
	9	9. 7. 1903	Nová Červená Voda	50.3667	17.1025	310	240.2	287	84
	10	29. 7. 1897	Sněžka	50.7333	15.7333	1603	239.0	389	61
2 dny	1	11. 8. 2002	Cínovec	50.7333	13.7500	882	380.0	400	95
	2	20. 8. 1972	Lysá hora	49.5461	18.4478	1324	371.2	756	49
	3	20. 8. 1972	Nýdek	49.6667	18.7667	435	370.2	607	61
	4	20. 8. 1972	Šance	49.5125	18.4189	509	365.0	669	55
	5	6. 7. 1997	Zlaté Hory	50.2297	17.3050	757	358.8	608	59
	6	6. 7. 1997	Jeseník	50.2167	17.2167	456	356.0	460	77
	7	12. 8. 2002	Knajpa	50.8167	15.2489	967	353.6	461	77
	8	6. 7. 1997	Vidly	50.1056	17.2689	781	348.9	555	63
	9	6. 7. 1997	Lysá hora	49.5461	18.4478	1324	339.0	756	45
	10	12. 8. 2002	Cínovec	50.7333	13.7500	882	338.0	400	85
3 dny	1	6. 7. 1997	Šance	49.5125	18.4189	509	536.7	772	70
	2	6. 7. 1997	Lysá hora	49.5461	18.4478	1324	509.7	884	58
	3	6. 7. 1997	Morávka	49.5619	18.5528	532	450.2	792	57
	4	5. 7. 1997	Jeseník	50.2167	17.2167	456	444.0	563	79
	5	5. 7. 1997	Zlaté Hory	50.2297	17.3050	757	441.2	732	60
	6	5. 7. 1997	Vidly	50.1056	17.2689	781	431.1	646	67
	7	20.08.1972	Lysá hora	49.5461	18.4478	1324	412.4	884	47
	8	20. 8. 1972	Nýdek	49.6667	18.7667	435	406.2	763	53
	9	11. 8. 2002	Cínovec	50.7333	13.7500	882	406.0	465	87
	10	6. 7. 1997	Vidly	50.1056	17.2689	781	404.2	646	63
4 dny	1	5. 7. 1997	Šance	49.5125	18.4189	509	602.1	846	71
	2	5. 7. 1997	Lysá hora	49.5461	18.4478	1324	571.0	959	60
	3	6. 7. 1997	Šance	49.5125	18.4189	509	545.0	846	64
	4	6. 7. 1997	Lysá hora	49.5461	18.4478	1324	519.3	959	54
	5	5. 7. 1997	Morávka	49.5619	18.5528	532	502.6	843	60
	6	5. 7. 1997	Vidly	50.1056	17.2689	781	486.4	709	69
	7	5. 7. 1997	Jeseník	50.2167	17.2167	456	483.0	647	75
	8	5. 7. 1997	Frenštát pod Radh.	49.5500	18.2167	408	481.2	633	76
	9	5. 7. 1997	Zlaté Hory	50.2297	17.3050	757	477.4	792	60
	10	4. 7. 1997	Zlaté Hory	50.2297	17.3050	757	474.8	792	60
5 dní	1	4. 7. 1997	Šance	49.5125	18.4189	509	616.9	853	72
	2	5. 7. 1997	Šance	49.5125	18.4189	509	610.4	853	72
	3	4. 7. 1997	Lysá hora	49.5461	18.4478	1324	585.7	996	59
	4	5. 7. 1997	Lysá hora	49.5461	18.4478	1324	580.6	996	58
	5	6. 7. 1997	Šance	49.5125	18.4189	509	545.0	853	64
	6	6. 7. 1997	Lysá hora	49.5461	18.4478	1324	519.3	996	52
	7	4. 7. 1997	Morávka	49.5619	18.5528	532	513.4	861	60
	8	5. 7. 1997	Morávka	49.5619	18.5528	532	512.8	861	60
	9	4. 7. 1997	Jeseník	50.2167	17.2167	456	512.0	668	77
	10	4. 7. 1997	Zlaté Hory	50.2297	17.3050	757	511.0	802	64



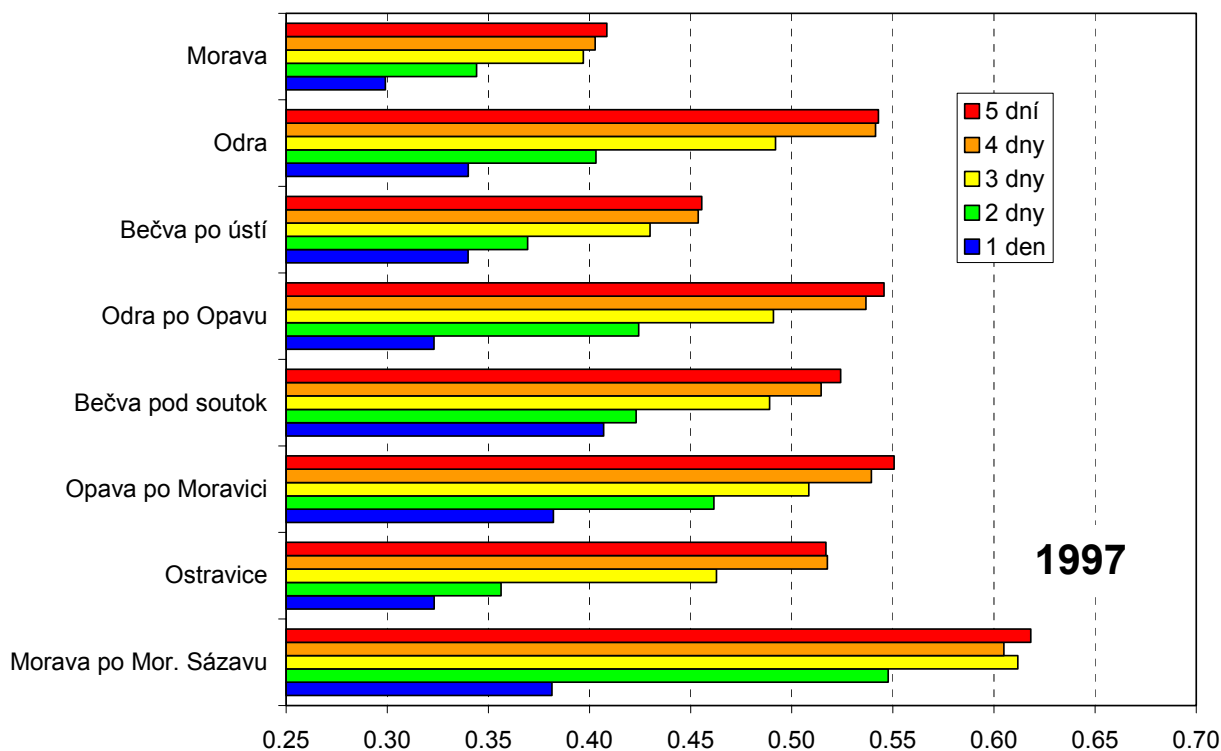
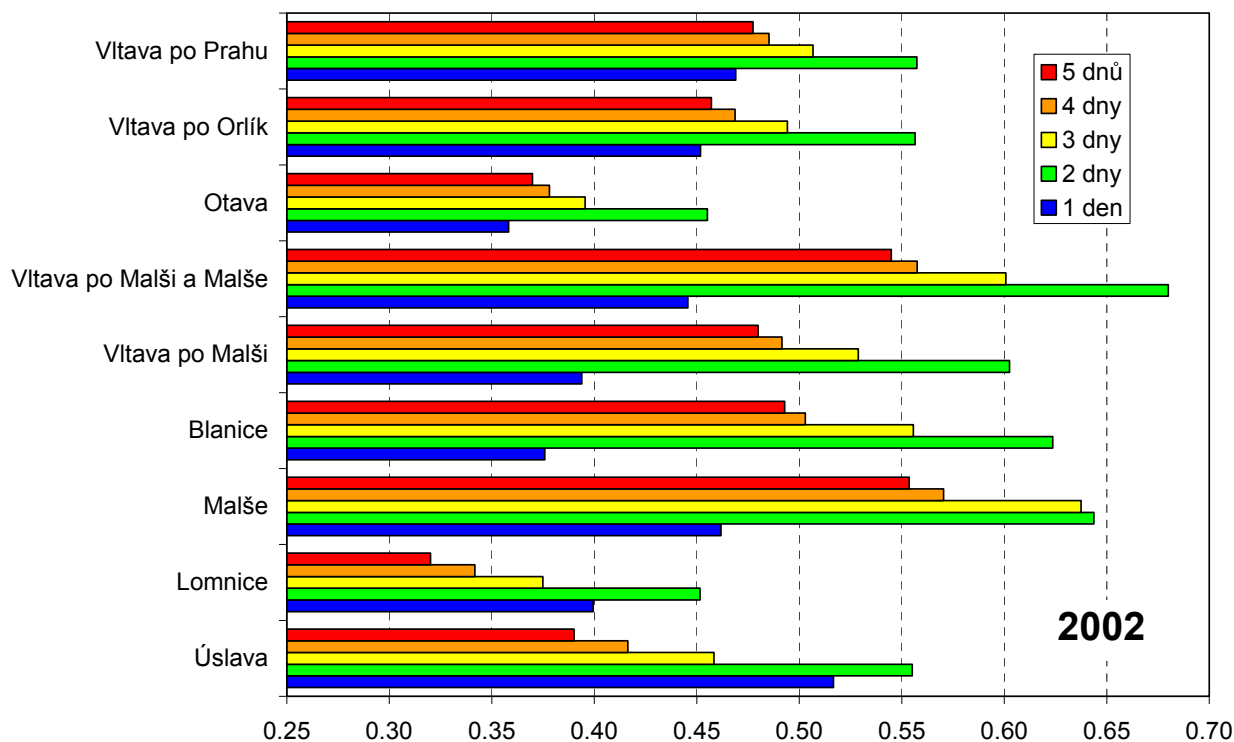
Obr. 4.1 Poměr plošného srážkového úhrnu na povodích III. řádu a plošného odhadu PMP pro dobu trvání 1–5 dní a srážková období z července 1997 a srpna 2002. Pro každé povodí III. řádu byla uvažována maximální plošná srážka daného trvání. Zobrazeny jsou pouze hodnoty poměrů překračující 40 % plošného odhadu PMP. Hodnoty vyšší než 70 % odhadu PMP se nevyskytly. Je patrné, že maxima srážek vzhledem k odhadům PMP jsou pro rok 1997 posunuty k delším dobám trvání srážek.



Obr. 4.2 Mapa vyhodnocovaných povodí pro povodně v roce 2002 a 1997. Byla vybrána povodí III. řádu s nejvyššími srážkovými úhrny a odpovídající větší povodí zasažená srážkami.



Obr. 4.3 Odhady plošné hodnoty PMP pro vybraná povodí (viz obr. 4.2). Vlevo povodí zasažená v srpnu 2002 a vpravo povodí zasažená v červenci 1997.



Obr. 4.4 Poměr plošných srážkových úhrnů vzhledem k plošným odhadům PMP pro vybraná povodí. Odpovídající hodnoty PMP jsou na obr. 4.2 (viz také tab. 4.1).

