

# VYUŽITÍ METOD DÁLKOVÉ DETEKCE BĚHEM POVODNÍ V ČESKÉ REPUBLICE V SRPNU ROKU 2002

**The use of remote sensing methods during the floods in the Czech Republic in August 2002.** The remote sensing data are nowadays commonly used in many meteorological services around the world. The satellite measurements are providing the meteorologists with the information about the current cloud development over large areas (see Fig. 1), leaving aside the non-negligible positive effect on performance of the numerical weather prediction models. The weather radars, the network of which has been completed and digitized in mid-nineties, give detailed image about the cloud development in almost real time. In the Czech Hydrometeorological Institute, a combination of radar information, satellite measurements, 500 and 700 hPa geopotential, lightning detection system can be presented in a user-friendly JavaScript-based environment along with some geographical information like rivers water basins, road and rail network, latitude and longitude of the cursor position and so forth (see Fig. 2).

The meteorological radar can also provide quantitative precipitation estimates. These estimates, affected by variations of the drop size distribution, beam broadening and its growing height above the terrain with the increasing range, attenuation and other sources of error, must be subject of correction procedures in order to yield reasonably accurate results. These procedures can include vertical profile correction, adjustment using mean field bias (the gauge / radar factor) with moving time window of several „rainy” days and merging the adjusted radar estimates with the raingauge measurements using a U. S. NWS program of the author D.-J. Seo. These procedures have been running routinely in test mode since spring 2002 for 1, 6 and 24 hours period, along with the HTML-based user interface which allow the hydrometeorological analyst to modify the mean field bias, change some parameters affecting the merging calculation and rejecting or adding raingauge measurements. The example of the final estimate of the radar and raingauge measurements is given in Fig. 4. It can be concluded that the radar-raingauge merge rainfall estimate can provide the best possible instantaneous precipitation estimate. However, in the absence of sufficiently dense raingauge network some considerable underestimation can still occur, mainly in northern mountainous areas during strong winds that cause strong orographic enhancement which stays to the great extend invisible under the lowest usable radar beam.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** detekce dálková – metody – radar meteorologický – družice meteorologická – srážky atmosférické – povodeň – Česká republika

## ÚVOD

Metody dálkové detekce dnes představují běžnou součást informačních zdrojů vyspělých meteorologických služeb. Data z meteorologických družic, radarů či systémů detekce blesků vhodně doplňují „bodová“ měření získaná ze standardních staničních sítí a pomáhají meteorologovi ve službě získat ucelenější obraz o aktuálním vývoji povětrnostní situace, zejména s ohledem na případné odchylky od předpokládaného vývoje. Metody dálkové detekce poskytují navíc detailnější obraz a pomáhají upřesňovat předpověď počasí, obvykle v časovém horizontu několikola hodin.

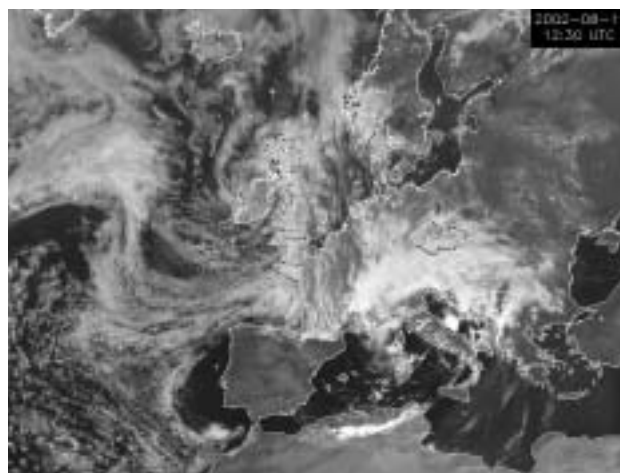
Ke kvalitativní interpretaci údajů poskytnutých metodami dálkové detekce přistupuje v poslední době též využívání kvantitativní, tj. odhad hodnot meteorologických prvků vypočtených na základě detekovaných hodnot elektromagnetického záření. Družicové údaje nacházejí své uplatnění především v numerickém modelování, neboť odhady teploty a vlhkosti, popřípadě vektoru větru přispívají významně ke kvalitě výsledků numerických modelů, a to zejména v oblastech s řídkou sítí aerologických či pozemních meteorologických stanic. Stále významnější úlohu v oblasti detekce a kvantitativního odhadu srážek hrají meteorologické radary, jejichž plně digitální síť pro území České republiky byla dobudována v polovině 90. let minulého století [2, 3, 4]. Za předpokladu zajištění stability radarového měření se otevírají možnosti využití kvantitativních odhadů srážek, čemuž bude věnována většina tohoto příspěvku.

## 1. MONITORING POVĚTRNOSTNÍ SITUACE BĚHEM POVODNÍ POMOCÍ METOD DÁLKOVÉ DETEKCE

Během celé povodňové situace (období 6.–15. 8. 2002) fungovaly měřicí, zpracovatelské a komunikační systémy distančních měření bez výpadků s velmi dobrou technickou spolehlivostí.

U radarů byla v daném období spolehlivost 100 % dodaných měření (vyjma dvou testovacích snímků z Brd dne 6. 8.). Radar Brdy byl přitom čerstvě uveden do provozu odpoledne 5. 8. 2002 po předchozí technické poruše.

Informace z meteorologických družic, radarů a systémů detekce blesků poskytují (téměř) časově spojený obraz o vývoji povětrnostní situace, především oblačnosti a srážek. Pro jejich využití je též nutné zvolit odpovídající způsob zobrazení. Data z geostacionární družice METEOSAT 7 jsou pro monitoring počasí a velmi krátkodobou předpověď v ČHMÚ tradičně nej-



Obr. 1 Informace viditelného kanálu družice METEOSAT z 11. 8. 2002, 12.30 UTC, tedy na začátku druhé „vlny“ vydatých srážek.

Fig. 1. Information of the visible channel of the METEOSAT satellite from 11 August 2002 at 12.30 UTC, that is in the beginning of the second „wave“ of heavy rainfall.

častěji zobrazována na území evropského kontinentu a jeho okolí. Typickým příkladem operativních dat užívaných v předpovědní službě je obr. 1 z polední hodiny 11. 8. 2002, ukazující tlakovou níž nad severní Itálií, s níž byla spojena velmi mohutná oblačnost nad severozápadní částí Balkánského poloostrova a Alpami, postupující dále k severu až severovýchodu.

Pro názornou představu o aktuálním vývoji povětrnostní situace nad ČR a v blízkém okolí slouží v poslední době též prohlížeč meteorologických údajů JSMeteoView autora Petra Nováka [5], zobrazující zvolenou kombinaci informací z meteorologických družic, české radarové sítě a systému detekce blesků, případně doplněnou o rozložení geopotenciálu hladin 700 a 500 hPa z numerického modelu ALADIN. Příkladem tohoto zobrazení je obr. 1 v barevné příloze, na němž je vidět pás bouřek, táhnoucí se ze středních do jižních Čech, kde přispěly k vysokým srážkovým úhrnům naměřeným 12. srpna 2002. Na západ od uvedené linie je možno pozorovat rozsáhlou oblast vydatných trvalých srážek.

## 2. ODHAD SRÁŽEK Z METEOROLOGICKÝCH RADARŮ

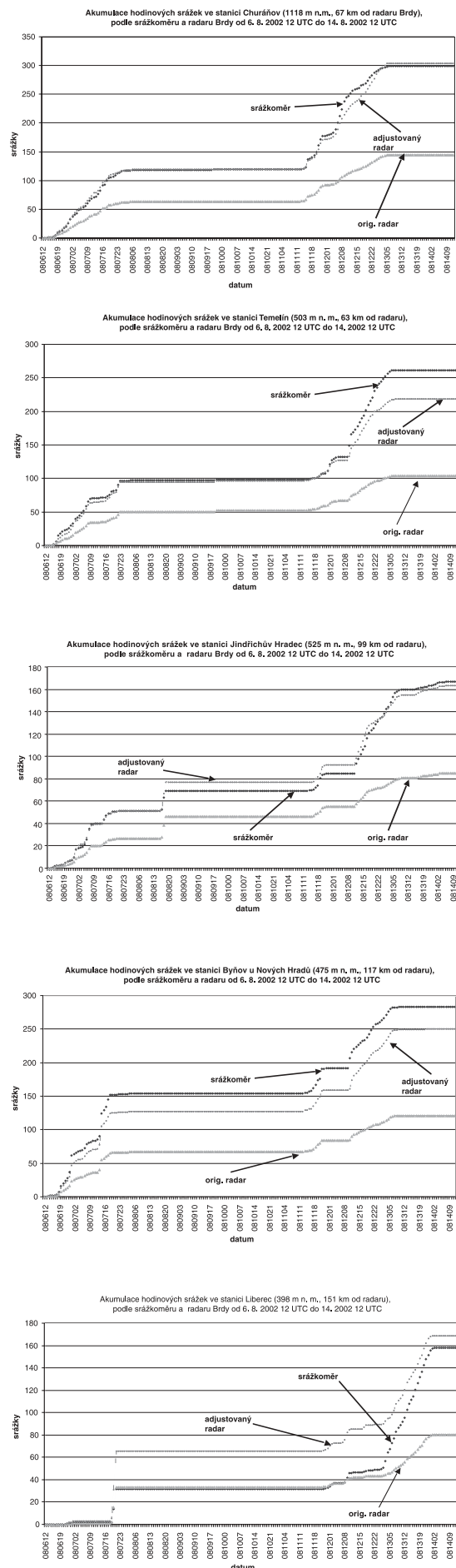
Odhad srážek z meteorologických radarů sítě CZRAD jsou počítány pro časové intervaly 1, 3, 6, 12 a 24 hodin rutinně od r. 1997 (nejprve z radarů Skalky a Praha-Libuš, od roku 2000 z radarů Skalky a Brdy). Metodika výpočtu radarových odhadů srážek je založena na klasickém Marshall-Palmerově vztahu mezi radiolokační odrazivostí a intenzitou srážek  $z = a \cdot R^b$ , která byla testována od r. 1996 nejprve pro radar Skalky [8]. Tento odhad je zatížen mnoha chybami: Zřejmě nejdůležitějším činitelem, ovlivňujícím kvalitu radarového odhadu, je růst výšky nejnižšího použitelného paprsku a zároveň rozšiřování radarového paprsku se vzrůstající vzdáleností. Koeficienty  $a$ ,  $b$  v Marshall-Palmerově vzorci závisí na aktuálním rozdělení velikosti kapek, v praxi je však považujeme za konstantní. Mezi další možné zdroje nepřesností radarového odhadu srážek se řadí výskyt zvýšené odrazivosti v zóně tání (bright band), útlum ve srážkách, pozemní cíle a případné nestability technického zařízení radaru.

Obdobně jako v případě rozsáhlých povodní v roce 1997 na Moravě, bylo i nyní pozorováno výrazné zvětšení chyby radarového odhadu v horských oblastech, a to zejména při velkoplošných srážkách při vyšších rychlostech větru, neboť podstatná část orografického zesílení srážek zůstává skryta pod nejnižším použitelným radarovým paprskem [9].

Ke zlepšení kvantitativního odhadu srážek je nutné zavést opravné procedury, které zahrnují opravu na vertikální profil odrazivosti, adjustaci či kombinaci se srážkoměrnými měřeními. Korekce radarových měření na vertikální profil odrazivosti je popsána v [6] a do zkušebního provozu byla uvedena v roce 2001. Přibližně v téže době byly zahájeny výpočty, které umožňují adjustaci radarových odhadů a jejich kombinaci se srážkoměrnými měřeními. Tyto výpočty byly do značné míry ovlivněny podobným systémem popsaným v [1], při-

*Obr. 2 Součtové křivky srážek z údajů srážkoměrů, radarových odhadů a adjustovaných radarových odhadů z radaru Brdy pro meteorologické stanice Churáňov, Temelín, Jindřichův Hradec, Býňov u Nových Hradů a Liberec. Na uvedených křivkách je zřetelné zvětšování chyb s rostoucí vzdáleností stanice od radaru.*

*Fig. 2. Total precipitation curves of rain-gauge data, radar estimates and adjusted radar estimates of the radar in Brdy for meteorological stations Churáňov, Temelín, Jindřichův Hradec, Býňov u Nových Hradů and Liberec. Increase in errors with increasing distance of the stations from the radar is evident on given curves.*



čemž vlastní procedura kombinace adjustovaného radarového odhadu a srážkoměrných měření vznikla modifikací původního programu autora D.-J. Seo [7].

Adjustovaný radarový odhad vzniká aplikací adjustačního koeficientu  $G/R$ , kde  $G$  je úhrn srážek ze srážkoměrů a  $R$  je úhrn srážek vypočtený pouze z těch územních elementů, které přísluší stanicím zahrnutým do výpočtu  $G$ . Z důvodu minimalizace vlivu náhodné chyby radarových a srážkoměrných měření je k výpočtu faktoru  $G/R$  použito dat z alespoň tří předchozích dnů a celkové akumulace srážek nejméně 10 mm. Při výpočtu konečného kombinovaného odhadu z radarů a srážkoměrů je navíc možné využít systém manuální editace dat prostřednictvím uživatelského rozhraní, naprogramovaného v jazyku HTML a Java Script, které umožňuje manuálně přidávat další srážkoměrná měření, vyřazovat chybná měření srážkoměrů, modifikovat koeficient adjustace, parametry kombinovaného odhadu apod. K rozhodování o změně parametrů slouží i jednoduché grafické zobrazení vztahu radarových odhadů a příslušných srážkoměrných měření (viz obr. 2 v barevné příloze), které indikuje spolehlivost radarového odhadu, přičemž je možné okamžitě zjistit stanice vykazující odlehle hodnoty. Radarová měření srážek jsou tak využitelná jako indikátor případné chybné funkce srážkoměrů, což bylo použito v praxi při manuální kontrole hodinových odhadů srážek. Na obr. 3 v barevné příloze je příklad kombinovaného odhadu z meteorologických radarů a srážkoměrů na denním úhrnu ze 6. srpna 2002; pro tento výpočet byla použita všechna dostupná srážkoměrná měření.

Uvedené postupy kombinace radarů a srážkoměrů významně zpřesňují operativní odhady srážek. Tyto odhady však nejsou schopny zcela nahradit hustou srážkoměrnou sítí, zejména v horských oblastech v případě velkoplošných srážek s orografickým zesílením. To je dokumentováno též na obr. 2, který zobrazuje součtové křivky srážkoměrných měření spolu se součtovými křivkami příslušných radarových odhadů a adjustovaných radarových odhadů pro stanice Churáňov, Temelín, Jindřichův Hradec, Býňov u Nových Hradů a Liberec. Ve stanici Liberec k uvedenému nesouladu křivky radarového odhadu a srážkoměrného měření přispěla mj. též výraznější náhodná chyba odhadů při konvektivní bouři 7. 8. 2002 mezi 19. až 20. hodinou UTC, způsobená zřejmě nedostatečnou reprezentativností měření srážkoměru při konvektivních srážkách.

Nedostatečná zachytitelnost orografického zesílení srážek meteorologickým radarem je zejména patrná v Krušných a Jizerských horách a v Krkonoších, které jsou navíc vzdáleny od radarů Brdy nebo Skalky kolem 150 km nebo více, což je považováno za mezní hranici použitelnosti radarových odhadů srážek. Na Moravě a ve Slezsku jsou podobně problematické odhady v Jeseníkách a zejména v Moravsko-slezských Beskydech, kde se navíc projevuje částečné stínění radaru Skalky blízkými vzrostlými stromy ve východních směrech.

Sít srážkoměrů, jejíž hustota automaticky zvyšuje váhu srážkoměrného odhadu v dané oblasti, je nejcennější v horských oblastech, kde radarový odhad v případě orografického zesílení výrazně ztrácí svou kvalitu. Jako možné zlepšení se v některých meteorologických službách (UKMO, U. S. NWS) diskutuje kromě jiného možnost zavést do procedur odhadu srážek explicitní orografické zesílení odhadované z numerických atmosférických modelů. Tyto metody se stále ještě vyvíjejí a případné uvedení těchto postupů do naší praxe by si vyžádalo nemalé úsilí. Mezitím bude pro přesnější operativní odhady srážek nutné udržovat a optimalizovat sráž-

koměrnou sít s operativním přenosem dat s důrazem na lepší pokrytí oblastí s horším radarovým odhadem, tj. hlavně pohraničních hor, především na severu a severovýchodě České republiky.

## ZÁVĚR

Metody dálkové detekce (především meteorologické radary a družice) poskytovaly během obou hlavních epizod vydatných dešťů velmi dobrou informaci o rozložení srážkově významné oblačnosti, což mj. umožňovalo sledovat případné odchylky aktuálního vývoje oblačnosti od předpovídaných scénářů.

I přes výše uvedené těžkosti je možné konstatovat, že aktuální radarový odhad srážek, zpřesněný metodou adjustace a kombinace radarového odhadu se srážkoměry, poskytoval z daných informačních zdrojů nejpřesnější plošný odhad srážek. Kombinace radarového odhadu se srážkoměrnou sítí na jedné straně zlepšuje vlastní radarový odhad (zvláště v horských oblastech), naopak radarová měření mohou posloužit při kontrole spolehlivosti srážkoměrných dat a vyloučení případných chybných údajů.

## Poděkování:

Kombinované analýzy radar-srážkoměr jsou jedním z výsledků spolupráce mezi Národní povětrnostní službou USA a ČHMÚ. Děkujeme též Radimovi Tolaszovi (ČHMÚ) za spolupráci při poskytování srážkoměrných dat.

## Literatura

- [1] *Fulton, R. – Breindenbach, J. – Seo, D.-J. – Miller, D. – O'Bannon, T.*: The WSR-88D rainfall algorithm. *Weath. Forec.*, **13**, 1998, s. 377–395.
- [2] *Havránek, P. – Kráčmar, J.*: Nová meteorologická radiolokační stanice na střední Moravě. *Meteorol. Zpr.*, **49**, 1996, č. 3, s. 81–84.
- [3] *Kráčmar, J. – Joss, J. – Novák, P. – Havránek, P. – Šálek, M.*: First Steps Towards Quantitative Usage of Data from Weather Radar Network. In: Final Seminar of COST-75: „Advanced Weather Radar Systems“ – Locarno, 23.–27. 3. 1998, European Commission, Luxembourg, s. 91–101.
- [4] *Kráčmar, J.*: Nový meteorologický radar Brdy v síti CZRAD. *Meteorol. Zpr.*, **53**, 2000, č. 6, s. 161–168.
- [5] *Novák, P. – Kráčmar, J.*: New data processing in the Czech weather radar network, In: 2nd European Conference on Radar Meteorology, 18–22 November 2002, Delft, Netherlands. [Bude publikováno ve sborníku.]
- [6] *Novák, P. – Kráčmar, J.*: Vertical Reflectivity Profiles in the Czech Weather Radar Network, 30th International AMS Conference on Radar Meteorology, 19–24 July 2001, Munich, Germany, poster presentation ([http://www.chmi.cz/meteo/rad/pub/ams\\_rad2001/ams\\_rad2001.pdf](http://www.chmi.cz/meteo/rad/pub/ams_rad2001/ams_rad2001.pdf))
- [7] *Seo, D.-J.*: Real-time estimation of rainfall fields using radar rainfall and rain gage data. *J. Hydrol.*, **208**, 1998, s. 37–52.
- [8] *Šálek, M. – Kráčmar, J.*: Odhady srážek z meteorologického radiolokátoru Skalky. *Meteorol. Zpr.*, **50**, 1997, č. 4, s. 99–109.
- [9] *Šálek, M. – Kráčmar, J. – Novák, P. – Setvák, M.*: Využití metod dálkové detekce při povodňových událostech v červenci 1997. *Meteorol. Zpr.*, **50**, 1997, č. 6, s. 177–178.

*Lektor RNDr. J. Strachota,  
rukopis odevzdán v říjnu 2002.*

# ROZLOŽENÍ SRÁŽEK PŘI POVODNI V SRPNU 2002 V ČESKÉ REPUBLICE

**Precipitation distribution during the floods in the Czech Republic in August 2002.** Basic facts about spatial and temporal distribution of precipitation in the course of floods in August 2002 are submitted in the paper. Maps of daily and several days lasting precipitation amounts which were measured at climatological stations are given. Typical course of precipitation in one hour step at 6 localities of CR is presented in a graphic form. Some results of statistic evaluation of digital precipitation maps are given in tables and so in the form of spatial averages and frequency distribution of precipitation in individual regions of CR and on the main catchments of the Czech Republic.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** rozložení srážek – povodeň – znázornění grafické – Česká republika

## 1. ÚVOD

Cílem článku je poskytnout základní představu o časovém a prostorovém rozložení srážek a jejich extremitě na území České republiky v srpnu 2002 v míře, kterou poskytoval poměrně krátký čas uběhlý od povodni a kterou dovolil rozsah článku. Důraz je kladen spíše na poskytnutí základních fakt, než na podrobný popis prezentovaných výsledků.

Všechny údaje se opírají o pozorování denních srážkových úhrnů na 810 stanicích ČR. Data prošla pečlivou staniční i plošnou kontrolou. Ke kontrolám byly využity údaje ze srážkoměrů klimatické a hydrologické sítě ČHMÚ, záznamy ombrografů a radarových pozorování. Na přípravě a kontrole dat se podílely kolektivy oddělení meteorologie a klimatologie všech poboček Českého hydrometeorologického ústavu. Předběžné výsledky porovnání s radarovými pozorováními poskytl dr. M. Šálek z brněnské pobočky ČHMÚ.

Mapy a plošné interpolace byly zpracovány moderními metodami geografických informačních systémů GIS ARCVIEW při kroku sítě 500 m. K plošné interpolaci staničních hodnot byla použita metoda navržená V. Květoněm, užívaná v současnosti v klimatologické databázi CLIDATA. Výpočty probíhaly v prostředí klimatologické databáze CLIDATA v Ostravě.

Zpracování denních srážkových map metodami GIS umožnilo počítat plošné charakteristiky srážek plošnou numerickou integrací na libovolných uzavřených plochách, jako jsou okresy, kraje, povodí, výšková pásma apod. Protože ArcView umožňuje přímo počítat jen některé statistické charakteristiky (maximum, minimum, průměr, směrodatná odchylka), byly gridy denních srážek exportovány do textového tvaru a pomocí speciálních programů importovány do databáze Redap. Zde byly provedeny podrobnější statistické výpočty. Výjimkou je tabulka 1. Ta je uvedena z historických důvodů. Byla zpracována jednodušší metodikou, používanou od roku 1974 pro operativní přehledy oblastních měsíčních srážek.

Průběh hodinových srážkových úhrnů je demonstrován jen ilustrativně na 6 vybraných stanicích. Podobně je tomu i u extremity srážek, kde je předběžně vyhodnocen pouze poměr denních úhrnů srážek ke stoletým hodnotám a je provedeno základní porovnání vzhledem k měsíčnímu a ročnímu normálu. Rozsah článku přitom nedovolil bohatší dokumentaci. Také porovnání s povodněmi 1997 je pouhou glosou. Všem třem problémům budou věnovány samostatné články v příštím roce, neboť intenzivně probíhají práce na těchto otázkách v rámci projektu vyhodnocení povodní. Do dalších článků bylo také nutno přesunout řadu dalších údajů, jako jsou podrobnější údaje o srážkách na povodí menšího rozsahu, historické tabulky extrémních srážek atd.

Hlavní srážkové období v srpnu 2002 lze stanovit do intervalu 6. až 15. srpna. Vysoké lokální srážky byly také 31. srpna. Na 33 stanicích, především ve východních Čechách, se toho dne vyskytly srážky 50 až 100 mm, na stanici Pomezní boudy v Krkonoších dokonce 191 mm. Tímto dnem se však v článku nezabýváme, neboť velkoplošné povodňové události prakticky neovlivnil. Poznamenejme, že srážky na Pomezních boudách měly velmi lokální charakter (ve velmi blízkém okolí napršelo o 50 až 150 mm méně). Svědčí to o nutnosti v budoucnu se zabývat intenzivně problematikou lokálních orografických vlivů.

## 2. MĚSÍČNÍ ÚHRNY SRÁŽEK V SRPNU 2002 A ČERVENCI 1997

Pro základní srovnání v tabulce 1 uvádíme měsíční průměry pro vybrané administrativní oblasti (staré kraje), a to pro povodňové měsíce srpen 2002 a červenec 1997. Tabulka obsahuje i procenta dlouhodobého normálu 1901–1950 příslušného měsíce. Zatímco měsíční úhrny srážek se v červenci 1997 pohybovaly na Moravě a ve východních Čechách od 290 do 350 % normálu, v srpnu 2002 se pohybovaly v Čechách (vyjma východních) od 190 do 310 % normálu.

## 3. ČASOVÉ A PLOŠNÉ ROZLOŽENÍ SRÁŽEK VE DNECH 6.–15. 8. 2002

Rozložení desetidenních úhrnů srážek v období 6. až 15. srpna ukazuje obr. 4 v barevné příloze. Nejvyšší srážky přesáhly 400 mm v Novohradských horách na jihu Čech na hranicích s Rakouskem. Srážky přes 300 mm se vyskytly na pod-

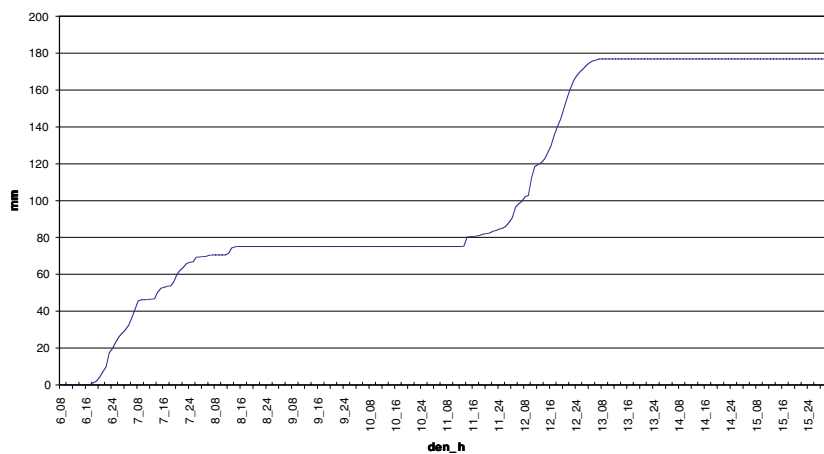
Tab. 1 Průměrné měsíční úhrny srážek ve vybraných administrativních oblastech. Srpen 2002 ve srovnání s červencem 1997 a normálem 1901–1950 za příslušný měsíc.

Table 1. Average monthly precipitation totals at selected administrative regions. August 2002 in comparison both to July 1977 and normal 1901–1950 for given month.

Oblast	1997		2002	
	Úhrn (mm)	% normálu	Úhrn (mm)	% normálu
Středočeský kraj	138	181	162	213
Jihočeský kraj	171	176	298	307
Západočeský kraj	109	129	219	261
Severočeský kraj	140	169	163	196
Východočeský kraj	285	314	156	171
Jihomoravský kraj	241	294	121	148
Severomoravský kraj	384	349	128	116
Čechy	171	199	202	235
Morava	301	317	124	131
Česká republika	214	240	176	198

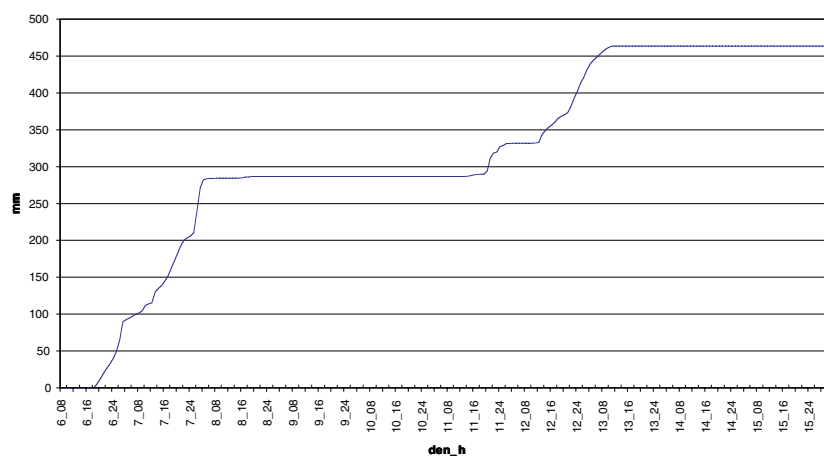
Obr. 1 Kumulativní úhrny srážek dle ombrogramů, Kocelovice (519 m n. m.).

Fig. 1. Cumulative precipitation amounts according to ombrograms, Kocelovice (519 m a. s. l.).



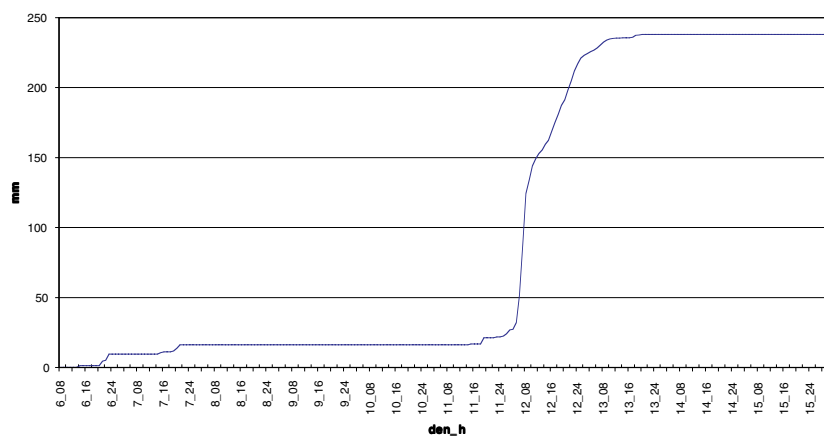
Obr. 2 Kumulativní úhrny srážek dle ombrogramů, Pohorská Ves (765 m n. m.).

Fig. 2. Cumulative precipitation amounts according to ombrograms, Pohorská Ves (765 m a. s. l.).



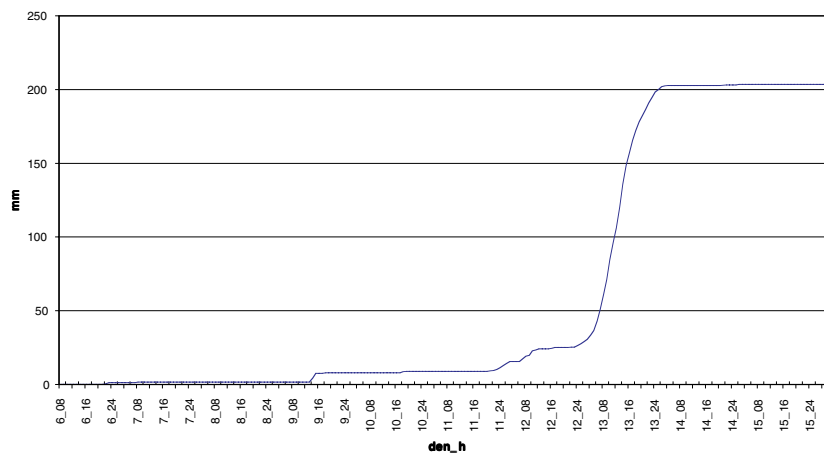
Obr. 3 Kumulativní úhrny srážek dle ombrogramů, Nová Ves v Horách (726 m n. m.).

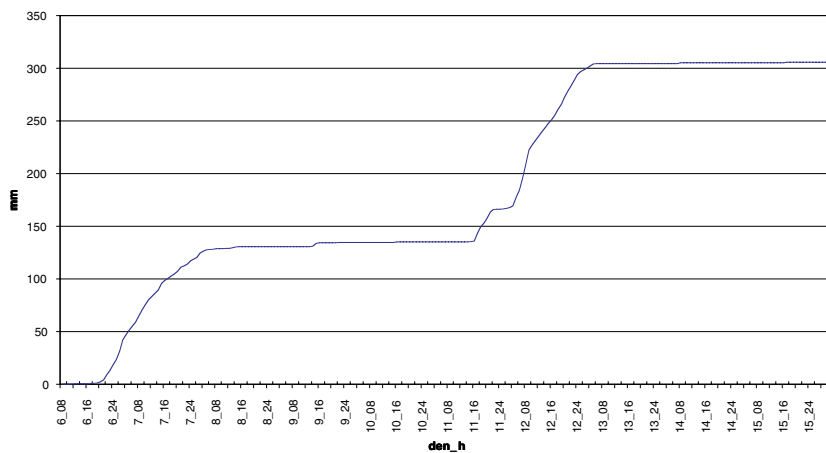
Fig. 3. Cumulative precipitation amounts according to ombrograms, Nová Ves v Horách (726 m a. s. l.).



Obr. 4 Kumulativní úhrny srážek dle ombrogramů, Desná, Souš (772 m n. m.).

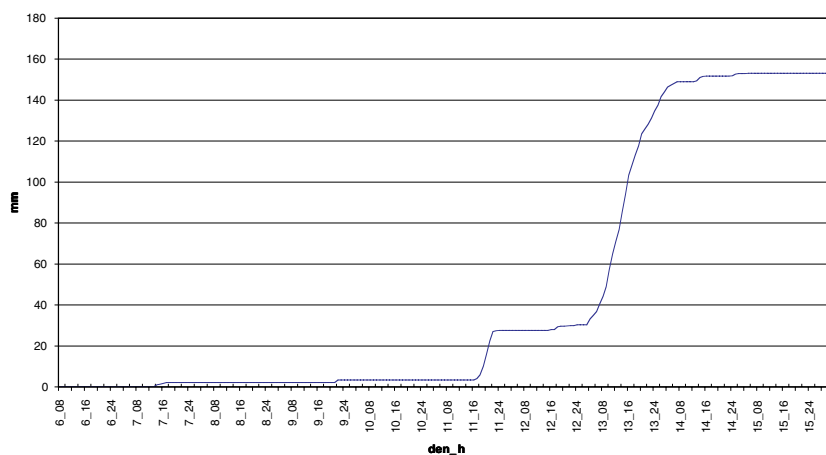
Fig. 4. Cumulative precipitation amounts according to ombrograms, Desná, Souš (772 m a. s. l.).





Obr. 5 Kumulativní úhrny srážek dle ombrogramů, Hojsova Stráž (895 m n. m.).

Fig. 5. Cumulative precipitation amounts according to ombrograms, Hojsova Stráž (895 m a. s. l.).



Obr. 6 Kumulativní úhrny srážek dle ombrogramů, Svatouch (737 m n. m.).

Fig. 6. Cumulative precipitation amounts according to ombrograms, Svatouch (737 m a. s. l.).

statné části Šumavy a Novohradských hor a v jejich podhůří, dále pak ve východní části vrcholových partií Krušných hor a Jizerských hor. Úhrny 170–250 mm byly zjištěny v celé oblasti Krušných hor, Krkonoš, Orlických hor, Jihlavských vrchů, Jeseníků a Moravskoslezských Beskyd.

Rozložení srážek v jednotlivých dnech hodnoceného období znázorňují mapy denních úhrnů srážek od 6. do 13. srpna 2002 (mapy 1–8). Mapy ze 14. a 15. srpna pro nedostatek místa neuvádíme. Srážky v těchto dnech navíc neovlivnily povodně v povodí Labe ani Dunaje. V tabulkách 2 až 4 uvádíme denní až třídní úhrny srážek na těch stanicích, které pro dané trvání srážek vykázaly alespoň v jednom dni období maximální úhrn v rámci ČR. Je zde zahrnuta i krušnohorská stanice Cínovec, která leží těsně u hranic, ale už na německém území.

Lze rozlišit následující úseky tohoto intervalu.

**Období 6.–7. srpna.** Trvalé srážky zasáhly hlavně příhraniční oblast jižních Čech s Rakouskem (mapy 1 a 2). V oblasti Novohradských vrchů a Českokrumlovska napadlo za dva dny 130–250 mm srážek. Zasaženy byly také západní Čechy a jižní Morava, zejména Podyjí (srážky od 60 do 130 mm). V jednotlivých dnech bylo dne 6. 8. naměřeno nejvíce ve stanici Staré Hutě 101,4 mm, dne 7. 8. v Podhorské Vsi 180,5 mm (tab. 2). Nejvyšší srážkové úhrny za tyto dva dny byly naměřeny ve stanici Staré Hutě 254 mm a ve stanici Podhorská Ves 277 mm (barevná příloha, obr. 5, tab. 3).

**Období 8.–10. srpna.** Na území ČR se vyskytovaly lokální lijáky a bouřky s denními úhrny srážek 30 až 55 mm. Výjimku tvoří dne 8. 8. Lodhěřov v jižních Čechách 98,0 mm a Luby u Chebu 68,0 mm (mapa 3). Maximum dne 9. 8. činilo 44,5 mm ve Zlatých Horách (Hrubý Jeseník)

a 10. 8. Chudenice v západních Čechách 73,6 mm (mapy 4 a 5, tab. 2).

**Období 11.–15. 8.** Srážky postupně přecházely od západu na východ. V jednotlivých místech intenzivní srážky netrvaly déle než dva dny. V poli plošně rozsáhlých srážek se vyskytovaly lokální přivalové deště extrémního rozsahu.

Dne 11. 8. se nejvyšší srážky koncentrovaly do oblasti jižních Čech, zejména Šumavy a Pošumaví, kde dosahovaly hodnot kolem 100 až 130 mm. Srážky přes 20 mm (ojediněle až 50 mm) však zasáhly celé západní a jižní Čechy, jihozápad středních Čech a jižní Moravu (mapa 6). Maximum měla stanice Slavkov v jižních Čechách 157,4 mm (tab. 2).

Následující den, tj. 12. 8., již byla zasažena celá západní polovina Čech, Jizerské hory a Českomoravská vrchovina. Srážky se pohybovaly od 20 do 60, místy do 100, ojediněle do 130 mm, s kulminací ve střední a východní oblasti Krušných hor. Zde srážky dosahovaly 150 až 200, oblasti Cínovce kolem 300 mm (mapa 7). Maximum naměřila stanice Cínovec, a to 312,0 mm. Na druhém místě byl Český Jiřetín Fláje, 226,8 mm.

Celkové úhrny za 11. 8. až 12. 8. 2002 ukazuje obr. 6 v barevné příloze. Dvoudenní maximum naměřil opět Cínovec, 380 mm, následován stanicí Český Jiřetín Fláje, 301,0 mm (tab. 3).

Dne 13. srpna se srážky přesunuly do východních Čech a na Moravu. Nejvyšší srážky spadly v Jizerských horách (250 až 280 mm). Srážky 80 až 100 mm byly pozorovány i v Orlických horách, Hrubém Jeseníku, ve Žďárských vrchách a horním Posázaví (mapa 8). Maximum dne 13. srpna naměřila stanice Knajpa v experimentálním povodí ČHMÚ v Jizerských horách, a to 278,0 mm (tab. 2).



Mapa 1 Úhrn srážek (mm) 6. 8. 2002, Česká republika.  
Map 1. Precipitation amount (mm) on 6 August 2002, Czech Republic.



Mapa 2 Úhrn srážek (mm) 7. 8. 2002, Česká republika  
Map 2. Precipitation amount (mm) on 7 August 2002, Czech Republic.



Mapa 3 Úhrn srážek (mm) 8. 8. 2002, Česká republika.  
Map 3. Precipitation amount (mm) on 8 August 2002, Czech Republic.



Mapa 4 Úhrn srážek (mm) 9. 8. 2002, Česká republika.  
Map 4. Precipitation amount (mm) on 9 August 2002, Czech Republic.



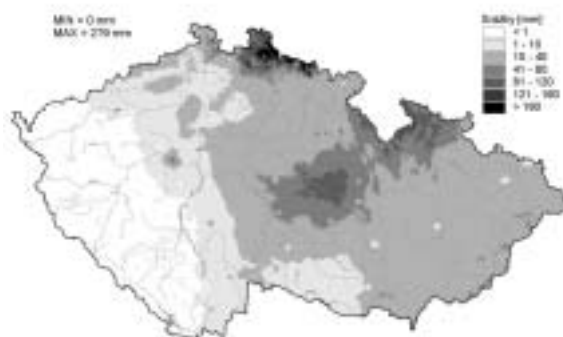
Mapa 5 Úhrn srážek (mm) 10. 8. 2002, Česká republika.  
Map 5. Precipitation amount (mm) on 10 August 2002, Czech Republic.



Mapa 6 Úhrn srážek (mm) 11. 8. 2002, Česká republika.  
Map 6. Precipitation amount (mm) on 11 August 2002, Czech Republic.



Mapa 7 Úhrn srážek (mm) 12. 8. 2002, Česká republika.  
Map 7. Precipitation amount (mm) on 12 August 2002, Czech Republic



Mapa 8 Úhrn srážek (mm) 13. 8. 2002, Česká republika.  
Map 8. Precipitation amount (mm) on 13 August 2002, Czech Republic.

Tab. 2 Denní úhrny srážek (mm) pro stanice, které měly alespoň v jednom dni v období 6.-15. 8. 2002 nejvyšší denní úhrn srážek v ČR (prázdná políčka ... neměřeno).

Tab. 2. Daily precipitation totals (mm) for stations with the highest total in the Czech Republic at least in one day during the period of 6-15 August 2002 (blank cell ... not measured).

Stanice	Okres	Výška (m)	Z. délka	Z. šířka	6.8.	7.8.	8.8.	9.8.	10.8.	11.8.	12.8.	13.8.	14.8.	15.8.
Lodhéřov	Jindřichův Hradec	528	14,97	49,21	38,0	18,7	<b>98,0</b>	0,0	0,0	11,0	90,0	15,7	0,0	0,0
Pohorská Ves	Český Krumlov	750	14,65	48,67	97,2	<b>108,5</b>	3,1	0,0	0,0	44,4	114,5	10,8	0,0	0,0
Staré Hutě	České Budějovice	792	14,72	48,72	<b>101,4</b>	152,9	27,1	0,0	0,0	35,2	107,4	9,1	0,0	0,0
Slavkov	Český Krumlov	777	14,24	48,76	65,6	64,0	1,7	0,0	0,0	<b>157,4</b>	54,7	0,0	0,0	0,0
Chudenice	Klatovy	494	13,18	49,46	34,8	30,8	0,1	0,0	<b>73,6</b>	28,4	79,4	2,0	0,0	0,0
Bílá-Hlavatá	Frýdek-Místek	770	18,38	49,42	0,0	4,8	0,0	14,4	6,8	21,9	13,0	44,2	36,2	<b>39,4</b>
Nýdek	Frýdek-Místek	400	18,77	49,66	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	8,8	1,8	33,0	<b>98,0</b>	18,5
Zlaté Hory	Jeseník	420	17,40	50,26	0,0	0,0	0,0	<b>44,5</b>	23,6	8,4	6,8	63,0	8,0	0,2
Knajpa	Jablonec n. Nisou	967	15,25	50,82							75,6	<b>278,0</b>		
<b>Cínovec</b>	Teplice	882	13,75	50,73	5,0	14,0	6,0	0,0	0,0	68,0	<b>312,0</b>	26,0	1,0	1,0

Tab. 3 Dvoudenní úhrny srážek (mm) pro stanice, které měly v období 6.-15. 8. 2002 alespoň jednou nejvyšší úhrn v ČR (prázdná políčka ... neměřeno), datum označuje počátek intervalu.

Tab. 3. Two-day precipitation totals (mm) for stations with the highest total in the Czech Republic at least once during the period of 6-15 August 2002 (blank cell ... not measured), the date indicates the beginning of the interval.

Stanice	Okres	Výška (m)	Z. délka	Z. šířka	6.8.	7.8.	8.8.	9.8.	10.8.	11.8.	12.8.	13.8.	14.8.	15.8.
Dubňany	Hodonín	200	17,10	48,92	9,7	0,6	4,1	4,1	33,0	39,8	41,3	35,1	0,6	<b>51,5</b>
Lodhéřov	Jindřichův Hradec	528	14,97	49,21	56,7	116,7	<b>98,0</b>	0,0	11,0	101,0	105,7	15,7	0,0	0,0
Pohorská Ves	Český Krumlov	750	14,65	48,67	<b>277,7</b>	<b>183,6</b>	3,1	0,0	44,4	158,9	125,3	10,8	0,0	13,5
Slavkov	Český Krumlov	777	14,24	48,76	129,6	65,7	1,7	0,0	<b>157,4</b>	212,1	54,7	0,0	0,0	6,1
Pomezní boudy	Trutnov	1050	15,82	50,75	0,0	0,0	8,9	15,8	18,1	187,7	<b>187,9</b>	14,5	6,9	
Chudenice	Klatovy	494	13,18	49,46	65,6	30,9	0,1	<b>73,6</b>	102,0	107,8	81,4	2,0	0,0	0,0
Nýdek	Frýdek-Místek	400	18,77	49,66	0,0	0,0	6,5	6,5	8,8	10,6	34,8	131,0	116,5	18,5
Knajpa	Jablonec nad Nisou	967	15,25	50,82							<b>353,6</b>			
<b>Cínovec</b>	Teplice	882	13,75	50,73	19,0	20,0	6,0	0,0	68,0	<b>380,0</b>	338,0	27,0	2,0	1,0

Tab. 4 Třídenní úhrny srážek (mm) pro stanice, které měly v období 6.-15. 8. 2002 alespoň jednou nejvyšší úhrn v ČR, datum označuje počátek intervalu.

Tab. 4. Three-day precipitation totals (mm) for stations with the highest total in the Czech Republic at least once during the period of 6-15 August 2002, the date indicates beginning of the interval.

Stanice	Okres	Výška (m)	Z. délka	Z. šířka	6.8.	7.8.	8.8.	9.8.	10.8.	11.8.	12.8.	13.8.	14.8.	15.8.
Dubňany	Hodonín	200	17,10	48,92	9,7	4,7	4,1	37,1	39,8	74,3	41,9	35,1	52,1	<b>51,5</b>
Lodhéřov	Jindřichův Hradec	528	14,97	49,21	154,7	116,7	<b>98,0</b>	11,0	101,0	116,7	105,7	15,7	0,0	0,0
Pohorská Ves	Český Krumlov	750	14,65	48,67	280,8	<b>183,6</b>	3,1	44,4	158,9	169,7	125,3	10,8	13,5	13,5
Staré Hutě	České Budějovice	792	14,72	48,72	<b>281,4</b>	180,0	27,1	35,2	142,6	151,7	116,5	9,1	8,5	8,5
Slavkov	Český Krumlov	777	14,24	48,76	131,3	65,7	1,7	<b>157,4</b>	212,1	212,1	54,7	0,0	6,1	6,1
Pomezní boudy	Trutnov	1050	15,82	50,75	0,0	0,0	8,9	15,8	27,0	194,6	199,1	<b>191,0</b>	18,3	6,9
Nýdek	Frýdek-Místek	400	18,77	49,66	0,0	6,5	6,5	15,3	10,6	43,6	132,8	149,5	<b>116,5</b>	18,5
<b>Cínovec</b>	Teplice	882	13,75	50,73	25,0	20,0	6,0	68,0	<b>380,0</b>	<b>406,0</b>	<b>339,0</b>	28,0	2,0	2,0

Dne 14. 8. již v Čechách nepršelo a v Hrubém Jeseníku doznívala srážková činnost (srážky 20 až 40 mm). Srážky se koncentrovaly do oblasti Moravskoslezských Beskyd, kde napršelo 70 až 120 mm. Republikové denní maximum naměřily stanice Nýdek 98,0 a Lysá Hora 97,6 mm (tab. 2).

Dne 15. 8. doznívaly srážky i v Moravskoslezských Beskydech (do 40 mm). Maximum naměřila stanice Bílá, Hlavatá 39,4 mm (tab. 2)

#### 4. ČASOVÝ PRŮBĚH HODINOVÝCH ÚHRNŮ SRÁŽEK

Podrobnější časový průběh srážek v popisovaném období znázorňují grafy hodinových úhrnů srážek na vybraných 6 stanicích. Jde o výsledky pozorování ombrografů, které byly velmi pečlivě prověřeny. Obrázky 1 až 6 uvádějí kumulativní průběh hodinových úhrnů.

## 5. PLOŠNÉ SRÁŽKY

### 5.1 Srážky v krajích ČR

Přehled o frekvenčním rozdělení srážek v administrativních krajích ČR pro jednotlivé dny období 6. až 15. srpna 2002 podává tab. 5. Pro vybrané kraje a každý den sledovaného desetidenního období jsou uvedeny následující statistické charakteristiky: maximální a minimální hodnota pixlu v kraji a dni, průměrná hodnota pixlu v daném kraji a dni, a konečně vybrané kvantily (5 %, 20 %, 40 %, 80 %, 95 %). Např. hodnota u 5% kvantilu značí, že 5 % pixlů, čili 5 % plochy kraje v daném dni mělo srážkový úhrn menší nebo roven této hodnotě. Tabulka je setříděna podle názvů krajů a v každém kraji podle dní, protože plošné srovnání v jednotlivých dnech poskytuje zmiňované mapy srážek. Pro nedostatek místa jsou vynechány některé kraje moravské. Uvedeny jsou



pouze kraje Vysočina, Zlín a Jihomoravský kraj, které ovlivnily situaci na Dyji a Dunaji.

## 5.2 Srážky na povodích

V tabulce 6 uvádíme průměrnou srážku na vybraných povodích většího rozsahu. Objemy srážek pro tato povodí obsahuje tab. 7. Z časových důvodů nebyly uvažovány ty části některých povodí, které zasahují do sousedních států (např. Lužnice).

## 6. EXTREMITA SRÁŽEK

### 6.1 Úhrn srážek za 6.–15. 8. 2002 ve vztahu k srpnovému a ročnímu normálu

Procentní poměr úhrnu srážek za desetidenní období k srpnovému normálu 1961–1990 znázorňuje obr. 7 v barevné příloze. Na celé ploše jihočeského kraje a na více než polovině území plzeňského kraje spadlo za deset dní přes 200 % měsíčního normálu, přičemž na více než polovině jihočeského kraje napadlo přes 300 % normálu, v Novohradských horách na hranicích s Rakouskem až 480% měsíčního normálu. Naproti tomu v severovýchodních Čechách spadlo nejvýše 250 % měsíčního normálu. Na většině území jižních Čech a jihozápadních Čech spadlo za deset dní více než 30 % ročního normálu 1961–1990. V některých místech oblasti od Lipna po České Budějovice a v povodí Blanice tento poměr dosahoval až 60 %.

### 6.2 Bodové srážky ve vztahu ke stoletým srážkám

V průběhu uplynulých let byly v rámci grantových projektů MŽP zpracovány mapy bodových N-letých srážek. Dne 6. 8. se v jižních a jihozápadních Čechách vyskytovaly srážky rovnající se 0,4 až 0,6násobku stoleté hodnoty denního úhrnu. V Novohradských horách srážky dosahovaly stoleté hodnoty. Dne 7. 8. na většině území jižních a západních Čech byly dosaženy 0,4 až 0,6násobky stoleté hodnoty, v příhraniční oblasti s Rakouskem byly většinou dosaženy a překročeny stoleté hodnoty až 1,6krát. Podobně 11. 8. byly na Šumavě a v Pošumaví dosaženy a překročeny stoleté hodnoty až na 1,6násobek. Dne 12. srpna v celé západní polovině Čech se pohybovaly srážky od 0,4 do 0,9 stoleté hodnoty, na řadě míst byla stoletá hodnota

Tab. 5a: Statistické charakteristiky (průměr, maximum, minimum, vybrané kvantily) atmosférických srážek v krajích České republiky, 6. až 15. 8. 2002.

Tab. 5a: Statistical characteristics (average, maximum, minimum, selected quantiles) of atmospheric precipitation in regions of the Czech Republic, 6-15 August 2002.

Kraj	Plocha (km <sup>2</sup> )	Datum	Srážkový úhrn [mm]										
			Průměr	Min.	5%	20%	40%	60%	80%	95%	Max.		
Karlovarský	3301	6.8	18,2	8,2	11,8	15,8	17,6	18,9	21,1	23,6	31,2		
		7.8	15,3	4,4	8,2	11,6	13,5	15,9	18,7	25,4	32,6		
		8.8	6,2	0,0	1,2	2,8	4,2	5,4	7,3	12,6	68,4		
		9.8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4		
		10.8	4,1	0,0	0,6	1,5	2,7	4,5	6,4	9,1	21,1		
		11.8	33,1	14,3	24,5	28,0	30,1	32,2	37,1	49,5	71,9		
		12.8	48,1	10,4	24,2	30,4	40,5	51,1	62,2	85,0	141,6		
		13.8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	1,3	3,2		
		14.8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,5		
		15.8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,7		
		Královehradecký	4738	6.8	0,6	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	0,8	2,2	9,0
				7.8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7
				8.8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,3
				9.8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,2	4,1	22,2
10.8	2,6			0,0	0,0	0,0	0,2	1,9	3,8	13,1	25,5		
11.8	9,9			0,4	5,6	7,2	8,6	10,7	12,7	15,0	19,6		
12.8	14,8			3,0	8,2	10,1	11,1	13,3	19,2	32,0	51,4		
13.8	33,1			4,5	14,5	17,8	22,7	28,1	39,3	81,6	237,0		
14.8	3,9			0,0	0,3	1,3	2,8	4,7	5,9	8,3	28,8		
15.8	0,3			0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	1,0	3,8		
Liberecký	3143			6.8	4,1	0,0	1,4	2,0	3,3	4,5	5,8	8,5	13,7
				7.8	2,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,1	3,4	7,9	30,0
				8.8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9
				9.8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	2,9	7,1
		10.8	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,7	4,4	10,4		
		11.8	7,4	3,2	3,9	5,4	6,1	7,0	9,1	13,2	25,5		
		12.8	29,7	5,8	15,7	20,6	24,2	29,3	38,1	52,8	103,7		
		13.8	55,7	2,5	7,1	12,0	22,5	50,6	101,1	164,9	278,7		
		14.8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,6	3,8		
		15.8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,5	1,2		
		Pardubický	4521	6.8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,5	7,6
				7.8	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,3	5,5	13,8
				8.8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
				9.8	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,5	9,9	22,3
10.8	0,9			0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,5	4,9	14,6		
11.8	19,0			0,0	12,8	14,8	16,3	19,5	24,0	27,7	33,0		
12.8	8,8			0,0	2,2	4,2	6,9	9,3	11,6	20,5	34,3		
13.8	52,0			16,6	25,2	34,6	41,6	51,3	70,7	97,3	139,8		
14.8	3,6			0,0	0,4	1,1	2,4	3,6	4,4	10,6	39,6		
15.8	0,1			0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,5	3,9		
Plzeňský	7553			6.8	31,3	8,7	16,6	21,6	26,2	29,5	42,1	59,1	73,2
				7.8	38,9	6,7	19,9	24,7	32,7	39,3	52,8	67,9	104,2
				8.8	1,7	0,0	0,1	0,4	0,8	1,5	2,8	5,3	28,5
				9.8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	2,1	12,7
		10.8	3,9	0,0	0,0	0,2	1,0	3,1	5,9	13,7	73,6		
		11.8	32,7	5,0	19,9	23,1	27,4	32,0	39,4	60,8	101,4		
		12.8	68,4	23,4	33,9	45,1	57,6	74,8	92,0	110,8	137,8		
		13.8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,9	1,8	6,0		
		14.8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,5	5,3		
		15.8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,5	19,3		
		Středočeský a Praha	11510	6.8	8,3	0,0	0,4	2,1	4,4	6,9	12,9	27,5	53,4
				7.8	13,1	0,0	0,1	0,4	3,2	11,5	27,5	42,5	76,4
				8.8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	5,0	40,6
				9.8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	5,5
10.8	0,3			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,1	29,5		
11.8	24,9			0,0	11,1	14,2	20,8	26,6	33,8	45,2	80,4		
12.8	50,7			9,0	16,3	27,0	46,1	56,8	68,9	89,8	128,7		
13.8	13,3			0,0	0,8	4,2	9,2	12,7	22,7	32,9	59,3		
14.8	0,2			0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,8	11,2		
15.8	0,6			0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	2,8	23,1		
Ústecký	5328			6.8	5,7	0,0	1,8	4,0	4,8	5,5	7,5	11,0	23,2
				7.8	3,0	0,0	0,0	0,1	0,8	2,9	5,9	9,7	20,6
				8.8	1,6	0,0	0,0	0,1	0,6	1,4	2,8	5,5	13,3
				9.8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8
		10.8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	5,2		
		11.8	24,8	6,3	8,3	14,6	18,9	23,1	33,8	56,9	87,0		
		12.8	76,0	24,4	42,2	50,0	56,7	65,1	92,0	174,4	319,1		
		13.8	9,8	0,0	0,8	4,0	7,6	9,7	13,1	25,6	96,4		
		14.8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	3,2		
		15.8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	1,5	6,8		

Tab. 5b Statistické charakteristiky (průměr, maximum, minimum, vybrané kvantily) atmosférických srážek v krajích České republiky, 6. až 15. 8. 2002.

Tab. 5b. Statistical characteristics (average, maximum, minimum, selected quantils) of atmospheric precipitation in regions of the Czech Republic, 6-15 August 2002.

překročena. Nejvíce to bylo v Krušných horách (až 3násobek stoleté hodnoty v okolí Cínovce). V Jihočeském kraji, v okolí Plzně a v oblasti Novohradských hor se vyskytovaly až 1,6násobky stoleté hodnoty. Dne 13. 8. byly stoleté hodnoty dosaženy Lužických horách, v Jizerských horách a v severovýchodních partiích Českomoravské vysočiny.

## 7. ZÁKLADNÍ ROZDÍL PROTI POVODNÍ 1997

Obě povodně patří mezi extrémní povodňové události na území ČR letního typu (bez účasti tání sněhu). Letošní povodeň byla charakteristická dvěma vlnami srážek, které se vyskytly velmi brzo po sobě (v odstupu 3 dní), měly velký plošný rozsah a výsledný odtok se soustředil do jedné řeky. Extrémní srážky v jednotlivých místech netrvaly déle než dva dny. Během první vlny srážky zasáhly pouze jižní a západní Čechy, zatímco při druhé vlně se srážky postupně stěhovaly směrem na východ. Vedle plošně velmi rozsáhlých srážek o velikosti 0,4 až 1,1násobku stoletých hodnot se na některých místech objevily extrémní přívalové srážky, dosahující kolem 1,6násobku stoletých hodnot (Novohradské hory, hřeben)

Kraj	Plocha (km <sup>2</sup> )	Datum	Srážkový úhrn [mm]										
			Průměr	Min.	5%	20%	40%	60%	80%	95%	Max.		
Jihočeský	10050	6.8	51,5	9,0	31,9	40,7	45,2	53,8	63,6	77,9	106,5		
		7.8	55,1	12,9	23,1	36,8	51,3	58,8	68,7	88,9	184,5		
		8.8	2,6	0,0	0,0	0,2	0,8	1,7	3,3	9,0	98,0		
		9.8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,2	7,4		
		10.8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	2,0	37,5		
		11.8	45,4	11,0	16,1	22,6	34,6	44,3	67,5	96,6	164,3		
		12.8	70,2	36,8	51,3	59,4	65,5	71,8	79,8	96,4	128,4		
		13.8	4,3	0,0	0,0	0,4	1,4	4,6	8,6	12,8	22,3		
		14.8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,0		
		15.8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,8		
		16.8	6,8	13,4	0,0	0,2	1,7	5,5	12,0	24,4	46,2	65,1	
		Jihomoravský	7036	7.8	3,9	0,0	0,2	0,5	1,0	2,6	6,0	15,6	47,2
8.8	0,0			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9		
9.8	0,7			0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,1	3,6	16,8		
10.8	0,0			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4		
11.8	31,5			15,0	20,8	26,2	30,4	32,4	35,9	42,0	82,2		
12.8	8,8			0,0	0,5	1,9	4,6	6,7	11,9	32,7	56,4		
13.8	21,7			3,6	6,9	10,9	18,8	25,5	31,3	35,1	54,6		
14.8	1,8			0,0	0,2	0,7	1,3	1,9	2,7	4,3	6,6		
15.8	0,2			0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,6	3,8		
16.8	6,8			23,7	0,0	0,3	2,5	10,4	26,5	47,5	63,5	89,4	
Vysočina	6929			7.8	9,2	0,4	3,0	4,4	5,4	7,1	15,0	24,0	37,2
				8.8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,5	19,7
		9.8	2,4	0,0	0,0	0,0	0,4	1,1	3,2	10,9	35,1		
		10.8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7		
		11.8	24,6	4,1	17,3	19,9	22,7	25,2	29,6	34,2	47,0		
		12.8	42,0	3,0	7,4	22,6	36,7	48,1	59,5	74,0	126,6		
		13.8	32,2	6,0	7,7	12,7	20,4	33,3	49,4	78,7	120,3		
		14.8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	1,6	6,5		
		15.8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,3	8,2		
		16.8	6,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,6	1,9	7,4	
		Zlínský	3939	7.8	1,2	0,0	0,1	0,4	0,6	1,0	1,9	3,4	6,2
				8.8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,2
9.8	2,0			0,0	0,0	0,2	0,4	1,1	2,9	9,5	22,8		
10.8	0,3			0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	2,1	6,8		
11.8	23,1			10,9	18,3	20,9	22,3	23,8	25,6	28,3	34,5		
12.8	3,9			0,0	0,2	0,6	2,1	3,8	6,4	11,6	23,3		
13.8	29,7			15,5	20,0	23,2	27,8	31,8	35,2	40,3	58,6		
14.8	8,9			0,3	1,2	2,1	2,9	4,8	14,0	36,8	102,2		
15.8	4,0			0,0	0,1	0,4	1,3	3,4	6,1	15,1	39,6		

Tab. 6 Průměrné úhrny srážek na vybraných povodích České republiky, období 6. až 15. 8. 2002.

Tab. 6. Average totals of precipitation in selected catchments of the Czech Republic, 6-15 August 2002.

Povodí	Plocha (km <sup>2</sup> )	Úhrn srážek (mm)													
		6.8.	7.8.	8.8.	9.8.	10.8.	11.8.	12.8.	13.8.	14.8.	15.8.	6. až 7.	11. až 12.	11. až 13.	6. až 15.
Labe po Orlici	1967	0,3	0,0	0,0	1,7	3,3	7,8	14,5	34,7	4,7	0,5	0,3	22,3	57,0	67,5
Orlice celá	1939	0,3	0,1	0,0	1,9	1,9	13,6	12,9	49,3	6,1	0,0	0,4	26,5	75,8	86,1
Labe od Orlice po Jizeru	6735	0,9	0,8	0,0	0,1	0,2	16,1	18,9	37,6	1,4	0,2	1,7	35,0	72,6	76,2
Jizera	2127	3,7	0,4	0,0	0,5	1,0	7,8	24,3	42,2	0,2	0,1	4,1	32,1	74,3	80,2
Vltava po Lužnici	3320	63,3	71,1	3,3	0,2	1,1	62,3	73,4	2,6	0,0	0,0	134,4	135,7	138,3	277,3
Lužnice po ústí	3506	44,6	39,5	3,7	0,4	0,6	25,5	73,4	8,8	0,1	0,0	84,1	98,9	107,7	196,6
Otava po ústí	3843	49,6	57,0	1,1	0,6	0,3	51,1	71,4	0,6	0,1	0,2	106,6	122,5	123,1	232,0
Berounka po ústí	8821	23,2	31,5	2,5	0,1	3,4	31,1	64,1	1,8	0,1	0,8	54,7	95,2	97,0	158,6
Ohře po ústí	4622	13,0	8,9	4,3	0,0	2,1	30,2	53,8	2,4	0,1	0,2	21,9	84,0	86,4	115,0
Sázava po ústí	4332	12,5	12,1	0,2	2,0	0,3	24,3	57,2	32,5	0,1	0,2	24,6	81,5	114,0	141,4
Labe po Vltavu	13394	1,3	0,6	0,0	0,7	1,1	13,2	19,3	38,3	2,3	0,2	1,9	32,5	70,8	77,0
Vltava po soutok s Labem	27039	32,0	37,0	2,0	0,5	1,5	36,0	66,6	8,1	0,1	0,3	69,0	102,6	110,7	184,1
Labe od soutoku s Vltavou po státní hranici	8601	9,3	5,7	2,8	0,0	1,1	24,2	57,4	7,5	0,1	0,2	15,0	81,6	89,1	108,3
Labe po státní hranici	49033	19,6	21,6	1,6	0,5	1,3	27,7	52,1	16,3	0,7	0,3	41,2	79,8	96,1	141,7
Dyje po soutok s Moravou	7317	26,6	9,7	0,2	1,2	0,0	26,8	27,5	19,9	0,9	0,0	36,3	54,3	74,2	112,8
Odra po státní hranici	5227	0,1	0,3	0,0	5,6	2,8	18,5	2,7	25,5	16,9	5,0	0,4	21,2	46,7	77,4
Morava po Dyji	9453	0,6	1,2	0,0	2,3	1,0	23,7	4,3	31,3	5,4	1,7	1,8	28,0	59,3	71,5

Tab. 7 Objemy srážek na vybraných povodích České republiky, 6. až 15. 8. 2002.

Tab. 7. Volumes of precipitation in selected catchments of Czech Republic, 6-15 August 2002.

Povodí	Objem srážek (km <sup>3</sup> )													
	6.8.	7.8.	8.8.	9.8.	10.8.	11.8.	12.8.	13.8.	14.8.	15.8.	6. až 7.	11. až 12.	11. až 13.	6. až 15.
Labe po Orlici	0,001	0,000	0,000	0,003	0,006	0,015	0,029	0,068	0,009	0,001	0,001	0,044	0,112	0,133
Orlice celá	0,001	0,000	0,000	0,004	0,004	0,026	0,025	0,096	0,012	0,000	0,001	0,051	0,147	0,167
Labe od Orlice po Jizeru	0,006	0,005	0,000	0,001	0,001	0,108	0,127	0,253	0,009	0,001	0,011	0,236	0,489	0,513
Jizera	0,008	0,001	0,000	0,001	0,002	0,017	0,052	0,090	0,000	0,000	0,009	0,068	0,158	0,171
Vltava po Lužnici	0,210	0,236	0,011	0,001	0,004	0,207	0,244	0,009	0,000	0,000	0,446	0,451	0,459	0,921
Lužnice po ústí	0,156	0,138	0,013	0,001	0,002	0,089	0,257	0,031	0,000	0,000	0,295	0,347	0,378	0,689
Otava po ústí	0,191	0,219	0,004	0,002	0,001	0,196	0,274	0,002	0,000	0,001	0,410	0,471	0,473	0,892
Berounka po ústí	0,205	0,278	0,022	0,001	0,030	0,274	0,565	0,016	0,001	0,007	0,483	0,840	0,856	1,399
Ohře po ústí	0,060	0,041	0,020	0,000	0,010	0,140	0,249	0,011	0,000	0,001	0,101	0,388	0,399	0,532
Sázava po ústí	0,054	0,052	0,001	0,009	0,001	0,105	0,248	0,141	0,000	0,001	0,107	0,353	0,494	0,613
Labe po Vltavu	0,017	0,008	0,000	0,009	0,015	0,177	0,259	0,513	0,031	0,003	0,025	0,435	0,948	1,031
Vltava po soutok s Labem	0,865	1,000	0,054	0,014	0,041	0,973	1,801	0,219	0,003	0,008	1,866	2,774	2,993	4,978
Labe od soutoku s Vltavou po státní hranici	0,080	0,049	0,024	0,000	0,009	0,208	0,494	0,065	0,001	0,002	0,129	0,702	0,766	0,931
Labe po státní hranici	0,961	1,059	0,078	0,025	0,064	1,358	2,555	0,799	0,034	0,015	2,020	3,913	4,712	<b>6,948</b>
Dyje po soutok s Moravou	0,195	0,071	0,001	0,009	0,000	0,196	0,201	0,146	0,007	0,000	0,266	0,397	0,543	0,825
Odra po státní hranici	0,001	0,002	0,000	0,029	0,015	0,097	0,014	0,133	0,088	0,026	0,002	0,111	0,244	0,405
Morava po Dyji	0,006	0,011	0,000	0,022	0,009	0,224	0,041	0,296	0,051	0,016	0,017	0,265	0,561	0,676

Krušných a Jizerských hor). Tyto extrémní srážky, pokud by se vyskytly samostatně, by byly považovány za mediálně velmi význačné. V relaci k velkoprostorové povodni v povodí Vltavy však poněkud zanikly. Povodně v roce 1997 měly delší trvání jednotlivých vln, které po sobě následovaly v delším časovém odstupu, a druhá vlna na Moravě byla výrazně slabší než první. Nebyl také zaznamenán výskyt přívalových srážek v rámci plošných trvalých srážek. Spadlá voda se pak rozlila do dvou různých povodí.

## 8. ZÁVĚR

Hlavní srážkové období v srpnu 2002 lze stanovit do intervalu 6.–15. 8. Vysoké lokální srážky přes 50 mm byly na více místech také 31. 8., především v Čechách. Na stanici Pomezni boudy v Krkonoších dokonce 191 mm. Období 6.–15. 8. 2002 lze rozdělit na dvě vlny rozsáhlých plošných srážek ve dnech 6.–7. 8. a 11.–13. 8., na třídenní období bez rozsáhlých plošných srážek, s výskytem lokálních přeháňek a bouřek (8.–10. 8.) a doznívání srážkové činnosti na severovýchodní Moravě ve dnech 14. a 15. 8.

Srážky ve dnech 6.–7. 8. zasáhly hlavně příhraniční oblast jižních Čech s Rakouskem. V oblasti Novohradských vrchů a Českokrumlovska napadlo za dva dny 130–250 mm srážek. Zasaženy byly i západní Čechy a jižní Morava, zejména Podyjí (srážky od 60 do 130 mm). Nejvyšší dvoudenní úhrn srážek byl naměřen ve stanici Podhorská Ves v Novohradských horách, a to 277 mm. V jednotlivých dnech bylo dne 6. 8. naměřeno nejvíce ve stanici Staré Hutě (101,4 mm), dne 7. 8. v Podhorské Vsi (180,5 mm)

Také v období 11.–13. 8. v jednotlivých místech intenzivní srážky netrvaly déle než dva dny. Zpočátku se nejvyšší srážky koncentrovaly do oblasti jižních Čech, zejména Šumavy a Pošumaví. Zde dosahovaly hodnot kolem 100 až 130 mm. Srážky přes 20 mm (ojediněle až 50 mm) však zasáhly celé západní a jižní Čechy, jihozápad středních Čech a jižní Moravu. Maximum 11. 8. měla stanice Slavkov v jižních Čechách, 157,4 mm. Následující den byla zasažena celá západní polovina Čech, Jizerské hory a Českomoravská vrchovina. Srážky se pohybovaly od 20 do 130 mm, s kulminací ve střední a východní oblasti Krušných hor. Zde srážky dosahovaly 150 až 300

mm. Maximum bylo naměřeno na německé stanici Cínovec, 312,0 mm. Dvoudenní maximum naměřil Cínovec ve dnech 11. 8. 07 h až 13. 8. 07 h, a to 380 mm. Dne 13. 8. se srážky přesunuly do východních Čech a na Moravu. Nejvyšší srážky spadly v Jizerských horách (250 až 280 mm), srážky 80 až 100 mm byly pozorovány i v Orlických horách, Hrubém Jeseníku, Žďárských vrchách a horním Posázaví. Maximum dne 13. 8. naměřila stanice Knajpa v experimentálním povodí ČHMÚ v Jizerských horách, a to 278,0 mm.

Ve dnech 14. a 15. 8. již v Čechách nepřešlo a v Hrubém Jeseníku doznívala srážková činnost. Nejvyšší denní úhrn naměřila stanice Nýdek 98,0 v Moravskoslezských Beskydech dne 14. 8. 2002.

Povodně v srpnu 2002 byly charakteristické především velkým plošným rozsahem srážek o velikosti 0,6 až 1,1 násobku stoletých denních úhrnů. Na některých místech (Novohradské hory, hřebenová oblast Krušných hor v okolí Cínovce, hřebenová oblast Jizerských hor) se vyskytly mimořádně intenzivní srážky menšího plošného rozsahu, které přesáhly 1,6násobek stoletých hodnot. Denní úhrn 278,0 mm naměřený v Jizerských horách je druhý nejvyšší denní úhrn srážek, který zde byl naměřen od roku 1879. Tehdy byl na Nové Louce naměřen denní úhrn 345,1 mm, což je dosavadní historický rekord. Denní úhrn 312 mm na Cínovci je druhý v historických tabulkách. Dvoudenní úhrn srážek 380 mm na Cínovci je zcela extrémní, přitom faktické trvání srážek trvalo podstatně kratší dobu než 48 hodin.

Dalším charakteristickým rysem povodni bylo krátké, pouze třídenní období mezi nástupem obou srážkových vln.

Objem srážek, které spadly na povodí Labe ke státní hranici České republiky od 6. do 15. 8. 2002, byl obrovský. Činil 6,95 miliard metrů krychlových, z toho na povodí Vltavy 4,978 miliard metrů krychlových. Ve dnech 6.–7. 8. 2002 na povodí Vltavy spadlo 1,866, na celém povodí Labe pak 2,020 miliard metrů krychlových. Ve dnech 11.–12. 8. 2002 na povodí Vltavy spadlo 2,774, na celém povodí Labe pak 3,913 miliard metrů krychlových.

Lektor RNDr. L. Němec,  
rukopis odevzdán v listopadu 2002.

# ODTOKOVÁ SITUACE V SRPNU 2002 V ČESKÉ REPUBLICE

**Runoff situation in August 2002 in the Czech Republic.** In the first part of August 2002 an extraordinary rainfall has occurred mainly on the territory of the Labe river catchment and caused on many streams the largest maximum peak discharges for the whole observation period. From the hydrometeorological point of view the flood passed in two waves. The first rainfall wave struck especially the southern part of Bohemia on 6 and 7 August. The second wave of precipitation was from 11 to 13 August. On 12 August all Bohemia was already struck and on 13 August also eastern Bohemia and part of northern Moravia. Extreme precipitation struck a large area, practically the whole catchment of the Vltava river including the rivers Berounka and Sázava and basins of several further rivers. On the territory of the South Bohemian Region already the first wave of precipitation caused very strong flooding of some streams, especially right-hand side tributaries of the Vltava river (Malše and Černá streams) what resulted in a huge flood wave even on the upstream of the Vltava river itself. The streams reached their maximum peak discharges mostly on 8 August in the morning. On the central and downstream of the Vltava river the above-mentioned wave declined in importance and did not cause any significant damages there. The second rainfall wave had already much more catastrophic impact. It struck not only earlier affected basins of the upstream of the Vltava river but much more also basins of the Otava, Lužnice, Berounka and Sázava rivers. Moreover, earlier struck basins were already considerably saturated and even precipitation of a lower intensity would cause the significant runoff. Almost all streams in the South- West- and Central Bohemian Regions were flooded hard. On some of them maximum peak discharges exceeded return period 100 years, e.g. on the Vltava river in Prague there was a 500-year flood discharge. In most cases streams reached their maximum peak discharges on 13 August; on the downstreams of the Vltava and Labe rivers then 1-3 days later. Vast overflowings on the Vltava and Labe rivers were typical of the further movement of the flood wave from Prague. The flood wave flooded a number of villages and towns and caused damages of many dozens of milliard Czech crowns. In general we can say that the August 2002 flood was an extraordinary one both by volume of precipitation fallen and the magnitude of the area affected and even by the magnitude of maximum peak discharges and flood waves volumes. On many streams the highest observed water stages and discharges were recorded, e.g. on the Vltava river in Prague all evaluated floods since the year 1827 were exceeded and high-water marks from the year 1784 as well.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** vlna povodňová – srážky extrémní – povodeň – povodeň historická – průtok kulminační

## 1. ÚVOD

V první polovině srpna 2002 se vyskytly převážně na území povodí Labe mimořádné srážky, které vyvolaly na mnoha tocích největší kulminační průtoky za celé období pozorování. Z hydrometeorologického hlediska probíhala povodeň ve dvou vlnách.

První vlna srážek ve dnech 6.–7. srpna zasáhla hlavně jižní Čechy, méně již západní Čechy, střední Čechy a jižní Moravu. Nejvyšší srážkové úhrny za tyto dva dny byly naměřeny v jižní části Šumavy a zejména Novohradských hor 130–200 mm, ale ve stanici Staré Hutě dosáhly 254 mm, ve stanici Pohorská Ves dokonce 277 mm.

Druhá vlna srážek byla v této části území 11.–12. srpna, přičemž 12. srpna již byly zasaženy celé Čechy a 13. srpna významně východní Čechy včetně Orlických hor a část severní Moravy. Nejvyšší srážkové úhrny za tyto 3 dny byly v Krušných horách a na hřebenech Jizerských hor, místy 200–300 mm, nejvíce bylo naměřeno na Cínovci 400 mm. V jižních Čechách spadlo převážně 130–190 mm, místy přes 200 mm (Prachovice, Slavkov), ale také srážky na jiných místech Čech významně přesahovaly 100 mm (Orlické hory, Českomoravská vrchovina). Vysoké srážky zasáhly plošně velké území, prakticky celé povodí řeky Vltavy včetně Berounky a Sázavy a povodí několika dalších řek.

Hydrologická odezva v jednotlivých povodích je popsána (v závislosti na současné úrovni vyhodnocení v daném regionu) v dalších kapitolách.

## 2. HYDROLOGICKÉ VYHODNOCENÍ POVODNĚ

V současné době (listopad 2002) probíhají na všech pobočkách ČHMÚ zasažených povodní intenzivní práce spojené s průtokovým vyhodnocením povodně. Nutno konstatovat,

že vyhodnocení průtoků je mimořádně obtížné, neboť na mnoha místech vodní stavy na tocích dosáhly maximálních hodnot za období pozorování, což bylo spojeno jednak s vyběžením toků a se širokými rozlivy a jednak s významnými korytotvornými změnami. Navíc na několika místech došlo k totálnímu zničení vodoměrných stanic a tím i zničení záznamu o vodních stavech, příp. v příznivějších případech chybí „pouze“ část tohoto záznamu. Ale i ve stanicích, kde je k dispozici záznam vodního stavu, je nutné ověřit hodnotu kulminačního stavu, už prostě proto, že k toku nebyl za povodně přístup a instalovaný přístroj mohl vykazovat v měření významnější odchylku.

Tab. 1 Hodnoty kulminačních stavů a průtoků první vlny (předběžné údaje).

Table 1. Values of peak water stages and maximum peak discharges of the first wave (preliminary data).

Tok	Stanice	Stav [cm]	Průtok [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Den	Hodina	Doba opakování [rok]
Vltava	Březí	265	260	8.8.	5	10
Černá	Ličov	382	159	8.8.	5	200
Malše	Pořešín	457	434	8.8.	3	500
Malše	Římov	396	392	8.8.	5	500
Malše	Roudné	446	449	8.8.	8	200
Vltava	České Budějovice	548	755	8.8.	9	100
Lužnice	Bechyně	406	286	8.8.	8	10
Otava	Katovice	258	204	8.8.	8	5-10
Volyňka	Němčice	284	99	8.8.	5	10-20
Blanice	Heřmaň	272	138	8.8.	23	20
Otava	Přisek	527	558	8.8.	23	20

Dalším obecným problémem při vyhodnocování extrémní povodňové situace je to, že (až na výjimky) nebývá k dispozici věrohodně extrapolovaná měrná křivka průtoku na podkladě hydrometrických měření. Vzhledem k vysokým rychlostem, unášeným předmětům a často obecně i nepřístupnosti měrného profilu na vodním toku nelze tato měření za povodně provádět. Měrnou křivku je proto nutné extrapolovat pomocí jiných (složitějších) metod.

Tab. 2 Hodnoty kulminačních stavů a průtoků druhé vlny (předběžné údaje).

Table 2. Values of peak water stages and maximum peak discharges of the second wave (preliminary data).

Tok	Stanice	Stav [cm]	Průtok [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Den	Hodina	Doba opakování [rok]
Jizera	Železný Brod	457	431	13.8.	22	10-20
Vltava	Břeží	410	620	13.8.	12	500
Černá	Líčov	309	95	13.8	7	20-50
Malše	Pořešín	441	399	13.8	9	500
Malše	Římov	413	426	13.8	8	500
Malše	Roudné	465	527	13.8.	10	500
Vltava	České Budějovice	652	1108	13.8.	14	1000
Lužnice	Klenovice	530	580	15.8.	18	1000
Lužnice	Bechyně	640	620	16.8.	9	500
Otava	Katovice	380		13.8.	9	
Volyňka	Němčice	321	124	12.8.	16	20-50
Blanice	Heřmaň	427	443	13.8.	1	1000
Otava	Písek	880	900	13.8.	11	200
Lomnice	D.Ostrovec	361	162	13.8	10	500
Skalice	Varvažov	405	175	13.8	10	500-1000
Sázava	Zruč n.S.	426	198	14.8.	17	10
Sázava	Nespeky	473	377	15.8.	9	10
Úhlavka	Stříbro	233		13.8	14	
Mže	Stříbro	290		13.8.	18	
Radbuza	Staňkov	360		13.8	8	
Radbuza	Lhota	432		13.8.	12	
Úhlava	Klatovy	362		13.8.	6	
Úhlava	Štěnovice	513		13.8.	12	
Berounka	Bílá Hora	799		13.8.	16	
Úslava	Koterov	371		13.8.	8	
Klabava	Nová Huť	294		13.8.	6-7	
Střela	Plasy	210		13.8.	3	
Berounka	Liblín	703		13.8.	21-22	
Litavka	Čenkov	235	(70)	13.8.	2	(20)
Litavka	Beroun	357	215	14.8.	0	50
Berounka	Beroun	796	2200	13.-14.8.	23-0	500-1000
Vltava	Praha-Chuchle	782	5160	14.8.	12-13	500
Labe	Mělník	1066		15.8.	13-16	
Rolava	Stará Role	261	39.3	13.8.	4-5	5
Ohře	Karlovy Vary	253	274	13.8.	6-7	2
Bílina	Trmice	298	59	13.8.	23	20-50
Labe	Ústí n. L.	1196	(5100)	16.8.	14-17	(200-500)
Lužická Nisa	Hrádek	320	115	14.8.	10	5-10
Smědá	Frydlant	275	246	14.8.	10	20-50
Dyje	Podhradí	476	343	14.8.	0	100-200
Želetavka	Vysočany	233	51	13.8.	1	50
Dyje	Vranov	378	364	14.8.	9	100-200
Dyje	Znojmo	462	375	14.8.	14-15	100-200
Dyje	Trávní Dvůr	516	168+	14.8.	9	10
Jihlava	Dvorce	242	44	14.8.	2	20

\* – průtok silně ovlivněn rozlivy nad stanicí

Aby bylo možné přistoupit k průtokovému vyhodnocení povodně ve vodoměrné stanici, je proto předtím nezbytné provést následující práce:

- ověření kulminačního vodního stavu geodetickým zaměřením stop maximální hladiny,
- rekonstrukci hydrogramu povodně ve vodních stavech,
- extrapolaci měrné křivky průtoku na základě geodetického zaměření příčných profilů a hydraulického posouzení.

Tyto práce v současné době probíhají, přičemž pro účely extrapolace měrných křivek a její ověření bylo nutné v mnoha profilech objednat spolupráci externích firem, které se zabývají hydraulickým modelováním koryt vodních toků. Jejich výsledky budou posouzeny v konfrontaci s bilančním vyhodnocením proteklého množství, které již provádějí a budou provádět hydrologové. Bilanční posouzení odtoku bude provedeno nejen vzhledem ke spadlým srážkám na jednotlivá povodí vodoměrných stanic, ale i vzhledem k možným přítokům z mezipovodí a celkovému vývoji odtoku na velkých ucelených povodích.

Výsledkem hydrologického vyhodnocení bude tedy hydrogram povodně v průtocích v hodinovém kroku v každé posuzované vodoměrné stanici. V profilech stanic, kde chybí záznam vodního stavu, bude vyhodnocen kulminační průtok, příp. průběh povodně bude simulován hydraulickým či srážko-odtokovým modelováním.

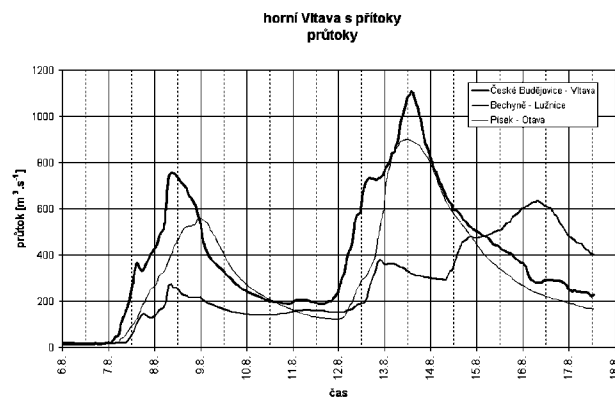
Hydrologické vyhodnocení povodně značně podpoří finanční prostředky z vládního projektu „Vyhodnocení povodňové situace v srpnu 2002“, které budou v našem případě využity zejména na ověření extrapolací měrných křivek pomocí hydraulických modelů.

Hodnoty kulminačních průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích společně s odhadem doby opakování jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2, grafické průběhy hydrogramů povodně potom na obrázcích 1–5. Vzhledem k probíhajícímu vyhodnocení průtoků je nutné považovat uvedené hodnoty za **předběžné**, jež budou postupně zpřesňovány.

### 3. POVODÍ VLTAVY PO PROFIL VD ORLÍK

Srpnová povodeň roku 2002 zasáhla téměř celé území regionu (spadajícího pod územní působnost pobočky ČHMÚ České Budějovice), značné části území byly postiženy dvakrát, ojediněle i třikrát za sebou v rámci této odtokové situace.

Začátek povodně spadá do odtokové nepříliš vydatného počátku letošního srpna na mírném poklesu průtoků po vcelku obvyklém sledu letních bouřkových situací v červenci a na



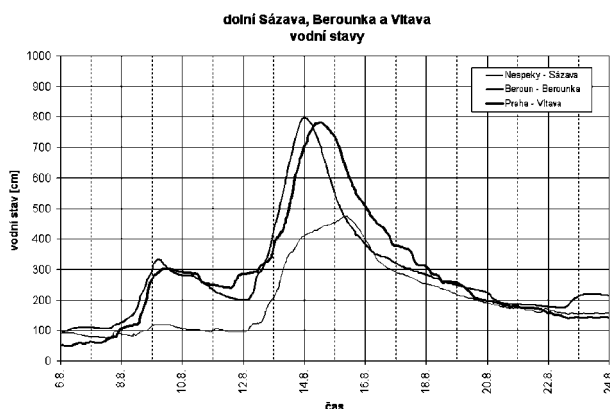
Obr. 1 Průběh průtoků na tocích v povodí horní Vltavy.

Fig. 1. The course of discharges on streams in the catchment of the Vltava river upstream.

přelomu srpna. Nasycení všech povodí bylo z hlediska průtoků podprůměrné, lokálně i průměrné.

První vlna povodně, byť i zasáhla postupně území celého regionu, byla nejvýraznější na povodí Malše, horní Lužnice, střední Otavy s přítoky Volyňkou a Blanici. Doba opakování kulminačních průtoků dosahovala na Malši a Černé 50 až 500 let, Vltava pod Malší měla kulminační průtok na úrovni  $Q_{100}$ . Na horní Lužnici byl maximální průtok zhruba na 50letých hodnotách. Střední a dolní Otava s přítoky kulminovala zpravidla na hodnotách 20letých. Kulminace na ostatních tocích byly na úrovni 1letých až 10letých.

Druhá, hlavní vlna začala s nástupem druhé srážkové epizody v poledních hodinách dne 11. 8. 2002. Srážky trvaly souvisle až do odpoledne 13. 8. a jejich velikost a plošný rozsah v souběhu s vysokým nasycením všech povodí po první vlně způsobily vývoj průtoků, které na většině pozorovaných toků dosud za posledních 100–130 let nebyly vůbec dosaženy. Kulminace nastaly nejčastěji během dne 13. 8. 2002, na Vydře, horní Blanici, Volyňce, střední Otavě a Vltavě nad VD Lipno I byly kulminace 12. 8., na střední a dolní Lužnici 15.–16. 8. 2002. Nejvíce významné průtoky nastaly na Vltavě v úseku od Českého Krumlova, hlavně však pod ústím Malše v Českých Budějovicích, kde je doba opakování maximálního průtoku odhadována na 1 000 let. Na Malši byly velmi významné průtoky celoplošně, doby opakování dosahovaly až 500 let. Průběh druhé vlny na Lužnici byl dosti atypický – v důsledku protržení hráze podél Lužnice do pískovny u Majdaleny se voda přesunula zcela mimo koryto Lužnice při stanici Pilař, další odtokově významnou událostí bylo protržení Novořecké hráze a nekontrolovatelný odtok téměř veškeré vody horní Lužnice z Nové řeky do Staré řeky, a tedy i do rybníka Rožmberk. Zde došlo postupně k další kalamitní situaci – přeplnění této nádrže s omezenou možností odtoku vody přelivem. Odtok z nádrže byl operativně zvyšován různými opatřeními souběžně s dalším zabezpečením podmáčené a přetížené hráze. Kulminační průtoky druhé vlny na střední a dolní Lužnici silně přesáhly svou dobou opakování 200letou hodnotu. Na Otavě narůstaly průtoky až postupně, významné byly od Sušice dále po proudu s rostoucí dobou opakování až k ústí do Vltavy. I mnohé přítoky Otavy značně překročily hodnoty 100letých kulminačních průtoků – Ostružná, ale zejména Blanice, Lomnice a Skalice. Dobu opakování kulminačního průtoku na dolní Blanici dokonce odhadujeme na 1 000 let.



Obr. 2. Průběh vodních stavů na dolní Sázavě, Berounce a Vltavě.  
Fig. 2. The course of water stages on the downstreams of the Sázava, Berounka and Vltava rivers.

Hydrogram průtoků ve stanicích České Budějovice na Vltavě, Písek na Otavě a Bechyně na Lužnici je uveden na obrázku 1.

Třetí vlna vznikla na území mezi Českým Krumlovem a Českými Budějovicemi v noci na 1. 9. 2002 a měla již charakter lokální události, ovšem kvůli vysokému nasycení příslušných povodí z předchozích dvou vln zde došlo i k dosažení či překročení kulminačních hodnot z první či druhé vlny, zejména na menších tocích (Polečnice, Křemžský potok, Dobrovodský potok, Litvínovický potok a jiné).

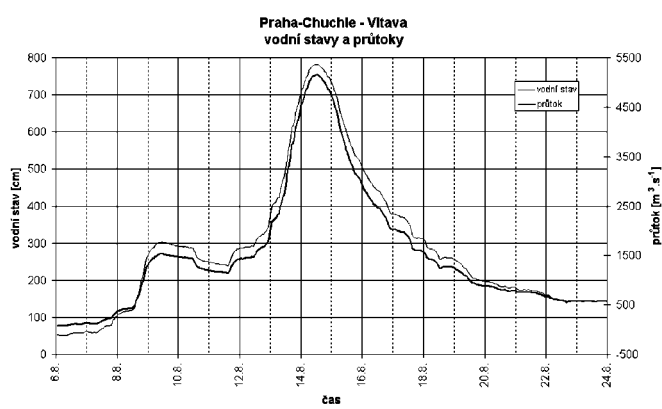
Antropogenní vliv na průběh povodně se uplatnil na mnohých tocích, nejsilněji se v jihočeském regionu patrně projevil na Vltavě pod VD Lipno II (velmi výrazné snížení průtoků), na úseku Lužnice pod Rožmberkem. Těž odtoková vlna na Lomnici byla patrně poněkud ovlivněna protržením řady velkých rybníků. Specifickým jevem bylo masivní vzdutí Otavy na jejím dolním toku hladinou VD Orlick synchronně s nástupem druhé vlny, což se projevilo zejména přímo v městě Písku.

V současné době probíhá intenzivní přešetřování hodnot kulminačních průtoků pomocí hydraulických modelů, a to ve všech důležitých vodoměrných profilech uvedeného regionu, např. v Písku na Otavě, v Bechyni na Lužnici, v Českých Budějovicích na Vltavě, téměř ve všech vodoměrných profilech Malše atd.

#### 4. POVODÍ SÁZAVY A BEROUNKY

V povodí Sázavy první vlna srážek zasáhla pouze povodí Želivky, což však stačila soustava nádrží v povodí eliminovat, takže přítok do Sázavy byl jen mírně zvýšený. Druhá vlna srážek byla však o poznání intenzivnější a zasáhla prakticky celé povodí Sázavy, přičemž významnější srážková činnost na rozdíl od většiny ostatního území setrvala až do 14. 8. I když intenzita srážek nebyla zdaleka tak katastrofální jako např. na většině území jihočeského regionu, způsobila významné rozvodnění vlastní Sázavy i většiny jejích přítoků.

Vzhledem k tomu, že poměrně intenzivní srážky přetrvávaly na povodí Sázavy až do 14. 8., kulminace Sázavy ve Zruči nastala 14. 8. odpoledne a v Nespekách až 15. 8. v dopoledních hodinách, a nedošlo tím tak ke střetu s kulminačním přítokem z Vltavy. Kulminační průtok Sázavy v Nespekách dosáhl při hodnotě  $377 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (průtok  $326 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  byl změřen hydrometrickou vrtulí Týnci n. S.) úrovně 10letého průtoku,



Obr. 3. Průběh vodních stavů a průtoků na Vltavě v Praze-Chuchli.  
Fig. 3. The course of water stages and discharges on the Vltava river in Prague-Chuchle.

předběžná hodnota kulminace ve Zruči nad Sázavou  $198 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  odpovídá taktéž 10letému průtoku.

Povodí Berounky bylo také více zasaženo až druhou vlnou srážek, ale významné srážkové úhrny se zde vyskytly už během první vlny srážek, a to zejména v horní části povodí (Úhlava, Úslava), ale i na povodí pravostranných přítoků na středním a dolním toku (Klabava, Litavka). Tato první vlna způsobila vzestup průtoků, ale zejména nasycení uvedených partií povodí Berounky, takže druhá, intenzivnější vlna srážek, zapříčinila katastrofální rozvodnění Berounky od Plzně až po soutok s Vltavou. Intenzita srážek během druhé vlny byla nejvyšší v okolí Plzně, v povodí Úslavy a v povodí dalších pravostranných přítoků Berounky (návětrná strana Brd).

Vodní toky v horní části povodí Berounky (Mže, Radbuza, Úhlava, Úslava) a její pravostranné přítoky kulminovaly dne 13. 8. převážně v ranních a dopoledních hodinách, Berounka v Berouně kulminovala na hodnotě vodního stavu 796 cm až kolem půlnoci téhož dne.

I když průtokové vyhodnocení povodně v tomto povodí je spíše ve své počáteční fázi, je však již teď jasné, že průtoky pravostranných přítoků Berounky pod Plzní významně přesáhly hodnoty průtoků s dobou opakování 100 let. Totéž platí o vlastních průtocích Berounky od Plzně až do Prahy. Podle porovnání výšek hladiny dolní Berounky s výškou hladin historické povodně 1872 (v Srbsku jen o 55 cm níže) lze odhadnout, že průtok dolní Berounky o několik set  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  přesáhl  $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , přitom stoletý průtok v Berouně je  $1440 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Za pozornost stojí ještě fakt, že na Úslavě došlo během povodně ke zničení obou vodoměrných stanic, z toho stanice ve Žďirci byla v provozu od dubna roku 2002.

Hydrogram vodních stavů ve stanicích Nespeky na Sázavě, Beroun na Berounce a pro porovnání i v Praze-Chuchli na Vltavě je uveden na obrázku 2.

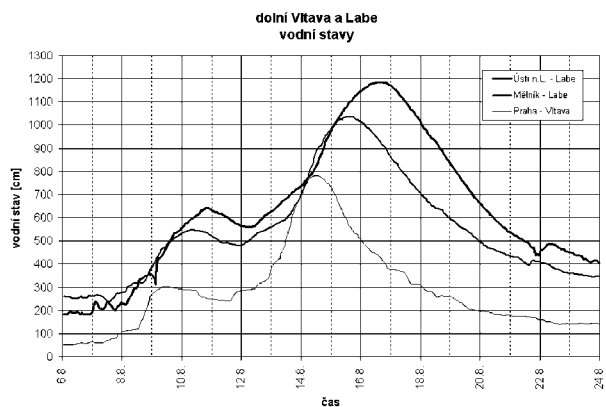
## 5. POVODÍ DOLNÍ VLTAVY A DOLNÍHO LABE

Průtoky ve Vltavě na jejím středním a dolním toku byly do určité míry ovlivněny Vltavskou kaskádou. Vliv této kaskády bude podrobně zkoumán v rámci projektu vyhodnocení povodně, např. dosavadní údaje Povodí Vltavy o přítoku do kaskády v profilu hráze VD Orlik jsou ve vztahu k údajům ČHMÚ zatím ve značném rozporu.

Srážkově už území povodí dolní Vltavy a dolního Labe na našem území (s výjimkou specifikovaných oblastí v závěru kapitoly) tolik zasaženo nebylo. Průtoky ve Vltavě na jejím dolním toku byly výsledkem střetu povodňových vln z Berounky, Sázavy a odtoku z Vltavské kaskády, průtoky v Labi byly dány z velké části přítokem z Vltavy.

Vltava v Praze kulminovala dne 14. 8. ve 12 hodin na hodnotě vodního stavu 782 cm (vodočet Praha-Chuchle) a průtokem  $5160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což odpovídá době opakování zhruba 500 let. Jedná se vůbec o nejvyšší vyhodnocený průtok na Vltavě v Praze v historii pozorování. Vyhodnocení průtoků v Praze se mohlo opřít o několik měření povrchových rychlostí pomocí plováků, z nichž jedno bylo provedeno dne 14. 8. asi 10 cm pod kulminačním stavem. Hydrogram průtoků byl určen pomocí nově zkonstruované měrné křivky, je uveden společně s hydrogramem vodních stavů na obrázku 3. Je třeba upozornit, že vzestupy a poklesy hladiny vody v různých částech Prahy, především v zatopených oblastech, se mohly od časového průběhu hladiny na limnigrafické stanici v Chuchli významně lišit.

Pro další postup vlny byly charakteristické široké rozlivy, např. na Vltavě pod Prahou až k Mělníku, zpětné vzdutí Labe od Mělníka způsobené Vltavou, rozliv na Labi u Litoměřic.



Obr. 4 Průběh vodních stavů na dolní Vltavě a Labi.

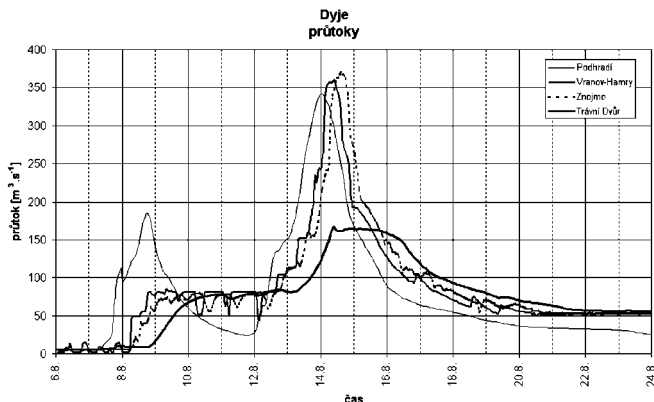
Fig. 4. The course of water stages on the downstreams of the Vltava and Labe rivers.

Posouzení vlivu těchto rozlivů na transformaci povodňové vlny bude předmětem zkoumání, kde bude využito jedno- a dvourozměrných hydraulických modelů.

Labe v Mělníku kulminovalo dne 15. 8. ve 13–16 hodin, v Ústí nad Labem 16. 8. ve 14–17 hodin a v Děčíně také 16. 8. v 19–24 hodin. Hodnoty kulminačních vodních stavů v těchto profilech uváděné v tabulce 2 jsou v současné době geodeticky přeměřovány a probíhá rekonstrukce hydrogramů povodňové vlny, neboť všechny vodoměrné stanice ČHMÚ na dolním Labi byly zaplaveny (některé i zničeny) a za povodně bylo prováděno pouze provizorní odečítání vodních stavů různými pověřenými osobami (např. z Povodí Labe, s.p.).

Hydrogram vodních stavů ve stanicích Praha-Chuchle na Vltavě, Mělník a Ústí nad Labem na Labi je uveden na obrázku 4.

V povodí Labe došlo ještě k dalším lokálním povodním v důsledku výskytu mimořádně extrémních srážek v oblasti Krušných hor a Jizerských hor. V Krušných horách na Cínovci byl naměřen dne 12. 8. srážkový úhrn 312 mm, což je v historii druhý nejvyšší zaznamenaný 24hodinový srážkový úhrn na území ČR. Této hodnotě se významně blíží i srážkový úhrn 278 mm, změřený dne 13. 8. na stanici Knajpa v Jizerských horách. Touto srážkou byla postižena i experimentální povodí, která v současnosti provozuje experimentální pracoviště ČHMÚ Jablonec. Důsledky této extrémní sráž-



Obr. 5 Průběh průtoků na Dyji.

Fig. 5. The course of discharges on the Dyje river.

ky budou posouzeny v rámci projektu vyhodnocení povodně. Zatím je známo, že tato lokálně omezená srážka způsobila rozvodnění horní Jizery a jejích přítoků a rozvodnění říčky Smědě do úrovně zhruba  $Q_{20}$ . Značnou část odtoku zachytily nádrže Bedřichov, Josefův Důl a Souš.

## 6. POVODÍ DYJE

První vlna srážek ve dnech 6.–7. 8. způsobila v horní části povodí Dyje na jihozápadní Moravě 5 až 10leté průtoky, které byly zachyceny Vranovskou přehradou. Ve dnech 11.–13. 8. následovala druhá výrazná vlna srážek, s jádrem nad povodím Německé Dyje v Rakousku a jižními Čechami, která navíc zasáhla i větší území.

Řeka Dyje vzniká soutokem Německé a Moravské Dyje v Rakousku u města Raabs a jako jedna řeka vstupuje nad Vranovskou přehradou na naše území. V povodí Moravské Dyje, kde byly srážky menší, byla povodňová kulminace v nevyšše položené vodoměrné stanici Janov dne 14. 8. těsně po půlnoci za průtoku  $46,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což odpovídá 5 až 10letému průtoku. Z rakouské strany jsou k dispozici informace pouze pro stanici Raabs, která je pod soutokem Německé a Moravské Dyje. Zde údajně protékalo při kulminaci dne 13. 8. mezi 16.-17. hodinou  $350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a mělo by se jednat o více než 500letý průtok. Přes veškerou snahu se nám doposud nepodařilo tuto informaci znovu potvrdit. V Podhradí, což je první vodoměrná stanice společné Dyje na našem území nad Vranovskou přehradou, byl nejvyšší průtok 13.8. o půlnoci o velikosti  $343 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což je na úrovni  $Q_{100-200}$ . Do Vranovské přehrady ústí ještě říčka Želetavka, která kulminovala ve stanici Vysočany dne 13. 8. v 1 hodinu průtokem  $51 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což odpovídá 50letému průtoku. Pod Vranovskou přehradou ve stanici Vranov – Hamry byla kulminace dne 14. 8. v 9 hodin za průtoku  $364 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což odpovídá rovněž hodnotě  $Q_{100-200}$ .

K levobřežnímu přelítí břehu Dyje došlo kolem poledne 14. 8. u Dyjčovic. V době největšího průtoku se zde přelévalo ca  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Tato voda vytvořila jezero, které se postupně pohybovalo svou rychlostí ve směru na obce Hevlín, Trávní Dvůr, Jevišovka a Drnholec. Malá část této vody byla přečerpávána např. u Hevlína zpět do Dyje a určitá část se dostala do Dyje zpět říčkou Jevišovkou.

K protržení ochranné hráze došlo v oblasti mezi Hevlínem a Trávním Dvorem mimo hlavní tok Dyje na dvou místech. Oba případy byly způsobeny vlivem zpětného vzduť vody z vlastního toku Dyje a tím naměštnání velkého množství vody v tomto vysoce ohrázaném úseku. Společné jezero vzniklé z těchto, od sebe nepříliš vzdálených nátrží, se

postupně pohybovalo přes naše a částečně i rakouské území ve směru na Novosedly a zůstalo po pravé straně ohrázané Dyje drženo silnicí Drnholec – Brod nad Dyjí a v prostoru mezi obcí Jevišovka a Novosedly.

Vlastní Dyje ve stanici Trávní Dvůr, ochuzena o vodu z uvedených rozlivů (jednalo se celkem o 20 mil.  $\text{m}^3$  vody), kulminovala dne 14. 8. v 9 hodin průtokem  $168 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což odpovídalo 10letému průtoku. Tento (výše uvedenými rozlivy) ovlivněný průtok přibližně ve stejné velikosti natékal do horní nádrže Nové Mlýny téměř dva dny. Do střední nádrže přitéká Jihlava, která kulminovala na průtoku  $Q_{1-2}$  ve své závěrové stanici Ivančice za průtoku  $124 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  dne 14. 8. ve 14 hodin a řeka Svatka s méně než půlletým průtokem v Židlochovicích dne 14. 8. ve 13 hodin za kulminačního průtoku  $81 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Dyje pod novomlýnskými nádržemi kulminovala ve vodoměrné stanici Břeclav-Ladná dne 15. 8. v 15 hodin průtokem  $318 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což je na úrovni 5 až 10letého průtoku.

Většími průtoky bylo zasaženo i povodí řeky Jihlavy. Nejvyšše položená stanice na této řece Batelov měla kulminační průtok dne 13. 8. ve 20 hodin o hodnotě  $14,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což odpovídá úrovni 20letého průtoku.

Uvedená vyhodnocení jsou podložena 32 měřeními průtoků vody, která byla během této povodně provedena. Byly změřeny téměř kulminační průtoky ve Vranově a v Ladné a další významná měření byla provedena ve stanicích Podhradí, Vranov, Znojmo, Trávní Dvůr aj. Všechny vodoměrné stanice ČHMÚ v povodí Dyje spolehlivě fungovaly a kompletně zaznamenaly celý průběh povodně.

Hydrogram průtoků ve stanicích Podhradí, Vranov – Hamry, Znojmo a Trávní Dvůr na Dyji je uveden na obrázku 5.

## 7. ZÁVĚR

Celkově lze konstatovat, že povodeň v srpnu 2002 byla výjimečná, a to jak objemem spadlých srážek, tak i velikostí kulminačních průtoků a objemů povodňových vln. Faktem je, že hladiny vody v zasažených tocích v řadě případů přesáhly povodňové značky nejvyšších zaznamenaných historických povodní. Např. na Vltavě v Praze se jedná o doposud největší zjištěný průtok za období pozorování, což se týká i mnoha dalších profilů, zejména v povodí horní Vltavy v jihočeském regionu. Po komplexním vyhodnocení této povodně, které bude provedeno v rámci vládního projektu, bude zajisté možné formulovat i komplexněji pojaté závěry a návrhy opatření.

*Lektor Ing. J. Kubát, článek odevzdán v říjnu 2002.*

## STOLETÁ POVODĚŇ

*Podle platné názvoslovné normy vyjadřují tzv. N-leté hodnoty průměrnou dobu opakování nějakého hydrologického jevu. V případě povodní jde o posouzení extrémnosti kulminačního průtoku. Hodnoty se zjišťují analýzou dlouhodobých časových řad pozorování.*

*Stoletá povodeň je taková povodeň, jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jednou za 100 let. Jde o statistickou charakteristiku, nikoli predikční, a tudíž neplatí, že v případě výskytu stoleté vody se další povodeň této velikosti či vyšší vyskytne až za 100 let. Neplatí tedy lineární úměra mezi jednotlivými hodnotami N-letých vod: hodnota stoleté povodně není dvojnásobkem padesátileté povodně, stejně tak hodnota pětisetleté povodně není pětínásobkem stoleté povodně apod.*



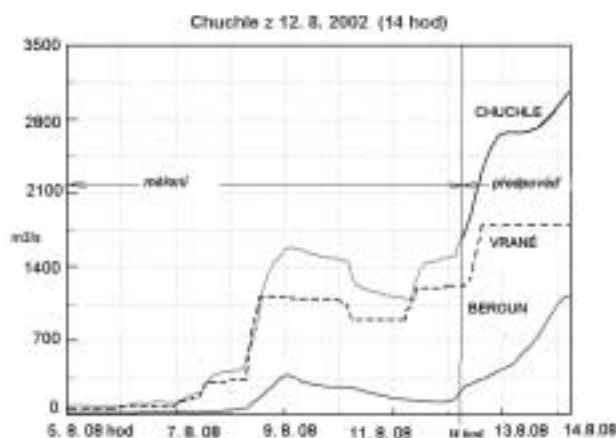
## VYUŽITÍ HYDROLOGICKÝCH PŘEDPOVĚDNÍCH MODELŮ PŘI POVODŇOVÉ SITUACI V SRPNU 2002 V ČESKÉM HYDROMETEOROLOGICKÉM ÚSTAVU

**The use of hydrological forecasting models during the flood event in August 2002 in the Czech Hydrometeorological Institute.** During the August floods, the hydrological model was to the largest extent used in the process of flood service from 11<sup>th</sup> August, when it was computing in the Regional Offices in České Budějovice, Plzeň and Prague alternative forecasts for various expected rainfall totals several times a day. During a normal flow situation, the forecast for the Vltava in Prague does not have problems. During the extraordinary discharges, the forecasting lead-up time was also proportional to the timeliness of information by the Vltava river corporation, concerning the expected outflow from Vrná and forecasts for the Berounka. The peak discharge in Prague occurred on the 14<sup>th</sup> August at 12:00 hours and was approximately 5300 m<sup>3</sup>/s. Considering the fact that so far, official evaluation of discharges in the forecasting cross-sections has not been made, the hydrographs of „real“ discharges in stations must be regarded as orientation only, determined preliminarily during the flood for areas which did not have valid rating curves at the time. The overall evaluation of the hydrological forecasts will be a part of a summary report on this year's flood, where the success will be able to be analyzed in detail and confronted with the course of the discharges.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** povodeň – systém předpovědní – model hydrologický – doba postupová – kalibrace parametrů

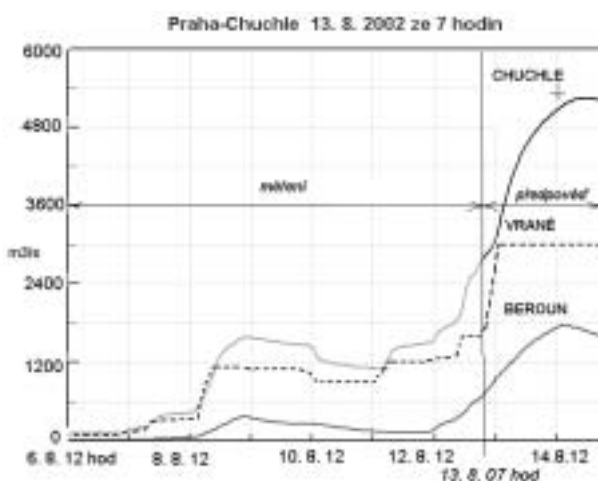
Zavádění hydrologických předpovědních modelů ve větším měřítku i na regionálních předpovědních pracovištích poboček ČHMÚ zaznamenalo významnější posun po katastrofálních povodních v červenci 1997. Pro výběr vhodného funkčního systému v podmínkách České republiky byla nejprve vypracována odborná rešerše předpovědních modelů a v následujícím období bylo provedeno výběrové řízení pro jejich nakalibrování a zavedení do předpovědní praxe. Vlastní práce při kalibraci modelů probíhaly formou spolupráce mezi vybranými firmami a pracovníky ČHMÚ, kteří se soustředili především na přípravu datových podkladů a pak na verifikaci a testování modelů v reálném provozu. Tyto náročné úkoly probíhaly v rámci dvou grantových projektů – „Extrémní hydrologické jevy v povodích“ (Grantová agentura České republiky) a „Výzkum metod a rozvoj předpovědních modelů pro potřeby povodňové ochrany“ (VaV MZP).

V denní praxi hydrologického předpovídání v rámci ČHMÚ je stále používána klasická manuální metoda založená na znalosti velikosti průtoků naměřených ve stanicích na jednom toku, vzájemném vztahu mezi nimi a na postupové době odtokového množství vody mezi měrnými místy. Způsob využívá přitom zkušeností hydroprognostika, který na základě hydrologické situace v povodí, předpokládaných manipulací na vodních dílech a znalosti spadlých a předpovídaných srážek určí velikost přírůstku odtoku v mezipovodí a v nejvýše položených stanicích. Na předpovědních pracovištích během srpnové povodně byly oceněny v minulosti odvozené vztahy pro postupové doby průtoků mezi jednotlivými stanicemi, jejich rozsah však byl omezen historickými záznamy na jednotlivých tocích. S velikostí odtoku se mění doba postupu průtokové vlny, závislost však není lineární. Pro letošní vysoké hodnoty průtoků bylo nutno postupové doby odhadovat podle naznačených vztahů a okamžitých trendů přírůstků v předchozích časových krocích. Všeobecně platilo prodlužování postupových dob se vzrůstajícím průtokem a v důsledku zaplavování inundací. Dále byly využívány tzv. průtokové vztahy mezi profily ležícími na jednom toku, které zohledňují plnění či prázdnění inundací a které za běžných odtokových situací zůstávají v zapomnění.



Obr. 1 Vývoj předpovědi pro Vltavu ve stanici Praha-Chuchle, 12. 8. 2002.

Fig. 1. Course of forecasts for the Vltava river in station Praha-Chuchle on 12 August 2002.



Obr. 2 Vývoj předpovědi pro Vltavu ve stanici Praha-Chuchle, 13. 8. 2002.

Fig. 2. Course of forecasts for the Vltava river in station Praha-Chuchle on 13 August 2002.

Při srpnové povodni byl do předpovídání rovněž zapojen předpovědní systém AquaLog, jehož jednotlivé modelovací techniky byly v předchozích třech letech kalibrovány. Od začátku letošního roku je ve zkušebním provozu – výpočty v grafické i tabelární podobě pro vybrané profily jsou pravidelně předávány na příslušné vodohospodářské dispečinky podniků Povodí, s.p. Při oficiálním vydávání předpovědi byly výsledky modelu zohledňovány a konzultovány se správci toků. Na Centrálním předpovědním pracovišti (CPP) je v provozu předpovědní systém pro říční síť dolního Labe, dolní Vltavy, dolní Ohře, dolní Berounky a pro celou Sázavu a Jizeru. Na Regionálním předpovědním pracovišti (RPP) v Českých Budějovicích se připravují předpovědi průtoků pro povodí horní Vltavy a pro všechny přítoky do nádrže Orlická, na pobočce v Plzni zodpovídají za předpovědi v celém povodí Berounky až po Beroun, v Hradci Králové předpovídají pro horní část toku Labe a jeho přítoky až po Přelouč a na RPP v Ústí nad Labem připravují předpovědi pro Ohři. Mapa nakalibrovaných povodí je na obr. 14 v barevné příloze.

Součástí předpovědního systému je samostatná databáze (AquaBase), která je napojena na operativní datovou základnu ČHMÚ získávanou z hlášení od profesionálních stanic a od dobrovolných pozorovatelů a dále na výstupy z automatických stanic. Jedná se o naměřené průtoky, popřípadě vodní stavy, srážky a teploty vzduchu, dále jsou potřeba údaje předpovídání – srážky, teploty, předpokládané manipulace na nádržích. Vzhledem ke krátkým postupovým dobám průtoků v našich fyzicko-geografických podmínkách, kde voda odtéká relativně rychle, předpovídání veličiny prodlouží předstih hydrologických předpovědí. Tato data jsou základem pro vytvoření hydrologické předpovědi, která za srpnové povodně byla použita i jako podklad pro vydávání informačních a výstražných zpráv.

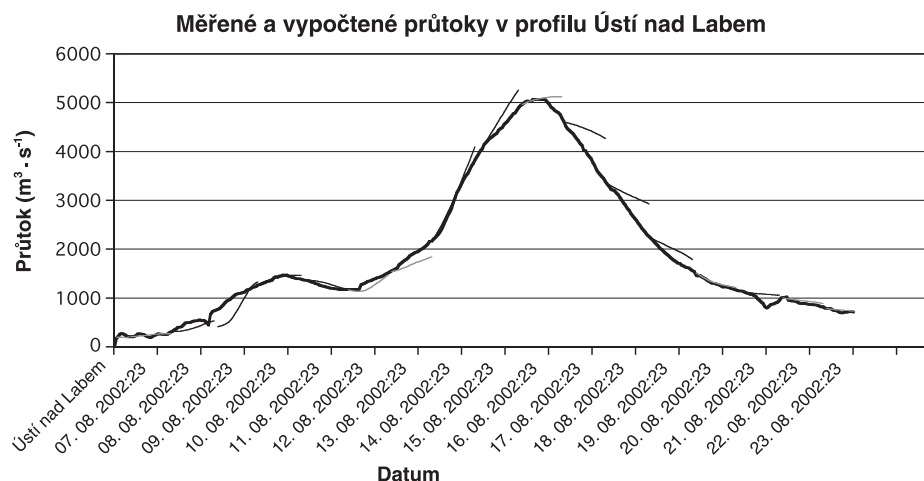
Hydrologické modely byly nejvíce zapojeny do předpovědní povodňové služby od 11. srpna, kdy se počítaly alternativní předpovědi pro různě velké úhrny předpokládaných srážek vícekrát za den. Ve dnech 11. a 12. srpna byly srovnávány variantní výsledky modelu pro tzv. maximální (145 mm), minimální (60 mm) a střední (115 mm) srážkové úhrny. Příklad, jak vznikala předpověď pro Berounku v Berouně, je na obr. 8 v barevné příloze. Zde jsou předpovídání průtoky porovnávány s hydrogramy „skutečných“ průtoků, které je třeba zatím brát jen jako orientační, předběžně sestavené v průběhu povodně. Tak tomu bylo u většiny stanic, pro kte-

ré můžeme považovat měrné křivky za relativně spolehlivé až do oblasti kapacity koryt, tedy než dochází k rozlivům. Průběh skutečného průtoku ve stanici přitom neslouží pouze k vyhodnocení předpovědi. Je vstupem do modelu, na jehož základě se optimalizuje výpočetní procedura, a proto je zřejmé, že nejistoty spojené s problémem měrných křivek se v konečném důsledku musely projevit i v kvalitě hydrologických předpovědí. V následujícím obr. 9 v barevné příloze byl modelem obdobně počítán přítok do nádrže Orlická pro různé varianty předpovídání srážek. Zde je hydrogram „skutečného“ přítoku zatížen ještě větší nejistotou než u měrných profilů. Příčinou je (kromě nedostatečných měrných křivek) obtížně zjistitelná míra vlivu vzduť Orlická, jehož hladina dosahovala až ke klíčovým vodoměrným stanicím Otava-Písek a Lužnice-Bechyně a také poměrně velké mezipovodí mezi měřnými profily a hrází nádrže (13 % celkové plochy), ze kterého odtéká do přehrady nekontrolované množství vody. V barevné příloze jsou dále obdobné obrázky variantních předpovědí počítané modelem AquaLog pro stanice Bílá Hora na Berounce (obr. 10, barevná příloha), Klatovy na Úhlavě (obr. 11, barevná příloha, České Budějovice na Vltavě (obr. 12, barevná příloha) a Písek na Otavě (obr. 13, barevná příloha).

Velikost průtoků ve Vltavě v Praze je jednoznačně závislá na velikosti odtokového množství z posledního stupně vltavské kaskády, z VD Vrané a na průtoku Berounkou. Za normální odtokové situace je předpověď bezproblémová. V období mimořádných průtoků byla doba předstihu pro předpověď také úměrná včasností informací od vodohospodářského dispečinku Povodí Vltavy, s.p. o předpokládaném odtoku z Vraného a předpovědi pro Berounku, počítanou na pobočce ČHMÚ v Plzni. Na obr. 1 a 2 je znázorněn vývoj předpovědi zpracovaných systémem AquaLog, na obrázku 2 jsme uvažovali odtok z Vraného roven maximálnímu přítoku do VD Orlická. Odhadovaná kulminace v Praze proběhla 14. srpna ve 12 hodin při ca 5 300 m<sup>3</sup>/s. Přehled modelových předpovědí v průběhu srpna pro dolní Labe v Ústí nad Labem je znázorněn na obr. 3. Maximální průtoky předběžně odhadnuté pro Labe představují v Mělníku 5 300 m<sup>3</sup>/s (15. 8. mezi 13. a 16. hodinou) a pro Ústí nad Labem 5 100 m<sup>3</sup>/s (16. 8. mezi 14. a 17. hodinou). Předpovědi, které se za povodně vícekrát denně zpracovávaly, byly k dispozici pro vodohospodářské dispečinky v grafické a tabelární podobě, nejen pro větší toky, ale i pro menší povodí, postižené srážkami.

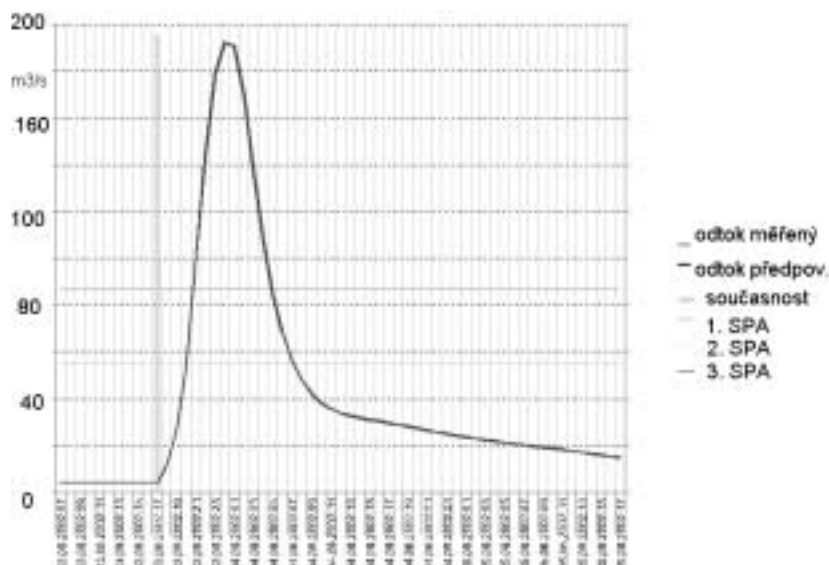
Obr. 3 Předpovědi průtoků počítané během srpna modelem AquaLog pro Labe v Ústí nad Labem.

Fig. 3. Course of forecasts for the Elbe river in Usti nad Labem according to model AquaLog during August.



Příkladem je (obr. 4) horní profil Jizery – Jablonec nad Jizerou, s plochou povodí 181 km<sup>2</sup>, významné srážky, které se v povodí 13. a 14. 8. vyskytly přesáhly 200 mm. Kulminace v Jablonci nad Jizerou proběhla 13. 8. ve 23 hodin při hodnotě cca 160–200 m<sup>3</sup>/s, což odpovídalo 5–10letému průtoku, zasažená plocha byla relativně malá a předchozí nasycení srážkami bylo nízké.

Účelem článku není poukazovat na úspěchy či neúspěchy jednotlivých předpovědních pracovišť, ale na reálné výsledky modelu v podmínkách extrémní povodně, které byly pomůckou při vydávání předpovědí. V regionálních prognózních pracovištích na pobočkách se předpověďmi zabývají nejvýše dva lidé, kteří v nepřetržitém provozu kromě toho musejí bezpodmínečně zastávat za povodňové situace i jiné úkoly, související se sběrem dat, vydáváním upozornění a výstrah, psaní zpráv pro krizové štáby, podávat informace o aktuální situaci apod. V té době vzniká tlak na maximální snížení prodlevy mezi časem posledních měřených dat a vydanou předpovědí, a z toho vyplývající nutnost počítat model ve stresu a bez dostatečného času na doladění počátečních podmínek. Větší byla i náročnost na přípravu a zpracování vstupních dat (např. průtoky mimo rozsah měrných křivek), při výpadku měřicích stanic bylo nutno improvizovat. Obvykle se počítalo více verzí předpovědí



Obr. 4. Příklad grafického výstupu předpovědi pro vodohospodářské dispečinky podniků povodí – předpověď pro Jizeru v Jablonci nad Jizerou.

Fig. 4. An example of graphical output forecast for the Jizera river in Jablonec for purposes of River basin corporations, s.c.

s ohledem na rozptýl srážkových předpovědí. Celkové zhodnocení hydrologických předpovědí bude součástí projektu „Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002“, kde úspěšnost bude moci být podrobně analyzována a konfrontována s průběhem průtoků.

Lektor ing. J. Kubát, rukopis odevzdán v říjnu 2002.

Michal Vrabec – Pavel Neruda – Petr Lett – Pavel Kopeček (ČHMÚ)

## HODNOCENÍ HYDROLOGICKÝCH POVODŇOVÝCH PŘEDPOVĚDÍ V SRPNU 2002 V ČESKÉ REPUBLICĚ

**Assessment of hydrological forecasts during the flood event in August 2002 in the Czech Republic.** This year's August flood situation has made exceptional demands on the work of forecasters especially at three regional offices and central forecasting office in Prague because of its extent and at quite a few places also extreme return period of discharges reached exceeding 100 years. Even though forecasters have encountered a series of hitherto unrecognized difficulties (e.g. conditions for construction of calculations were lacking in acceptable accuracy of input information) issued forecasts and specialized estimates were of high quality and accuracy with only minor exceptions. Therefore they could become a good basis for flood control measures. In future it will be necessary to minimize vulnerability of key gauging stations and ensure reliable data transmission in such extreme conditions which occurred during this flood event. This all would lead to the improvement of forecasts quality.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** povodeň – stupně povodňové aktivity – chyba předpovědi – předstih předpovědi

### ÚVOD

Hydrologická předpovědní služba ČHMÚ jako součást hlásné předpovědní povodňové služby prošla v průběhu letošního srpna významnou zatěžkávací zkouškou. Mimořádné nároky představovala především pro Centrální předpovědní pracoviště (CPP) v Praze a tři regionální předpovědní pracoviště (RPP), v jejichž teritoriu byla povodí zasažená extrémní srážkovou situací, která způsobila adekvátně výjimečnou

povodeň. Prvním bylo z hlediska vývoje srážkoodtokové situace RPP jihočeské v Českých Budějovicích, dále RPP západočeské v Plzni, a RPP v Brně, které zabezpečovalo předpovědi a výstražnou činnost pro postižené oblasti povodí Dyje.

Vývoj povodňové situace byl poměrně rychlý a její mimořádnost nebyla předpovídaným vývojem příčinné srážkové situace předem avizována s žádoucím časovým předstihem. V případě druhé povodňové vlny bylo opakování vydatných

srážek signalizováno dříve, avšak za cenu větší nejistoty kritického množství srážek zejména pro již povodní postižené oblasti jižních a jihozápadních Čech. Z toho také vycházely variantní hydrologické předpovědi či spíše odhady odezvy nasycených povodí. Pro tyto trendy se celkem úspěšně využilo na Berounce i na Vltavě hydrologických předpovědních modelů, které se staly významnou pomůckou prognóz pro klíčové profily zejména s delším časovým předstihem.

Při porovnání s podobnou extrémní povodní z roku 1997, která postihla především moravské toky a po níž byly zúčastněny zkušenosti kromě jiného i v oblasti prognózy, lze konstatovat, že díky realizaci opatření ke zlepšení předpovědní povodňové služby byly k dispozici lepší informace z pozorovacích sítí i jejich zpracování a propracovanější návaznost na hydrologické modely na jedné straně a také širší možnosti uplatnění standardních i mimořádných informačních výstupů určených jak jednotlivým složkám systému povodňové ochrany, tak i pro všeobecnou informovanost veřejnosti. Určitou nevýhodou, která oslabila účinek těchto zlepšení, byla zejména extremita povodňového jevu v pozdější fázi povodně, jež vedla k četným citelným ztrátám v informační síti, tak i problémy s potřebnou přesností měření základních veličin, což přímo a podstatně ovlivňovalo i úspěšnost hydrologických předpovědí.

Tato povodňová situace byla i první významnější prozkoumání funkce nedávno revidovaného systému hlášené povodňové služby (viz Odborné pokyny pro hlášenou povodňovou službu, ČHMÚ 1999), která ze strany předpovědních pracovišť fungovala dobře, ale nesplnila očekávaným způsobem svou informační funkci pro hydroprognózu při výpadku standardních měření. Za celé období povodně bylo zaznamenáno doplňkové či náhradní hlášení jen v ojedinělých případech.

## **PŘEDPOVĚDI V POVODÍ HORNÍ VLTAVY A BEROUNKY**

V průběhu povodně byly kromě standardní termínové prognózy přítoku do VD Orlík předpovídány vodní stavy, průtoky, překročení limitů stupně povodňové aktivity (SPA), kulminace či tendence pohybu hladin i v řadě dalších vodoměrných profilů na tocích Černé, Blanice, Malše, Otavy, Volyňky, Lužnice i horní Vltavy nad Lipnem či nad Českými Budějovicemi. Z hlediska řízení odtoku z nádrží vltavské kaskády a pozitivního ovlivnění průběhu průtoků na dolní Vltavě byly nejdůležitější právě předpovědi přítoku do Orlické přehrady. Jejich úspěšnost lze posoudit na obr. 15 v barevné příloze. Zde je patrné, že předpovědi, které měly šestihodinový předstih, byly úspěšnější v průběhu první, menší povodňové vlny a na počátku vzestupu vlny druhé. Tehdy jejich přesnost dosahovala 95 až 85 % a výrazněji podceněna byla pouze rychlost vzestupu na samém počátku povodně (pouze 32% úspěšnost). S velkými obtížemi se však prognóza setkala při strmém nástupu druhé průtokové vlny a v období kulminace, kdy kalkulace postrádala 90 procent běžných vstupních informací a navíc byl odborný odhad velikosti kulminálního průtoků (24% chyba) poznamenán pracovním stresem při evakuaci prognózního pracoviště v Českých Budějovicích do náhradních prostorů. Podobně tomu bylo i v sestupné fázi vlny, kdy výchozí profily byly ve vzdutí hladiny Orlíku a průtok byl proto i při správném trendu poklesu mírně nadhodnocen. Chyby se pohybovaly od 2,5 do 11 %. Standardní přesnosti průtokové předpovědi opět dosáhly až na úrovni ca desetileté vody. Za relativně úspěšný lze považovat i první odhad kulminace, který téměř s dvoudenním předsti-

hem vyšel z variantní předpovědi srážek ještě před nástupem druhé povodňové vlny a zejména časově velmi přesně určil dobu kulminace. Jeho význam spočíval především v tom, že signalizoval pravděpodobnost příchodu stoleté vody na dolní Vltavu.

Termínová předpověď průtoků pro stanici Beroun na Berounce měla 12hodinový předstih a v období povodňové situace v srpnu byla pravidelně vydávána až do 13. 8. (viz obr. 16 v barevné příloze). Většina předpovědí se v tomto období svou úspěšností pohybovala v případě vodních stavů s maximální chybou převážně do 10 %, ojediněle při maximální chybě do 15 %, přičemž převaha odchylek znamenala podceňující prognózu. U průtoků chyby většiny předpovědí dosahovaly rozmezí -16 až +15 %, výjimečně až kolem 30 %. Největší chyba byla zaznamenána 12. 8., kdy docházelo k velmi rychlým vzestupům hladin, proto byla předpověď během dne přehodnocena a opravena s výslednou odchylkou 23 %. Během 14. 8. předpověď vydána nebyla z důvodu evakuace pracoviště RPP v Plzni během odpoledních hodin předešlého dne. V dalších dnech, na sestupné větvi hydrogramu, předpověď ovlivnila nedostupnost dat z několika klíčových stanic na Berounce (Plzeň, Bílá Hora, Liblín) a Úslavě (Koterov). Proto se prováděl spíše odhad trendu poklesu. Veškeré předpovědi i odhady trendu byly pravidelně konzultovány s hydrologem na CPP jako bezprostředním uživatelem berounských předpovědí.

Kromě pravidelných předpovědí pro Beroun se v období povodně podle možnosti předpovídaly či odhadovaly vodní stavy, dosažení úrovní limitů SPA, tendence pohybu hladin a výskyt kulminací i v jiných profilech a ohrožených lokalitách na ostatních rozvodněných tocích v povodí Berounky podle potřeb povodňových orgánů i jiných uživatelů.

## **PŘEDPOVĚDI V POVODÍ DOLNÍ VLTAVY A LABE**

Základními vstupy pro předpovědi dolní Vltavy jsou odvozené a předpovídání průtoků na Berounce v Berouně a předpoklady odtoku z nádrží vltavské kaskády, tzn. z posledního stupně nad Prahou – Vraného nad Vltavou. Tyto výchozí údaje produkované pracovištěm pobočky ČHMÚ v Plzni a získávané z vodohospodářského dispečinku Povodí Vltavy v Praze, měly od počátku povodně až do 12. srpna dobrou přesnost, a proto i předpovědi pro Vltavu v Praze-Chuchli a následně pro Labe v Mělníce i Ústí nad Labem dostatečně přesně vystihovaly vývoj vodních stavů i průtoků v těchto profilech (viz obr. 16 v barevné příloze). Chyby předpovídaných vodních stavů v Praze se pohybovaly při šestihodinovém předstihu do  $\pm 4$  %, a průtoků do  $\pm 7$  %. Problematická situace však nastala v období nejstrmějších vzestupů a kulminací povodňových vln mezi 13. a 15. srpnem. V této době, kdy vodní stavy vystoupily nad úroveň kulminací první povodňové vlny, přicházely nejisté hodnoty z obou vstupů. Na jedné straně odhady průtoků z extrapolovaných měrných křivek z berounského profilu a na straně druhé přibližné odhady odtoků z vltavské kaskády. V této fázi povodně se přesnost předpovědi přechodně snížila a také zde se nutně pohybovaly na úrovni odborných odhadů. Přesto, že chyby průtoků dosáhly až 25 %, protože zpravidla očekávaly méně strmý vzestup než byl skutečný, předpovědi vodního stavu byly úspěšnější s chybou do 20 cm, tj. do 5 %. Kulminace byla odhadnuta poprvé ca s 16hodinovým předstihem, avšak o 85 cm níže než byla skutečná, podruhé 12 hodin předem s přibližně 30cm podceněním a posléze s ca 20cm přeceněním. Časově nastala

prokazatelná kulminace jen o pár hodin dříve, než se předpokládalo. Termínové předpovědi na poklesové větvi měly podobnou přesnost jako v první fázi povodně, tj. do 8 % chyby, přičemž řada doplňujících předpovědí s delším předstihem (9 až 27 hodin) předpokládala zpočátku rychlejší a později pozvolnější pokles, než byl průběh skutečný, a někdy proto přesáhla přípustnou odchylku a pohybovala se v intervalu 10 až 25 % chyby.

Podobný průběh úspěšnosti sledovaly i předpovědi na dolním úseku Labe v Mělníce a Ústí nad Labem (obr. 17, barevná příloha). Jejich celková přesnost se u většiny průtokových hodnot pohybovala v rozmezí do 10 až 15 % a v případě vodních stavů chyby většinou nepřevyšovaly 5 %. Vzhledem k tomu, že odtok ze středního Labe nad soutokem s Vltavou byl relativně nevelký (max. 1–2letá voda), byly mělnické předpovědi závislé především na přesnosti prognóz pro vltavské profily. Pro předpověď na Mělník navíc vypadla po 12. srpnu stanice Vraňany na dolní Vltavě, která byla zatopena a bez přístupu. Ve vrcholové fázi povodně byla zničena i samotná stanice na Labi v Mělníce a odečítání vodních stavů zde bylo prováděno na přenášených náhradních vodočtech. Relativně nejděle a patrně i nejpřesněji byly zaznamenávány vodní stavy na Labi v Ústí nad Labem, kde se náhradní odečty po zatopení měrného profilu uskutečnily až den před kulminací. Také zde se vyčíslování průtoků v obou zmíněných profilech potýkalo s problémem operativních extrapolací konsumpčních křivek, komplikovaných projevem rozsáhlých rozlivů za vysokých průtoků. Celkově lepší byly pravidelné termínové předpovědi ve 12hodinovém předstihu pro Mělník, než 24hodinové předpovědi pro Ústí nad Labem.

Poměrně nejméně přesné byly prognózy pro Ústí nad Labem na vzestupných částech obou povodňových vln, kde se předpovídal na rozdíl od skutečnosti rychlejší vzestup vodní hladiny. Vrcholová fáze vlny (i přes první ca 0,5 m nadnesený odhad kulminace s dvoudenním předstihem) a její poklesová část pak byly předpovídaný výrazně lépe, jen s malou nepřesností.

Během povodně byly v CPP kromě hodnocených standardních termínových předpovědí pro Vltavu a dolní Labe vypracovávány také další termínové prognózy stavů a průtoků pro Jizeru, střední Labe v Brandýsu nad Labem a nepravdělně podle požadavků i odborné odhady pro některé další přítoky (Litavka, Sázava) či postižená místa, včetně předpokladu doby a výšky kulminací, překročení limitů SPA a tendence pohybu hladin.

### **PŘEDPOVĚDI V POVODÍ HORNÍ DYJE**

Vzhledem ke skutečnosti, že srážkové předpovědi situovaly kritické úhrny především na horní povodí Dyje a radarové odrazivosti tuto předpověď následně potvrzovaly, byla nasměrována z brněnského regionu největší pozornost do povodí nad údolní nádrží Vranov. Zde byla nejdůležitější prognóza vývoje přítoku do nádrže pro možnou transformaci

povodňové vlny. Protože v oblasti není žádný profil s pravidelnou předpovědí, byly prognózy počítány na podkladu postupových dob odpovídajících si průtoků mezi stanicemi Janov – Raabs (Rakousko) – Podhradí nad Dyjí, při odhadu příspěvku přítoku z mezipovodí podle spadlých srážek. U druhé výraznější vlny bylo podle radarových odrazivosti zřejmé, že těžiště srážek bylo na rakouské části povodí, tj. pravostranném přítoku Dyje (Německá Dyje), avšak konkrétní hodnoty průtoků z této oblasti prakticky nebyly k dispozici. Údaje ze stanice Schwarzenau, až na malé výjimky chyběly, Raabs od jisté hladiny již neměl měrnou křivku a našimi prognostiky provedená extrapolace se vzhledem k rozlivům v profilu později ukázala jako málo přesná. Za této situace byla dobře předpovídaná tendence, ale problémem bylo stanovení konkrétních průtoků. Rovněž průtokové údaje z profilu Podhradí nad Dyjí (představující přítok do nádrže Vranov) byly nejisté, neboť stanice byla již od první vlny ve zpětném vzduť vranovské hladiny.

Přes všechny tyto obtíže však předpovědi posloužily jak vodohospodářskému dispečinku Povodí Moravy k řízení manipulací, tak i při rozhodování o protipovodňových zásadách především v Okresní povodňové komisi a Krizovém štábu Znojmo, což bylo později v kladném hodnocení potvrzeno kompetentními pracovníky OkÚ postižených okresů i KÚ jihomoravského kraje

### **ZÁVĚR**

Ačkoliv se prognostici při této povodni potýkali s mimořádnou situací, v níž extrémní odtoky v období druhé povodňové vlny dosahovaly dosud nepoznaných rozměrů a podmínky konstrukce výpočtů mnohde postrádaly přijatelnou přesnost měření vstupních veličin, byly pro standardní předpovědní profily jak jednotlivé předpovědi, tak i odborné odhady v období vrcholných fází průtoků relativně dobré, jak v určení termínu výskytu, tak i hodnoty předpovídané veličiny. Ani několik výjimek s chybou mimo přijatelné meze úspěšné předpovědi, jež byly v přímé souvislosti s absencí využitelných věrohodných vstupních údajů či kontrolních hodnot v měrných profilech zapříčiněných extremitou jevu, nemůže celkově snížit jejich užitnou hodnotu, která mohla být dobrým výchozím podkladem pro řadu protipovodňových opatření.

Základním předpokladem pro budoucí udržení a zlepšení spolehlivosti hydrologických předpovědí bude především nezbytné omezit na co nejmenší míru zranitelnost klíčových vodoměrných stanic a zabezpečit spolehlivý přenos dat i za podobně extrémních podmínek, jaké nastaly během letošního srpna. Tyto zájmy proto bude potřeba prosazovat jak při rekonstrukci poškozených či zničených měrných objektů, tak i při revizi stanic ostatních, a mimo to zajistit i odpovídající komunikační technologii nejen pro spolehlivý sběr dat z terénu, ale i pro automatickou distribuci povodňových informací.

*Lektor Ing. J. Kubát, rukopis odevzdán v listopadu 2002.*

## VLHKOST PŮDY NA ÚZEMÍ ČR V SRPNU 2002 V OBDOBÍ POVODŇOVÉ SITUACE

**Soil moisture on the territory of the Czech Republic in August 2002 in the period of the flood event.** An agrometeorological model AVISO operated by the ČHMÚ's regional office in Brno was used to an analysis of the water content in soil in the period of floods in August 2002. In an introductory part processing methodology of calculation of the water deficit in soil covered by grassland (eventually by any other crop) based on a simplified two-layer model of the water circulation in soil is described. The first part of the contribution deals with evaluation of simple balance between rainfall and potential evapotranspiration of grassland in the Czech Republic and so especially with the emphasis on the period preceding the flood situation. Data of 90 climatological stations in CR are processed. The focus of the contribution is an overall estimate of the state of soil moisture based on quantification of the amount of precipitation water in mm remaining to retention water capacity of soil and on percentage of soil moisture in available water capacity of soil. Soil conditions at 90 locations in CR are evaluated on the assumption of calculations for soils with available water capacity 120 mm/1m of the soil profile. The contribution is supplemented by tables and graphs of select climatological stations of regions struck by floods in August.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** vlhkost půdy – srážky atmosférické – evapotranspirace – model agrometeorologický – povodně – Česká republika

Analýza půdních vlhkostních poměrů na území ČR během srpna 2002 byla provedena pomocí agrometeorologického modelu AVISO, který je v operativním režimu pro 90 klimatologických stanic ČR a soubor zemědělských plodin (včetně standardních povrchů: holá půda, travní porost a volná vodní hladina) provozován brněnskou pobočkou ČHMÚ. Základem modelu je mimo jiné modifikovaný způsob výpočtu potenciální evapotranspirace metodou Penman-Monteith poskytující racionální a fyzikálně podložený způsob výpočtu výdeje vody z různých povrchů. Potenciální hodnoty jsou podkladem pro odvození hodnot aktuálních. I když uvádíme, že se jedná o výpočty, vzhledem k velmi složité problematice (interakce půda x rostlina x atmosféra), je nutno k některým výstupům modelu přistupovat jako ke kvalifikovanému odhadu.

K určení půdních vlhkostí nebylo bohužel možno použít měřených hodnot. V současné době síť snímačů objemové vlhkosti půdy typu VIRRIB (AMET Velké Bílovice) není v rámci ČR dobudována, navíc měřené údaje nebyly většinou doposud verifikovány.

### METODIKA ZPRACOVÁNÍ

V této části bude velmi stručně popsán způsob operativního vyhodnocování obsahu vody v půdě, který je použit v modelu AVISO. Uvedený model představuje jeden z možných přístupů k řešení dané hydrologické problematiky.

Jedním z finálních výstupů zmíněného modelu je průběžné hodnocení půdní vlhkosti vyjádřené v relativních a kvantitativních jednotkách. Jedná se o půdní vláhový deficit, tzn. množství půdní vláhvy vyjádřené v % využitelné vodní kapacity dané půdy nebo v mm chybějících do retenční kapacity dané půdy. Využitelná vodní kapacita půdy přitom představuje rozdíl mezi retenční vodní kapacitou a bodem vadnutí této půdy. V zemědělské praxi se používá pro stanovení a bilancování ta část půdní vody, kterou dostaneme jako rozdíl momentální vlhkosti půdy a jejím bodem vadnutí. Pro hydrologické účely se naopak používá rozdíl retenční vodní kapacity a momentální vlhkosti půdy, který charakterizuje, kolik mm vody půdní profil je schopen zadržet.

Výpočty se provádějí průběžně v denním intervalu pro soubor 90 klimatologických stanic ČR, soubor zemědělských

plodin včetně standardních povrchů a pro tři typy půd rozlišených podle jejich základní pedologické charakteristiky (využitelná vodní kapacita půdy 70 mm, 120 mm a 170 mm na 1 m půdního profilu). Nevýhodou tohoto přístupu je nikoliv plošné, ale bodové hodnocení, kdy do všech výpočtů vstupují základní data z jednotlivých klimatologických stanic. Pro účely zhodnocení obsahu půdní vláhvy během srpna 2002 jsme se omezili na analýzu obsahu vody v půdě pokryté standardním travním porostem.

Vedle základních klimatických prvků (průměrná denní teplota vzduchu ve °C, průměrný denní tlak vodní páry v hPa, denní úhrn slunečního svitu v hodinách, průměrná denní rychlost větru v m.s<sup>-1</sup> a denní úhrn srážek v mm) jsou na vstupu základní fenologické údaje (den setí a den sklizně plodiny, další fenologické (den vzcházení plodiny, den maximálního, tj. plného zápoje plodiny) a další fyto-metrické (výška a efektivní výška plodiny, index plochy listoví, hloubka kořenové zóny plodiny) charakteristiky se určují, resp. lineárně mění na základě klimatických podmínek s dominujícím postavením teplotních poměrů daného místa. Bilancování půdní vlhkosti probíhá do hloubky aktivního prokořenění: za předpokladu standardního travního porostu se předpokládalo bilancování do hloubky 1 m. V zimním období, kdy ještě nedochází ke vzcházení a tím k růstu plodiny, vývoj probíhá podle holé půdy. V jarním období po vzcházení dochází k postupnému modelovému růstu všech fenologických charakteristik.

Model AVISO používá pro výpočet vláhového deficitu plodiny zjednodušený dvouvrstevný model pohybu vody v půdě s jejím konstantním čerpáním v celém aktivním profilu, kterým se rozumí profil aktivního prokořenění. Základním předpokladem je skutečnost, že dostupná voda se drží ve dvou zásobnících označených X a Y, které v každém okamžiku obsahují zásobu x [mm] a y [mm] půdní vláhvy. Oba zásobníky jsou vzájemně od sebe odděleny bodem snížené dostupnosti. Všechna voda x [mm] v prvním, tj. svrchním zásobníku X je volně dostupná (je čerpána bez limitování půdními podmínkami), zatímco voda y [mm] v druhém, tj. spodním zásobníku Y, se se snižováním množství y [mm] čerpá stále obtížněji (výdej vody je omezován a evapotranspirace klesá pod svoji potenciální hodnotu). Celková (tj. maximální) zásoba dostupné vody je ze 40 % obsažena ve svrchním zásobní-

Tab. 1 Bilance srážek a potenciální evapotranspirace (PEVA) a vybraných klimatologických (interových) stanicích ČR.

Table 1. Precipitation balance and potential evapotranspiration at select climatological (INTER) stations in CR.

Klimatologická (interová) stanice	Bilance srážek a PEVA			
	VII.	22.7.-5.8.	1.8.-5.8.	VIII.

**Jihomoravská oblast:**

636	Kostelní Myslová	-8,5	-18,9	-2,6	154,6
660	Vatín	-34,9	-14,0	8,4	74,8
685	Nedvězí	50,8	10,5	7,3	39,6
687	Velké Meziříčí	-42,5	-14,7	-1,5	104,8
693	Dukovany	-41,6	3,1	16,7	45,1
696	Dyjákovice	-48,9	-14,2	14,1	52,3
698	Kuchařovice	-33,1	15,8	2,8	19,2
716	Protivanov	-57,0	34,2	63,9	126,4
721	Brno - Žabovřesky	-59,6	-6,5	17,3	0,5
723	Brno - Tuřany, letiště	-74,3	-40,0	-8,8	-6,9
725	Velké Pavlovice	-69,8	-21,9	7,4	42,7
729	Brod nad Dyjí	-27,5	-22,9	2,4	61,8
751	Kroměříž	-16,1	-33,5	-9,1	-18,8
754	Staré Město u Uh.Hrad.	-10,4	-39,7	-13,2	-19,4
755	Strážnice	-24,9	-41,9	-14,4	-15,7
774	Holešov, letiště	-39,9	-37,4	-10,5	-16,5
777	Vizovice	3,7	-33,1	-10,1	19,2
779	Strání	73,0	-32,6	-12,7	26,8
780	Štítina nad Vlčí	-1,6	-37,3	-15,0	44,3

**Severomoravská oblast:**

701	Javorník	-25,7	-28,5	-11,8	72,3
705	Šumperk - Temenice	-31,9	-13,9	-0,3	15,4
710	Luká	-61,1	69,8	100,7	137,1
713	Jevíčko	2,8	86,9	67,4	75,4
731	Jeseník	-10,2	-8,4	5,3	106,3
734	Dlouhé Stráně	-11,7	-11,5	10,0	34,9
736	Světlá Hora - Světlá	-40,0	-12,5	9,8	38,2
742	Olomouc	-62,4	-40,1	-3,1	12,1
763	Opava - Otice	-7,1	-39,6	-8,8	-30,0
765	Bělotín - Lučice	-49,4	-31,6	1,4	-11,2
766	Červená u Libavé	-39,6	-21,7	10,5	21,8
769	Valašské Meziříčí	-1,1	-5,2	13,9	28,7
782	Mošnov - letiště Ostrava	-40,5	-27,7	7,0	-5,4
784	Lučina - Žermanice	32,8	-17,2	0,6	14,9
787	Lysá hora	37,2	2,6	14,6	240,3
788	Vsetín	18,3	-24,7	-5,9	58,1
790	Ostrava - Poruba	-23,8	-41,4	-6,5	83,7

**Středočeská oblast:**

474	Lány	-53,7	-39,8	-9,6	44,5
518	Praha - Ruzyně, letiště	-3,4	-18,8	7,5	36,0
520	Praha - Libuš	31,0	24,2	40,8	113,8
522	Neumětely	-6,9	-22,9	-10,6	102,6
526	Sedlčany	98,1	10,8	24,6	177,5
561	Semčice	-5,1	-4,5	20,0	26,4
572	Ondřejov	111,2	12,6	35,3	187,8

Klimatologická (interová) stanice	Bilance srážek a PEVA			
	VII.	22.7.-5.8.	1.8.-5.8.	VIII.

**Severočeská oblast:**

433	Most - Kopyty	38,7	-16,4	8,4	40,8
438	Tušimice - Kadaň	-39,7	-36,0	-7,0	38,1
461	Teplice	-1,8	3,4	25,3	124,5
464	Milešovka	-26,6	-31,5	-1,6	37,7
465	Smolnice	-47,8	-27,7	-5,5	18,0
468	Žatec	-7,2	-22,3	2,3	82,9
502	Ústí nad Labem - Kočkov	-4,5	-27,3	5,0	24,1
509	Doksany	0,0	-8,7	10,0	12,4
551	Varnsdorf	-10,8	6,1	25,1	53,6
558	Doksy	22,0	50,9	53,0	52,0
603	Liberec	0,6	23,1	29,7	145,2
605	Desná - Souš	31,5	22,1	32,3	204,1

**Západočeská oblast:**

406	Cheb	-36,7	-26,1	-1,8	63,5
413	Mariánské Lázně, vodárna	-5,4	3,6	16,2	101,1
414	Karlovy Vary, letiště	-54,5	-15,9	0,2	65,2
419	Konstantinovy Lázně	-12,4	-6,0	9,0	20,5
423	Přímda	-16,7	-10,2	9,0	106,6
442	Kralovice	-33,3	-27,0	-5,8	77,3
446	Plzeň - Bolevec	-28,5	-16,0	-4,0	198,1
451	Staňkov	1,6	-7,9	4,6	162,5
455	Klatovy	1,7	-6,9	4,1	238,9

**Jihočeská oblast:**

457	Churáňov	19,2	-15,9	-1,3	324,2
487	Kocelovice	46,8	-13,0	-3,9	126,3
497	Husinec	72,1	27,7	43,7	268,3
528	Nadějkov - Větrov	38,1	-8,5	2,2	160,2
532	Vráž	50,1	-19,0	-5,0	183,2
538	Temelín	37,7	-0,4	22,3	218,9
546	České Budějovice	11,4	13,2	28,1	335,6
547	Černá v Pošumaví	-2,4	0,7	12,5	325,1
549	Vyšší Brod	-3,2	-5,3	14,0	334,3
582	Tábor - Náchod	25,2	47,8	55,6	178,8
593	Nové Hrady - Byňov	-21,4	-1,1	6,7	269,0
628	Košetice GEMS	-37,6	5,2	27,3	108,8
635	Jindřichův Hradec	-25,2	-6,3	-5,7	148,1

**Východočeská oblast:**

615	Milčevceves	-13,2	0,0	26,9	41,1
619	Přelouč	-15,2	13,8	32,1	62,6
620	Seč	-20,2	7,5	31,1	128,1
643	Pec pod Sněžkou	28,2	-15,7	-6,7	115,5
649	Hradec Králové	-55,6	4,5	35,5	56,2
659	Příbryslav	-9,1	18,2	37,8	125,8
671	Broumov	5,9	-9,0	9,6	102,1
674	Deštné v Orlických horách	-6,6	3,8	22,6	137,3
675	Úpice - hvězdárna	-13,6	-1,7	10,5	51,9
678	Velichovky	-28,6	10,4	27,8	73,4
679	Ústí nad Orlicí	-32,1	22,4	32,2	65,3
680	Rychnov nad Kněžnou	44,6	0,2	1,8	64,6
683	Svratouch	-15,8	-14,3	3,9	117,1

Klimatologická (interová) stanice	5.8.	8.8.	10.8.	13.8.	5.8.	8.8.	10.8.	13.8.
	% VVK				do RVK zbývá mm			

**Jihomoravská oblast:**

636	Kostelní Myslová	13	61	56	100	105	47	53	0
660	Vatín	30	30	35	100	84	84	78	0
685	Nedvězí	92	93	90	100	10	8	12	0
687	Velké Meziříčí	24	38	36	100	91	74	77	0
693	Dukovany	28	32	27	92	86	82	88	10
696	Dyjákovice	13	34	29	55	105	79	85	54
698	Kuchařovice	33	60	54	90	80	48	55	12
716	Protivanov	74	74	71	100	31	31	35	0
721	Brno - Žabovřesky	19	24	18	48	97	91	98	62
723	Brno - Tuřany, letiště	1	2	1	46	119	118	119	65
725	Velké Pavlovice	11	24	19	64	107	91	97	43
729	Brod nad Dyjí	31	61	56	100	83	47	53	0
751	Kroměříž	18	13	9	44	98	104	109	67
754	Staré Město u Uherského Hradiště	20	16	12	40	96	101	106	72
755	Strážnice	0	2	1	33	120	118	119	80
774	Holešov, letiště	2	1	0	41	118	119	120	71
777	Vizovice	36	33	28	61	77	81	86	47
779	Strání	72	75	73	100	34	30	33	0
780	Štítina nad Vlčí	53	49	46	98	57	61	65	3

**Severomoravská oblast:**

701	Javorník	25	22	19	75	90	94	97	30
705	Šumperk - Temenice	61	57	62	98	47	52	46	3
710	Luká	87	86	81	100	16	17	23	0
713	Jevíčko	93	95	91	100	8	6	11	0
731	Jeseník	71	68	68	100	35	38	38	0
734	Dlouhé Stráně	82	77	80	100	22	28	24	0
736	Světlá Hora - Světlá	60	55	58	98	48	54	51	3
742	Olomouc	2	1	2	40	118	119	118	72
763	Opava - Otice	29	22	21	46	85	94	95	65
765	Bělouh - Lučice	53	48	44	81	56	62	67	23
766	Červená u Libavé	54	50	53	86	55	60	56	17
769	Valašské Meziříčí	92	91	88	100	10	11	15	0
782	Mošnov - letiště Ostrava	50	46	43	68	60	65	69	38
784	Lučina - Žermanice	83	78	89	100	20	27	13	0
787	Lysá hora	97	95	100	100	4	6	0	0
788	Vsetín	78	77	74	100	26	28	31	0
790	Ostrava - Poruba	41	33	40	72	71	81	72	34

**Středočeská oblast:**

474	Lány	3	15	9	88	117	102	109	15
518	Praha - Ruzyně, letiště	39	41	36	100	73	71	77	0
520	Praha - Libuš	98	98	93	100	3	2	8	0
522	Neumětely	69	100	96	100	37	0	5	0
526	Sedlčany	98	99	96	100	3	1	5	0
561	Semčice	27	24	18	48	88	91	98	62
572	Ondřejov	98	98	94	100	3	2	7	0

**Severočeská oblast:**

433	Most - Kopisty	68	73	70	100	38	32	36	0
438	Tušimice - Kadaň	1	8	4	78	119	110	115	27
461	Teplice	88	96	93	100	14	5	8	0
464	Milešovka	21	20	17	88	95	96	100	14
465	Smolnice	34	34	29	80	79	79	85	24
468	Žatec	20	21	15	91	96	95	102	11
502	Ústí nad Labem - Kočkov	43	44	39	97	69	67	73	4
509	Doksany	41	41	35	89	71	71	78	13
551	Varnsdorf	67	68	63	100	40	39	44	0
558	Doksy	99	98	93	100	1	2	8	0
603	Liberec	59	79	75	100	49	25	30	0
605	Desná - Souš	100	97	98	100	0	4	2	0



Klimatologická (interová) stanice	5.8.	8.8.	10.8.	13.8.	5.8.	8.8.	10.8.	13.8.
	% VVK				do RVK zbývá mm			

#### Západočeská oblast:

406	Cheb	9	40	42	78	109	72	70	27
413	Mariánské Lázně, vodárna	96	98	95	99	5	2	6	1
414	Karlovy Vary, letiště	13	38	34	87	105	75	79	16
419	Konstantinovy Lázně	83	92	89	98	21	10	13	2
423	Přimda	61	87	87	99	47	16	16	1
442	Kralovice	41	63	59	99	71	45	49	1
446	Plzeň - Bolevec	58	100	97	99	50	0	4	1
451	Staňkov	92	100	100	99	10	0	0	1
455	Klatovy	89	99	100	100	13	1	0	0

#### Jihočeská oblast:

457	Churáňov	85	100	97	99	18	0	4	1
487	Kocelovice	64	100	96	98	43	0	5	2
497	Husinec	98	100	96	99	3	0	5	1
528	Nadějkov - Větrov	87	99	94	100	16	1	7	0
532	Vráž	79	99	95	99	25	1	6	1
538	Temelín	57	99	95	99	52	1	6	1
546	České Budějovice	97	100	97	98	4	0	4	2
547	Černá v Pošumaví	52	100	97	99	58	0	4	1
549	Vyšší Brod	89	100	97	98	13	0	4	2
582	Tábor - Náchod	98	99	95	100	3	1	6	0
593	Nové Hrady - Byňov	79	99	94	100	25	1	7	0
628	Košetice GEMS	26	42	44	100	89	70	67	0
635	Jindřichův Hradec	7	63	58	100	112	45	50	0

#### Východočeská oblast:

615	Milíčeves	44	42	37	55	67	70	76	54
619	Přelouč	35	30	24	78	78	84	91	27
620	Seč	47	42	37	100	64	70	76	0
643	Pec pod Sněžkou	83	79	82	100	21	25	22	0
649	Hradec Králové	31	25	18	75	83	90	98	30
659	Přibyslav	61	59	54	100	47	49	55	0
671	Broumov	80	75	93	100	24	30	8	0
674	Deštné v Orlických horách	69	63	68	100	37	44	38	0
675	Úpice - hvězdárna	52	47	46	70	58	64	65	36
678	Velichovky	29	25	23	58	85	90	92	51
679	Ústí nad Orlicí	41	35	43	90	71	78	68	12
680	Rychnov nad Kněžnou	96	90	87	100	5	12	16	0
683	Svratouch	44	41	38	100	67	71	75	0

Tab. 2 Průběh vlhkostních poměrů v půdě pokryté travním porostem při využitelné vodní kapacitě půdy VVK = 120 mm na 1 m půdního horizontu na vybraných klimatologických (interových) stanicích v ČR (RVK = retenční vodní kapacita).

Table 2. The course of moisture conditions in soil covered by grassland at available water capacity of soil – VVK = 120 mm/1 m of the soil profile at select climatological (INTER) stations in CR (RKV = retention water capacity).

ku X, z 60 % ve spodním zásobníku Y (kvantitativní maximální množství vody je v obou zásobnících určeno využitelnou vodní kapacitou půdy, která je nastavena na hodnoty 70 mm, 120 mm a 170 mm na 1 m půdního profilu). Voda se čerpá z půdy až do okamžiku úplného vyčerpání zásoby x [mm] svrchního zásobníku X. Po jeho odčerpání začíná odčerpávání množství y [mm] spodního zásobníku Y. Logicky se předpokládá, že srážky nejdříve doplňují zásobu x [mm] svrchního zásobníku X, zásoba y [mm] spodního zásobníku Y se obnovuje až když je zásobník X plně dosycen srážkovou vodou. Na základě množství půdní vody v obou zásobnících, resp. na poměru množství x [mm] a y [mm] v obou zásobnících, se určuje povrchový odpor plodiny, jehož správné defi-

nování je rozhodující pro uspokojivé výsledky určení deficitu půdní vláhy. Model rozlišuje husté plodiny s plným zápojem, které úplně nebo téměř úplně zachycují dopadající sluneční radiaci (povrchový odpor zůstává konstantní za předpokladu čerpání prvních 40 % z dostupné půdní vody, naopak výrazně vzrůstá, jestliže je všechna dostupná voda vyčerpána), od plodin zejména v období časného růstu s neúplným zápojem, kdy je třeba počítat i s příspěvkem evaporace z půdy mezi rostlinami.

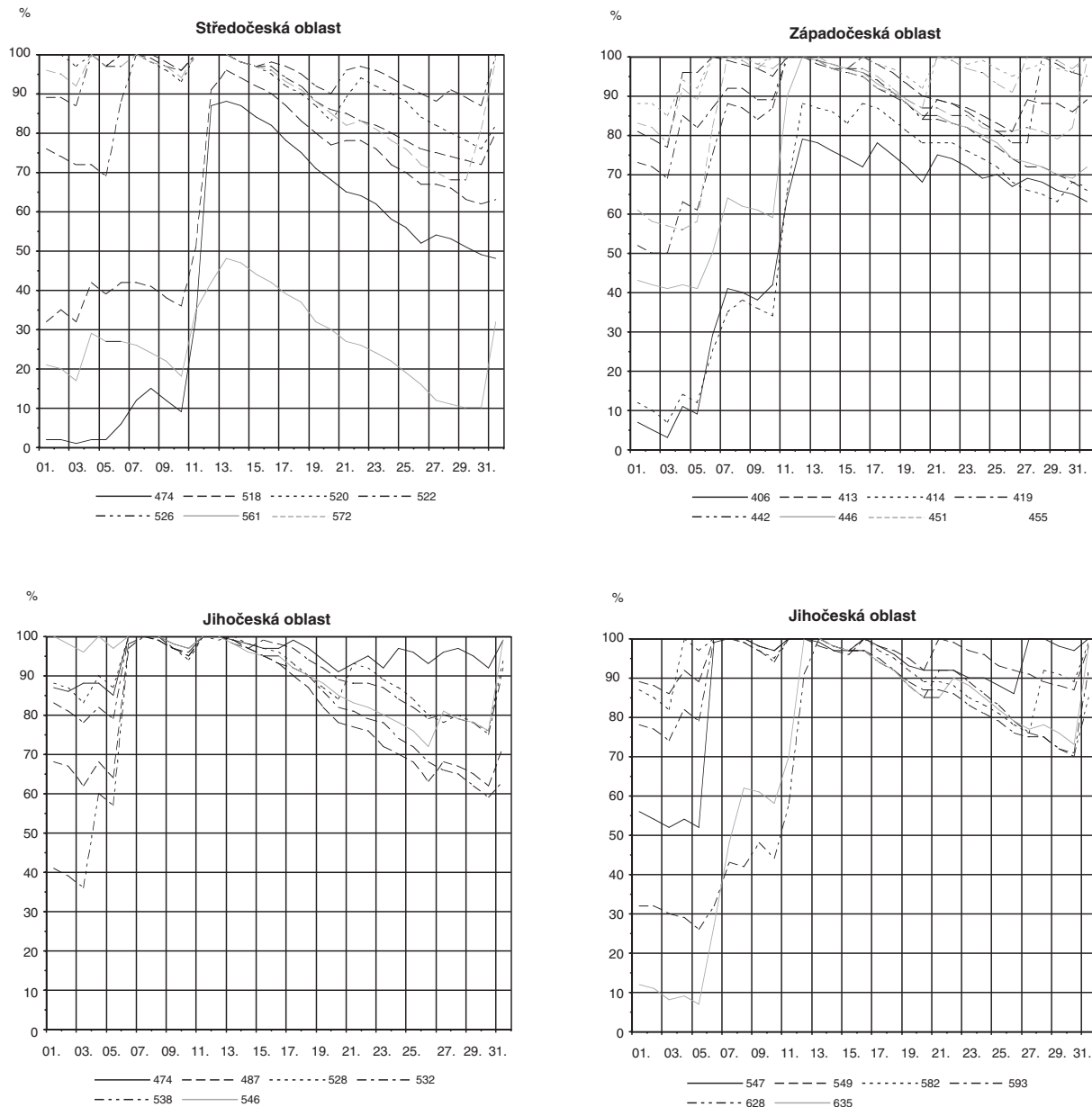
Pro bilanci půdní vláhy jsou tedy důležité dvě složky: základní význam mají denní úhrny srážek a vypočítané denní úhrny evapotranspirace (evaporace za předpokladu holé půdy), přičemž v další analýze se bere v úvahu jejich vzá-

jemný rozdíl. V případě výparu se vždy jedná o aktuální, nikoliv potenciální hodnoty evapotranspirace (evaporace): aktuální hodnoty v modelu AVISO se neurčují přenásobením příslušných potenciálních hodnot, jak tomu je u většiny jiných modelů, ale počítají se na základě časových a prostorových změn všech důležitých charakteristik vstupujících do výpočetního schématu modelu.

Když se rozdíl mezi srážkami a evapotranspirací (evaporací) přičte k deficitu půdní vláhly z minulého dne, získá se současný deficit půdní vláhly, resp. deficit půdní vláhly aktuálního dne. O srážkách se předpokládá, že velmi rychle naplní nejdříve zásobník X a potom zásobník Y. V případě, že oba

zásobníky jsou maximálně naplněny, půda je nasycena na polní vodní kapacitu. Všechna přebytečná srážková voda se potom považuje za „hydrologicky účinné (efektivní) srážky“. Na tomto místě je nutno zdůraznit, že model je koncipován především pro analýzu nedostatku půdní vláhly. Pro jednoduchost se v jednotlivých dnech neuvažuje s podpovrchovým (hypodermickým) ani podzemním odtokem.

V úvodu příspěvku byl velmi stručně popsán způsob výpočtu vláhového deficitu plodin. Vzhledem k omezenému rozsahu tohoto příspěvku zdaleka nelze na tomto místě analyzovat celou řadu dalších specifik a algoritmů modelu AVISO.



Obr. 1 Vlhkost půdy [% využitelné vodní kapacity] za předpokladu VVK = 120 mm/1 m půdního profilu na vybraných klimatologických stanicích Čech v průběhu srpna 2002.

Fig. 1. Soil moisture [% of available water capacity] on the assumption that VVK = 120 mm/1 m of the soil profile at select climatological stations in Bohemia in the course of August 2002.

## ZHODNOCENÍ

Pro analýzu půdní vlhkosti v období vysokých srážkových úhrnů (na území Čech především dny 6. 8. a 7. 8., 11. 8. a 12. 8.) je vhodné nejprve rámcově zhodnotit vláhové podmínky v předcházejících dnech, tzn. zjistit, v jakém stavu byl půdní profil před výskytem povodní.

Za tímto účelem byla zpracována tab. 1, obsahující jednoduchou bilanci mezi srážkami a potenciální evapotranspirací travního porostu (zkratka PEVA) za různě dlouhá období předcházející povodňové situaci: červenec jako celek, 15 a 5 dní před nástupem první vlny srážek dne 6. 8. (22. 7.–5. 8. a 1. 8.–5. 8.) a informativně i srpen jako celek. Zde je nutno připomenout, že se nejedná o hydrologickou bilanci (srážky  $\times$  výpar  $\times$  odtok), ale pouze o bilanci prvních dvou členů bilančního schématu (srážky  $\times$  výpar). Bilanční rovnice by musela mít jednak příslušné matematické operandy, jednak i svou druhou stranu, tj. půdní vlhkost. Model počítá jen s dostatečně zakleslou hladinou podpovrchové vody, nikoli však se stavem, kdy dojde k propojení její hladiny s gravitační vodou v půdním profilu. Tab. 1 má pouze informativní charakter: jednotným způsobem a na relativní úrovni je klasifikována celá oblast ČR. Je nutno zdůraznit, že je brána v úvahu potenciální, nikoliv aktuální evapotranspirace (v případě aktuálních hodnot evapotranspirace by údaje v tab. 1 byly vyšší), navíc výsledky jsou silně schematizovány skutečností, že se uvažuje travní porost, nikoliv reálný pokryv půdy.

Zpracování proběhlo pro soubor 90 klimatologických stanic s denním zpravidajstvím INTER. Stanice, kde jsou výrazné kladné hodnoty (převaha srážek nad evapotranspirací travního porostu), lze předběžně hodnotit jako stanice s nadlepšenými vláhovými poměry v půdě (vlhkost půdy většinou nad 60 % až 80 % využitelné vodní kapacity, resp. vlhkost půdy v extrémních případech se může blížit stavu nasycení). V těchto oblastech následné výraznější srážky mohou způsobit povodňové stavy. Z uvedených období má pro vlhkostní poměry v půdě patrně největší význam 15denní (22. 7.–5. 8.) a hlavně kratší 5denní období ve dnech 1. 8.–5. 8. V této pentádě se výrazné kladné rozdíly mezi srážkami a potenciální evapotranspirací travního porostu vyskytovaly na vybraných místech Čech ve středočeské (Praha-Libuš, Ondřejov), severočeské (Doksy, Liberec, Desná), jihočeské (Husinec, České Budějovice, Tábor, Košetice) a východočeské oblasti (Přelouč, Seč, Hradec Králové, Příbram, Velichovky a Ústí nad Orlicí); z míst, která následně nebyla zasažena povodněmi také oblast Protivanova, Luká a Jevíčka na Moravě. V nejextrémnějších případech rozdíl srážek a potenciální evapotranspirace travního porostu přesáhl 50 mm (Luká 100,7 mm, Protivanov 63,9 mm, Tábor 55,6 mm, Doksy 53,0 mm).

V řadě případů stav půdní vlhkosti ovlivnily srážkové úhrny z předcházejícího delšího časového období. Za zmínku stojí též porovnání obou měsíců července a srpna: pro srpen prakticky na celém území ČR byla charakteristická výrazná převaha srážek nad potenciální evapotranspirací. Srpnový rozdíl obou charakteristik vyšší než 200 mm byl zaznamenán na řadě míst jihočeské oblasti.

Podrobnější analýza je zpracována v tab. 2. K vybraným datům pro půdu s využitelnou vodní kapacitou 120 mm je uvedeno množství půdní vláhy v mm zbývající do retenční vodní kapacity půdy a % zastoupení půdní vláhy na využitelné vodní kapacitě. Jednotným způsobem byly vyhodnoceny vlhkostní poměry půdy na 90 klimatologických (interových) stanicích ČR, a to k datům:

- k 5. 8. situace před první vlnou srážek (6. 8.–7. 8.),
- k 8. 8. situace po vydatných přivalových deštích zvláště v jižních Čechách,
- k 10. 8. situace před druhou vlnou vydatných trvalých srážek (11. 8.–12. 8.) zvláště v oblastech Šumavy, Krušných hor a Brd,
- k 13. 8. situace po druhé vlně srážek.

Vezmeme-li v úvahu oblasti nejvíce zasažené povodněmi (jižní, západní a střední Čechy), obsah vody v půdě již k 5. 8. na mnoha místech plošně dosahoval 75 % a více z využitelné vodní kapacity. Tento stav byl v okolí Staňkova a Klatov (západočeská oblast), na řadě míst jihočeské oblasti, kde se místy blížil i stavu nasycení (více než 90 % využitelné vodní kapacity půdy), a ve středočeské oblasti (Praha-Libuš, Sedlčany, Ondřejov). Hlavní příčinou byly předcházející srážky.

Na obr. 1 jsou porovnány půdní vlhkosti vybraných klimatologických stanic v oblasti středních, západních a jižních Čech za předpokladu půd s využitelnou vodní kapacitou 120 mm.

## ZÁVĚR

Charakteristickým rysem období od 6. 8. do 13. 8. byl pro celé území ČR výrazný nárůst obsahu vody v půdě vyjádřený v mm chybějících do retenční vodní kapacity nebo v % využitelné vodní kapacity. Již v průběhu tohoto týdne se % využitelné vodní kapacity dostává na 95 až 100 %. V praxi to znamená, že půda již nemá retenční schopnost a přebytek srážek se může projevit ve formě především povrchového odtoku. Tato situace nastala prakticky nejen na všech stanicích jihočeské a západočeské oblasti, ale i na dalších stanicích ČR. Jak bylo uvedeno výše, 100% vlhkost půdy se nemusela přímo projevit odtokem, ale pouze výrazným podmáčením půdy. Výsledky jsou dokumentovány v tab. 2 a na obrázku.

*Lektor Ing. I. Kott, rukopis odevzdán v listopadu 2002.*