

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

Meteorological Bulletin

ROČNÍK 50 (1997)

V PRAZE DNE 31. PROSINCE 1997

ČÍSLO 6

KATASTROFÁLNÍ POVODEŇ V ČESKÉ REPUBLICE V ČERVENCI 1997

Červencová povodeň v roce 1997 byla výjimečnou událostí, která v českých zemích nebyla v tomto století zaznamenána. Dokumentují to i obrovské materiální škody odhadované na šedesát miliard korun a 50 lidských obětí. Proto je velmi důležité vysvětlení vzniku této povodně nejen z pohledu hydrologů, ale i na základě meteorologických a klimatologických znalostí. Povodeň ve svých mnohostranných důsledcích zasáhla nejen obyvatelstvo v postižených oblastech, ale také důkladně prověřila systém povodňové ochrany ČR a odhalila některé jeho nedostatky, zejména v součinnosti organizací a institucí z různých rezortů.

Je třeba co nejdůkladněji posoudit všechny příčiny, které k červencové povodni vedly, aproti inicioval Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) spolu s redakční radou vydání tematického čísla časopisu Meteorologické zprávy, které poměrně rychle, a přitom v dostatečně šíři, problematiku červencové povodně 1997 obsáhne. Této tematice však bude věnována pozornost i v dalších číslech našeho časopisu v příštím roce. ČHMÚ také vydal sborník ze semináře k stoletému výročí extrémních atmosférických srážek konaného 1. a 2. října 1997, jehož programovou součástí byla i problematika povodně v roce 1997 nazíraná v historickém kontextu.

Červencová povodeň znamenala zatěžkávací zkoušku předpovědní a varovné služby ČHMÚ. Tato služba má za úkol předpovědět možnost vzniku povodně a dále co nejpřesněji předpovědět její průběh. V rámci systému povodňové ochrany ČR ČHMÚ varuje řadu institucí a organizací (civilní ochrana, podniky povodí, jednotlivé povodňové komise, hasiči atd.) a prostřednictvím relací ve sdělovacích prostředcích i obyvatelstvo příslušných oblastí.

Pro splnění úkolů předpovědní a varovné služby v červenci 1997 využil ČHMÚ všechny možnosti, které poskytuje organizační struktura ústavu zejména v součinnosti regionálních předpovědních pracovišť s centrem a ve spolupráci v obou navazujících druzích předpovědí — meteorologické a hydrologické. Poprvé v tak velkém rozsahu a v tak kritické situaci byly využity všechny moderní prostředky, jako numerické modely počasí pro předpověď srážek, satelitní obrazové informace, radiolokační informace ze dvou českých radarů a údaje

DISASTROUS FLOOD IN THE CZECH REPUBLIC, JULY 1997

The July 1997 flood was an extreme event, unprecedented in the Czech Lands in this century. This is also borne out by the massive damage to property, estimated at CZK 60 billion, and the 50 human lives lost. It is therefore very important to explain the emergence of this flood not only from the hydrologist's perspective but also based on meteorological and climatological knowledge. The flood's multifold consequences have afflicted the population in the areas it hit; it also put the Czech system of flood control to a thorough test, uncovering some of its shortcomings, particularly in respect of the co-operation between organisations and institutions of various sectors.

An in-depth assessment of all the causes conducive to the July flood is required, and the Czech Hydrometeorological Institute (CHMI), together with the editorial board, therefore initiated this monothematic edition of Meteorological Bulletin, to embrace the whole issue of the July 1997 floods relatively quickly, and yet to an adequate extent. Nevertheless, this topic will continue to receive considerable attention also in the forthcoming 1998 editions of our periodical. On the occasion of the 100th anniversary of extreme atmospheric precipitation, CHMI has also published Proceedings of a seminar held on 1 and 2 October 1997; part of the seminar's agenda was also the 1997 flood viewed in its historical context.

The July flood proved to be an 'acid test' for CHMI's forecasting and warning service. This service is responsible for producing forecasts of potential floods, and for predicting their courses as accurately as possible. Within the Czech Republic's flood control system CHMI issues warnings to a number of institutions and organisations (civil defence, companies in charge of river basin administration, individual flood control commissions, fire brigades etc.), as well as, through media broadcasts, to citizens in the respective areas.

To carry out the forecasting and warning service tasks in July 1997, CHMI used all the options and facilities provided by its organisational structure, particularly in terms of the co-operation between regional and the central forecasting offices as well as interaction between the two interlinked types of forecast—meteorological and hydrological. For the first time ever were all of the state-of-the-art facilities, such as numerical weather models for precipitation forecasting; satellite imaging; information from the two Czech radar stations; and data from

z meteorologických a hydrologických pozorovacích sítí. Velkým přínosem byly zejména předpovědi množství a prostorového rozložení srážek z regionálního numerického modelu počasí ALADIN (počítaného v současné době pro země střední Evropy ve spolupráci s Francií v Toulouse) a kvalitní informace z nového dopplerovského radiolokátoru na Moravě.

Povodeň 97 však ukázala i důležitost spolehlivých přenosů velkého množství dat a obrazových informací mezi pracovišti ústavu po celé ČR. Lze říci, že komunikační a počítačové sítě ČHMÚ využívající systém Internet/Intranet touto zatěžkávací zkouškou úspěšně prošly a potvrdily, že investice do těchto systémů včetně jejich zálohování nebyly zbytečné.

Současně upozorňuji i na mezinárodní aspekty červencové katastrofy, zejména na nezbytnost mezinárodní výměny dat a informací v kritických situacích, především mezi hydrometeorologickými službami postižených zemí — ČR, Polska a Německa. Na základě zkušeností z roku 1997 bude tento systém vzájemné výměny v dalších letech dále vylepšován.

Doufám, že toto číslo Meteorologických zpráv, přinášející první ucelenou analýzu příčin, průběhu a důsledků červencové povodně, přispěje k poučení nejen nás, ale i budoucí generace meteorologů a hydrologů. Využít vám této příležitosti k poděkování všem, a to nejen pracovníkům ČHMÚ včetně dobrovolných pozorovatelů, ale i pracovníkům z jiných institucí, kteří svými znalostmi a zejména obrovským nasazením v kritických chvílích pomohli ke snížení následků katastrofální červencové povodně v roce 1997.

*Ing. Ivan Obrusník, DrSc.
ředitel ČHMÚ*

meteorological and hydrological observation networks deployed so extensively and in so critical a situation. Extremely useful were especially the precipitation amount and spatial distribution forecasts generated by the ALADIN regional numerical weather model (currently run for central European countries in co-operation with France at Toulouse), and high-quality information received from a new Doppler radar installation in Moravia.

However, the 1997 flood also indicated the importance of operating reliable transmission of large quantities of numerical data and graphic information between the Institute's offices throughout the country. CHMI's communication and computer networks which use the Internet/intranet systems have gone through this performance test with flying colours, validating in full all the investments made into these systems, including their back-up facilities.

The international aspects of the July catastrophe should also be noted, mainly the need for international data and information exchange in critical situations, particularly between the hydrometeorological services of the countries affected—the Czech Republic, Poland and Germany. Reflecting the 1997 experience, this system of exchanges will be further improved in the years to come.

I am hopeful that this Meteorological Bulletin edition, which offers the very first comprehensive analysis of the causes, development and consequences of the July flood, will prove to be instructive for the present as well as future generations of meteorologists and hydrologists. I sincerely thank all those—not only CHMI staff, including volunteer observers, or staff members of other institutions—who in the most crucial moments applied their expertise and, above all, their great commitment in helping to alleviate the impacts caused by the disastrous July flood in 1997.

*Ivan Obrusník
Director, CHMI*

Jan Kubát — Marián Wolek (ČHMÚ)

551.509.324

ČINNOST ČESKÉHO HYDROMETEOROLOGICKÉHO ÚSTAVU ZA POVODŇOVÝCH SITUACÍ V ČERVENCI 1997

Czech Hydrometeorological Institute's activity during the July 1997 floods. The paper describes CHMI's activities during the most severe natural disaster that has occurred on the territory of the Czech Republic in this century. By law, CHMI, in co-operation with administrators of the water streams that are important in water management terms, operates a Flood Forecasting Service which is obligated to inform the relevant flood-control authorities (Central Flood-control Commission, etc.). Both meteorological and hydrological services are operated by CHMI; the Institute was therefore able to provide, through the media, comprehensive information on the emergence, course and expected development of the flood to governmental authorities, specialised institutions as well as the general public. The experience gained from the July 1997 floods, and also some smaller earlier floods indicates a need to improve both the warning service system as well as preparedness at the level of flood-control authorities. With a view to address this issue, CHMI intends to restructure and expand its meteorological and hydrological operating services. The objective is to develop an all-round operating system in which up-to-date hydrological models will be linked to meteorological data and which will help to provide comprehensive hydrometeorological information and forecasts to the users.

KLÍČOVÁ SLOVA: Extrémy atmosférických srážek — povodeň — ČHMÚ — předpověď meteorologická — předpověď hydrologická — služba povodňová předpovědní

Skutečnost, že v Českém hydrometeorologickém ústavu jsou soustředěna odborná pracoviště meteorologické i hydro-

logické služby, sehrála stěžejní úlohu v tom, že ústav mohl poskytovat státním orgánům, odborným institucím i veřejnos-

ti ucelené informace o nebezpečí vzniku povodní v červenci 1997, jejich průběhu i dalším vývoji.

Silné konvekční srážky, které zasáhly Českou republiku již 30. 6. 1997, částečně zvýšily „ostrážitost“ meteorologické předpovědní služby. Pro veřejnost bylo vyhlášeno první upozornění na vydatnější srážky vpátek 4. 7. 1997 v rámci běžné předpovědi počasí. V odpoledních hodinách pak hydrolog ve službě po konzultaci s meteorology rozeslal písemné upozornění standardnímu okruhu příjemců centrálně vydávaných povodňových informací, tj. Hlavnímu úřadu Civilní ochrany ČR, po vodňové službě MŽP ČR, operačnímu středisku Hasičského záchranného sboru MV ČR, vodohospodářským dispečinkům Povodí, a. s., které informačně zajišťují povodňové komise ucelených povodí, Státní meliorační správě jako správci zemědělských vodních toků a dalším organizacím a pobočkám ČHMÚ. Zároveň byla vyhlášena povodňová pohotovost pobočkám ústavu a prověřována dosažitelnost odpovědných pracovníků na pobočkách během nastávajícího víkendu. Pobočky v zasažených oblastech vydaly tentýž den vlastní upozornění nebo výstrahy na nebezpečné srážky, adresované především regionálním úřadům CO a okresním úřadům.

V zájmu objektivit je nutno konstatovat, že páteční upozornění ČHMÚ rozhodně nesignalizovalo takovou katastrofu, jaká se v následujících dnech a týdnech udála. Jednalo se o standardní upozornění, které vydává ČHMÚ několikrát do roka amá obvykle za následek místní povodně na menších tocích v jádru spadlých srážek. V průběhu soboty 5. 7. však bylo toto upozornění upřesněno tím, že se očekávají výraznější vzestupy hladin toků a dosažení stupňů povodňové aktivity. Zároveň byl vyhlášen „Hydrostart“, určující povinnost měření srážek na profesionálních stanicích v hodinových intervalech. V neděli 6. 7., po vyhodnocení už spadlých srážek, průtoků v hlásných vodoměrných profilech na tocích a předpovědi srážek na další dva dny, bylo vydáno další upozornění na očekávané vydatné srážky na Moravě, ve Slezsku a ve východních Čechách, na další výrazné vzestupy hladin toků a další vyhlášení 2. a 3. stupně povodňové aktivity (pohotovost a ohrožení). Odpoledne po 17. hodině se odpovědní pracovníci ČHMÚ telefonicky spojili s generálními řediteli Povodí Moravy, a.s. a Povodí Odry, a.s., kteří jsou zároveň předsedy povodňových komisí ucelených povodí, a po vysvětlení hydrometeorologické situace jim doporučili aktivizovat tyto komise. Regionální pracoviště poboček tentýž den vydala telefonická varování okresním povodňovým komisím, se kterými se podařilo navázat spojení, a pobočka ČHMÚ v Ostravě dala rovněž výstrahu do Polska podle platných dohod na hraničních tocích. Na hydrologických předpovědních pracovištích poboček v Ostravě a Brně byla od neděle zavedena nepřetržitá služba, na pobočce v Hradci Králové a na centrálním hydrologickém předpovědním pracovišti v Praze byla nepřetržitá služba od pondělí 7. 7. Meteorologické předpovědní pracoviště v Praze, které má nepřetržitý provoz stále, připravovalo podle požadavků hydroprognózy hodnocení a předpověď srážek i mimo pravidelné termíny, především po získání výstupů z předpovědního modelu ALADIN.

Vedení ČHMÚ ustanovilo již 6. 7. 1997 „Ústavní krizový štáb“, který řídil jednotlivé činnosti ústavu v čase povodní. Předsedou štábu byl ředitel ústavu a jeho členy náměstek pro meteorologii a klimatologii, náměstek pro hydrologii a vedoucí výpočetních a telekomunikačních služeb. Krizový štáb

se scházel dvakrát denně a hodnotil stav a předpokládaný vývoj meteorologické a hydrologické situace. Na základě přijatých mimořádných opatření byl zajištěn pravidelný sběr dat z hlásných vodoměrných stanic po šesti hodinách, v některých případech však byly stanice poškozeny, zničeny nebo byly vzhledem k rozlivům nepřístupné. Předností automatických stanic byl dálkový sběr údajů, pokud ovšem fungovalo telefonní spojení. Jako doplňkové informace kvalitativního charakteru byly využívány snímky z radiolokátoru.

Úsek meteorologie a klimatologie uvedl koncem dubna t. r. do provozu některé internetovské stránky. V průběhu povodně byly zveřejňovány na Internetu (www.chmi.cz) i informace, které za normální situace nejsou běžně přístupné. Jedná se především o výsledky z prognózního modelu ALADIN, úhrny srážek naměřené pomocí radarů apod. Z příložené tabulky je zřejmé, jak v průběhu povodně vzrostl počet uživatelů domovských stránek ČHMÚ. Celkem si informace z různých počítačů vyžádalo 2476 zájemců.

Tab. 1 Počet žádostí o informace z internetovské adresy www.chmi.cz v roce 1997.

Table 1. Number of requests for informations from the www.chmi.cz internet address in the year 1997.

Povodí \ Období	27.-31. 7. 1997	1.-4. 9. 1990
Label po Mělník	118,3	63,1
Vltava po Mělník	127,4	108,7
Label po Děčín	118,7	85,1

Celkově bylo přeneseno 232 108 stránek, nejvyšší zátěž byla v období 15.–22. 7. 1997.

Na základě uvedených informací, charakterizujících aktuální stav, ameteorologických předpovědí včetně kvantitativní předpovědi srážek, byly několikrát denně sestavovány informační zprávy pro povodňové orgány. Pražské předpovědní pracoviště rozesílalo faxové zprávy zhruba dvaceti hlavním adresátům, včetně krizového štábu v Olomouci, v průběhu povodně se však počet zájemců stále rozšiřoval, až se stal stav pro plynulou distribuci zpráv neúnosný, obzvláště při zahlcených telefonních sítích. Přesto, že distribuce zpráv byla později rozdělena mezi dvě pracoviště, trvalo minimálně dvě hodiny, než byla zpráva doručena na všechna telefonní čísla. Předpovědní pracoviště poboček ČHMÚ, která informovala regionální a okresní povodňové orgány, byla v přímém kontaktu s vodohospodářskými dispečinkami Povodí a v daných možnostech poskytovala informace dalším zájemcům, sdělovacím prostředkům a veřejnosti.

Uspokojování informačních požadavků veřejných sdělovacích prostředků, zejména televize, rozhlasu a řady novin a časopisů, se ukázalo být velkým problémem, který postupně s nárůstem povodňových škod gradoval. Pracovníci ČHMÚ ve službě na předpovědních pracovištích byli zatěžováni takovým množstvím dotazů, žádostí o rozhovory a účastí v televizních reportážích, že je to až neúnosnou měrou odvádělo od plnění hlavního úkolu. K informování veřejnosti i sdělovacích prostředků zřídil krizový štáb dočasně samostatnou službu v oddělené místnosti se dvěma vyčleněnými telefonními linkami. Horší bylo, že čas od času se v některých

sdělovacích prostředcích objevovaly nepravdivé nebo zkreslené zprávy, které nepocházely z ústavu a mohly způsobit neadekvátní reakce až paniku mezi obyvatelstvem. Příkladem může být zpráva z večerního vysílání televize NOVA ve čtvrtku 10. 7., že „povodňová vlna se valí po Labi na středoevropská města a v Kolíně praskají nábrežní zdi“. Pro množství telefonických dotazů v průběhu noci musel ČHMÚ vydat druhý den prohlášení, ve kterém vysvětloval aktuální hydrologickou situaci na Labi a upozorňoval na negativní důsledky nepodložených alarmujících zpráv. Oficiální informace o meteorologické a hydrologické situaci, autorizované ústavem, byly předávány České tiskové kanceláří a veřejněprávním sdělovacím prostředkům — České televizi a Českému rozhlasu.

Je třeba zdůraznit, že v období povodně byla extrémně zvýšena psychická zátěž pracovníků předpovědních služeb; meteorologové a hydrologové neposkytovali totiž informace jenom odborným orgánům, ale předpověď počasí sledovali všichni občané a zejména citlivě reagovali na předpovědi, upozornění a výstrahy obyvatelé postižených oblastí. Ačkoliv meteorologové a hydrologové nebyli bezprostředně ohroženi, brali ve vypočetných pracovních podmínkách na sebe morální odpovědnost za škody a životy lidí v zaplavených územích. Tyto pocity pak pracovníci předpovědních služeb mají i v případě tzv. „planého varování“, kterému se nelze vždy vyhnout. V dané souvislosti zvažoval krizový štáb, zda zveřejnit prognózu silných srážek ve dnech 10.–11. 7. podle modelů. Výstraha nebyla zveřejněna, protože na základě analýzy se ukázalo, že předpovědní modely v předchozích dnech srážky nadhodnocovaly. Skutečnost správnost tohoto rozhodnutí potvrdila. Naproti tomu meteorologická předpověď prostřednictvím médií včas upozornila na příchod druhé vlny srážek v termínu od 18. 7. 1997.

Červencové povodně mimořádně aktivizovaly i mezinárodní spolupráci. Vzhledem k tomu, že povodně výrazně zasáhly i Polsko, byl mimo standardně předávaná hlášení na hraničních tocích vývoj hydrometeorologické situace konzul-

ován dvakrát denně s polskou službou. Pomoc telefonicky nabídl také ředitel německé meteorologické služby. Tradičně dobrá spolupráce byla i se Slovenským hydrometeorologickým ústavem.

V článku popisujícím činnost Českého hydrometeorologického ústavu v průběhu největší živelní pohromy tohoto století se nemůžeme vyhnout otázce, jak ústav splnil svoji funkci odborné služby pro státní správu. Při seriózním hodnocení je nutné vycházet z rozdělení činnosti a zodpovědností, které je zakotveno v zákonu č. 458/92 Sb. o státní správě ve vodním hospodářství a v navazujících předpisech. Předpovědní služba, kterou zabezpečuje ze zákona ČHMÚ ve spolupráci se správci vodohospodářsky významných toků (Povodí, a.s.), informuje zejména povodňové orgány, tj. Ústřední povodňovou komisi ČR, povodňové komise ucelených povodí a okresní povodňové komise. Hlásná povodňová služba, kterou mají organizovat a zajišťovat především okresy a obce, varuje obyvatelstvo a majitele nemovitostí podél vodních toků, současně s prováděnými opatřeními podle povodňových plánů. Předpovědní a hlásná povodňová služba byla předmětem i odborné kritiky, zejména vzhledem k finálnímu efektu promítajícímu se ve varování jednotlivých postižených obcí a jejich obyvatel.

Zkušenosti z povodní v červenci 1997 i z menších povodní v předchozích letech ukazují, že bude nutné zdokonalit systém varovné služby a zlepšit přípravu na úrovni povodňových orgánů. ČHMÚ hodlá k řešení těchto problémů přebudovat a rozšířit činnosti meteorologické a hydrologické operativní služby. Cílem je vybudování komplexního předpovědního systému, v němž na meteorologické údaje budou navazovat moderní hydrologické modely a uživatelům budou poskytovány komplexní hydrometeorologické informace a předpovědi.

Lektor RNDr. K. Krška, CSc., rukopis odevzdán v říjnu 1997.

Jan Pavlík — Marjan Sandev (ČHMÚ)

551.577.37:551.515.1

SYNOPTICKÉ HODNOCENÍ POVĚTRNOSTNÍCH SITUACÍ V PRŮBĚHU POVODNĚ V ČERVENCI 1997

Synoptic assessment of weather situations during the July 1997 floods. In July 1997, two synoptic situations accompanied by extremely intensive rainfall occurred over central Europe, and resulted in extensive floods over the eastern half of the Czech Republic. The first situation lasted from 4 to 9 July, the second one from 17 to 21 July. The floods that occurred during and after the first period of rain were particularly dangerous, and their extent was the largest in the 20th century. Comparing the two situations, the processes of atmospheric circulation were similar, particularly during the mature stage of the weather systems.

KLÍČOVÁ SLOVA: Extrémy atmosférických srážek— povodeň— situace po větrnostní— situace synoptická— cirkulace atmosférická — vyhodnocení.

PRVNÍ POVODŇOVÁ VLNA OD 4. DO 9. ČERVENCE

Úvod

Sledováním synoptických situací, které přinášejí vydatné srážky, zjistili J. Habersberger a J. Štekl [1], že pro střední Evropu mají základní význam klasické dráhy V_b (podle Köppe-

na, van Bebbera, Rikačova a Weickmanna). Tato třída byla rozdělena dále do tří skupin, přičemž dělicím kritériem je poloha středu řídicí tlakové výše nad evropským kontinentem.

Dráha V_b , po které se pohybují tlakové níže nejčastěji na jaře a v létě, je jedna z větví dráhy V_a táhnoucí se z Biskajského do Janovského zálivu v severozápadním Středomoří. V některých případech uzavřené jádro tlakové níže vzniká

teprve v oblasti severozápadního Středomoří a odsud postupuje k severnímu Jadranu, kde se dráha rozděluje na dráhy V_b , V_c a V_d (obr. 1).

Použité materiály

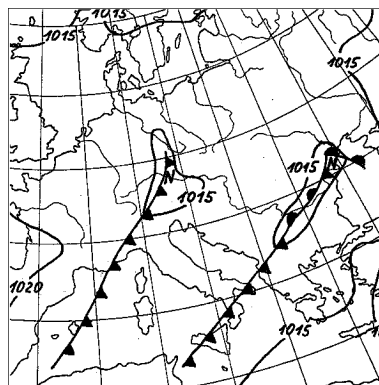
Pro synoptické vyhodnocení extrémní srážkové bilance za období od 4 do 9. července tohoto roku byly použity mapy AT v hladině 500hPa AT a teplota v hladině 850hPa po 12 hodinách a mapy přízemního tlakového pole v termínech 00, 06, 12 a 18UTC pro oblast Atlantik-Evropa (1:15000000). Dále údaje z výstupu ze stanice Praha-Libuš ve stejných termínech a data z přízemních pozorování z profesionálních synoptických stanic na území České republiky po hodině. Pro sledování pohybu oblačných a srážkových útvarů byly použity i radarové a družicové snímky.

Vývoj synoptické situace

Začátek měsíce byl ve znamení uzavřené tlakové níže se středem nad Britským souostrovím s postupným přesunem osy brázdy do oblasti západně od Pyrenejského poloostrova. Střední Evropa byla pod vlivem zvlhčené studené fronty postupující z jihozápadu pozvolna k severovýchodu. Nad Běloruskem a západním Ruskem se udržovala tlaková výše. Dne 4. 7. postupovala přes Německo a východní Francii zvolna k východu studená fronta. Osa brázdy v hladině 500hPa se táhla přes Britský poloostrov, Biskajský záliv a západně od Madridu. (obr. 2). Střední Evropa ležela v nevýrazném tlakovém poli. Nad Atlantským oceánem dominovala Azorská tlaková výše. Studená fronta začala k ránu ovlivňovat i počasí u nás. Během dopoledne přešla studená fronta přes západní Čechy a v poledních hodinách byla těsně před Prahou (obr. 3 a 4). Dle výstupu ze stanice Marseille (východní Francie) byla teplota v hladině 850hPa 8°C, jihozápadní vítr 5m/s (obr. 5).

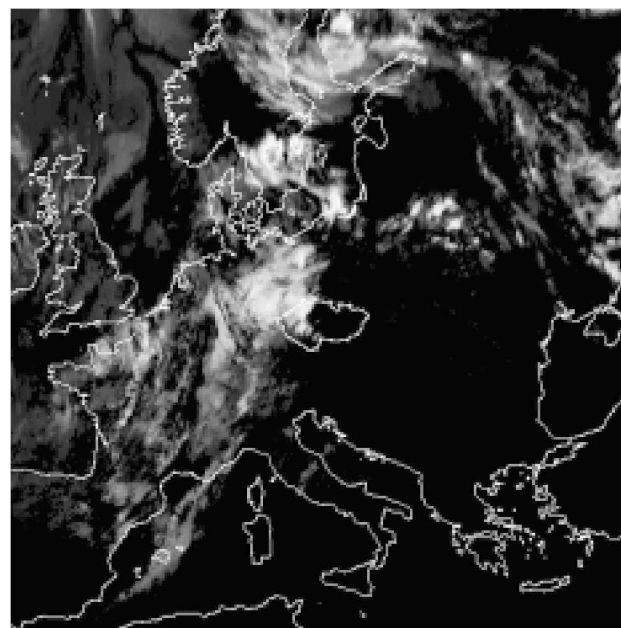
Během odpoledne postupovala fronta dál k východu, přes Ostravu přecházela po 18h UTC a do půlnoci opustila naše území. Přejít fronty byl provázen na celém území četnými boufkami místy s lijáky (Plzeň 32mm, Ostrava-Mošnov 31 mm srážek).

Nad Alpami se její postup začal zpomalovat a studený vzduch se „rhonskými dveřmi“ (po toku řeky Rhony) dostal do severozápadního Středomoří. V 00UTC 5. 7. naměřila stanice Marseille teplotu v 850hPa 6°C a severozápadní vítr 10m/s. S tím byl pravděpodobně nastartován mechanismus,



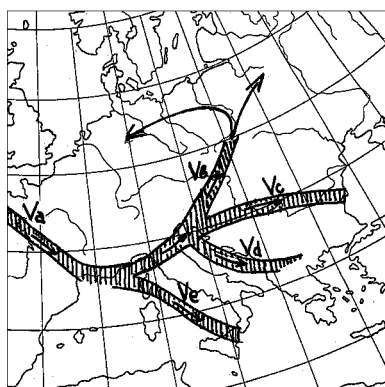
Obr. 3 Přízemní mapa ze 4. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 3. Surface chart, 4 July 1997, 12 UTC.



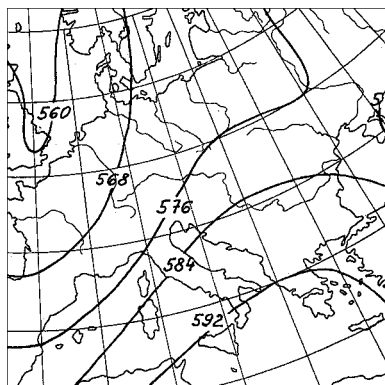
Obr. 4 Infračervený snímek družice Meteosat ze 4. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 4. A Meteosat infrared picture, 4 July 1997, 12 UTC.



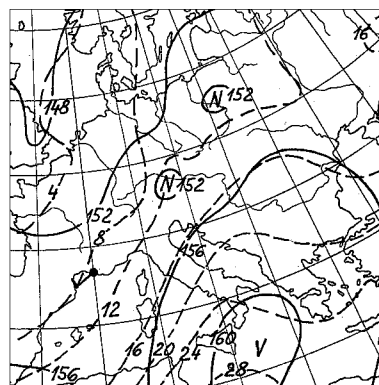
Obr. 1 Dráhy tlakových níží V_a , V_b , V_c , V_d a V_e podle Köppena, van Bebbera, Rikačeva a Weickmanna.

Fig. 1. Cyclone paths V_a , V_b , V_c , V_d and V_e according to Köppen, van Bebber, Weickmann et. al.



Obr. 2 Mapa hladiny 500 hPa ze 4. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 2. Chart of the 500hPa level on 4 July 1997, 12 UTC.



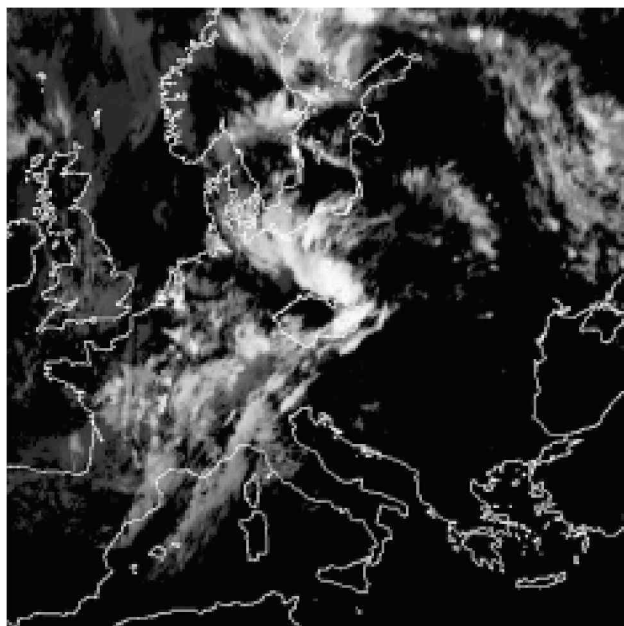
Obr. 5 Mapa hladiny 850hPa ze 4. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 5. Chart of the 850hPa level, 4 July 1997, 12 UTC.

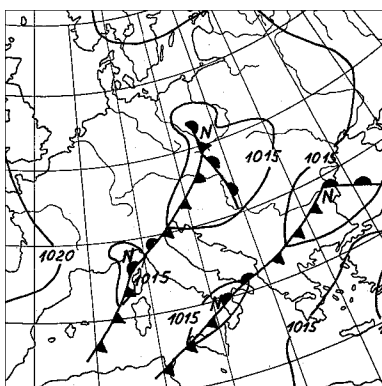
kteří později přinesl mimořádné množství srážek na východě našeho území.

V oblasti Janovského zálivu se studená fronta začala vlnit a v průběhu odpoledne 4. 7. se zde vytvořila samostatná tlaková níže (1015hPa) (obr. 6 a 7), která do půlnoci postoupila nad Lombardskou nížinu. Cyklogeneze v západním středomoří byla popsána mnoha autory, zvláště v rámci alpské meteorologie a je jedním z faktorů, který výrazně ovlivňuje počasí ve východní a jihovýchodní Evropě.

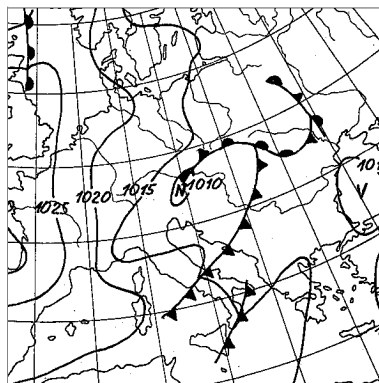
Během dopoledne 5. 7. se tlaková níže při svém postupu k severovýchodu ještě více prohloubila a frontální vlna rychle okludovala (obr 8). Osa výškové brázd se dostala do Středozemního moře a v hladině 850hPa se vytvořila samostatná tlaková níže (pod 148hPa) (obr. 9 a 10). Přes Alpy proudil studený vzduch k jihu a kolem zmíněné tlakové níže do severní Itálie teplý vzduch od jihu. V oblasti frontálního rozhraní začalo silně pršet. Souvislé srážkové pásmo se postupně rozšířilo přes celé Rakousko a do větší části České republiky (obr. 11). Do půlnoci 6. 7. postoupil střed prohlubující se přízemní tlakové níže velice rychle až nad Ukrajinu. Oblast vysokého tlaku se pozvolna přesunula z Azorských ostrovů k severovýchodu a v tuto dobu byl její střed jihozápadně od Irských ostrovů. Do západních Čech se rozšířila od západu oblast vyššího tlaku vzduchu. Srážky se vyskytovaly v úzkém pásmu nad jižním Rakouskem, Moravou a Slezskem, nad jiho-



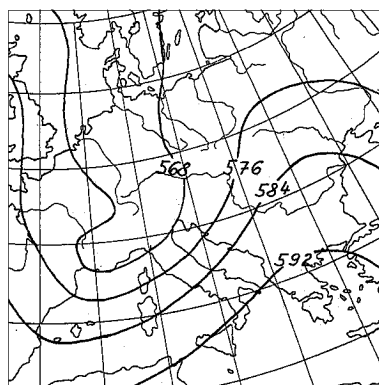
Obr. 6 Infračervený snímek družice Meteosat ze 4. 7. 1997 18 UTC.
Fig. 6. A Meteosat infrared picture, 4 July 1997, 18 UTC.



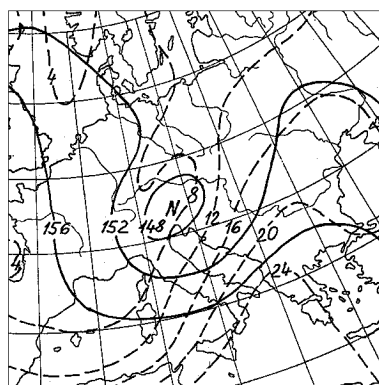
Obr. 7 Přízemní mapa ze 4. 7. 1997 18 UTC.
Fig. 7. Surface chart, 4 July 1997, 18 UTC.



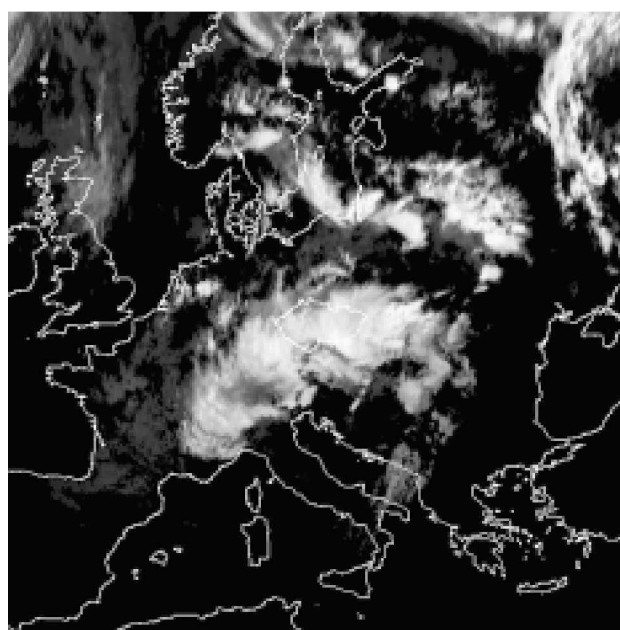
Obr. 8 Přízemní mapa z 5. 7. 1997 12 UTC.
Fig. 8. Surface chart, 5 July 1997, 12 UTC.



Obr. 9 Mapa hladiny 500hPa z 5. 7. 1997 12 UTC.
Fig. 9. Chart of the 500hPa level, 5 July 1997, 12 UTC.



Obr. 10 Mapa hladiny 850hPa z 5. 7. 1997 12 UTC.
Fig. 10. Chart of the 850hPa level, 5 July 1997, 12 UTC.

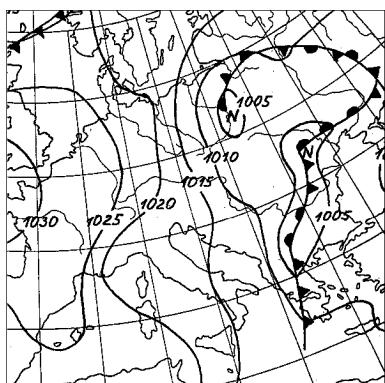


Obr. 11 Infračervený snímek družice Meteosat z 5. 7. 1997 12 UTC.
Fig. 11. A Meteosat infrared picture, 5 July 1997, 12 UTC.

východním Polskem a také na návětrné straně severních Alp. V Čechách došlo ke zmenšování oblačnosti a ustávání srážek.

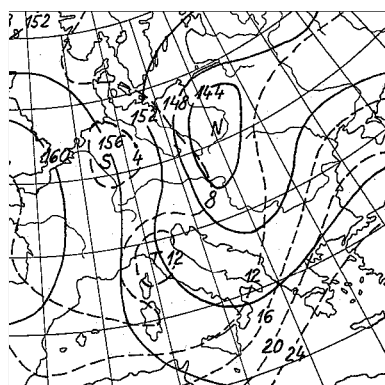
Do této doby se vývoj synoptické situace a jevy, které jej doprovázely, jeví jako běžné pro situaci s významnými srážkami pro naše území. Do 6. 7. 12 h UTC spadlo na některých stanicích v ČR až 125mm srážek (Praděd, Lysá hora). Další vývoj situace byl v novodobé historii zcela výjimečný a neobvyklý. Pokud se tlaková níže dostane do těchto oblastí (Ukrajina, Karpaty), obvykle postupuje dál k severovýchodu a slábne (vyplňuje se), nebo se retrográdně začíná vracet směrem na západ až severozápad a při svém postupu rovněž slábne. Počasí s vydatnými srážkami u nás trvá 1 až 2 dny. Tentokrát se srážky na východě území vyskytovaly o dva dny déle. Proč?

Z Ukrajiny se tentokrát postupně tlaková níže stočila směrem k západu a cyklona se stále prohlubovala (obr. 12 až 15). Během 6. července začala do střední Evropy od západu zasahovat oblast vysokého tlaku vzduchu, což evidentně mělo vliv na dráhu tlakové níže. Nad jihovýchodním Polskem se její dráha otočila a střed níže směřoval dál k jihovýchodu do oblasti Černého moře (obr. 16). Přzemní tlak na západě území



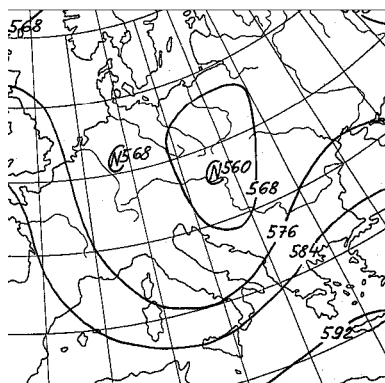
Obr. 12 Přzemní mapa z 6. 7. 1997 12UTC.

Fig. 12. Surface chart, 6 July 1997, 12 UTC.



Obr. 13 Mapa hladiny 850hPa z 6. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 13. Chart of the 850hPa level, 6 July 1997, 12 UTC.



Obr. 14 Mapa hladiny 500hPa z 6. 7. 1997 12 UTC.

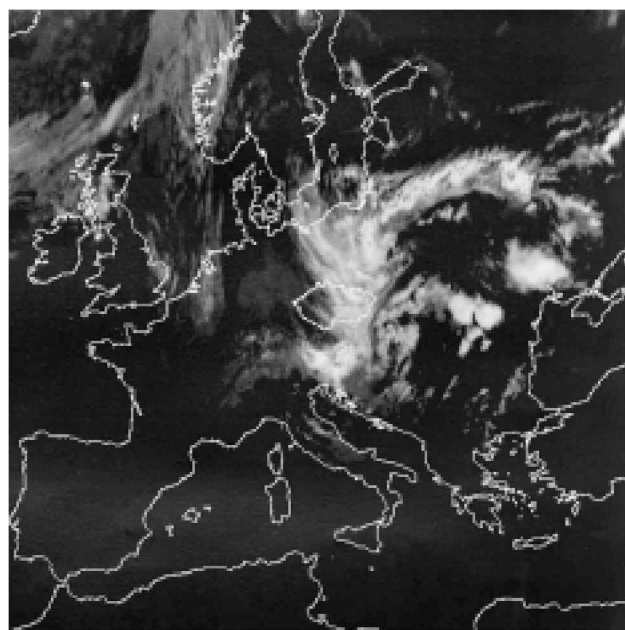
Fig. 14. Chart of the 500hPa level, 6 July 1997, 12 UTC.

ještě více vzrostl, gradient tlaku nad naším územím začal zesilovat a v nižších vrstvách atmosféry docházelo k silné konvergenci proudění vzduchu (obr. 17 a 18). V týlu této níže proudil ze severního kvadrantu vlhký a později i teplejší vzduch nasávaný touto níží v její přední části. Srážky se rozšířily opět do Čech a nad centrální části Polska.

V dalších dnech se slábnoucí Azorská tlaková výše postupně přesunula nad Severní moře a střed tlakové níže z Černého moře postupoval na sever. Srážky v Čechách (s výjimkou severních horských oblastí) postupně ustaly. Vzhledem k tomu, že se na východě území meteorologické podmínky neměnily, intenzivní srážky zde pokračovaly i nadále. Byly navíc umocněny návětrným efektem na severních a severovýchodních svazích Krkonoš, Orlických hor, Jeseníků a Beskyd, což bylo důvodem mimořádně silným srážkám v těchto oblastech. Spostupem tlakové níže dále k severu tlakový gradient začal slábnout a srážky 9. července konečně ustaly na celém území.

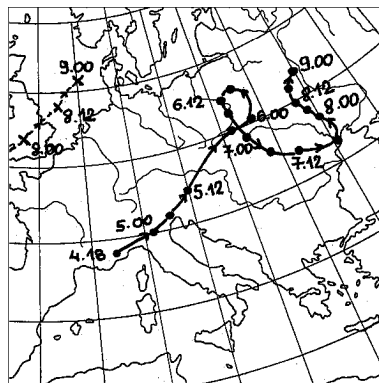
Závěr

Pětidenní období ze začátku července přineslo na severovýchodě území mimořádné množství srážek. Během 4 až 9. 7. bylo naměřeno na Lysé hoře 596mm srážek, na Pradědu spadlo více než 450mm, a i v nižších polohách místy úhrn



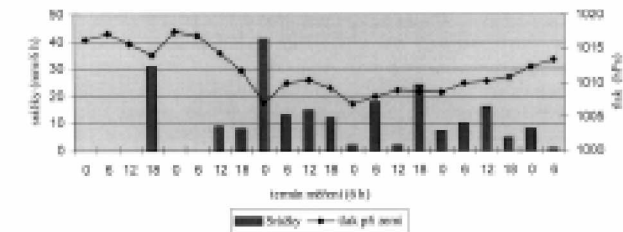
Obr. 15 Infračervený snímek družice Meteosat z 6. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 15. A Meteosat infrared picture, 6 July 1997, 12 UTC.



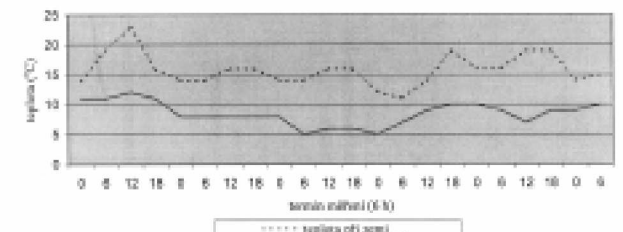
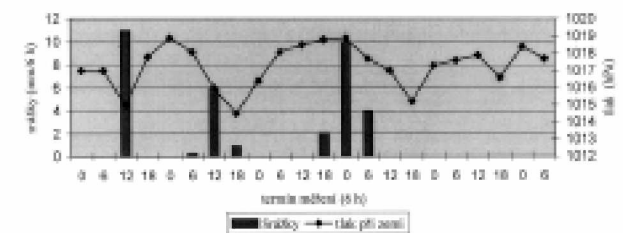
Obr. 16 Dráhy středů tlakové výše a tlakové níže na přzemních mapách od 4. 7. 1997 00 (18)UTC do 9. 7. 1997 00 UTC.

Fig. 16. Cyclone and anti-cyclone trajectories on surface charts, from 4 July 1997, 00 (18)UTC to 9 July 1997, 00 UTC.



Obr. 17 Časový průběh meteorologických prvků na stanici Ostrava-Mošnov od 4. 7. 1997 00 UTC do 9. 7. 1997 06 UTC.

Fig. 17. Meteorological elements' profile at the Ostrava Mošnov station from 4 July 1997, 00 UTC to 9 July 1997, 06 UTC.



Obr. 18 Časový průběh meteorologických prvků na stanici Praha-Libuš od 4. 7. 1997 00 UTC do 9. 7. 1997 06 UTC.

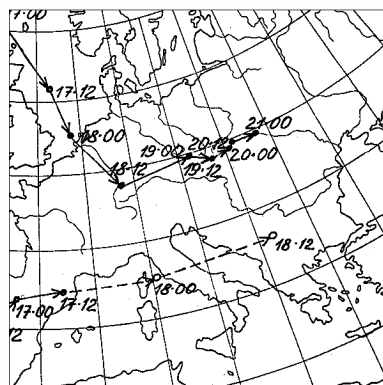
Fig. 18. Meteorological elements' profile at the Praha Libuš station from 4 July 1997, 00 UTC to 9 July 1997, 06 UTC.

srážek odpovídal téměř půlročnímu normálu (Ostrava-Mošnov 226 mm). Základní příčiny se dají shrnout takto:

1. Na studené frontě, která 4. 7. přecházela přes naše území, se místy vyskytly vydatné srážky.
2. Tato fronta byla i základním faktorem tvorby tlakové níže v severozápadním Středomoří, která později při svém postupu k severovýchodu přinesla téměř na celém území trvalý déšť.
3. Postup tlakové výše z Azorských ostrovů k jižní Skandinávii přímo ovlivnil směr postupu tlakové níže a tím i její setrvání po delší dobu ve stacionární poloze.
4. Mezi tlakovou výší a tlakovou níží došlo kvýraznému zesílení tlakového gradientu a v důsledku toho se významně projevil návětrný efekt.

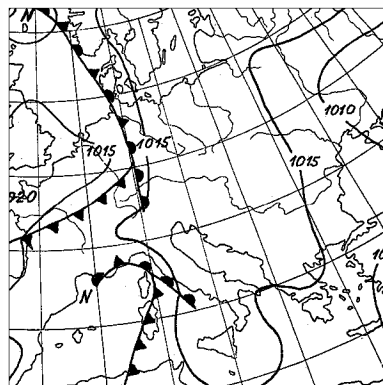
DRUHÁ POVODŇOVÁ VLNA OD 17. DO 21. ČERVENCE

Druhé období výrazných srážek panovalo na našem území od 17. do 21. července.



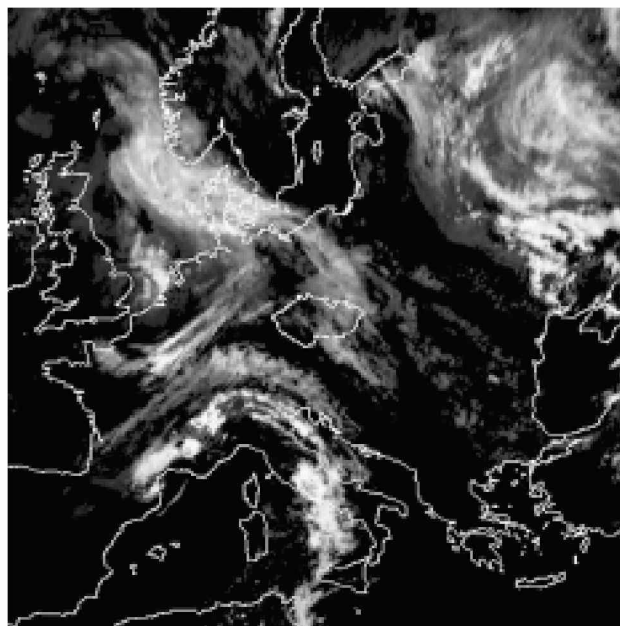
Obr. 19 Dráhy středů tlakových níží vhladině 500hPa od 16. 7. 1997 12UTC do 21. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 19. Cyclone trajectories at the 500hPa levels from 16 July 1997, 12UTC to 21 July 1997, 12 UTC.



Obr. 20 Přizemní mapa ze 17. 7. 1997 00 UTC.

Fig. 20. Surface chart, 17 July 1997, 00 UTC.



Obr. 21 Infračervený snímek družice Meteosat ze 17. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 21. A Meteosat infrared picture, 17 July 1997, 12 UTC.

Pro synoptické vyhodnocení tohoto období byly použity stejné materiály jako pro období předchozí.

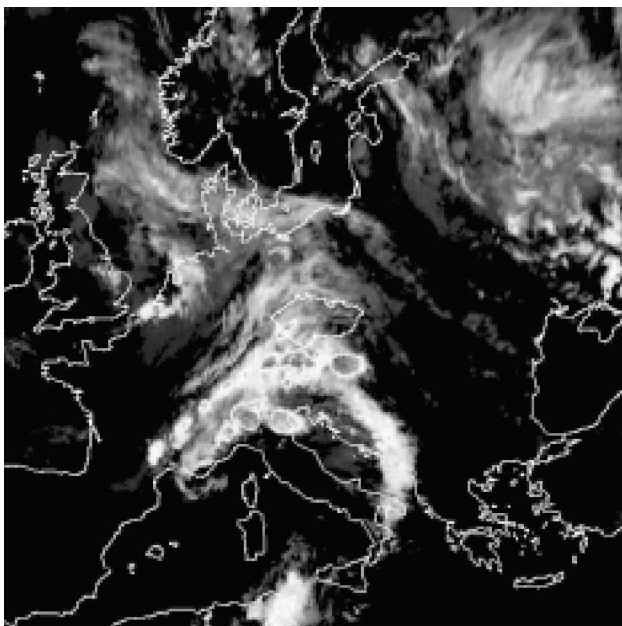
Vývoj synoptické situace

V polovině července probíhala z Atlantiku přes střední Evropu k jihovýchodu málo výrazná frontální zóna, ve které postupovaly jednotlivé frontální systémy. Přes Středomoří moře k východu probíhala další frontální zóna, frontální systémy v ní postupující měly ve svých teplých sektorech vel-

mi teplý vzduch původem z Afriky. Ani tato frontální zóna nebyla výrazná, a tak se v obou frontálních zónách frontální systémy vyznačovaly jen slabými projevy počasí.

Situace se začala měnit 17. července, kdy se začaly obě frontální zóny přibližovat. Impulzem k tomuto procesu byla patrně intenzivní cyklogeneze u východních břehů Severní Ameriky v západní části severněji položené frontální zóny, kde byl podstatně silnější teplotní kontrast, než v její východní části nad východním Atlantikem a Evropou. Tlaková níže se východně od Kanady prohloubila 16. července na 990hPa a současně se východně od ní nad středním Atlantikem směrem k Islandu budoval hřeben vysokého tlaku vzduchu. Po jeho přední straně začal pronikat chladný vzduch přes Britské souostroví a Severní moře k jihovýchodu. V souvislosti s tím se ve vyšších vrstvách atmosféry vytvořila v brázdě nízkého tlaku vzduchu mezi Islandem a Skotskem tlaková níže, která postupovala k jihovýchodu. 18. července se její střed přesunul nad Německo, 19. července nad Českou republiku a současně se postup tlakové níže zpomalil. 20. a 21. července se její střed udržoval nad územím Slovenska nebo v jeho těsné blízkosti. Tlaková níže ve vyšších vrstvách atmosféry související se středomořskou frontální zónou se do 16. července udržovala západně od Pyrenejského poloostrova. Jakmile se 17. července dostala do okrajového proudění tlakové níže postupující v severní frontální zóně, zrychlila svůj pohyb k východu a do 18. července kolem poledne, již jen ve formě brázd, dorazila až nad Balkánský poloostrov. Tento proces (jeho průběh v hladině 500 hPa) je znázorněn na obr. 19.

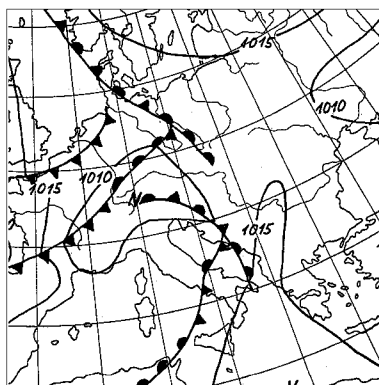
Na přízemní povětrnostní mapě ještě na začátku 17. července byly obě frontální zóny oddělené (obr. 20). V severní frontální zóně postupoval frontální systém přes Německo zvolna k východu. V jižní frontální zóně postupovala mělká tlaková níže se středem severně od Baleár se svým frontálním systémem k severovýchodu. Během 17. července se oba frontální systémy k sobě přibližovaly. Ještě v poledne byla jejich oblačnost oddělená amálo vyvinutá, jak ukazuje infračervený



Obr. 22 Infračervený snímek družice Meteosat ze 17. 7. 1997 18 UTC.

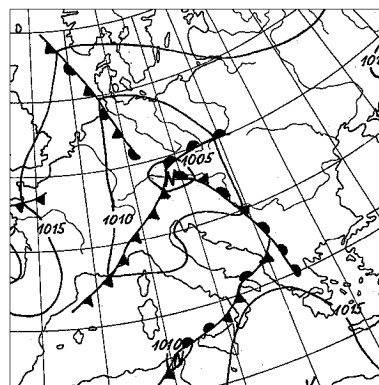
Fig. 22. A Meteosat infrared picture, 17 July 1997, 18 UTC.

snímek družice Meteosat ze 12UTC (obr. 21), ale již družicový snímek z 18UTC dokladuje, že rychle dochází ke splynutí oblačností obou systémů, které bylo současně impulzem k mohutnému vývoji oblačnosti (obr. 22). Zatímco ještě v 6 UTC toho dne nedosahovaly poklesy tlaku vzduchu v oblasti obou frontálních systémů ani 1hPa za 3 hodiny a srážky na frontálních systémech se téměř nevyskytovaly, ve 12UTC již v blízkosti středu prohlubující se tlakové níže, která postoupila k severovýchodu nad Alpy (obr. 23), poklesy tlaku vzduchu přesáhly 3hPa za 3 hodiny, ale k zesílení srážkové činnosti ještě nedošlo. Bouřlivý vývoj oblačnosti, který nastal po 12UTC, se projevil výrazným zesílením srážkové činnosti do 18UTC, kdy střed prohlubující se tlakové níže postoupil na jih od Čech (obr. 24). Během 18. července postupovala tlaková níže svým středem z jižních Čech nad severní Moravu a stále se prohlubovala (obr. 25). Projevovala se intenzivními srážkami. Nejvyšší srážky padaly v Krkonoších, kde byly výrazně posíleny návětrným efektem při severním proudění v týlu tlakové níže. Nejvyšší 24hodinový srážkový úhrn od 6 UTC 18. července do 6UTC 19. července byl naměřen na Labské boudě, 134mm. Mohutnou oblačnost tlakové níže zo-



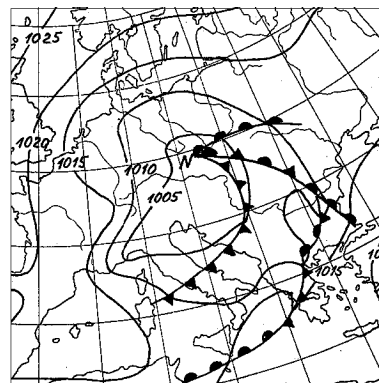
Obr. 23 Přízemní mapa ze 17. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 23. Surface chart, 17 July 1997, 12 UTC.



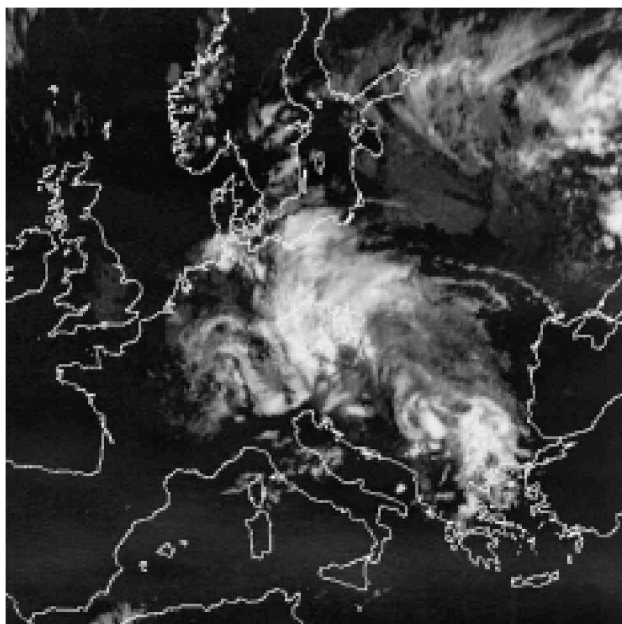
Obr. 24 Přízemní mapa ze 17. 7. 1997 18 UTC.

Fig. 24. Surface chart, 17 July 1997, 18 UTC.



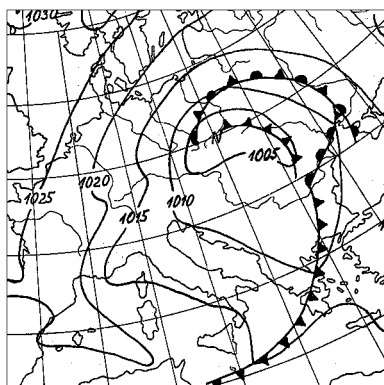
Obr. 25 Přízemní mapa z 18. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 25. Surface chart, 18 July 1997, 12 UTC.



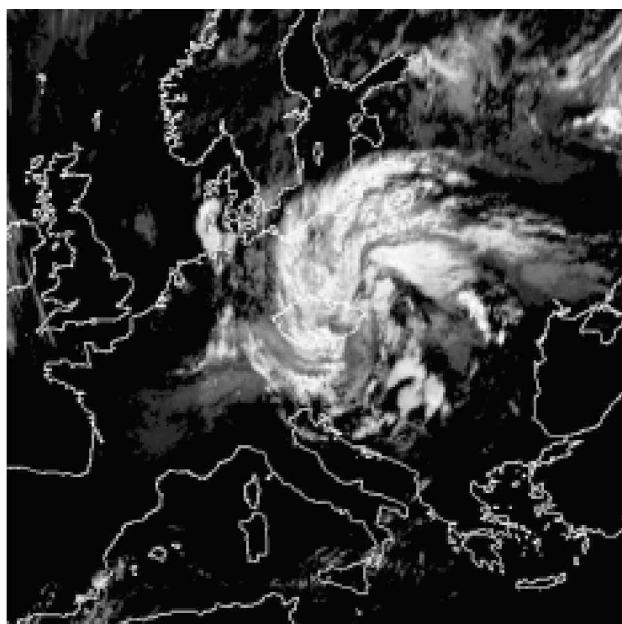
Obr. 26 Infračervený snímek družice Meteosat z 18. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 26. A Meteosat infrared picture, 18 July 1997, 12 UTC.



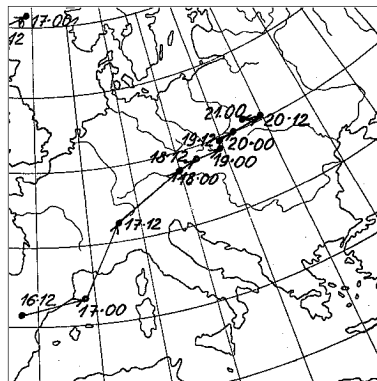
Obr. 27 Přizemní mapa z 19. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 27. Surface chart, 19 July 1997, 12 UTC.



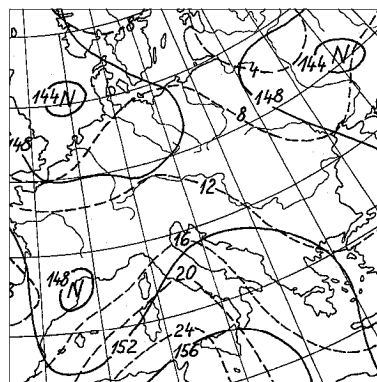
Obr. 28 Infračervený snímek družice Meteosat z 19. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 28. A Meteosat infrared picture, 19 July 1997, 12 UTC.



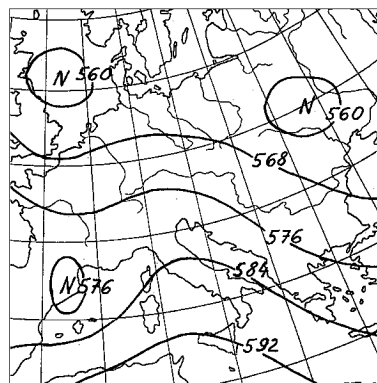
Obr. 29 Dráha středů tlakových níží na přizemních mapách od 16. 7. 1997 12UTC do 21. 7. 1997 00 UTC.

Fig. 29. Cyclone trajectories on surface charts from 16 July 1997, 12UTC to 21 July 1997, 00 UTC.



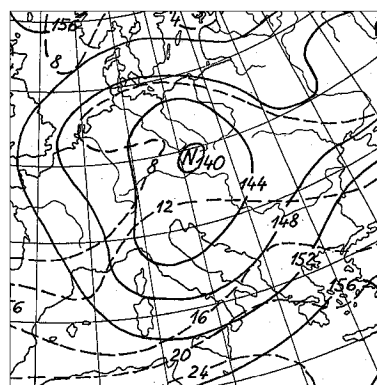
Obr. 30 Mapa hladiny 850hPa ze 17. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 30. Chart of the 850hPa level, 17 July 1997, 12 UTC.



Obr. 31 Mapa hladiny 500hPa ze 17. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 31. Chart of the 500hPa level, 17 July 1997, 12 UTC.



Obr. 32 Mapa hladiny 850hPa z 18. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 32. Chart of the 850hPa level, 18 July 1997, 12 UTC.

brazuje infračervený snímek družice Meteosat z 18. července 12UTC (obr. 26). Během 19. července postupovala tlaková níže svým středem zvolna ze severní Moravy nad Tatry a začala se pomalu vyplňovat (obr. 27). Intenzivní srážky trvaly na návětrí severních pohraničních hor a maximální srážkové úhrny od 6UTC 19. července do 6UTC 20. července byly na-

měřeny opět v Krkonoších: na Labské boudě 105mm a v Peci pod Sněžkou 117mm. Na infračerveném snímku družice Meteosat je patrné, jak se mohutná oblačnost tlakové níže zavířuje (obr. 28). Tlaková níže ovlivňovala srážkami území České republiky do 21. července, ale vydatnost srážek již byla podstatně nižší. Střed tlakové níže se udržoval severně od Karpat a tlaková níže se vyplňovala. Dráha středu přízemní tlakové níže je vynesena na obr. 29.

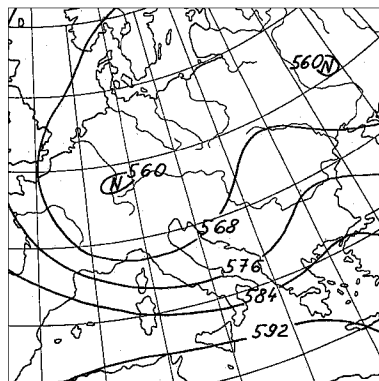
Závěr

Srovnáme-li obě červencové povodňové situace, z nichž první měla daleko katastrofálnější následky, vidíme jejich nápadnou podobnost. Po třinácti dnech se opakoval v atmosféře podobný proces, a to potvrzuje známou vlastnost cirkulace atmosféry v rozmezí několika týdnů procesy do určité míry opakovat. Zrod tlakových níží v první a druhé situaci probíhal odlišně, během dvou dnů se však vyvinuly útvary téměř totožné. V prvním případě se v řídicím jihozápadním proudění v noci na 4. července vytvořila nad Německem a Francií studená fronta, na ní se večer téhož dne začala tvořit nad Janovským zálivem vlna, která 5. července rychle okludovala a prohlubující se tlaková níže do 6. července 12UTC postoupila nad jižní Polsko. V druhém případě došlo během 17. července k přibližování a nakonec splynutí dvou frontálních systémů, z nichž jeden postupoval přes střední Evropu k východu v severněji položené frontální zóně, druhý v jižněji položené frontální zóně přes západní Středomoří k severovýchodu, ten byl spojen s mělkou tlakovou níží, která se po splynutí obou frontálních systémů začala prohlubovat a do 19. července 12UTC postoupila k severovýchodu nad Slezsko.

Rozdílnosti a podobnosti vývoje obou tlakových níží vyplynou z porovnání čtyř stádií vývoje na přízemních mapách, mapách hladin 850hPa a 500hPa a infračervených snímcích družice Meteosat, a to: 4. 7. 12UTC (obr. 3, 5, 2, 4) — 17. 7. 12UTC (obr. 23, 30, 31, 21), 4. 7. 18UTC (obr. 7, 6) — 17. 7. 18UTC (obr. 24, 22), 5. 7. 12UTC (obr. 8, 10, 9, 11) — 18. 7. 12UTC (obr. 25, 32, 33, 26), 6. 7. 12UTC (obr. 12, 13, 14, 15) — 19. 7. 12UTC (obr. 27, 34, 35, 28). Největší podobnost je patrná v době maximálního vývoje obou tlakových níží, tedy v termínech 6. 7. 12UTC a 19. 7. 12UTC.

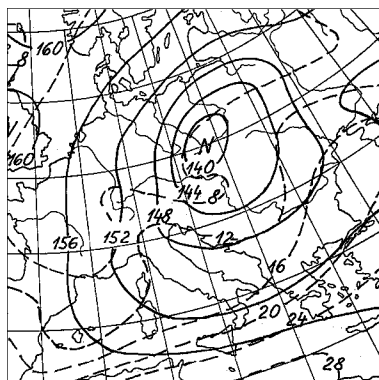
V obou případech nejsilnější srážky padaly v týlové části tlakové níže západně od jejího středu, v podstatě z oblačnosti okluzní fronty, bez významného vertikálního střihu větru.

V obou případech byla intenzita vývoje tlakové níže podpořena značným teplotním kontrastem vzduchových hmot. Frontální oblačnost zatáčející se kolem středu tlakové níže byla živena teplým a vlhkým vzduchem proudícím z východního Středomoří k severu, kolem tlakové níže se tento proud zatáčel podél okluzní fronty k západu až jihu. Podstatnou roli hrál návětrný efekt, na návětrí hor byly orograficky zesíleny uspořádané výstupné pohyby vzduchu v tlakové níže, které jsou vedle vlhkosti vzduchu základní podmínkou vzniku srážek. Severní proudění v týlu tlakové níže bylo v obou případech silné, proto byl silný i návětrný efekt. Hřebenové stanice udávaly rychlost větru kolem 15 m/s, Sněžka až 30 m/s.



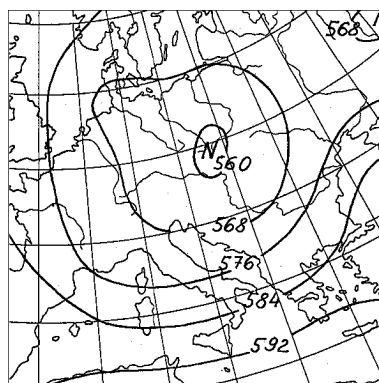
Obr. 33 Mapa hladiny 500 hPa z 18. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 33 Chart of the 500 hPa level, 18 July 1997, 12 UTC



Obr. 34 Mapa hladiny 850 hPa z 19. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 34 Chart of the 850 hPa level, 19 July 1997, 12 UTC.



Obr. 35 Mapa hladiny 500 hPa z 19. 7. 1997 12 UTC.

Fig. 35 Chart of the 500 hPa level, 19 July 1997, 12 UTC.

V prvním případě byly optimální podmínky pro extrémní srážky splněny v Beskydech a Jeseníkách a trvaly mimořádně dlouho, od 5. do 8. července, takže celkové úhrny srážek byly mimořádně vysoké. V druhém případě byly optimální podmínky pro extrémní srážky splněny v Krkonoších, ale trvaly pouze 18. a 19. července, takže celkové úhrny srážek byly podstatně nižší — na Labské boudě v Krkonoších za 48 hodin napršelo 239 mm.

Literatura

- [1] Habersberger, J. — Štekl, J.: Pomůcka pro předpověď silných srážek a silných větrů nad střední Evropou. Zlepšovací návrh 25/1977. Praha, HPÚ 1977.

Lektor RNDr. V. Seifert, rukopis odevzdán v listopadu 1997.

ROZLOŽENÍ SRÁŽEK PŘI POVODNÍCH V ČERVENCÍ 1997

Precipitation distribution during the July 1997 floods. Extreme precipitation in July 1997 affected northern Moravia most of all, and also Krkonoše Mts. and Orlické hory Mts. The least amount of precipitation was registered in the west Bohemian region and the adjacent areas of central Bohemia where only slightly above-normal precipitation occurred. The highest monthly total was recorded on Lysá hora Mt. (812 mm, i.e. 412% of the normal). The rainfalls occurred in two 'waves', from 3 to 8 July and from 15 to 22 July. In the first wave, precipitation was most intensive on 5 to 7 July while in the second wave 18 and 19 July saw the highest precipitation amounts. In the first wave, the highest average precipitation fell in the Odra River basin. In comparison with the Odra (down to Bohumín) and with the Orlice and Labe Rivers (down to Jaroměř), average precipitation over the Morava River basin (down to Kroměříž) amounted to a mere 80% and 50%, respectively. The second wave was considerably weaker and amounted to 30 to 50% of the first wave rainfall. Krkonoše Mts. are an exception—the second wave equalled the first one in intensity, and was three times as intensive as the second wave precipitation in the other areas afflicted.

KLÍČO VÁ SLOVA: Srážky atmosférické — extrémní atmosférických srážek — intenzita srážek — povodeň — Česká republika.

1. ÚVOD

Cílem článku je poskytnout základní představu o časovém a prostorovém rozložení srážek na území České republiky v červenci 1997.

Všechny údaje se opírají o pozorování denních srážkových úhrnů na 758 stanicích ČR. Data prošly základní i plošnou kontrolou, vypuštěny byly stanice s neúplným nebo podezřelým pozorováním (Litovel, Olomouc-Klášteřínský Hradisko, Krnov, Mikulovice, Hranice-Drahotuše, Kelč).

Mapy a plošné údaje byly zpracovány moderními metodami geografických informačních systémů GIS ARCInfo, s výjimkou tabulky 1. Ta byla zpracována jednodušší metodikou, používanou od roku 1974 pro operativní přehledy oblastních měsíčních srážek. Na rozdíl od již vydaného přehledu vychází z doplněných a zkontrolovaných údajů.

Tab. 1 Průměrné měsíční úhrny srážek ve vybraných administrativních oblastech.

Table 1. Average monthly precipitation amounts at selected administrative regions.

Oblast	Úhrn (mm)	% normálu
Středočeský kraj	138	181
Jihočeský kraj	171	176
Západočeský kraj	109	129
Severočeský kraj	140	169
Východočeský kraj	285	314
Jihomoravský kraj	241	294
Severomoravský kraj	384	349
Čechy	171	199
Morava	301	317
Česká republika	214	240

2. MĚSÍČNÍ ÚHRNY

Prostorové rozložení měsíčních úhrnů ukazuje barevná příloha. Průměry pro vybrané administrativní oblasti uvádíme v tabulce 1, včetně odchylek od dlouhodobého normálu. Tabulka 2 obsahuje měsíční úhrny srážek přes 600mm. Ty se pohybovaly od 300 do 600% dlouhodobého normálu. Nejvyšší měsíční úhrn zaznamenala Lysá hora na hřebenech Beskyd (812mm). Z přílohy a z tabulek je patrné, že

nejvýznamnější srážky byly na Moravě, zejména v Beskydech a Jeseníkách. V Čechách nejvíce přišlo v Krkonoších a Orlických horách. Lokálně se vyskytly vyšší srážky též na Šumavě a v Novohradských horách. Nejméně srážek bylo v západočeském kraji a přilehlé oblasti středních Čech, kde srážkové poměry byly jen mírně nad normálem.

3. ČASOVÉ A PLOŠNÉ ROZLOŽENÍ SRÁŽEK

V přehledu četností výskytu denních úhrnů srážek zvolených velikostí jsou dobře patrná tři období s výskytem denních srážek nad 50 mm, a to: 30. 6., 3. 7. až 8. 7. a 17. až 21. 7. 1997 (tab. 3). První úsek způsobil významné lokální škody především na Vysočině a v Jeseníkách. Druhý interval zahrnuje srážky hlavní povodňové vlny. Poslední interval je jádro srážek druhé povodňové vlny, význačné srážky se však vyskytovaly od 15. do 25. 7. Z pohledu celé republiky bylo v měsíci jen pět dní, kdy počet stanic se srážkami přes 10 mm byl menší než 6. Pro období 30. 6. až 9. 7. a 15. 7. až 22. 7. byly zpracovány denní srážkové mapy a mapy pětidenních úhrnů srážek za dny 4. až 8. 7. a 17. až 21. 7. S ohledem na nedostatek místa zde uvádíme jen mapy pětidenních úhrnů (mapy 1 a 2).

4. MĚSÍČNÍ MAXIMA SRÁŽKOVÝCH ÚHRNŮ

Pro každou stanicí jsme vypočetli úhrny srážek o trvání až sedmi dní. Některé statistické údaje uvádíme v následujících odstavcích. Tabulka 4 obsahuje měsíční maxima jedno- až pětí- a sedmidenních úhrnů pro 49 stanic s nejvyššími třídenními srážkami, včetně data nástupu. Údaje jsou setříděny sestupně podle třídenních úhrnů.

4.1 Jednodenní úhrny

Denního úhrnu přes 100mm dosáhlo v červenci 49, tj. 6,5% stanic. Z toho pouze dva případy nastaly při druhé povodňové vlně, a to v Krkonoších. Nejvyšší denní srážky byly na severní Moravě, především v Beskydech (Lysá hora 234mm, Šance 230mm, Frenštát pod Radhoštěm 206mm) a v oblasti Hrubého Jeseníku (Zlaté Hory Rejvíz 214mm, Vidly 199mm). Extrémní úhrny v této oblasti se vyskytly převážně 6. 7. ojedinele 7. 7. Úhrn přes 130 mm se mimo severní Moravu vyskytl jen v Krkonoších (Pomezí Boudy (180 mm) a Pec pod Sněžkou (133mm) dne 6. 7., Labská bouda 134mm dne 18. 7.).

Stanice	Úhrn (mm)	Horní 1901–1950	% normálu	Horní 1961–1990	% normálu
LYSÁ HORA	812	213	381	197	412
Šance	805				
Zlaté Hory, Rajčiz	722	142	508		
Jeseník	697	116	601		
Špindl. Mlýn — Labská bouda	672				
PRADEJ	661			157	421
Pomezní boudy	661				
Morávka, Úspolka	658				
Vidly	639				
Morávka	635	179	307		
Ramzová	627				
Bělá pod Pradědem	624				
Frenštát pod Radhoštěm	624	128	485		
Pajonohovice	612	112	545		
Heřmanovice	602	135	445		

Tab. 2 Úhmy srážek větší než 600mm za červenec 1997.

Table 2. Precipitation amounts higher than 600 mm for July 1997.

Datum	Denní úhrn srážek větší než mm										
	10	20	30	40	50	60	80	100	140	160	200
30.6.	300	160	90	41	20	10					
1.7.	31	5									
2.7.	1										
3.7.	81	28	9	7	5	3	2				
4.7.	415	137	53	13	6	3					
5.7.	421	321	261	164	92	56	21	2			
6.7.	431	301	228	186	135	111	65	45	19	10	4
7.7.	450	343	257	182	127	90	36	14	4		
8.7.	115	92	73	56	38	28	16	10	4	1	1
9.7.	10	2									
10.7.	28	6	3	2							
11.7.	26	6	2								
12.7.	47	7	2								
13.7.	27	1									
14.7.	4	1									
15.7.	82	14	6	2							
16.7.	90	17	3								
17.7.	210	74	32	15	2	1	1				
18.7.	666	383	170	62	21	7	3	1			
19.7.	425	200	105	59	29	17	5	2			
20.7.	135	32	9	2	1						
21.7.	380	41	10	3							
22.7.	39	5	2								
23.7.	124	19	5								
24.7.	110	32	10	1							
25.7.	203	42	6	2							
26.7.	48	2									
27.7.	5	1									
28.7.	1										
29.7.	15	4									
30.7.	1										
31.7.	232	24	2								

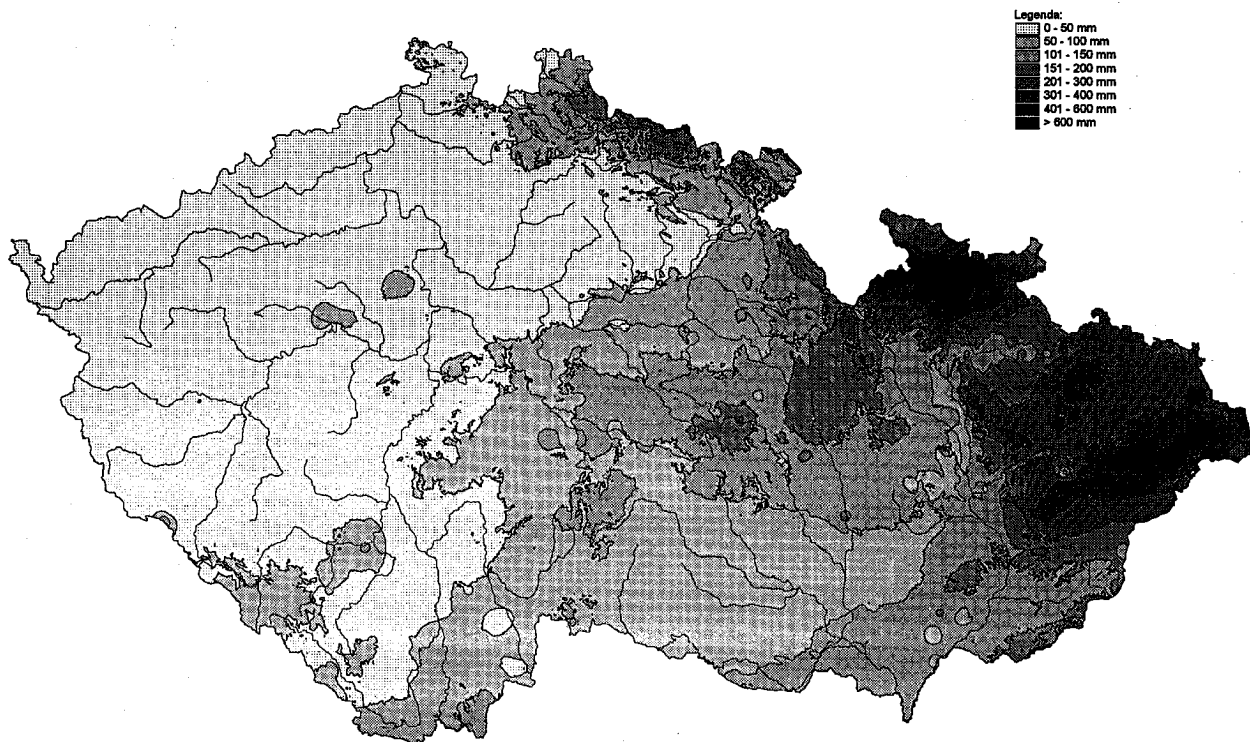
Tab. 3 Kumulativní četnosti stanic s denními srážkami nad zvolené meze pro jednotlivé dny období 30. 6. až 31. 7. 1997. Počet uvažovaných stanic: 758.

Table 3. Cumulative frequency of stations with daily precipitation above select limits for individual days of the period from 30 to 31 July 1997. Number of station considered: 758.

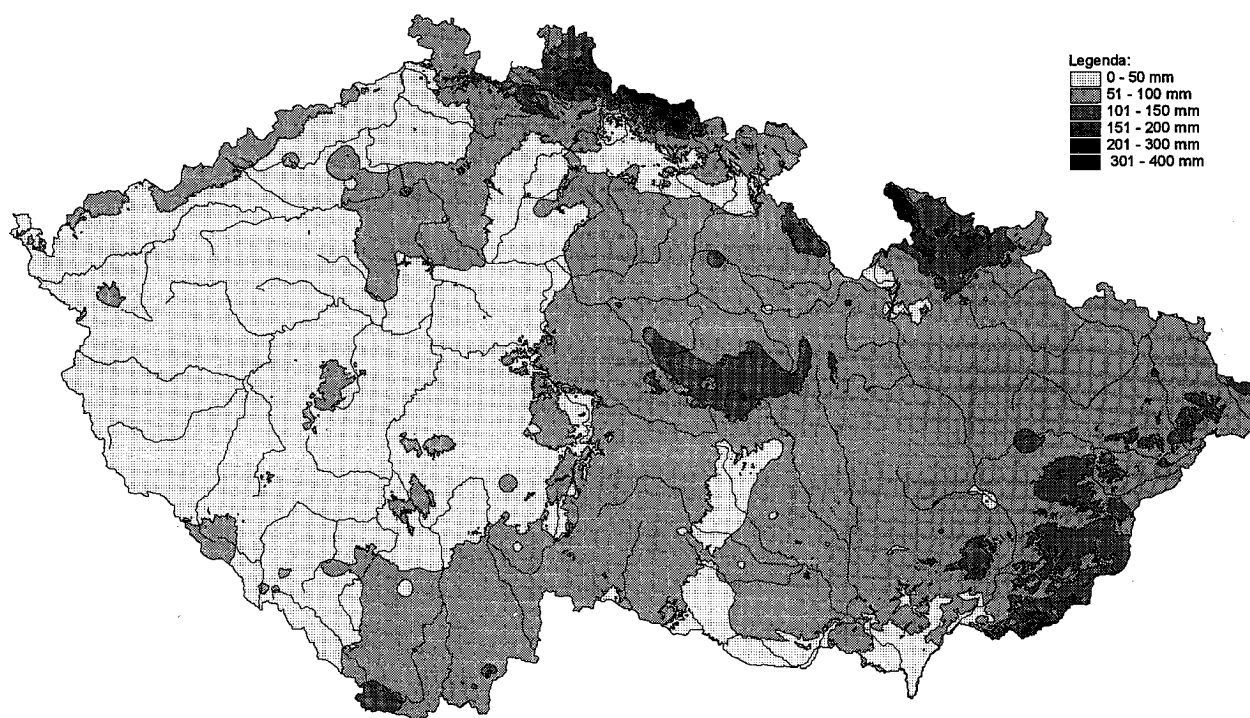
Tab. 4 Jednodenní až sedmidenní úhrny srážek v červenci 1997 (mm = úhrn srážek v mm, De = den nástupu srážek, Po = pořadí úhrnu sestupně dle velikosti).

Table 4. One-day to seven-day precipitation amounts in July 1997 (mm = precipitation amount in mm, De = day of the precipitation beginning, Po = precipitation amount order degressively according to the size).

Stanice	1 den			2 dny			3 dny			4 dny			5 dní			6 dní		
	mm	De	Po	mm	De	Po	mm	De	Po	mm	De	Po	mm	De	Po	mm	De	Po
Šance	230	6	2	329	6	5	537	6	7	602	5	7	617	4	7	626	3	7
LYSÁ HORA	234	5	7	339	6	4	510	6	2	571	5	2	585	4	2	595	3	2
Morávka, Úspolka	185	6	9	282	6	10	450	6	3	503	5	2	513	4	3	524	3	3
Jeseník	189	6	8	355	5	2	444	5	4	483	5	5	512	4	4	512	3	4
Zlaté Hory, Rajvitz	214	6	3	359	6	1	441	5	5	477	5	7	511	4	5	511	4	5
Vidly	199	6	5	349	6	3	431	5	6	485	5	4	501	4	6	504	3	6
Morávka	185	6	10	285	6	12	405	6	7	462	5	8	477	4	8	489	4	8
Frenštát p. Radhoštěm	205	6	4	297	6	8	398	6	8	481	5	6	491	4	7	495	3	7
Staré Město Kunčice	178	6	12	324	6	6	395	5	9	422	5	11	435	4	11	437	3	11
Bělá pod Pradědem	195	6	16	287	6	9	389	5	10	423	5	10	439	4	10	439	4	10
Heřmanovice	197	6	6	305	6	7	382	5	11	412	5	14	428	4	14	428	2	15
Staré Hamry	159	8	15	229	7	21	374	6	12	410	5	15	415	4	16	423	3	16
Ramzová	145	6	19	280	6	11	373	5	13	415	4	12	428	4	12	428	2	14
PRÁČĚD	139	7	20	250	7	17	355	6	14	444	5	9	455	4	9	464	3	9
Rajnochovice	128	5	25	251	5	16	353	5	15	414	5	12	433	4	12	435	3	12
Četadná	191	6	7	254	6	15	342	6	16	409	5	16	424	4	15	430	3	13
Valašské Meziříčí	159	6	14	245	5	12	321	5	17	365	5	19	375	4	21	379	3	21
Rožnov p. Radhoštěm	148	6	17	243	5	19	321	5	18	389	5	17	401	4	17	405	3	18
Homí Beva	125	6	27	205	6	29	313	6	19	333	5	27	343	4	27	348	3	27
Pomezí Boudy	180	6	11	275	6	12	313	5	20	322	4	30	322	2	34	325	1	35
Zlaté Hory	172	6	13	267	6	14	311	5	21	343	4	24	363	4	22	363	2	23
Mořkov	129	6	25	223	5	22	310	5	22	358	5	20	367	4	22	372	3	22
Tyra	130	6	24	211	5	24	305	6	24	385	5	18	400	5	18	407	3	17
Nýdek	121	6	31	201	6	32	305	6	23	355	5	21	377	5	20	387	4	20
Bílý Kříž	121	6	32	193	6	37	298	6	25	345	5	22	354	4	24	361	3	24
Banná	117	6	34	224	6	22	287	5	25	312	5	34	328	4	30	329	2	33
Chvalčov-Hostýn	113	7	37	209	6	25	284	5	27	335	5	25	352	4	25	355	3	25
Jablunkov	115	6	35	191	5	39	277	6	28	351	5	22	380	5	19	388	4	19
Hukvaldy	103	5	49	183	5	44	277	5	29	323	5	29	332	4	29	335	4	30
SKŘÍPOV	107	6	43	201	6	34	275	5	30	318	5	31	328	4	31	329	3	32
Malá Morava, Sklené	105	6	41	207	6	26	267	5	32	277	5	45	287	4	46	293	3	44
Lubno	98	5	53	192	5	32	267	5	33	335	5	26	349	4	26	355	3	25
Hodstavice	124	6	30	198	5	36	267	5	31	315	5	32	324	4	32	325	4	34
Karlovice	124	6	29	207	6	22	264	5	34	303	5	35	320	4	36	322	3	36
Valašská Bystřice	130	6	23	207	6	27	251	6	35	315	5	32	325	4	32	331	3	31
Bílá Hlavatá	109	6	39	169	6	50	251	6	35	285	5	42	291	4	45	297	3	41
Špindlerův Mlýn	134	12	21	239	18	20	295	12	38	287	18	39	292	12	42	313	12	37
Třemešná	145	6	18	204	6	31	295	5	37	305	5	36	311	4	37	311	3	38
Rusava	104	6	46	203	6	32	255	6	39	294	5	37	305	4	32	309	3	39
Homí Lomná	95	8	57	161	7	57	254	6	40	291	5	32	321	4	35	338	3	29
Fulnek	107	7	44	205	6	30	251	5	41	285	5	40	292	4	42	292	4	45
Černá Voda	107	7	42	184	6	42	248	5	42	255	5	51	260	4	56	260	4	56
Raškovice	95	5	55	172	5	42	241	5	43	324	5	22	334	5	22	344	3	28
Město Albrechtice	125	6	28	190	5	40	241	5	44	283	5	42	291	4	44	292	2	45
Hrabyně	95	7	55	180	6	45	235	6	45	285	5	41	295	4	40	295	3	42
Orlíky	100	6	51	185	6	42	234	5	45	239	4	52	245	2	61	249	2	60
Příbor	85	7	75	159	6	52	232	5	47	272	5	46	294	4	41	295	3	43
Třinec	90	7	62	170	7	49	232	6	48	279	5	44	298	5	39	308	4	40
Ámuhovice	118	6	33	178	6	46	232	5	49	252	5	52	259	4	57	259	4	57



Mapa 1 Úhrn srážek v mm za období 17.–21. 7. 1997.
Chart 1. Precipitation total, in mm, over 17–21 July 1997.

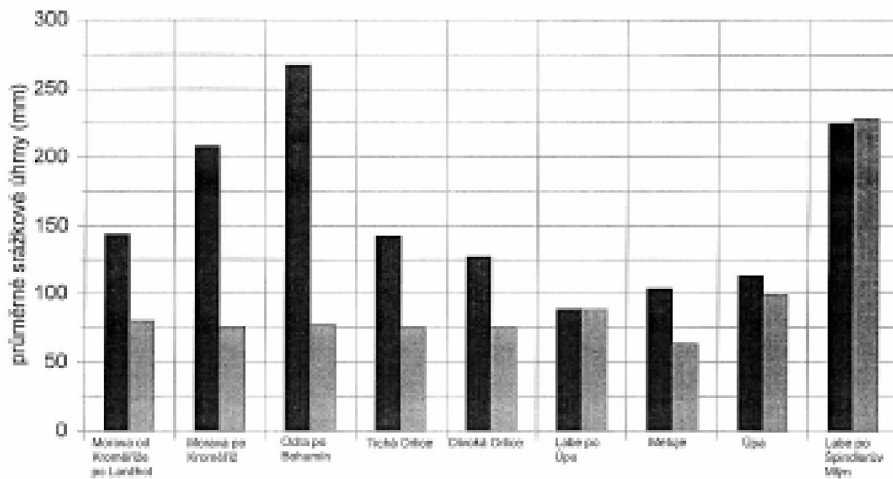


Mapa 2 Úhrn srážek v mm za období 4.–8. 7. 1997.
Chart 2. Precipitation total, in mm, over 4–8 July 1997.

4.2 Dvoudenní úhrny

Hodnotu 200 mm překročilo celkem 34 stanic. Kromě severní Moravy se tyto úhrny vyskytly jen v Hostýnských vrchách na střední Moravě (Chvalčov 209, Rusava 203 mm ve

dnech 6. a 7. 7.) a v Krkonoších (Pomezní Boudy 275 mm od 6. do 7. 7. a Labská bouda 239 mm od 18. do 19. 7.). Srážky přes 300 mm spadly od 6. do 7. 7. v severní části Hrubého Jeseníku (Zlaté Hory Rejvíz 359 mm, Jeseník 356 mm, Vidlý 349 mm, Heřmanovice 305 mm), dále v Beskydech (Lysá Ho-



Obr. 1 Srovnání průměrných srážkových úhrnů ve vybraných profilech.

Fig. 1. Comparison of average precipitation totals at selected sites.

Tab. 5 Průměrné úhrny srážek a objemy srážek na povodí ve srovnání spovodím Odry po Bohumín (P = poměr k hodnotě pro Odru).

Table 5. Average precipitation amounts and precipitation volumes in the catchment in comparison with the Odra catchment till Bohumín (P — ratio to the value for the Odra river).

Povodí	Plocha km ²	I 3.-8.7			II 16.-21.7			Poměr I/II
		Úhrn mm	P %	Objem km ³	Úhrn mm	P %	Objem km ³	%
Odry (po Bohumín)	4892,64	268,19	100	1,232	81,44	100	0,374	329
Morava po Kroměříži	6173,62	214,05	80	1,107	80,03	98	0,414	267
Morava od Kroměříže po Lanžhot (bez Dyje)	4642,05	149,28	56	0,693	89,00	109	0,406	168
Tichá Orlice	743,03	153,10	57	0,114	74,86	92	0,096	204
Dívčí Orlice	782,20	131,86	49	0,103	74,87	92	0,098	176
Labe (Špindlerův Mlýn)	52,53	225,98	84	0,012	247,70	304	0,013	91
Úpě	619,64	117,12	44	0,725	98,45	121	0,610	119
Labe po Úpě	707,76	94,17	35	0,664	88,07	108	0,623	106

ra 339 mm, Sance 329 mm) a v oblasti Kralického Sněžníku (Staré Město Kunčice 324 mm).

4.3 Třídenní úhrny

Třídenní úhrn 250 mm přesáhlo 41 stanic. Z toho pouze tři byly mimo severní Moravu (Pomezí Boudy 313 mm, Rusava 255 mm, Labská bouda 256 mm). Kromě Labské boudy (18.–20. 7.) všechny úhrny přes 250 mm spadly ve dnech 5. až 8. 7. nebo od 6. do 9. 7. Ve druhé povodňové vlně pouze Labská bouda překročila 180 mm.

4.4 Čtyřdenní úhrny

Na devadesáti stanicích spadlo více než 190 mm, z toho pouze 11 stanic bylo mimo severní Moravu (šest na střední Moravě, tři v Krkonoších a dvě v Orlických horách). Svýjmkou Labské boudy (287 mm, 18. až 21. 7.) spadly zmiňované srážky ve dnech 5. až 8. 7., ojediněle 4. až 7. 7. Patnáct stanic v Beskydech, Jeseníkách, v oblasti Kralického Sněžníku a na severu Hostýnských vrchů překročilo 380 mm, z toho tři stanice přesáhly 490 mm (Šance 602, Lysá hora 571, Morávka Úspolka 503 mm).

4.5 Pětidenní úhrny

Devadesát dva stanic překročilo pětidenní úhrn 200 mm, ale jen Labská bouda (292 mm, 18. až 22. 7.) ve druhé vlně.

Úhrn přes 500 mm dosáhlo 6 stanic v severních Beskydech a Hrubém Jeseníku. Nejvíce naměřeno na Šancích, 617 mm. Nejvyšší úhrny spadly převážně 3. až 7. 7., méně 4. až 8. 7., vzácně 2. až 6. 7., v jednom případě 1. až 5. 7. (Pomezí Boudy 325 mm).

4.6 Sedmidenní úhrny

Sedmidenní úhrny se podstatně neliší od pětidenních. Maximum změřeno na Šancích, 626 mm. Ve druhé vlně jen Labská bouda překročila 300 mm (313 mm, 16. až 22. 7.). Pouze ve dvou případech byl sedmidenní úhrn vyšší o více než 20 mm než pětidenní úhrn (Labská bouda, 26 mm a Míšečky, 32 mm).

5. PRŮMĚRNÉ SRÁŽKY

A OBJEMY SRÁŽEK NA POVODÍCH

Zpracování denních srážkových map metodami GIS umožnilo vypočítat denní průměrné úhrny a objemy srážek na povodích plošnou numerickou integrací. Obrázek 1 a tabulka 5 obsahují některé výsledky těchto prací pro vybraná povodí při obou srážkových vlnách.

Průměrné srážky při povodňové vlně byly nejvyšší v povodí Odry. Např. srážky na horním toku Moravy činily ve srovnání s Odrou jen 80%, na Orlici kolem 50% a na Labi po Úpě 35%. Průměrné srážky na povodích v Krkonoších a Orlic-

kých horách je přitom třeba posuzovat s ohledem na podstatně menší plochu těchto povodí ve srovnání s povodím Odry. Některá dílčí povodí na Odře měla podstatně větší průměrný úhrn srážek než celé povodí Odry (např. Morávka před soutokem s Ostravicí 414,95 mm od 3. do 8. 7.). Vysoké průměrné úhrny na 5000 km² velkých povodích Odry a horní Moravy svědčí o mimořádném plošném rozsahu srážek první povodňové vlny na severní Moravě. Jak na povodí Odry, tak na povodí horní Moravy spadlo v té době 1,1 až 1,2 km³ vody.

Srážky hlavní povodňové vlny byly v povodí Odry a horní Moravy zhruba třikrát větší než při druhé povodňové vlně. Srážky druhé vlny přitom byly srovnatelné s hodnotami v severovýchodních Čechách s výjimkou horního Labe, kde průměrné srážky byly v této době třikrát vyšší než jinde. Proto také v Krkonoších byly obě povodňové vlny zhruba stejně velké.

Lektor RNDr. L. Němec, rukopis odevzdán v listopadu 1997.

Milan Šálek — Jan Kráčmar — Petr Novák — Martin Setvák (ČHMÚ)

551.577.37:551.501.777(437.2)

VYUŽITÍ METOD DÁLKOVÉ DETEKCE PŘI POVODŇOVÝCH UDÁLOSTECH V ČERVENCI 1997

Application of remote sensing methods during the July 1997 floods in the Czech Republic. This contribution deals with the remote sensing methods that were used during floods in July 1997. Among meteorological satellites, mainly the Meteosat geostationary satellite information was used, putting to advantage its high frequency of image transmissions. Meteorological radar also provided good service; particularly the data obtained from the recently installed Skalky radar in central Moravia helped to locate areas affected by the heavy rainfall. Part of the contribution is also a comparison between the radar-based estimate of precipitation and actually measured totals.

KLÍČOVÁ SLOVA: Srážky atmosférické — detekce dálková — družice meteorologické — radiolokátor — Česká republika.

1. ÚVOD

Atmosférické srážky, stejně jako většina meteorologických veličin, mají spojitý charakter v prostoru i v čase. Klasická měření pozemních stanic mohou být spojitá v čase, jsou však omezena na pozorovací stanoviště nebo jejich blízké okolí. Jejich vhodným doplněním se proto stávají distanční měření meteorologických družic a meteorologických radarů, které poskytují prostorově spojitou informaci, získávanou v diskrétních časech.

V průběhu devadesátých let se výrazně zlepšila kvalita, dostupnost a rychlost zpracování družicové i radarové informace. V současné době mají meteorologové k dispozici aktuální digitální informaci z družic METEOSAT a NOAA [4] a digitalizované radarové sítě, skládající se z radarů MRL-5 v Praze-Libuši [2] a Gematronik METEOR 360 AC na kótě Skalky na Dražanské vrchovině [1]. Příčinné srážky červencových povodní se vyskytovaly především v oblasti dosahu meteorologického radiolokátoru Skalky. Vzhledem ke geografické odlehlosti nepřinášejí údaje z radaru Praha-Libuš další upřesnění k odhadům srážek v oblasti Moravy a Slezska.

Předkládaný příspěvek ukazuje využití distančních metod při analýze meteorologické situace za povodňových událostí na počátku července 1997.

2. INFORMACE Z METEOROLOGICKÝCH RADARŮ

Meteorologický radiolokátor měří objemové rozložení radiolokační odrazivosti Z v intervalu 10 minut. Pro snazší přenos a zobrazování jsou objemová data předzpracována na dvourozměrné obrazové produkty s horizontálním rozlišením 2×2 km. Nejčastěji užívaným produktem je pole horizontálních průmětů maximálních odrazivostí, doplněné o jejich boční průměty ve směrech sever-jih a západ-východ

[2]. Využití této okamžité informace ilustruje obr. 1 (spolu s dalšími obrázky je uveden v barevné příloze), který znázorňuje nástup povodňové situace v sobotu 5. července 1997 18:00 UTC. Je zřejmé, že se jednalo především o oblačnost vrstevnatého charakteru s ojedinělým výskytem konvektivních buněk.

Pomocí semiempirických Marshall-Palmerových vzorců ($Z = aI^b$) můžeme přepočítat radiolokační odrazivost Z na okamžitou intenzitu srážek I . Časovou integrací těchto intenzit získáváme radiolokační odhady úhrnů srážek (obvykle za časový interval 1 až 24 hodin). V ideálním případě bychom jako vstupní data měli používat hodnoty radiolokačních odrazivostí v těsné blízkosti zemského povrchu; současnou praxí je užití polí maximálních odrazivostí [6].

Na obrázcích v barevné příloze jsou uvedeny příklady 24hodinových radiolokačních odhadů srážek ze 7. a 8. července 1997. Na obr. 2 je znázorněn 24hodinový odhad srážek ze dne 7. 7. 1997 z radarů Skalky a Praha-Libuš. Radiální oblasti snížených odhadů srážek ve východním směru jsou způsobeny částečným zastíněním radarového paprsku blízkými vrcholky stromů. Obr. 3 uvádí porovnání radarového odhadu úhrnu srážek s měřením srážkoměrné sítě ČHMÚ dne 8. 7. 1997. Obdobně jako v [6] pozorujeme v blízkém okolí radaru (do ca 40 km) slabé nadhodnocování srážek. S rostoucí vzdáleností se zvyšuje podhodnocení srážek, které je způsobeno především „neviditelností“ nejnižších partií oblačnosti díky zakřivení zemského povrchu, případně též zastíněním blízkými překážkami. K podhodnocení přispívá též útlum radarového paprsku ve srážkách, který však v případě radaru Skalky, pracujícího na vlně ve délce 5,3 cm, není dominantní. Nejvýraznější podhodnocení pak pozorujeme v horských oblastech Moravskoslezských Beskyd a Jeseníků, kde se k uvedeným vlivům navíc zřejmě přidává orografické zesílení srážek. K této domněnce nás přivádí v této situaci v oblasti Moravskoslezských Beskyd

pozorovaná závislost intenzit srážek na rychlosti větru při severním proudění vzduchu blízkého nasycení. [5].

Další radarová data z období 5.–9. 7. 1997 (jednotlivé snímky, animace polí maximálních odrazivostí s časovým krokem 1 hodina a výsledky radiolokačních odhadů srážek) lze získat na internetovské adrese :

http://www.chmi.cz/meteo/archiv/povodne_07-97/radar/

Celkově lze pozorovat mírné podhodnocení skutečných srážek radarovými odhady (průměrná hodnota podílu radar/srážkoměr byla 0,69). Neocenitelná hodnota těchto radarových odhadů srážek je však v jejich plošném pokrytí a aktuálnosti této informace. Výpočty radarových odhadů srážek v ČHMÚ byly zahájeny v roce 1996, operativní produkty jsou poskytovány od jara 1997; na jejich vylepšování se svyžitím mezinárodní spolupráce intenzivně pracuje [3].

3. VYUŽITÍ DRUŽICOVÉ INFORMACE

Český hydrometeorologický ústav má k dispozici informace z geostacionární družice METEOSAT ve výšce necelých 36 000 km a amerických družic NOAA na kvazipolární dráze ve výšce přibližně 820 km [4]. Snímky družic NOAA jsou dostupné ca 4x denně v pěti spektrálních kanálech s horizontálním rozlišením v poddružicovém bodě 1,1 × 1,1 km. Družice METEOSAT poskytuje data ve třech spektrálních kanálech v časovém intervalu 30 minut, v oblasti střední Evropy je horizontální rozlišení snímků přibližně 6 × 9 km. Díky této četnosti měření jsou animace snímků z družice METEOSAT vhodné ke sledování dynamiky a vývoje oblačných systémů. Animace snímků v infračervené oblasti spektra z období 4.–9. 7. 1997 v 3hodinových intervalech je možno nalézt na internetovské adrese :

http://www.chmi.cz/meteo/archiv/povodne_07-97/meteosat/met_anim.gif

Snímky z polárních družic NOAA mají výhodu v lepším horizontálním rozlišení a větším počtu spektrálních kanálů, proto jsou tyto snímky vhodné k detailnějšímu studiu struktury oblačnosti, případně i zemského povrchu. Snímky z družic NOAA zobrazující situaci z období 5.–14. 7. 1997 jsou uloženy na adrese

http://www.chmi.cz/meteo/archiv/povodne_07-97/noaa/

Příkladem zobrazení oblačnosti v kombinaci tří spektrálních kanálů je obr. 4, zpracovaný na základě měření družice NOAA 14 z 7. 7. 1997 v 12:28 UTC. Zaplavené oblasti na Moravě a Polsku jsou velmi dobře patrné na obr. 5. ze dne 14. 7. 1997 06:01 UTC (s rozlišením 1 × 1 km).

4. ZÁVĚR

Předložený článek nastínil praktické využití meteorologických radarů a družic při povodňových událostech v červenci 1997. Hlavním přínosem metod dálkové detekce je plošné pokrytí, operativní dostupnost aktuálních dat a možnost zobrazení dynamiky oblačných systémů formou animací. Radarové odhady srážek vykazují vcelku určitá podhodnocení, zvláště ve větších vzdálenostech od radaru a v horských oblastech, doplňují však plošné pokrytí aktuálně dostupných srážkoměrných měření ze synoptických stanic.

Literatura:

- [1] Havránek, P. — Kráčmar, J.: Nová meteorologická radiolokační stanice na střední Moravě. Meteorol. Zpr., **49**, 1996, s. 81–84.
- [2] Kráčmar, J.: Automatizace radaru MRL-5 v provozu Českého hydrometeorologického ústavu. Meteorol. Zpr., **48**, 1995, s. 37–44.
- [3] Kráčmar, J. — Joss, J. — Šálek, M. — Havránek, P. — Novák, P.: First Attempts to Quantitative Use of Data from Czech Weather Radar Network. [Rukopis pro „Final Seminar of COST 75 Project“, Locarno 23.–27.3. 1998.]
- [4] Setvák, M. — Hampl, P. — Hlavatý, K. — Kyjovský, Š.: Systém příjmu, zpracování, distribuce a archivace dat z meteorologických družic v ČHMÚ. Meteorol. Zpr., **49**, 1996, s. 174–181.
- [5] Šálek, M.: Meteorologický pohled na povodeň z července 1997. In: Sborník přednášek z konference Povodně a krajina '97. Brno 13.–14. 11. 1997.
- [6] Šálek M. — Kráčmar J.: Výpočet srážek z meteorologického radiolokátoru Skalky Meteorol. Zpr. **50**, 1997, s. 99–109.

Lektor RNDr. J. Strachota, rukopis odevzdán v listopadu 1997.

Michal Vrabec — Pavel Neruda — Roman Pozler (ČHMÚ)

551.579.4(437.2)

HODNOCENÍ POVODNĚ Z ČERVENCE 1997 Z HLEDISKA HYDROPROGNÓZY

Assessment of the July 1997 flood in hydrological forecasting terms. The contribution presents assessment of one of the hydrological forecasting service's most important activities. It describes each type of the forecast information issued and distributed from each of CHMI's hydrological forecasting offices during the floods, and provides a brief description of the locally different conditions when compiling forecasts in terms of the quality and quantity of the input information, as well as the technical conditions and means for obtaining this information. The contribution also provides a summary evaluation of the success of each type of hydrological forecast issued for sites in Odra, Morava and upper Labe basins and on Labe river's lower stretches.

KLÍČOVÁ SLOVA: Extrémy atmosférických srážek — předpověď hydrologická — úspěšnost předpovědi — průtok — Česká republika.

ÚVOD

Soustavné sledování a předvídaní vývoje hydrologické situace v povodí Labe, Odry a Moravy patří vedle periodického sběru aktuálních dat a běžné operativní distribuce různých druhů hydrometeorologických informačních produktů k základní a nejdůležitější činnosti hydrologické předpovědní a povodňové služby. Tyto činnosti jsou zabezpečovány na podkladě pozorování v hlásné síti vodoměrných stanic, čítající v současnosti ca 150 profilů rozmístěných na 60 významnějších tocích po celém území republiky. Předpovědi se denně na regionální úrovni vydávají celkem pro 19 vodoměrných profilů v ČR a jejich časový předstih se v našich odtokových podmínkách pohybuje od několika hodin až do nejvýše jednoho dne. Hlavní způsob výpočtu je převážně manuální, v menším měřítku je zatím používán matematický model. Oba způsoby přitom různou měrou využívají základních metod—hydrometrické (princip odpovídajících si průtoků), hydrometeorologické (využívající naměřené srážky v povodí) a hydrosynoptické (kalkulující s předpovídaným množstvím srážek).

Neméně důležitá je také varovná funkce předpovědní služby, jejímž výstupem jsou výstražné zprávy, upozorňující na pravděpodobnost vzniku povodňové odtokové situace, které jsou směřovány především na povodňové orgány s celostátní a regionální působností, složky Civilní ochrany, požární ochrany apod. Takovéto druhy hydroprognózních informací byly vydávány také před a pak i v průběhu letošních červenových povodní.

ČINNOST PŘEDPOVĚDNÍCH PRACOVÍŠŤ ZA POVODNĚ V ČERVENCI 1997

Ještě před počátkem povodně byla vyslána jak z centrálního hydroprognózního pracoviště v Praze (OHP), tak i z pobočkových pracovišť hydroprognózy, první upozornění na pravděpodobný nebezpečný vývoj meteorologické a následně i odtokové situace. První impuls obvyklým adresátům vyšel z těchto služeb v pátek 4. 7. a předpokládal výskyt místy vydatných srážek pro následující dva dny (5. a 6. 7.), převyšující v některých oblastech i značně 30mm za 24 hodin. Vzhledem k celkově malému nasycení půdy a podprůměrným vodnostem toků ve většině povodí se očekávaly zpočátku, během pátku a soboty, mírné vzestupy hladin toků na celém území ČR a jejich výraznější pohyb až v neděli, především v jihozápadních Čechách, v oblasti Českomoravské vrchoviny a na severovýchodě Moravy. Během 5. 7., kdy ještě vzrostla pravděpodobnost výskytu místy až mimořádně intenzivních dešťů s výhledem na jejich další pokračování i v následujících dnech, byla opakovaně vysílána centrálním i místním složkám povodňové ochrany další varovná hlášení předpovídající vysoké srážkové úhrny a rozvodnění toků zejména v oblasti severovýchodních Čech, Slezska a Moravy během sobotní noci a v neděli 6. 7. již dosažení směrodatných stavů pro vyhlášení II. a III. stupně povodňové aktivity (SPA). Zároveň se očekávaly ještě další výrazné vzestupy hladin toků v těchto oblastech.

Tyto předpovědi se nejen vyplnily, ale jak srážkové úhrny, naměřené během 6., 7. a poté i 8. července, jež dosáhly často až mimořádně vysokých hodnot přesahujících 100mm za 24hodin, tak urychlost rozvodnění zejména malých horských a podhorských toků v povodí horního Labe, Stěnavy, horního

povodí Orlice a dále toků v horních povodích Moravy, Bělé, Odry a Bečvy, ještě předčily očekávání v rychlosti a zejména velikosti vzestupů hladin. Již během 6. a 7. mnohé z nich dosáhly kulminačních stavů při místy až extrémních vodnostech, které zde dosud ještě nebyly zaznamenány.

Podobně tomu bylo i před druhou vlnou srážek a povodní od 18. do 21., resp. 30. července, která byla avizována z centra i z regionálních předpovědních pracovišť již od středy 16., za postupného denního upřesňování časových intervalů i oblastí výskytu srážek a následného nového rozvodnění toků. Tato povodeň však byla naštěstí pro většinu již dříve záplavami postižených území, zejména na severní Moravě a ve Slezsku, podstatně mírnější.

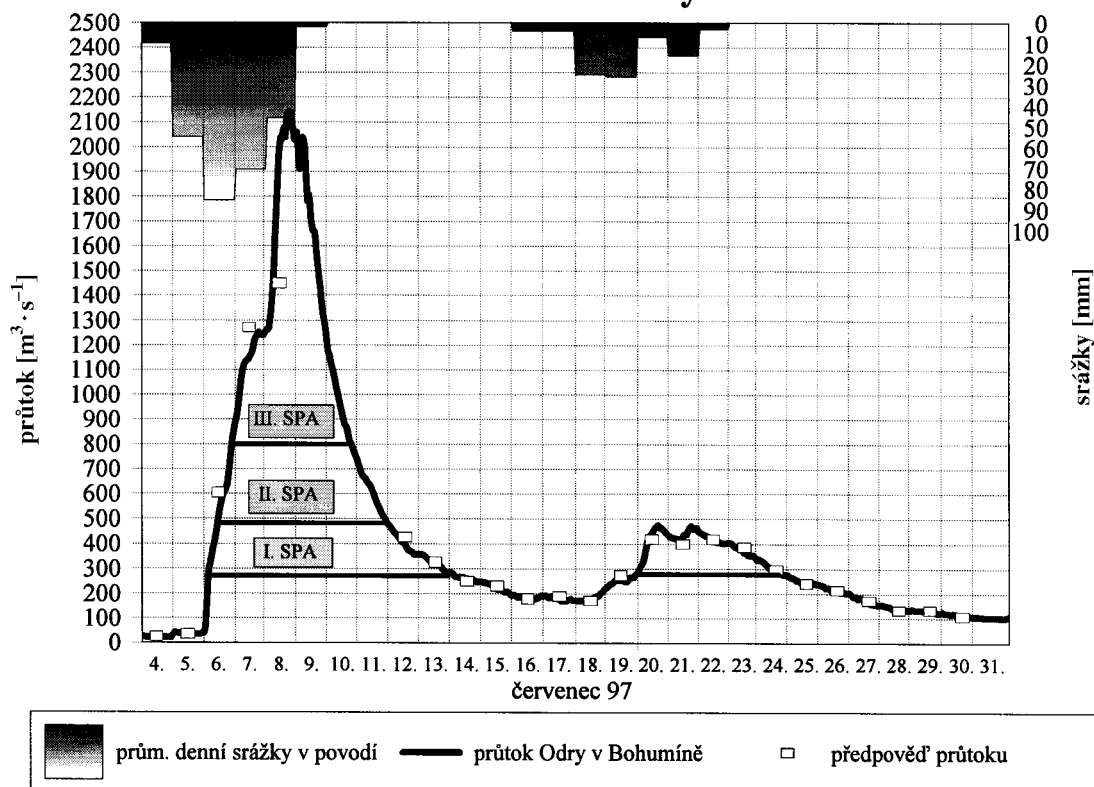
Prudký nástup povodně a enormní odtoky s devastačními dopady způsobily v některých povodích také zaplavení, zničení či dočasné poškození vybavení vodoměrných stanic v měrných profilech hlásné služby, což někde spolu s výpadky elektrického proudu, a zvláště telefonního spojení, omezilo či znemožnilo na různě dlouhou dobu přenos operativních informací o vývoji stavu v horních tratích rozvodněných toků a značně ztížilo či dokonce vyloučilo možnosti sestavování spolehlivých hydrometrických předpovědí pro níže položené profily, kde se očekávala místy i velmi kritická odtoková situace.

Takto byly nejcitelněji postiženy hlásné stanice na horní Moravě, Bělé, Opavě a Bečvě, kde vodní živel napáchal snad největší škody. Dlouhodobý výpadek elektrického proudu v samotné Ostravě pak navíc na několik dní ochromil komunikaci i s tamním regionálním centrem ČHMÚ. Tyto nemalé problémy se samozřejmě musely odrazit především v předpovědní a informační operativě ostravského pracoviště, jež mělo k dispozici jen kusé, anebo žádné informace právě v odtokově nejkomplikovanějším období mezi 8. a 11. červencem. Podobně jako v jiných oblastech i zde se navíc objevovaly v klíčových hlásných stanicích obtíže s přesným oceněním průtoků užívanými měrnými křivkami průtoků z důvodů nebyvale vysokých vodních stavů.

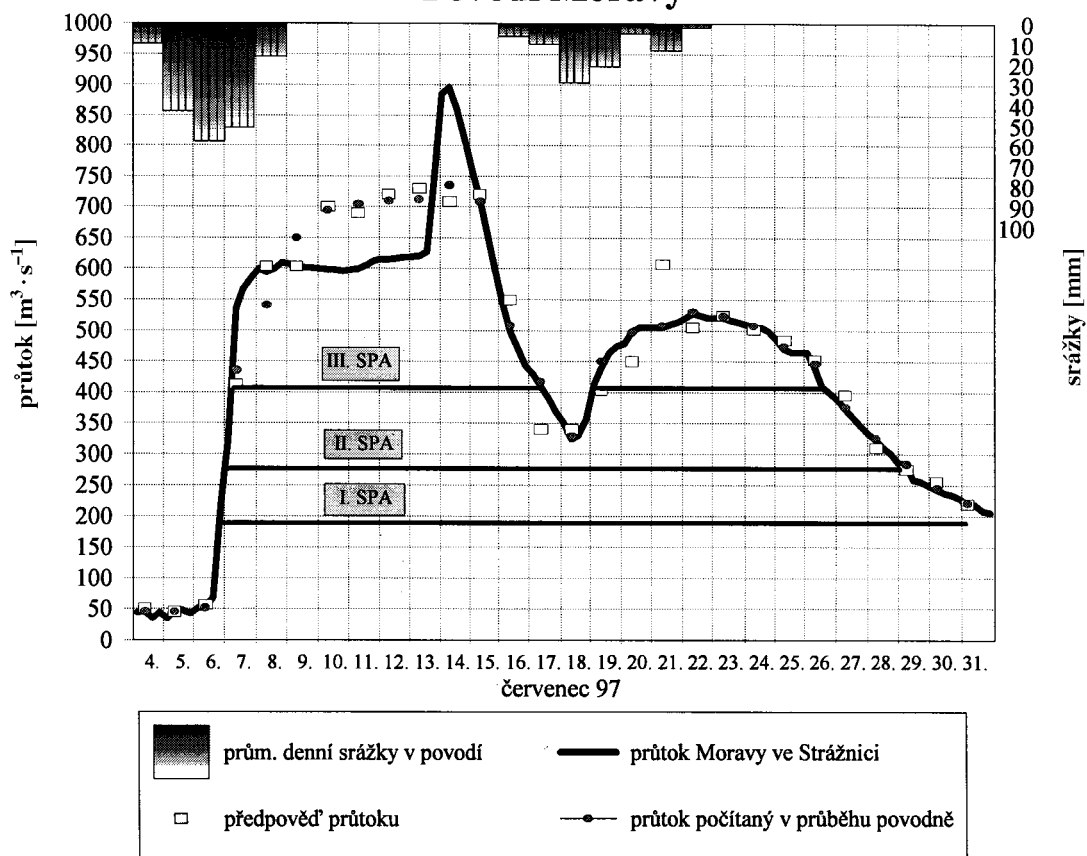
HODNOCENÍ PŘESNOSTI VYDANÝCH HYDROLOGICKÝCH PŘEDPOVĚDÍ

Přes všechny negativní vlivy, které přinesla tato po všech stránkách extrémní situace, byla však přesnost vydaných hydrologických prognóz dobrá až velmi dobrá (s vědomím handicapu chybějících předpovědí pro vrcholové části vln), což dokládají i údaje v tabulce. Průměrné chybě se v závěrovém profilu Odry v Bohumíně pohybovaly kolem 5 až 13 cm (svýjimkou kulminační fáze první vlny, která nebyla prognózně podchycena) a v průtočných hodnotách nebyly horší než o 10 až 15%. V mezích přípustné chyby ($\pm 20\%$ průtočného množství) bylo 90% předpovědí a přes polovinu z nich mělo odchylku menší než 5% průtoků (obr. 1). Podobně, i když celkově již ne tak přesné, byly předpovědi i pro další stálé předpovědní profily, tzn. pro horní Moravu v Olomouci a dolní Bečvu v Dluhonicích. Ty se potýkaly s problémem nedostatečných vstupních informací ještě markantněji a řada důležitých předpovědí zde proto také chyběla. I když většina těchto prognóz měla průměrné odchylky od skutečnosti zpravidla menší než 25cm, v průtocích pak pod 20%, a u nadpoloviční většiny byly dokonce do 5%, celkový rozptyl chyb zde byl větší než u ostatních profilů, což je patrné především v první vlně.

Povodí Odry



Povodí Moravy



Obr. 1 Znáznornění průtoků [$m^3 \cdot s^{-1}$] a množství srážek [mm] v povodí Odry a Moravy.

Fig. 1. Discharges [$m^3 \cdot s^{-1}$] and precipitation amounts [mm] in Odra and Morava basins.

Tab. 1 Hodnocení hydrologických předpovědí 4.–30. 7. 1997.

Tab. 1. Assessment of hydrological forecasts between 4 and 30 July 1997.

a) 4. 7. - 14. 7. 1997

Tok	Labe Přebrouč	Labe Brandýs n. L.	Labe Mělník	Labe Ústí n. L.	Odra Bohumín	Morava Olomouc	Morava Olomouc	Bečva Dluhonice	Morava Strážnice
Počet předpovědí v kategoriích	I. 11 II. 14 III. 14	11	11	8	8	2	1	3	9
Předstih předpovědi [h]	>0 18 <0 -13	12	12	24	6	10	5	6	24
Průměrná chyba [cm]	14	-	5.5	29	13	2	22	28	16
Průměrná chyba [m ³ s ⁻¹]	18.9	38.4	36.1	94.5	(98)	1	28.5	29	16
Maximální chyba [m ³ s ⁻¹]	-13	-35	-25	-86	(-104)	-0.6	-45	-4	-28
% počet předpovědí průtoků v mezích přípustné chyby +/- 20 % průtoků	11	13	4.7	12.5	(9.8)	4	13	24	4
Stav [cm]	35	-	25	51	34	3	11	62	93
Průtok [m ³ s ⁻¹]	-20	107	-13	-51	-8	-1	-28	-10	-49
Průtok [%]	49.7	-70	100	173	97	1.4	17.9	66	63
Průtok [%]	-30	-22	-45	-136	(-500)	-0.6	-60	-4.2	-47
Průtok [%]	19.8	28.2	13	20.2	32	5.9	20.3	34.4	13
Průtok [%]	-23	-22	-11	-21	(-34)	-2.6	-21	-35	-8
% počet předpovědí průtoků v mezích přípustné chyby +/- 20 % průtoků	90	81	100	62	89	100	50	33	100

(-) absence přenesých průtokových hodnot v době vydání předpovědi

b) 15. 7. - 30. 7. 1997

Tok	Labe Přebrouč	Labe Brandýs n. L.	Labe Mělník	Labe Ústí n. L.	Odra Bohumín	Morava Olomouc	Morava Olomouc	Bečva Dluhonice	Morava Strážnice
Počet předpovědí v kategoriích	I. 14 II. 14 III. 14	16	16	15	16	8	4	2	5
Předstih předpovědi [h]	7	12	12	24	6	11	6	6	11
Průměrná chyba [cm]	8	-	11	16	5	12	2	39	5
Průměrná chyba [m ³ s ⁻¹]	11.7	20.7	20.5	48.5	7.7	11.2	1.7	25	5
Maximální chyba [m ³ s ⁻¹]	-13	-20	-24	-49	-6.3	-14	-1.8	-10	-6
% počet předpovědí průtoků v mezích přípustné chyby +/- 20 % průtoků	5	6	3	7	4	6.6	2	9.5	7
Stav [cm]	14	-	42	37	19	18	4	39	12
Průtok [m ³ s ⁻¹]	-18	60	-25	-39	-8	-33	-3	-10	-9
Průtok [%]	22	-56	61.7	103	22.8	33	3	33	10.3
Průtok [%]	7.9	11.8	-59	-102	-18	-24	-1.8	-8	-5
Průtok [%]	-13	-19	-7	-20	-4.8	-14	-2	-4	-17
% počet předpovědí průtoků v mezích přípustné chyby +/- 20 % průtoků	100	100	100	100	100	100	100	100	93

Snad nejtěživěji se absence potřebných aktuálních stavových či průtokových údajů z hlásné sítě v horní části po vodě promítla do předpovědi pro střední a dolní tok řeky Moravy, zvláště ve vzestupné fázi povodňové vlny mezi 7. až 11. 7., kdy se navíc situace zkomplikovala nespolehlivostí dosud platné měrné křivky pro Strážnici a především nekontrolovaným pohybem velkého objemu vody mezi korytem a inundacemi, který byl zapříčiněn protrháváním ochranných hrází podél toku. To se také nepříznivě projevilo v kalkulaci s jedním ze základních prvků hydrometrických předpovědí, tj. po-

stupovou dobou průtoků, která se v tu dobu již nedala prakticky používat.

Těmito negativními faktory byla také podstatně ovlivněna úspěšnost předpovědi pro profil Strážnice (viz obr. 1), kde se z důvodu zjevného podhodnocení tehdy platnou měrnou křivkou průtoky k naměřeným stavům zčásti odhadovaly podle měření z okolních stanic. Odhad či výpočet tohoto průtoků ovlivnily i boční rozlivy nad profilem, jež způsobily časovou disproporci mezi předpovídaným rychlejším a skutečným pomalejším přesunem podstatného objemu vody do tohoto před-

povědního profilu ve vrcholové části hydrogramu první vlny. Přesto, jak se později ukázalo podle povodňových a popovodňových terénních měření, takováto úprava křivky nebyla zcela správná a skutečnost nejspíše odpovídala průtokům menším (viz obr. 1 „průtok Moravy ve Strážnici“), je třeba při relativním posuzování přesnosti předpovědí tyto srovnávat s tehdy platnými údaji, z nichž předpověď vycházela. Z takového pohledu se jeví naprostá většina předpovědí pro strážnický profil velmi příznivě a je zde užitečné oddělit spíše než jinde posouzení předpovědi stavů a průtoků, jež místy ztrácely svou klasickou závislost. Za významnou předpovědní chybu ve Strážnici také nelze považovat interval „kulminačního“ vrcholu 14. 7., který byl vytvořen „uměle“ po protřžení hráze a náhlým výtokem vody z inundace nad profilem. Vodní stavy zde byly předpovídány v průměru s dvaceticentimetrovou chybou (tj. menší než 5%) a průtoky s odchylkou mezi 4 až 7% (v případě porovnání s dodatečně vypočtenými průtoky dle nové měrné křivky by chyby ve druhé fázi vzestupné větve dosahovaly nejvýše 17%), přičemž 70% předpovědí mělo chybu menší než 5%. Podíl přeceňujících i podhodnocených předpovědí byl vcelku vyrovnaný.

Obdobné problémy, ikdyž vcelkově menšího rozsahu až závažnosti, potkaly také při prognózní činnosti operativní služby ve východočeském regionu, kde se týkaly oblastí horní části Labe, Metuje, Tiché Orlice a částečně Chrudimky.

V povodí toků v regionu centrálního pražského pracoviště ČHMÚ se s výjimkou nedlouhého trvání povodně na horním toku Jizery, nevyskytla kritická odtoková situace, při níž by došlo k většímu vybřežování vody. Hydrologické předpovědi byly proto v tomto regionu vydávány s výjimkou horní Jizery a Sázavy pouze v obvyklém rozsahu i četnostech, v souladu s provozním řádem pracoviště.

Výsledky objektivního zhodnocení jsou zachyceny v tabulce „Hodnocení hydrologických předpovědí“, ato odděleně pro první [a] 4.–14. 7.] a druhé [b] 15.–30. 7.] období povodňových odtoků. Protože se povodňová situace ve větším rozsahu dotkla Moravy, Odry a jen částí povodí Labe, je hodnocení omezeno pouze na tyto oblasti. V tabulce jsou uváděny z moravských povodí a z toku Labe jen standardní předpovědní profily.

Pro většinu těchto stanic byly předpovědi počítány obvykle jednou denně po ranním termínu sběru dat, kdy byl dostupný potřebný počet výchozích měřených hydro-meteorologických veličin. Vydávaly se vždy s největší možnou dobou předstihu, která se pohybovala v závislosti na proměnlivé doběhové době průtoků v jednotlivých fázích povodně nejčastěji od 5 do 12 hodin, výjimečně až 24 hodin. V některých profilech, pro něž byly buď v průběhu celé povodně či alespoň v nejdůležitějších momentech k dispozici měřené vstupní údaje např. z automatických stanic, mimořádných odečtů dobrovolných pozorovatelů či jiných zdrojů, byly předpovědi v průběhu dne podle individuálních potřeb uživatelů ještě upřesňovány.

Případné jedno až dvouhodinové posuny termínu předstihu předpovědi v kladném i záporném smyslu oproti jeho běžné délce byly pro účely skupinového zhodnocení zaokrouhleny a předpovědi zahrnuty do jedné skupiny s průměrnou dobou předstihu.

K orientačnímu vyjádření míry obtížnosti při výpočtu předpovědí, vyplývajících z kvality a kvantity výchozích údajů, slouží uváděná kategorizace jednotlivých předpovědí jejich

zpracovatelem (viz tabulka). Do I. kategorie patří předpovědi 1. a 2. třídy podle ON 736804, tzn. předpovědi za mimořádné odtokové situace při úplnosti všech potřebných podkladů a dále předpovědi pro profil s velikostí mezipovodí (tj. odtokově nekontrolovanou částí povodí) do 20% celkové plochy povodí. Do II. kategorie pak patří předpovědi 3. třídy dle ON, tzn. za mimořádné odtokové situace při částečné neúplnosti potřebných podkladů a současně předpovědi pro profily s velikostí mezipovodí mezi 20 až 50% plochy povodí. Konečně III. kategorie zahrnuje předpovědi 4. třídy ON, tj. „povodňové“ předpovědi při značné nekompletnosti podkladových dat, či předpovědi bez kvantitativního vyjádření hydrologického prvku. Mimoto sem patří též předpovědi pro profily s velikostí mezipovodí větší než 50% celkové plochy povodí po prognózní profil.

V povodí dolní poloviny Labe nebyly v případě první menší (7.–13. 7.), ani druhé větší (17.–29. 7.) průtokové vlny vodnosti nijak mimořádné (max. 1/2 až 2leté, při I. až II. SPA) a na střední a dolní trati Labe docházelo prakticky pouze k přesunu vln z horní části povodí, za významnějšího přispění objemově jen nevelkých vln z bočních přítoků Doubravy a Jizery (1 až 2leté). Charakteristický tvar a průběh vzestupných isestupných větví hydrogramů tentokrát nebyl, až na některé výjimky, jež se vyskytly převážně v první vlně, významněji ovlivněn manipulacemi na středolabské či dolnolabské kaskádě jezových zdrží.

Tomuto průběhu také vcelku odpovídala náročnost a větší úspěšnost hydrometrických předpovědí, které byly pro jednotlivé vodoměrné předpovědní profily na úseku středního a dolního Labe vydány (Přelouč, Brandýs nad Labem., Mělník, Ústí nad Labem). Z uvedených údajů je zřejmé, že dosažené přesnosti předpovědí byly kromě Ústí nad Labem a Brandýsu nad Labem v první vlně velmi uspokojivé a ve více než 90% vmezích přípustné chyby přesto, že se často jedná o předpovědi II. kategorie a s předstihem delším než 12 hodin. Průměrné chyby průtoků se pohybovaly mezi 5 až 13%, přičemž nadpoloviční většina předpovědí se lišila od skutečnosti o méně než 10%. V žádném v profilu nebyla patrná významná převaha podceňujících či přeceňujících předpovědí. Celkově přesnější byly předpovědi v průběhu druhé vlny.

Vzhledem k „typické“ a tvarově pravidelné vlně v závěrovém úseku dolního Labe, téměř bez ovlivnění průtokem z Ohře i z povodí malých bočních přítoků, se dala očekávat příznivější bilance předpovědních chyb v profilu Ústí nad Labem, než jaká byla ve skutečnosti docílena. Podíl na celkově málo uspokojivém výsledku zde má kromě subjektivního vlivu prognostika i charakteristické (v tomto případě však v menší míře) několikahodinové kolísání hladiny pod VD Střekov na vzestupném i sestupném úseku povodňové vlny, které ovlivňuje bodové hodnocení přesnosti prognózy průtoků.

V této souvislosti je třeba konstatovat i skutečnost, že také předpovídaný průběh povodňové vlny v Ústí nad Labem počítaný hydrologickým modelem nebyl ve většině případů, a tedy ani v průměru úspěšnější než manuální předpověď hydrologa.

Kromě zmíněných standardních předpovědí byly vydány i hydrometeorologické či hydrosynoptické předpovědi pro řadu menších toků. V OHP v Praze se to týkalo rozvodněných úseků Jizery a Sázavy. U Jizery byly odhadovány pouze kul-

minace s mírným přestoupením stavů III. SPA na horním toku v Železném Brodě a II. SPA na středním a dolním toku, které se od skutečnosti příliš nelišily. Pro předpovědi odtoku z horní Sázavy bylo pro odhad doby a výšky kulminace první i druhé vlny použito i hydrologického modelu. V obou vlnách došlo k dobrému odhadu doby, ale k celkovému přecenění výšky kulminace. V případě první vlny byla předpověď úspěšnější, zejména proto, že v době jejího vydání se již neočekávaly další výrazné srážky v povodí, takže chyba činila asi 12% v průtoku a ca 30 cm. V době nutnosti vydání předpovědi kulminace pro druhou vlnu však byla situace složitější. Podle dostupných vstupních dat o spadlých srážkách v povodí (použity dvě stanice z „hydrostartu“ – měření srážek z meteorologického radaru) a předpovědi srážek pro dané území očekávající ještě celodenní déšť se dalo předpokládat dosažení hodnot blízkých první vlně. Tyto předpoklady však byly liché, a jak se dodatečně ukázalo, skutečně spadlé srážky byly již v době vydání předpovědi vyšší (v obou meteorologických stanicích o 35 až 50%) a naopak následující další srážky v povodí byly v průměru o více než 50% menší než jejich předpověď. Výsledkem byl opět přeceněný odhad kulminačního průtoku, tentokrát však o 40%, tj. o 75cm (při dvacetihodinovém předstihu). Tento malý příklad dokumentuje obtížnost použití byť dobře kalibrovaného hydrologického modelu při málo přesných či nedostatečných meteorologických vstupních údajích pro menší povodí.

Mimo vodoměrných stanic uvedených v tabulce a již zmíněných v textu se v průběhu povodně v hodnocených povodích pravidelně vydávaly většinou hydrometrické ale i hydrometeorologické či hydrosynoptické předpovědi pro profily na horním toku Labe a dolním toku Metuje v Jaroměři, na Moravě pro Kroměříž a Sptyhněv, na dolním toku Svratky pro Židlochovice a na horním toku pro přítok do nádrže Vír. Pro řadu dalších asi 30 hlásných profilů to pak byly odborné odhady kulminací, překročení úrovně hladin pro vy-

hlášení SPA, anebo dosažení jiných důležitých limitních stavů pro technickobezpečnostní opatření a nejčastěji pak předpoklady tendencí a míry pohybu hladin.

Závěrem lze říci, že i přes relativní a různou měrou omezené možnosti při tvorbě předpovědi na jednotlivých hydroprognózních pracovištích, byla v naprosté převaze případů jejich úspěšnost velmi dobrá, pokud se týká průběhu vln, předpovědi tendencí i kulminačních stavů či průtoků v rozsahu zhruba do úrovně 20letých vod. Přijatelným výsledkům se vymykaly pouze jednotlivé předpovědi, které většinou předpovídaly již extrémní hodnoty prvku a současně vycházely z nedostatečných anebo zkreslených vstupních informací jak hydrologické, tak i meteorologické povahy.

Palčivým problémem prognózy však nadále zůstávají málo úspěšné předpovědi prudkých nárůstů průtoků při nástupu povodní a eventuálního odhadu možných kulminací vln, jež je z ryze praktických důvodů nutno vydávat pouze na základě meteorologických předpovědi srážek, a to i pro relativně malá území. Právě metodický rozvoj těchto postupů včetně rozšíření aplikace hydrologických modelů musí být těžištěm úsilí ve zlepšování prognóz operativní hydrologie v nejbližší budoucnosti.

Dalším citelným nedostatkem, který významně ovlivňuje kvalitu hydrologických předpovědi apromítá se především do prognóz na menších a středních povodích, prozatím zůstává nedostatečná průběžná informace o aktuálních naměřených srážkách, které jsou v ČHMÚ k dispozici prostřednictvím „hydrostartu“ pouze z řídké sítě synoptických stanic s profesionální obsluhou.

V letošních extrémních podmínkách se také zřetelně projeví i slabiny v technickém zabezpečení informačních systémů zejména při přenosu dat, jež přivodily zbytečné problémy právě v nejnepohodnější době.

Lektor Ing. R. Sochorec, rukopis odevzdán v listopadu 1997.

ODTOKOVÁ SITUACE ZA POVODNĚ V ČERVENCI 1997 V POVODÍCH ODRA, MORAVY A LABE

Runoff situation in Odra and Mora va basins during the July 1997 floods. Extreme precipitation occurred in Moravia, Silesia and eastern Bohemia in July 1997, which caused the largest culmination discharges on many streams in Odra, Morava and Labe basins over the entire period of observations. The floods arrived in two waves. For the first wave, a five-day precipitation total over the 4 to 8 July period was decisive while the total for the 17 to 21 July period was most important. Moravia saw the largest amount of precipitation in the first period, in the mountainous areas of Hrubý Jeseník (Praděd, 454 mm) and Moravskoslezské Beskydy (Lysá hora, 585 mm), Bohemia in Krkonoše Mts. (Labská bouda, 260 mm). The rainfall caused a rapid increase in discharges, which had been subnormal on all water streams before the onset of this heavy precipitation. The flood developed at an unusual speed. Already in the morning of 6 July third-degree flood emergency was called at Desná in Šumperk and at Jeseník na Bělé. Discharges in each of the streams then culminated from 7 to 8 July. On Morava river, the extreme flood wave formed a broad, continuous river that flowed outside its bed from as far as upstream of Olomouc, like Bečva did from Přerov. Due to its massive outflow, the flood wave followed an absolutely unpredictable course, particularly in Moravia's central and southern parts. Culmination at the closing site on the Morava at Strážnice only occurred on 14 July when a railway embankment was torn by the water masses. Hundred-year discharges were exceeded during culmination in the Odra basin along the entire Bělá stream, on the Odra, Opava, Opavice and Ostravice rivers, in the Morava basin along the entire Morava stream and its Desná, Třebůvka, Bečva, Moštěnka and Rusava tributaries and in the upper parts of the Svitava basin, and in the Labe basin at the Labská water project and on Tichá Orlice, Třebovka and Loučná. The second wave of floods in Odra and Morava basins did not reach so high a culmination as the first wave did (roughly one-third to one-half in comparison

with the first wave). In Bohemia, the second wave brought about much heavier floods on the upper stretches of Labe, mainly at the Labská water project, and on the Jizera river. The July 1997 floods can be clearly regarded as the heaviest flood of this century in Moravia and Silesia, in terms of both its magnitude and the duration of extreme discharges, as well as the square area affected.

KLÍČOVÁ SLOVA: Extrémny atmosférických srážek — povodeň — tok vodní — průtok — odtok — vlna povodňová.

1. ÚVOD

V červenci 1997 se vyskytly na Moravě, ve Slezsku a ve východních Čechách mimořádné srážky, které vyvolaly na mnoha tocích největší kulminační průtoky za celé období pozorování. Z hydrometeorologického hlediska probíhala povodeň ve dvou vlnách. Pro první vlnu povodní byl rozhodující 5denní srážkový úhrn za období od 4. 7. do 8. 7., pro druhovou vlnu povodní úhrn za období od 17. do 21. 7. 1997. Hydrologická odezva v jednotlivých povodích podle územní působnosti poboček Českého hydrometeorologického ústavu Ostrava, Brno a Hradec Králové je popsána dále.

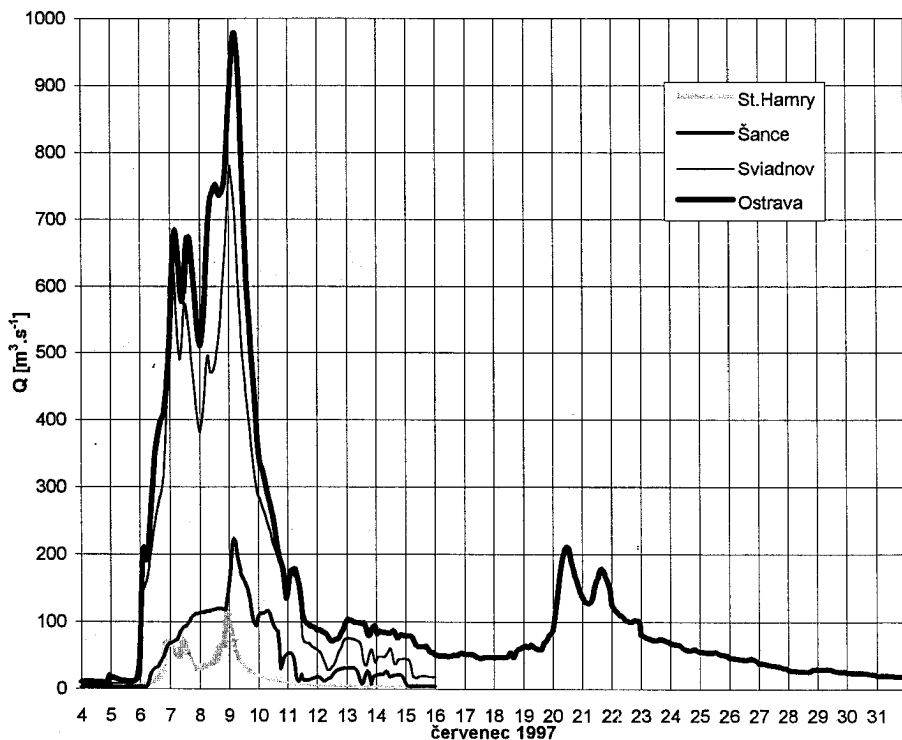
2. POVODÍ ODRY A HORNÍ MORAVY

Kulminačních průtoků bylo dosaženo na horských tocích již 7. července, na dolních úsecích řek pak ve dnech 8. 7. až 9. 7. 1997, přičemž hodnoty kulminací překročily ve většině vodoměrných stanic tzv. stoleté vody.

Prostorové rozložení srážek mělo na severní Moravě a ve Slezsku dvě výrazná centra, a to v horských partiích Jeseníků a Moravkoslezských Beskyd. V oblasti Hrubého Jeseníku spadlo od 4. 7. do 8. 7. nejvíce srážek na Rejvízu (513 mm), v Jeseníku (512 mm), na Pradědu (454 mm) a v Bělé p. Pradědem (438 mm). V jihovýchodní části posuzovaného území bylo rozložení srážek v protáhlém směru od Hostýnsko-Vsetínské pahorkatiny po Slezské Beskydy. Nejvíce srážek se naměřilo na přehradě Šance (616 mm), což je nejvyšší úhrn srážek za období od 4. 7. do 8. 7. na území severní Moravy. Druhý nejvyšší úhrn byl zaznamenán na Lysé hoře (585 mm).

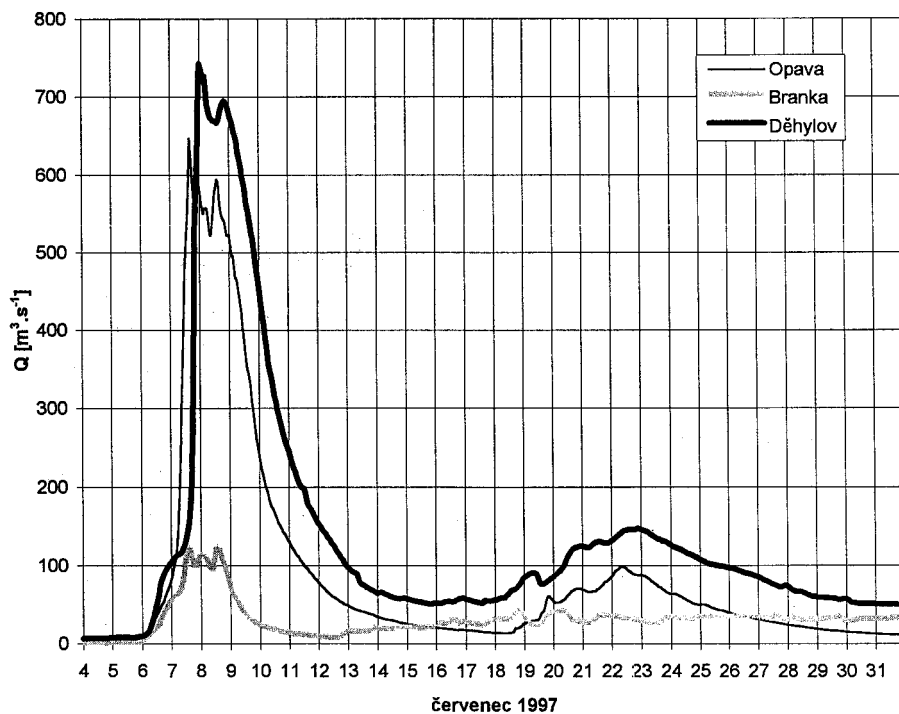
Z jesenického centra srážek odtékají do Odry zdrojnice řeky Opavy a Moravice, řeka Bělá do Polské republiky a levostranné přítoky Moravy — Krupá, Branná a Desná. Povodňová vlna zcela zničila vodoměrné stanice na horní Opavě. Maximální průtok činil s ohledem na transformační účinek nádrže Slezská Harta na Moravici v Brance jen $124 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, na Opavě v Opavě $647 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a na Opavě v Děhylově $744 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Povodňová vlna dosáhla v Opavě vrcholu 7. 7. v 16h, poté poklesávala a vytvořila několik menších vrcholů v závislosti na spadlých srážkách. Prudký vzestup průtoků dne 8. 7. byl způsoben srážkovým úhrnem, který činil na Pradědu 50mm (8. 7. od 6 do 12h). V přímé návaznosti na tuto stanici je závěrová vodoměrná stanice řeky Opavy v Děhylově, kde je vlna posunuta o postupovou dobu a ztransformována vlivem rozlívů. Na Bělé v Mikulovicích bylo dosaženo kulminace $390 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Průběh povodňové vlny zde má rovněž několik vrcholů.

Průtok bystřiny Krupé v Habarticích vykazoval vzestup do 6. hodiny 7. července tak, jak stoupaly intenzity srážek v jejím povodí, potom klesal, aby se s opětovným nárůstem srážek (podle 6hodinových úhrnů na Pradědu) prudce zvedl a dosáhl svého maxima $120 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 7. 7. v 17 hodin. Průběh povodňové vlny Desné v Šumperku ($Q_{max} = 191 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) přímo koresponduje s již zmíněnými 6hodinovými úhrny srážek na Pradědu, neboť Divoká Desná pramení pod tímto jesenickým vrcholem. Prudký nárůst průtoků je dobře patrný na Moravě v Raškově, kde má kulminace hodnotu $335 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (7. 7. v 8h). Druhý, nižší vrchol vlny byl způsoben nárůstem srážek i přítoky bystřin Krupé a Branné.



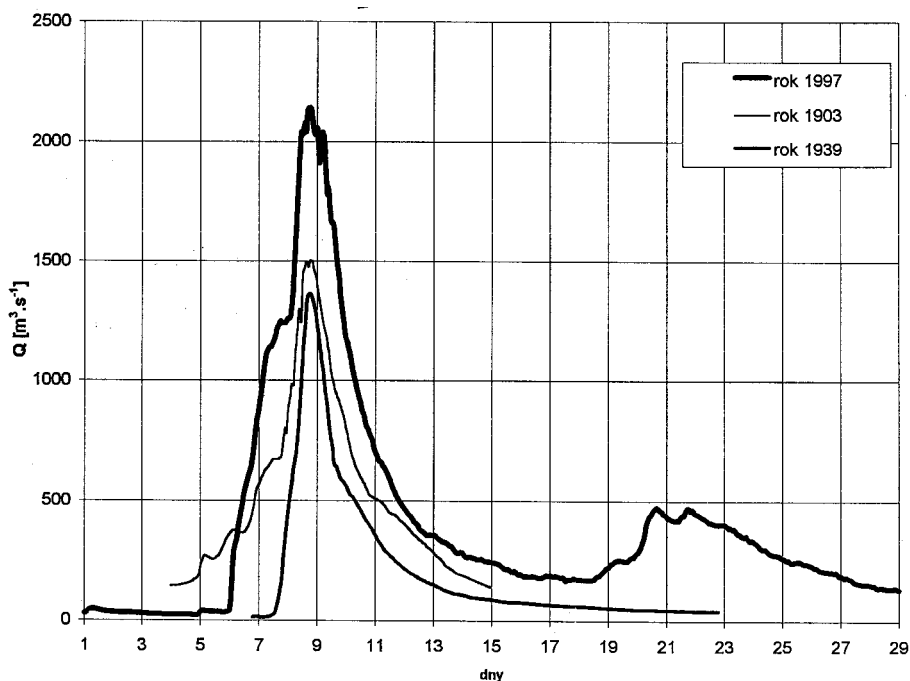
Obr. 1 Průběh průtoků na řece Ostravici, červenec 1997.

Fig. 1. Discharges in the Ostravice, July 1997.



Obr. 2 Průběh průtoků na Opavě a Moravici, červenec 1997.

Fig. 2. Discharges in the Opava and Moravice, July 1997.



Obr. 3 Hydrogramy vybraných povodní na Odře v Bohumíně.

Fig. 3. Hydrographs of selected floods on the Odra at Bohumín.

Z Moravskoslezských Beskyd odtéká převážná část vody řekou Ostravicí do Odry. Pouze z jižních úpatí hor odvádí vody pravostranný přítok Bečvy — Rožnovská Bečva. Ve Starých Hamrech na Ostravici byl zaznamenán první vzestup průtoků dne 6. 7., který odpovídá nárůstu srážek na Lysé hoře. Další průběh koresponduje se srážkami a kulminace bylo dosaženo 9. 7. v 1 h v noci při průtoku $111 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Povodňová vlna Ostravice se vlila do vodního díla Šance, kde se ztransformovala. Po dalších intenzivních srážkách a pod hrozbou sesuvu úbočí od Lysé hory do nádrže přetok vody přes přeli v a vypouštění spodními výpustmi dosáhl průtoku $230 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 9. 7. ve 4h. Ve vodoměrné stanici Sviadnov na řece Ostravici byl první vrchol zaznamenán 7. 7. v ranních hodinách a za ním následovaly další dva vrcholy v návaznosti na srážky

a odtoky vody z rozsáhlého mezipovodí. Vlastního vrcholu bylo dosaženo 9. 7. v 6 h ($789 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) v závislosti na odpouštění nádrže Šance. Průběhy průtoků řeky Ostravice v Ostravě kopírují kulminaci Ostravice ve Sviadnově (obr. 1).

Průběhy kulminací na řece Bečvě ukazují, že také zde došlo k prudkému vzestupu průtoků podle spadlých srážek. Rožnovská Bečva byla povodní zasažena více, neboť pramení na úpatí Moravskoslezských Beskyd, které představovaly jedno z center srážkové činnosti. Vlna ve Valašském Meziříčí dosáhla kulminace v 1 hodinu 7. 7. při průtoku $489 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Potom prudce klesala a na výtokové čáře se objevily dva další, podstatně nižší vrcholy. Ty byly důsledkem obnovené srážkové činnosti dne 8. 7. Kulminace Vsetínské Bečvy dosáhla ve Vsetíně průtoku $302 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (20letá voda), avšak v Jarcově

Tab. 3 Kulminační průtoky a kulminační specifické odtoky během povodně v červenci 1997 v povodí Moravy.

Tab. 1. Culmination discharges and culmination specific runoff, Odra and upper Morava basins, July 1997.

Tok	Stаницe	Plocha povodí [km ²]	Den	Hodina	Průtok [m ³ ·s ⁻¹]	Spec. odtok [l·s ⁻¹ ·km ⁻²]	N. letost	Q ₁₀₀ [m ³ ·s ⁻¹]
Odra	Svinov	1613,12	8. 7.	6	688	426	> 100 L	323
Opava	Opava	929,63	7. 7.	16	647	696	> 100 L	360
Děhylov	Opava	2039,11	7. 7.	24	744	365	> 100 L	332
Ostravice	Ostrava	822,74	9. 7.	3	978	1189	30	1167
Odra	Bohumín	4662,33	8. 7.	14	2160	463	> 100 L	1630
Odře	Verušovice	1068,00	9. 7.	6	833	780	30	1020
B. B.	Jeseník	116,91	7. 7.	6	216	1848	> 100 L	168
Morava	Boškov	349,76	7. 7.	8	333	938	> 100 L	146
Desná	Šumperk	241,16	8. 7.	6	191	792	> 100 L	168
Mor. Sázava	Lupáče	444,45	8. 7.	6	208	468	> 100 L	187
Morava	Moravský	1558,82	8. 7.	16	401	237	> 100 L	327
Třebůvka	Loštice	373,40	8. 7.	12	120	209	20	174
Morava	Olomouc	3322,07	9. 7.	20	715	215	> 100 L	484
Vst. Bečva	Vsetín	305,78	7. 7.	3	302	398	20	443
Rož. Bečva	Val. Meziříčí	233,07	7. 7.	1	489	1962	> 100 L	403
Bečva	Teplice	1273,99	7. 7.	16	892	338	> 100 L	767
Bečva	Dělnice	1398,79	8. 7.	1	837	323	> 100 L	744

již 669 m³ s⁻¹. Další chod průtoků je shodný s vlnou Rožnovské Bečvy. Vlastní tok Bečvy po soutoku byl ztransformován rozlivy, které začínaly pod Valašským Meziříčím. Průtok v Teplících činil 892 m³ s⁻¹ 8. 7. v 16 hodin.

Na soutocích toků a v nížinách docházelo k rozlivům vod a k zaplavování obcí a měst. Byla zasažena i Ostrava, kterou protéká řeka Odra ana území města se do ní mimo jiné vlévají její největší přítoky — Opava z Jeseníků a Ostravice z Beskyd. Na průběhu povodňových vln těchto řek je patrný rozdílný chod průtoků na Opavě a Ostravici, který je způsoben nestejným průběhem srážek v Jeseníkách a Beskydech. Zatímco Opava vykazuje prudký nárůst, transformaci vlny způsobenou rozlivy a pozvolný pokles, je vzestup Ostravice několikavrcholový vlivem přítoků z mezipovodí od Šancí po Sviadnov a vrcholu dosahuje až 9. 7. podle vypouštění nádrže Šance. Na chod průtoků Odry v Bohumíně měl v první fázi vliv jak vlastní tok Odry, tak beskydské přítoky nezachycené přehradami. Vrchol ovlivnila řeka Opava a nižší z vrcholů na výtokové čáře způsobila Ostravice. Kulminace v Děhylově a v Bohumíně přesáhly stoletý průtok — Opava v Děhylově 744 m³ s⁻¹ (obr. 2) a Odra v Bohumíně 2160 m³ s⁻¹. Na obr. 3 jsou vykresleny tři největší historické povodňové vlny na Odře v Bohumíně tak, aby jejich vrcholy byly pod sebou. Z pouhého vizuálního porovnání je vidět, že jejich průběhy jsou velmi odchylné. Objem povodňové vlny z července 1997 vysoce převyšuje objemy dalších největších historických povodní.

„Velká voda“ na severní Moravě a ve Slezsku přesáhla v řadě vodoměrných stanic své dosud zjištěné nejvyšší kulminační průtoky. Nebývalý plošný rozsah povodně způsobil zejména na Jesenicku pohromu, kterou je možno označit jako největší přírodní katastrofu tohoto století.

3. POVODÍ MORAVY

Za období od 4. 7. do 8. 7. 1997 byl průměrný srážkový úhrn pro povodí řeky Moravy po stanici Kroměříž 208mm,

po uzávěrový profil Lanžhot 177,4mm. Nejvíce srážek spadlo v tomto období na Pradědu — 454mm. Na většině území Moravy byl pětidenní srážkový úhrn vyšší než 100mm, na severní Moravě vyšší než 200mm. V povodí Dyje spadlo nejvíce srážek ve Svatouchu — 165mm a průměr na povodí činil 104,6mm. Ve druhé povodňové vlně, která měla největší průtoky od 17. do 21. 7., úhrny srážek již nedosahovaly tak vysokých hodnot. V povodí Moravy byl průměrný srážkový úhrn po stanici Kroměříž 75,5 mm a po Lanžhot 77,7 mm.

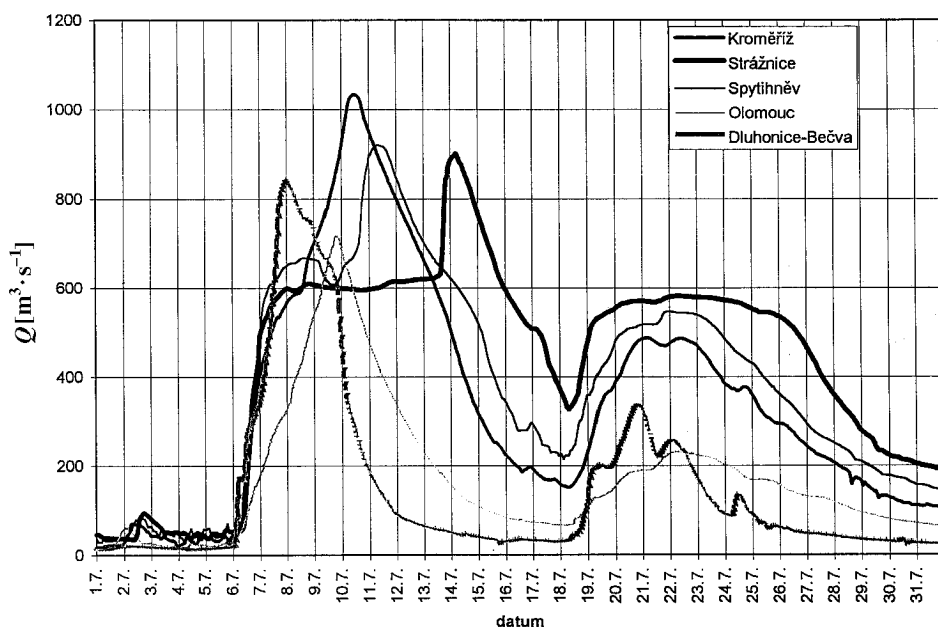
Hodnoty průtoků se v povodí Moravy pohybovaly dne 4. 7. v rozmezí 70–150% dlouhodobého červencového průměru. V noci ze 6. 7. na 7. 7. byly překročeny stavy odpovídající 3. stupni povodňové aktivity (3. SPA) na všech stanicích střední a dolní Moravy, tj Kroměříž, Spytihněv, Strážnice.

Celkový vývoj průtoků na úseku řeky Moravy pod soutokem s Bečvou byl doslova nevídaný. Na řece Moravě totiž převládají velké letní vody, které jsou způsobovány ve většině případů řekou Bečvou. Kulminační průtoky Bečvy předbíhají vlastní povodeň z horní Moravy i o 2 až 3 dny. Vrchol povodňové vlny na horní Moravě se vytváří střetnutím povodňových vln na Moravě, Krupé, Branné a především Desné. Zpočátku povodňová vlna postupuje dosti rychle údolím, později se vlivem rozsáhlých inundačních prostorů její postupová rychlost zmenšuje a její tvar zplošťuje, což vede ke snížení kulminačních průtoků. V červenci 1997 však extrémní povodňová vlna vytvořila souvislou širokou řeku, která tekla i mimo vlastní koryto již vysoko nad Olomoucí podobně jako Bečva od Valašského Meziříčí a zvláště pak od Přerova. V Olomouci Morava kulminovala 9. 7. ve 20 hodin. Na řece Bečvě se vytvořila vlna nejen velkého kulminačního průtoky, ale i velkého objemu spomalejší poklesovou větví, takže ještě značný průtok z Bečvy byl dostižen kulminačním průtokem z horního povodí Moravy. V obou případech již šlo o rozsáhlé rozlivy. V Kroměříži (plocha povodí = 7014,44km²), kde ještě 5. 7. byl Q_d = 35,5 m³ s⁻¹, kulminovala řeka Morava 10. 7. v 11 hodin průtokem přesahujícím 1000 m³ s⁻¹ (Q₁₀₀ =

Úsek	Úsek mezi limnigrafickými stanicemi	Vzdálenost [km]	Postupová doba při Q_{100} [h]	Postupová doba kulm. průtoků při povodni v VII. 1997 [h]
Morava	Ražkov-Moravčičany	49,9	14-15	32
Morava	Moravčičany-Olomouc	40,9	10-15	27
Morava	Olomouc-Kroměříž	39,3	6	16
Morava	Kroměříž-Spytihněv	23,1	4-5	21
Morava	Spytihněv-Strážnice	36,3	7	69

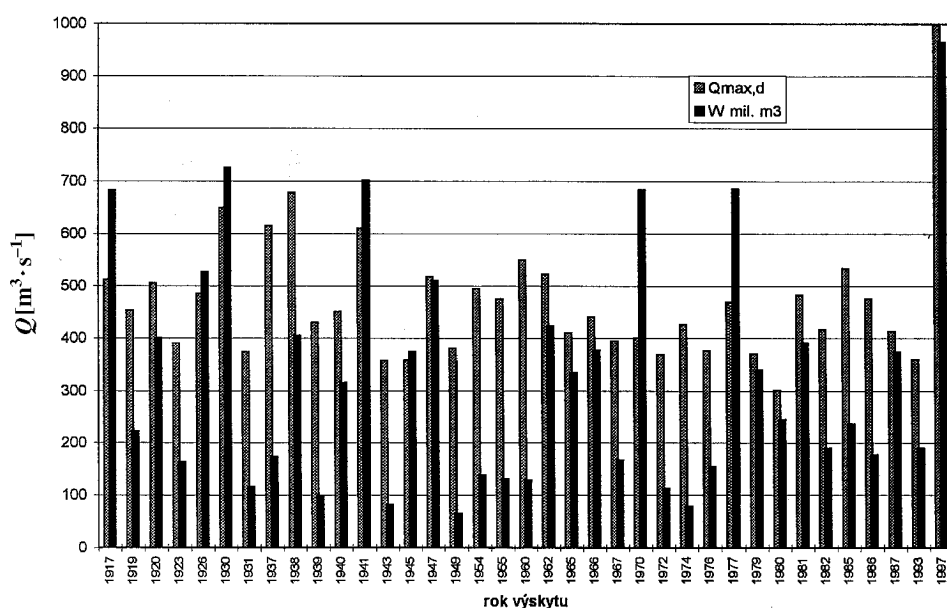
Tab. 2 Postupové doby průtoků při Q_{100} a povodni v červenci 1997 na řece Moravě.

Tab. 2. Discharge travel times, Morava river, July 1997.



Obr. 4 Průběh průtoků na řece Moravě a Bečvě, červenec 1997.

Fig. 4. Discharges in the Morava and Bečva, July 1997.



Obr. 5 Objemy vybraných povodňových vln a maximální denní průtoky, Kroměříž — Morava, červenec 1997.

Fig. 5. Selected flood wave volumes and maximum daily discharges, Kroměříž, Morava, July 1997.

= $725 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) a voda tekla několik km širokým korytem. Soustředěný průtok řeky Moravy pod Kroměříží byl jen v místě železničního a dvou silničních mostů v Napajedlích, které leží nad limnigrafickou stanicí Spytihněv. Ve Spytihněvi Morava kulminovala dne 11.7. v 8 hodin průtokem přes $900 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Voda se tam sice udržela v korytě, avšak vedle něho po levé straně tekla souběžně druhá řeka, která se vytvořila právě pod Napajedly. Postupové doby kulminačních průtoků při povod-

ni z července 1997 a z dřívějších velkých povodní určené empiricky jsou uvedeny v tab. 2.

Jak je patrné z tab. 2, povodňová vlna měla v důsledku obrovských rozlivů zcela nepředvídatelný průběh, a to zejména ve střední a dolní části povodí. Morava tekla v souvislém pásu, místy až 10 km širokém a hloubka rozlivů dosahovala až 3 m. Oproti předpokládaným postupovým dobám při Q_{100} docházelo vlivem plnění inundačních území k mnohahodino-

vým zpožděním kulminací mezi jednotlivými stanicemi. Ke kulminaci ve Strážnici došlo až po 69 hodinách od doby kulminace ve Spytihněvi. Příčinou byly hlavně průtrže hrází a navíc voda, která se akumulovala vzaplaveném území, byla vzdutá hrázemi nebo silničními a železničními násypy a vytvářela nebezpečí náhlého protržení překážek a zvýšení hladiny v řece Moravě. Ve Strážnici od 9. 7. se průtok ustálil přibližně na $600 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ až do doby protržení násypu železniční tratě Bzenec-Veselí nad Moravou, který zadržoval velké jezero vody. Tím došlo k vytvoření umělé kulminace a vzniklá vlna dosáhla dne 14. 7. v ranních hodinách hodnotu $900 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (obr. 4). Tento kulminační průtok byl pracovníky ČHMÚ změřen. Všechny výše uvedené kulminační průtoky přesahly dosud platné hodnoty Q_{100} (tab. 3). Hodnoty stoleté vody byly rovněž překročeny na přítocích střední Moravy, ato na Moštěnce v Prusích a Rusavě v Chomýži, zatímco Dřevnice ve Zlíně se stoleté vodě téměř přiblížila. Olšava v Uherském Brodu kulminovala 8. 7. průtokem odpovídajícím Q_{10} až Q_{20} . Z výše uvedených údajů je zřejmé, že významnost povodně na horním a středním úseku Moravy je velmi těžké charakterizovat v hydrologii běžně používanými popisy extrémních jevů.

Rovněž objem povodňové vlny se vymyká všem doposud známým údajům. Např. v Kroměříži, kde se průtoky vyhodnocují od roku 1916, objem povodňové vlny v době od 6. 7. do 10. 8. 1997 činil $964,985 \text{ mil. m}^3$ a je tudíž asi o čtvrtinu větší než doposud největší zaznamenaný objem (obr. 5).

3.1. Povodí Dyje, Svatky a Svitavy

V povodí Svatky měla mimořádný vliv na transformaci povodňové vlny nádrž Vír, která měla z důvodu stavby Vírského oblastního vodovodu sníženou hladinu vzásobním prostorem o 10m. Tím se podařilo zadržet veškerý objem povodňové vlny skulminací $128 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Průtok ve Víru p.přehradou v kulminaci dosáhl dne 9. 7. ve 12 hodin $38,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ s časovým zpožděním 21 hodin oproti kulminaci Svatky v Dalečíně ležícím nad přehradou. Údolí Svatky tak bylo uchráněno před většími záplavami. Horní Svitava kulminovala v časných ranních hodinách dne 8. 7. 1997 průtoky kolem Q_{100} a dne 9. 7. ráno byla velikost této vody transformována na Q_{20} v Bílovicích nad Svitavou. Svatka pod soutokem se

Svitavou v Židlochovicích měla svůj vrchol díky rychlejšímu odtoku ve Svatce den před tím — 8. 7. ve 23 hodin na úrovni Q_5 až Q_{10} (obr. 6). V povodí Svatky a Svitavy docházelo k vybřežení toků jen místně s rychlým navrácením vody do koryt (např. Borovnice, Dalečín, Svitavy, Letovice apod.). Tím, že na nejvýznamnějším pravostranném přítoku Moravy — řece Dyji — nevznikla povodňová situace, nedosáhly kulminační průtoky na Moravě po soutoku s Dyjí na slovenském území významné hodnoty.

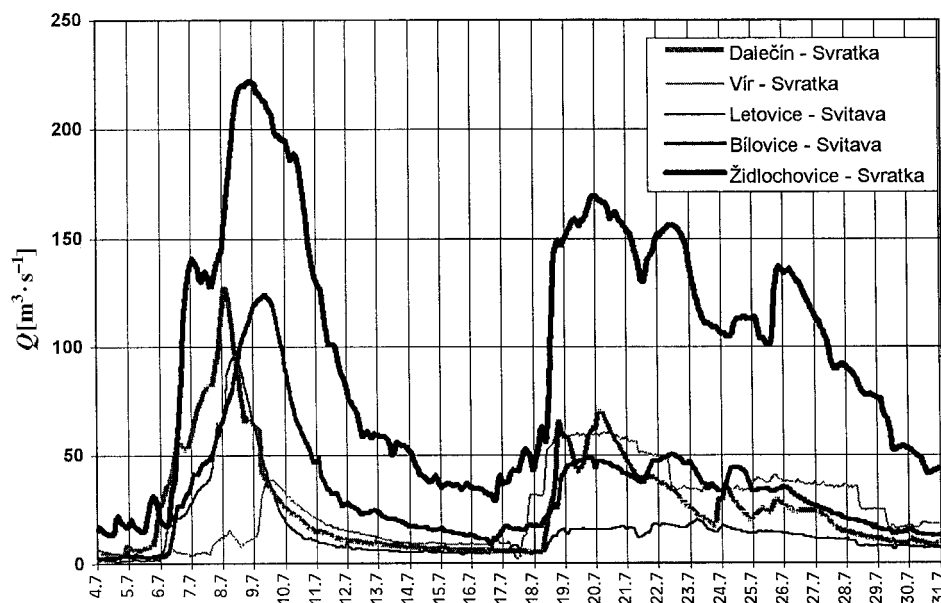
Celkový odtok plavenin na Moravě ve Strážnici jen za červenec 1997 činil 328238t, což je množství 26krát vyšší než průměrný měsíční odtok plavenin za posledních 10 let.

4. POVODÍ LABE

Mimořádné srážky, které zasáhly v červenci 1997 především oblast Krkonoš, Broumovské vrchoviny, Orlických hor, horní části povodí Tiché Orlice a Loučné a Českomoravskou vrchovinu, byly příčinou dvou vln povodní, které postihly východočeský region v průběhu druhé poloviny první červencové dekády a následně koncem druhé a počátkem třetí dekády měsíce července.

Příčinné srážky pro první vlnu povodní se váží na období od 3. 7. do rána 8. 7. 1997. Nejvyšší úhrny srážek za toto období byly zaznamenány voblasti Krkonoš od 150 do 322 mm (Horní Malá Úpa) smaximální intenzitou srážek 50 mm/5 hodin naměřenou v Peci pod Sněžkou dne 7. 7. 1997, v horní části Metuje a české části povodí Stěnavy od 120 do 200 mm (Teplice n. Metují), s maximální intenzitou 39mm/5 hodin naměřenou v Broumově, v oblasti Orlických hor od 120 do 170mm (Zdobnice), vhorní části povodí Tiché Orlice aLoučné od 150 do 263mm (Mikuleč), v oblasti Českomoravské vrchoviny a Železných hor od 110 do 165mm (Svatouch) s maximální zaznamenanou intenzitou 24mm/5 hodin vSeči. V Podkrkonoší a zbývajících oblastech již nebyly srážky tak výrazné a jejich úhrn za výše uvedené období 3.–8. 7. 1997 nepřesáhl 100mm. Nejnižší úhrny byly naměřeny na srážkoměrných stanicích v povodí Cidlina a Mrliny od 18 do 55mm.

Počátkem července se průtoky v profilech vodoměrných stanic pohybovaly na hodnotách odpovídajících 330denním (Svidnice-Chrudimka) až 90denním vodám (Malá Čermná —



Obr. 6 Průběh průtoků na řece Svitavě a Svatce, červenec 1997.

Fig. 6. Discharges in the Svitava and Svatka, July 1997.

Tab. 3 Kulminační průtoky a kulminační specifické odtoky během povodně v červenci 1997 v povodí Moravy.

Tab. 3. Culmination discharges and culmination specific runoff, Morava basin, July 1997.

Tok	Stаницe	Plocha povodí [km ²]	Den	Hodina	Průtok [m ³ ·s ⁻¹]	Spec. odtok [l·s ⁻¹ ·km ⁻²]	N-ležnost	Q ₁₀₀ [m ³ ·s ⁻¹]
Moštěnice	Prusy	229,91	7. 7.	21	228	970	> 100 L	113
Morava	Krom. Újezd	7014,44	10. 7.	11	1034	147	> 100 L	725
Rusava	Chomýč	27,32	7. 7.	14	40,5	1482	> 100 L	38
Rusava	Třebětice	39,75	7. 7.	19	44,6	747	20–30 L	37
Děvnice	Zlín	311,99	7. 7.	4	282	904	> 30 L	290
Morava	Spyšský Újezd	7890,71	11. 7.	8	920	117	> 100 L	686
Olšava	Ústí nad Roudou	401,23	8. 7.	9	140	349	10–20 L	225
Morava	Stožnice	9146,92	14. 7.	5	900	99	> 100 L	634
Dyje	Podhradí	1750,7	20. 7.	16	48,8	28	10d	310
Dyje	Yranov	2223,86	17. 7.	16	54,6	25	5d	225
Dyje	Těmín/Dvůr	3448,33	20. 7.	16	38,1	17	> 1/2 L	279
Svatava	Bocovnice	128,09	8. 7.	1	41	320	5 L	90
Svatava	Dalšín	367,01	8. 7.	2	128	349	30 L	143
Svatava	Yranov	486,38	9. 7.	19	61	1254	10 L	105
Svatava	Ver. Bítýška	1480,17	8. 7.	7	113	78	5 L	280
Svatava	Bono-Poříčí	1637,60	8. 7.	11	111	68	2–5 L	281
Svatava	Hradec	49,30	8. 7.	1	22,3	451	100	23
Svatava	Ladovice	419,30	8. 7.	8	97	231	> 100 L	82
Svatava	Bílovice	1116,36	9. 7.	8	123	112	> 20 L	175
Svatava	Zilbeňovice	3938,73	8. 7.	23	223	37	5–10 L	399
Jihlava	Drozeč	307,30	8. 7.	12	12,5	41	5d	60
Jihlava	Přácheň/Třebětice	963,12	19. 7.	8	44,3	46	1/2 L	280
Jihlava	Mohelno	1154,96	19. 7.	17	34	29	1/2 L	32
Odava	Oslovany	860,33	8. 7.	11	68	79	1/2 L	200
Jihlava	Ivančice	2681,33	8. 7.	19	69	26	5d	389
Dyje	Nové Mlýny	11833,05	20. 7.	7	280	24	5 L	460

Tichá Orlice). Následkem srážek, spadlých ve dnech 3.–5. 7., došlo ke zvýšení průtoků, které v neděli 6. 7. ráno dosahovaly v horních úsecích toků úrovní 60–120denních vod, na Třebovce v Hylvátech až púllletého průtoku. Průtoky v dolních částech toků se pohybovaly na hodnotách 120denních, na Cidlině a Mrlině pak pouze 240–300denních vod. V odpoledních a večerních hodinách dne 6. 7. nastal prudký vzestup hladin na tocích, především voblasti Krkonoš, horní části povodí Tiché Orlice, v povodí Třebovky a horní části povodí Loučné. Na přelomu 6. a 7. 7., respektive v časných ranních hodinách v pondělí 7. 7., byly již na výrazném vzestupu hladiny prakticky na všech horních úsecích toků odvádějících vodu z oblastí nejvíce postižených trvalými vydatnými srážkami (Broumovská vrchovina, Orlické hory, Českomoravská vrchovina a Železné hory). V této době bylo již dosaženo 3. SPA na horním Labi ve Špindlerově Mlýně, Úpě v Horním Maršově a Třebovce v Hylvátech.

V pozdějších ranních hodinách kulminovalo Labe ve Špindlerově Mlýně na přítoku do nádrže Labská při průtoku ca 110–120 m³ s⁻¹, což odpovídá hodnotě Q₄₀ (čtyřicetiletý průtok). Oproti ránu 6. 7. se jednalo o zvýšení odtoku o více než 110 m³ s⁻¹. Současně bylo dosaženo 3. SPA v úseku Labe nad Jaroměří, v dolní části povodí Úpy, v povodí Metuje, Stěnavy, horní části povodí Divoké Orlice a Tiché Orlice, v horní části povodí Loučné, Chrudimky a Doubravy. V nočních

hodinách ze 7. na 8. 7. 1997 a v časných ranních hodinách 8. 7. kulminovaly povodňové vlny na horním toku Metuje při průtoku ca 49 m³ s⁻¹ (Q₅₀) v Maršově n. Metují a 84 m³ s⁻¹ (Q₃₀) v Hronově.

Funkce přehradních nádrží na Labi a Úpě a rozliv vody do inundací v dolních částech toku Metuje mezi Novým Městem nad Metují a Jaroměří byly příčinou významné transformace povodňových vln na těchto tocích, což mělo příznivý důsledek pro úsek Labe od Jaroměře po Hradec Králové, kde kulminační průtok dosáhl úrovně Q₂–Q₅ (2. SPA).

Dále byly v této době zaznamenány kulminace povodňových vln na Stěnavě v Otovicích při průtoku ca 110 m³ s⁻¹ (Q₃₀) v horní části povodí Divoké Orlice na přítoku do nádrže Pastviny ca 135 m³ s⁻¹ (Q₅₀), na pravostranných přítocích Divoké Orlice na hodnotách průtoků odpovídajících 10 až 20leté vodě, v horní části povodí Tiché Orlice v Sobkovicích při průtoku ca 110–120 m³ s⁻¹, v Hylvátech na Třebovce 90 m³ s⁻¹ a Dolních Libchavách při ca 190 m³ s⁻¹. Průtoky na Tiché Orlici a Třebovce hodnotíme v současné době předběžně jako stoleté. V profilu vodoměrné stanice v Dolních Libchavách představovala kulminace při stavu 432cm vzestup hladiny oproti ránu dne 6. 7. otéměř 4m. Další kulminace byly v časných ranních hodinách zaznamenány na Loučné v Litomyšli při průtoku 40 m³ s⁻¹, kdy i tento průtok je předběžně hodnocen jako stoletý, dále na horním toku Chrudimky

Tab. 4 Kulminační průtoky a kulminační specifické odtoky během povodně v červenci 1997 v povodí Labe.

Tab. 4 Culmination discharges and culmination specific runoff, Labe basin, July 1997.

Tok	Stаницe	Plocha povodí [km ²]	Den	Hodina	Průtok [m ³ ·s ⁻¹]	Specifický odtok [l·s ⁻¹ ·km ⁻²]	Nálevnost	Q ₃₀ [m ³ ·s ⁻¹]
Labe	Špindlerův Mlýn	52,92	7. 7.	6	120	2268	30	152
Labe	Špindlerův Mlýn	52,92	19. 7.	8	150	2834	30-100	152
Labe	Nesoučice	4301,4	9. 7.	16	300	1162	10	793
Stěnaava	Otrovice	212,74	8. 7.	4	110	517	20-30	153
D.Orlice	Klášterec	153,15	8. 7.	1	130	857	30	164
D.Orlice	Nelotř	183,78	8. 7.	3	120	652	30	134
D.Orlice	Kostelec	490,31	8. 7.	7	120	244	10	240
T.Orlice	Soblovice	96,82	7. 7.	23	120	1239	100	123
T.Orlice	Dolní Lásčkovy	304,46	8. 7.	1	190	624	100	191
T.Orlice	Malá Čermná	689,96	9. 7.	4	240	347	100	239
Orlice	Týnský	1590,75	8. 7.	18	410	257	30	483
Třebovka	Hýčkov	174,23	7. 7.	21	90	516	100	91
Loučná	Lázně	143,37	8. 7.	3	39	267	100	38
Loučná	Čerčovice	333,16	8. 7.	21	30	140	30	69
Novohradka	Uhřetice	459,35	9. 7.	2	41	89	20-30	94
Novohradka	Uhřetice	459,35	20. 7.	18	46	100	5	94
Chrudimka	Nesoučice	851,86	9. 7.	11	123	144	10	215
Chrudimka	Nesoučice	851,86	20. 7.	23	123	144	10	215

v Hamrech (odtok znádrže) při průtoku 29 m³ s⁻¹ (Q₃₀) ahorním toku Doubravy na přítoku do nádrže Pařížov při průtoku 50–55 m³ s⁻¹ (Q₁₀).

V ranních hodinách 8. 7. byly dosaženy a překročeny 3. SPA na dolním toku Divoké Orlice, Tiché Orlice, na spojení Orlicí, na Labi pod Orlicí, na dolním toku Loučné, Chrudimky a Doubravy.

V noci z 8. na 9. 7. kulminovala Tichá Orlice v závěrovém profilu v Malé Čermné při stavu 481cm (240 m³ s⁻¹), což předběžně hodnotíme jako vodu stoletou. Vzestup hladiny oproti ránu 6. 7. představuje 3,5 m (zde se jedná o velmi plochou kulminaci v důsledku dotoku vody širokých inundací). Současně byla zaznamenána kulminace povodňové vlny na Novohradce v Uhřeticích při průtoku na úrovni Q₂₀–Q₅₀. Na Labi v Přelouči byl v této době dosažen 3. SPA.

Labe pod Hradcem Králové kulminovalo 9. 7. v odpoledních hodinách na 605cm, což je vodní stav o téměř 5 m vyšší oproti stavu hladiny před povodňovou situací, při ca 500–550 m³ s⁻¹ (Q₁₀–Q₂₀). V profilu Přelouč byla zaznamenána kulminace na úrovni 455cm při průtoku ca 570–600 m³ s⁻¹ (Q₅–Q₁₀).

S ohledem na skutečnost, že v současné době stále probíhají práce související s kvantitativním vyhodnocením povodní, je nutné chápat výše uvedené hodnoty kulminačních průtoků jako předběžné.

Příčinné srážky pro druhou vlnu povodní jsou vázány na období od 17. 7. do rána 20. 7. 1997. Nejvyšší úhrny srážek v tomto období byly zaznamenány v oblasti Krkonoš od 97 do 238mm (Labská bouda) s maximální intenzitou srážek 137mm za 12 hodin, naměřenou na Labské boudě 18.–19. 7., v povodí Stěnavy až 108mm (Vižňov), v oblasti Českomoravské vrchoviny a Železných hor až 102mm (Krásné).

Ve dnech 16. 7. 1997 a následně 17. 7. po vydání upozornění na intenzivní srážkovou činnost, očekávanou v nadcházejícím období, zahájil správce toků vyprazdňování zásobních prostorů nádrží voblastech, kde byly vydatné srážky předpokládány. Dne 17. 7. ráno se průtoky v profilech vodoměrných stanic pohybovaly na hodnotách odpovídajících 270denním vodám (Vestec — Mrlina) až pülletému průtoku (Svídnice — Chrudimka).

V průběhu druhé vlny povodní byla nejkritičtější situace v povodí horního Labe nad nádrží Labská. Již na přelomu 18. a 19. 7. byl na tomto úseku Labe dosažen 3. SPA. Povodňová vlna na Labi v profilu Špindlerův Mlýn na přítoku do nádrže Labská kulminovala při průtoku ca 140–150 m³ s⁻¹, což odpovídá téměř stoletému průtoku. Postupující povodňová vlna byla pak pod nádrží Les Království transformována natolik, že maximální průtok zde již nepřekročil ca 90 m³ s⁻¹ (Q₂–Q₅), což je již neškodný odtok pro úsek Labe pod nádrží Les Království. Úsek Labe nad nádrží Les Království byl v podstatě jediným, na kterém v průběhu druhé vlny povodní kulminační Q překročily hodnoty kulminací zprvní vlny červencových povodní.

5. ZÁVĚR

Celkově lze konstatovat, že povodeň v červenci 1997 v povodí Odry, Moravy a Labe byla výjimečná ve srovnání se všemi dosud pozorovanými povodněmi v těchto povodích jak do velikosti spadlých srážek, tak do dosažení kulminačních průtoků a objemů povodňových vln. Povodeň můžeme podle ČSN 736530 považovat za katastrofální povodeň, které nelze prakticky zabránit. Historické záznamy z obdobných povodní prokazují, že opakování podobné povodně není vyloučeno.

Lektor Ing. R. Sochorec, rukopis odevzdán v říjnu 1997.

HYDROMETEOROLOGICKÁ ANALÝZA HISTORICKÉ POVODNĚ V ROCE 1897 VE VZTAHU KE KATASTROFÁLNÍM ZÁPLAVÁM V ČECHÁCH NA ZAČÁTKU ZÁŘÍ 1890 A NA MORAVĚ V ČERVENCI 1997

Hydrometeorological analysis of the 1897 historical flood in relation to disastrous floods in bohemia in September 1890 and in Moravia in July 1997.

The paper presents an analysis of an extreme daily precipitation total of 345.1 mm in Jizerské hory Mts. on 29 July 1897, which has not been surpassed on the territory of the Czech Republic to date. The flood that resulted from this heavy precipitation is then compared with disastrous floods of September 1890, and the July 1997 flood. This latter situation afflicted north-eastern parts of Moravia and is unprecedented on the country's territory in this century in terms of its culmination discharges, extent and duration. Among the 19th century events, perhaps only those which occurred in Bohemia in 1845 and 1890 might be compared with the 1997 flood.

KLÍČOVÁ SLOVA: Extrémy atmosférických srážek — povodeň — historie — analýza.

ÚVOD

Tento příspěvek přímo navazuje na zveřejněný článek autora [8] ve sborníku ze semináře na téma Extrémní srážky, který se konal u příležitosti vůbec nejvyššího vyskytnuvšího se denního úhrnu srážek 345,1 mm dne 29. 7. 1897 na stanici Nová Louka v Jizerských horách. Tato hodnota nebyla za posledních 100 let na území ČR zdaleka překonána. Bylo konstatováno, že pětidenní trvalé deště ve dnech 27. až 31. 7. 1897 s maximem uprostřed dne 29. 7. byly způsobeny povodňově nebezpečnou povětrnostní situací „Vb“ dle klasifikace van Bebbera z roku 1891 [19]. Na zvláštní mapku pak byly zakresleny trajektorie této „povodňové“ cyklony od 27. do 31. 7. 1897 zároveň s letošním případem postupu obdobné cyklony od 4. do 9. 7. 1997. Extrémní srážky v r. 1897 vyvolaly v Jizerských horách a Krkonoších katastrofální povodně. Základní hydrometeorologické údaje o tomto případě byly čerpány z dnes již málo dostupné rakouské publikace [22], kde jsou mj. uvedeny synoptické mapy ze dnů 25. až 31. 7. 1897 a dále pak denní úhrny srážek ve dni 29. a 30. 7. a srážkové úhrny za období 27.–31. 7. 1897. V další části pak byl diskutován vliv nálevkového efektu, který značně zesiluje trvalé srážky za těchto synoptických situací právě v oblasti Jizerských hor, Jeseníků a Moravskoslezských Beskyd. Příspěvek končí několika dobovými zprávami o této živelní pohromě.

V tomto čísle Meteorologických zpráv provedeme stručně porovnání několika historických povodní v Čechách (1845, 1872, 1890 a 1897) a na Moravě (1941) s letošními katastrofálními záplavami na severovýchodní Moravě a částečně i ve východních Čechách v červenci 1997.

V druhé části popíšeme celkovou povětrnostní situaci a rozložení srážek v červenci 1897. Podobně jako v [22] bude dále provedeno porovnání případů této povodně se zářijovou v r. 1890, a to hlavně z hlediska nasycenosti povodí. V souvislosti s tím se dotkneme problematiky stanovení tzv. pravděpodobné maximální srážky a maximální povodně (Probable Maximum Precipitation — Probable Maximum Floods), viz [20].

1. KATASTROFÁLNÍ POVODNĚ V ČERVENCI 1997 VE VZTAHU K HISTORICKÝM POVODNÍM

Porovnávání historických povodní v době, kdy se ještě neprováděla systematická hydrologická měření, je značně obtížné. Pro území Čech máme nejdéle řadu takových měření na Vltavě v Praze až od roku 1825 a pro Labe v Děčíně od roku 1851, na území Moravy pak pro řeku Moravu v Moravském Jánu od roku 1893 a pro Odru v Bohumíně od roku 1896 [5]. Z předcházejících let se sice zachovaly značky velkých vod a více či méně věrohodné kronikářské záznamy o jednotlivých případech povodní, ovšem každá povodeň se nevyznačuje jen výškou kulminačního stavu či velikostí průtoků, nýbrž také délkou trvání povodňové situace s různou rychlostí opadávání povodňových vln. To vše značně ovlivňuje rozsah povodňových škod. Nelze také opomenout kalendářní dobu, kdy se povodeň vyskytla. V zimním období může být zhoubná povodeň ještě zhoršena ledovými jevy (zácpami s následným vzduťím hladin apod.).

V poslední době se podařilo po mnohaleté a úsilovné práci v archivech Kotyzovi a kol. [16] sestavit alespoň přibližné pořadí největších historických povodní na Vltavě v Praze a na Labi v Děčíně za několik posledních století. Podobná práce pro území Moravy však není autorovi známa. Pouze v [25] se uvádí z konce 19. století případ povodně po velkých srážkách za období 17.–21. 6. 1883 v povodí toku Moravy. Tehdy byl naměřen maximální úhrn 242 mm na Králickém Sněžníku a Molenburku (u Boskovic) 172 mm.

Výčet jednotlivých povodňových případů s barvitým líčením škod a následků nemůže být solidním základem pro porovnávání i těch největších záplav v historii. Z toho vyplývá, že pro území Moravy lze porovnávat pouze případy povodní, vyskytující se ve 20. století.

K tomu lze využít současné databanky povodní na ČHMÚ. Také v [5] je pro 105 stanic na území ČR uveden největší zjištěný průtok s datem kulminace, a to jen do roku 1965. Od té doby se však na území Moravy nevyskytly významnější povodně většího rozsahu. Proto lze na základě [23] zřejmým po-

rovnáním údajů o největších zjištěných průtocích současně i ve vztahu k uvedeným hodnotám 100letých kulminačních průtoků v[5] a nověji v [4] konstatovat, že v tomto století nemají povodně v červenci 1997 na severovýchodní Moravě a též na středním toku Moravy až po hranice se Slovenskem obdoby. Tomuto případu se zdaleka nemůže přirovnat ani relativně největší rozvodnění na jihozápadní Moravě v povodí dolní Dyje s levostrannými přítoky Svatkou a Jihlavou v březnu 1941. Ostatní případy katastrofálních povodní postihly již jen relativně malá území o ploše řádově nejvýše několik set km² nebo jen málo tisíců km² zpravidla po lokálních bouřkových průtržích mračen.

Také na území Čech se v tomto století tak ničí vá povodeň nevyskytla. K ní lze snad z minulého století přirovnat případ z konce března 1845 [12] adále pak ze začátku září 1890, který zde bude ještě rozebírán. Námi podrobněji analyzovaná povodeň z roku 1897 sice překročila na čtyřech vodoměrných stanicích [8] hodnotu 100leté vody (na Labi ve stanici Labská a Království a na Úpě v Horním Maršově a České Skalici), avšak toto postižené území je nesrovnatelně menší než při letošních záplavách na Moravě.

Dále je nutno se zmínit o případu z 25. na 26. 5. 1872, kdy se v povodí Berounky od Plzně až po Beroun a v některých oblastech k němu přiléhajících náhle strhly jedny z nejprudších a nejrozsáhlejších průtrží mračen při bouřkách na území Čech až do dnešních dnů [6], které vyvolaly místy až tisícileté velké vody [14]. Jen snad tato blesková povodeň, kdy utonulo více než 200 lidí, předčila svou náhlostí letošní případ. K prudkým vzestupům hladin totiž došlo většinou až pozdě večer nebo v noci.

V tomto století se pak vyskytl ve večerních a nočních hodinách dne 11. 8. 1925 [15] rovněž případ mimořádně intenzivních krátkodobých průtrží, trvajících asi jen jednu hodinu, který postihl pás několika desítek km široký od Šumavy přes Brdy až po Lužické hory.

2. POVĚTRNOSTNÍ SITUACE KONCEM ČERVENCE 1897

Podle [22] vznikla 26. 7. nad severní Itálií mělká cyklona (1015 hPa), která se do 27. 7. zvolna prohlubovala, zatímco nad naším územím slábnul hřeben vysokého tlaku vzduchu od západu. 28. 7. se již vytvořila nad střední Evropou rozsáhlá oblast nižšího tlaku se třemi jádry (1005hPa), a to nad severní částí Jaderského moře, Maďarskem a jižním Polskem, které se 29. 7. „spojily“ v jeden střed (1006hPa) severně od Vysokých Tater. Současně nad územím Čech během tohoto dne zesílil tlakový gradient při severozápadním až severním proudění, kdy nad jejich západním cípem měl tlak hodnotu 1020hPa a nad Jizerskými horami jen 1010hPa (!). To bylo způsobeno přemístováním středu cyklony v průběhu 29. 7. „retrográdně“ k západu až jihozápadu nad východní Moravu. Během 30. 7. se střed této zvolna se vyplňující cyklony přesunul do východních Čech. Tím se oblast s největším, avšak již slábnoucím tlakovým gradientem dostala až nad Šumavu.

Na tuto přemísťující se oblast s největším tlakovým gradientem byl vázán vhrubých rysech výskyt relativně největších srážek. Právě v těchto oblastech jsou orografické efekty pochopitelně největší s možností výskytu dlouhotrvajících intenzivních srážek, jsou-li přítom splněny ještě další nutné podmínky pro výstupné pohyby vzduchu [18].

V souvislosti se studiem podobných povětrnostních situací v letním hydrologickém pololetí (květen až říjen) ve vztahu k povodním na Vltavě v Praze [9] se ukázalo, že tento velmi pozvolný postup cyklony k západu v roce 1897 přímo přes Čechy je zcela ojedinělý.

K podobnému závěru se došlo při srovnávání trajektorie středu letošní (1997) cyklony v červenci s ostatními případy, které vyvolaly povodně na Odře v Bohumíně [8, 10]. Od konce minulého století (od kdy jsou k dispozici synoptické mapy) až dosud se zatím nikdy neudělal střed cyklony po dobu 3 až 4 dní téměř bez pohybu zhruba v oblasti jižního Polska a Slovenska.

Relativně nejvíce srážek spadlo na celém území Čech v roce 1897 dne 29. 7. Kromě již zmíněného rekordního úhrnu na Nové Louce byl naměřen druhý nejvyšší úhrn 300mm na stanici Jizerka (Wilhelmshöhe) a třetí 266,2mm v Peci pod Sněžkou v povodí Úpy. Na ostatních stanicích nepřevyšily denní úhrny ani v ostatních dnech hodnotu 150mm. Úhrny nad 100mm byly kromě těchto tří uvedených stanic naměřeny v Krkonoších (2 stanice), Jizerských horách (2), Novohradských horách (1), v oblasti Brd (4), Krušných a Lužických horách (po dvou). U všech těchto uvedených případů měly zcela zřejmě hlavní vliv orografické příčiny. Pouze dva zbylé případy naměřené v okresech Kladno (v Bakově a Želevecích) se tomuto zdůvodnění vymykají.

Dne 30. 7. srážková činnost podstatně zeslábla, ato zejména ve východní polovině Čech (většinou již jen kolem 25mm). Silnější srážky nad 50mm se přesunuly do západní poloviny Čech. Pouze na Šumavě a v Krušných horách ještě poněkud zesílily s překročením hodnoty 100mm už jen na 5 stanicích.

Celkový úhrn srážek za celé období od 27. do 31. 7. 1897 přesáhl 400mm pouze v nejvyšších horských oblastech Jizerských hor a Krkonoš. Hodnoty nad 200mm se vyskytly v důsledku orografických vlivů ještě v pohraničních oblastech Šumavy, Novohradských hor, východní části Krušných hor, v Lužických horách adále pak v Brdech střední části Českomoravské vrchoviny. Jen malá oblast mezi Pískem a Hlubokou n. Vltavou se rovněž vymyká orografickému zdůvodnění. (Podle [22] se během tohoto období nevyskytla na žádné stanici bouřka.) Množství spadlých srážek v jednotlivých dnech od 27. do 31. 7. 1897 pro dílčí povodí českého Labe bylo již publikováno v[8].

Nejvyšší úhrn ve 20. století, naměřený o šest let později, a to 240,2mm dne 9. 7. 1903 na stanici Stará Červená Voda (okres Jeseník), zdaleka nedosáhl rekordu z Nové Louky [21]. V publikaci [24] je pak uvedena mapka rozložení srážkových úhrnů na Moravě a v přilehlých částech Čech a Slovenska právě pro dny 9. a 10. 7. 1903. Tento rekord ze začátku našeho století nebyl až dosud překonán, a to ani letos, kdy na Lysé hoře spadlo dne 6. 7. 1997 celkem 234mm. Tyto enormní úhrny při dlouhotrvajících deštích se však mohou vyskytovat jen v několika málo horských oblastech severovýchodního pohraničí s mimořádně zesílenými orografickými vlivy, a to nálevkovým efektem [18]. To dokládá rovněž citovaný článek [24], kde se na přiložených mapách nejnázorněji projevují tyto vlivy ugeografického rozložení hodnot 1% zabezpečení maximálních denních úhrnů (podle Pearsonovy křivky III. typu) a zejména pak u hodnot maximálních denních úhrnů s periodou opakování jednou za 200 let (podle Gumbelovy statistiky extrémů na území ČSSR).

3. POROVNÁNÍ POVODNÍ V LETECH 1890 A 1897

V citované publikaci [22] je též provedeno ve zvláštní kapitole zevrubné porovnání povodňových případů z července 1897 až října 1890. Jsou v ní uvedena množství spadlých srážek v mm rovněž tak množství, vyjádřené v mil. m³, ato pro jednotlivé dny od 27. do 31. 7. 1890 ve stanovených dílčích povodích Labe (kterých je celkem 19). Totéž je pak provedeno i pro dny 1. až 4. 9. 1890. Z těchto rozsáhlejších tabulek byly převzaty průměrné výšky srážek jen pro horní a střední Labe po Mělník, dále pro Vltavu rovněž po Mělník a konečně pro celé povodí Labe po Děčín (tab. 1).

Tab. 1 Průměrné výšky srážek [mm] v povodí českého Labe podle [22].

Tab. 1. Average precipitation amounts in the Labe (Czech stretch) basin [mm], 27 to 31 July 1897 and 1 to 4 September 1890, by [22].

Povodí	27.-31. 7. 1897	1.-4. 9. 1890
Labe po Mělník	118,3	65,1
Vltava po Mělník	127,4	108,7
Labe po Děčín	118,7	85,1

Tab. 2 Vybrané kulminační průtoky Q_k [m³ s⁻¹] v povodí českého Labe podle [22].

Tab. 2. Selected culmination discharges Q_k [m³ s⁻¹] in the Labe (Czech stretch) basin during the 1897 and 1890 floods, by [22].

Povodeň		1897		1890	
Tok	Stаницe	Datum	Q_k	Datum	Q_k
Labe	Brandýs	4. 8. 12 h	720	7. 9. 7 h	470
Vltava	Praha	1. 8. 16 h	1930	4. 9. 20 h	3970
Labe	Děčín	2. 8. 16 h	2660	6. 9. 12 h	4430

Povodeň 1890 na Vltavě v Praze se považuje za mimořádný případ, neboť je dosud největší historickou povodní v letním hydrologickém pololetí, pomineme-li podle [16] případ z doby husitské v červenci 1432. Povodeň v r. 1890, vyvolanou trvalými dešti (nikoliv současně s vlivem tání sněhové pokrývky), poprvé analyzoval Augustin [1] a dále pak [11, 13].

V publikaci [22] jsou pro případy 1897 a 1890 uvedeny též kulminační průtoky z některých vodoměrných stanic, z nichž byly vybrány jen hodnoty pro Labe v Brandýse n. Labem (charakterizující s dostatečnou přesností odtok Labe až po Mělník), Vltavu v Praze (rovněž tak charakterizující odtok Vltavy až po Mělník) a konečně pro Labe po Děčín (tab. 2). K této tabulce je třeba pro datum kulminace v Brandýse n. Labem poznamenat, že první kulminace tam již proběhla 31. 7. ve 14 h stavem 304 cm a následným poklesem až na 220 cm odpoledne 1. 8. Načež potom docházelo opět ke vzestupům až na 308 cm dne 4. 8. ve 12 h, což odpovídá průtoku 720 m³/s.

Porovnáme-li obě uvedené tabulky, můžeme konstatovat, že pro Labe v Brandýse n. Labem vcelku ještě dobře koresponduje asi 1,5krát větší kulminace v r. 1897 oproti r. 1890 s téměř dvojnásobným množstvím srážek po Mělník. Pozoruhodný nesouhlas je však ihned patrný zejména pro Prahu. Pře-

stože zde spadlo v r. 1897 více srážek (127,4 mm) než v r. 1890 (108,7 mm), kulminační průtok byl v Praze v r. 1890 více než dvojnásobný (3970 m³/s oproti 1950 m³/s). To se pak ještě projevilo i v Děčíně, kde se tento poměr nepatrně snížil na 1,7násobek, přestože srážky v povodí celého Labe byly v r. 1890 nižší (85,1 mm) než v r. 1897 (118,7 mm).

Hlavní příčina těchto rozdílů spočívá ve značně rozdílné nasycenosti povodí, jak je již dokazováno v [22]. V r. 1890 panovalo již od června mimořádně deštivé období [1, 13] s vyvrcholením v srpnu. Během těchto 3 letních měsíců spadlo 105, 92 a 145 mm, tedy celkem 342 mm na území Čech, což je třetí nejvyšší úhrn od r. 1875 v tomto kalendářním období. Přitom odpovídající dlouhodobé normály za období 1876–1975 podle [17] činí 81, 88 a 87 mm.

Aby bylo možno kvantitativně porovnat tyto rozdílné stavy nasycenosti povodí Vltavy po Prahu, použili jsme charakteristiku ukazatele předchozích srážek, která se mj. každodenně vypočítává pomocí počítačů v ČHMÚ pro synoptické a interové stanice, a to dle vztahu:

$$UPS_{t_0} = \sum_{t'=1}^n Sct'$$

kde

S — denní úhrn srážek v mm v dané stanici;

t' — počet dní ode dne t_0 , kdy začaly vypadávat tzv. příčinné srážky;

$n = 1$ až 30 dní nazpět ode dne t_0 ;

$c = 0,93$ (koeficient).

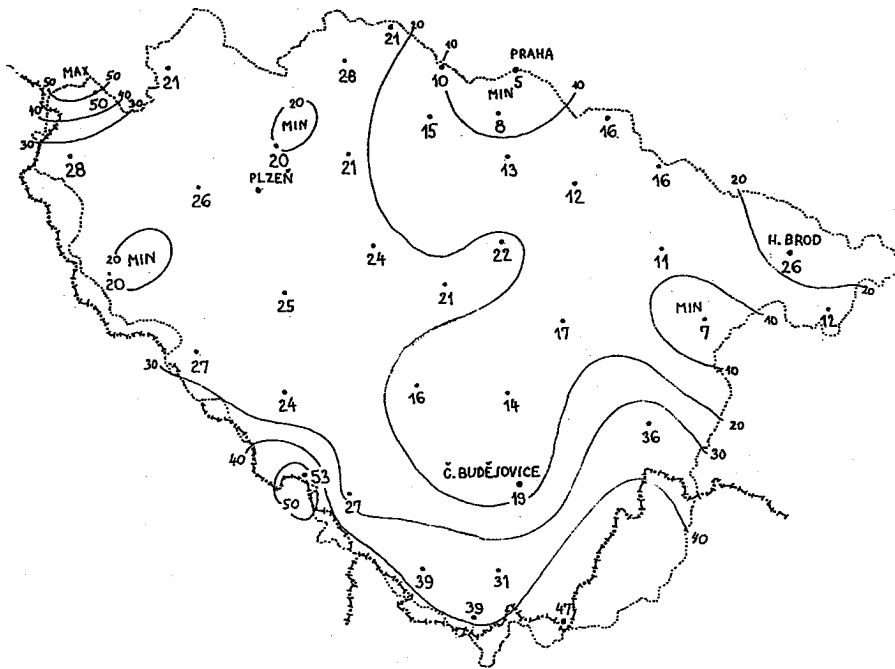
Pro případ v r. 1897 je t_0 den 27. 7., takže $t'=1$ je den 26. 7., $t'=2$ den 25. 7. atd. až $t'=30$ je den 27. 6. 1897. Sumací 30 hodnot celkem pro 38 stanic v povodí Vltavy po Prahu [7] byl nakreslen obr. 1 s izočarami stejného ukazatele předchozích srážek (UPS). Pro případ povodně v r. 1890 byla již podobná mapa publikována [13] a do tohoto příspěvku překreslena na obr. 2.

Srovnáním obou obrázků jsou okamžitě patrné mnohem vyšší hodnoty UPS v r. 1890 (počítané ze dnů 2. 8. až 31. 8.) s maximem v nejzápadnějším cípu Čech v povodí Mže (110 mm). Naopak v r. 1897 se pohybuje UPS na většině území v rozmezí od 10 do 25 mm, pouze ojediněle převyšuje hodnotu 40 mm.

V důsledku vydatných srážek ve třetí dekádě srpna 1890, a to hlavně v jihozápadních Čechách s vyvrcholením 25. 8., došlo na některých tocích k výskytu menších podružných vln [26]. Těmito podružnými vlnami před hlavní významnou povodní se podrobněji zabýval např. Buchtele [3] pro Vltavu v Kamýce n. Vltavou

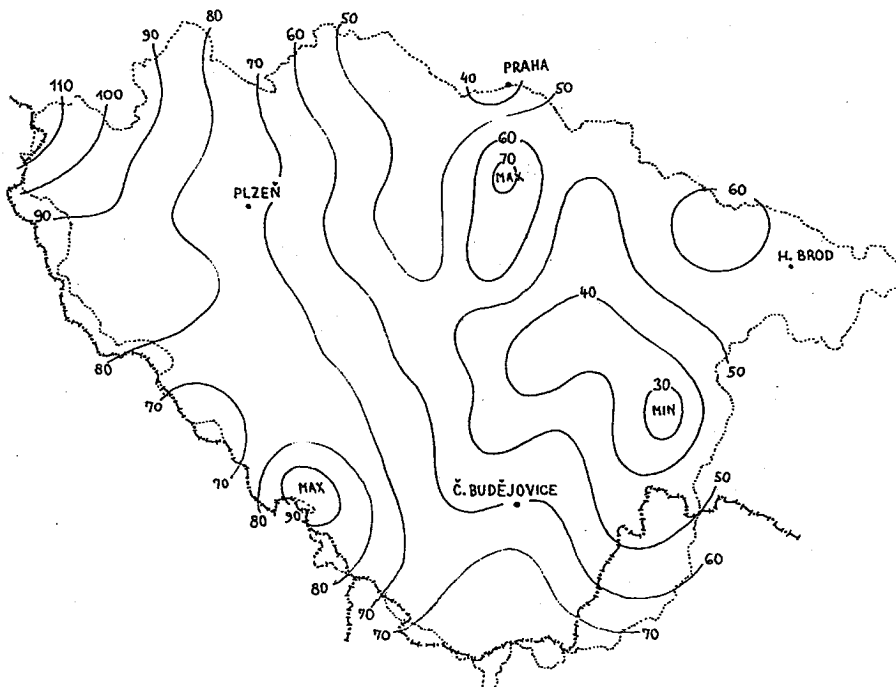
Dalším, rovněž významným důvodem výskytu neobvykle vysokého kulminačního průtoku na Vltavě v Praze byl postup jádra nejsilnějších srážek 1. 9. z povodí horní Vltavy a Malše po České Budějovice směrem k severu do 2. 9., což z hlediska postupových dob povodňových vln nepochybně přispělo k podstatnému zhoršení povodňové situace v Praze [1, 13].

Na obr. 3, který je převzat z [22], je přehledně znázorněno množství srážek v mm a odtoku v mil. m³ za povodní v r. 1890 a 1897. Celkem tedy za povodně 1897 spadlo 6102,6 mil. m³ vody a oteklo 1575,4 mil. m³, takže koeficient odtoku činí 0,26. Za povodně 1890 spadlo 4373,9 mil. m³ vody, avšak oteklo 2327,9 mil. m³ s koeficientem odtoku 0,53. Tato hodnota je téměř dvojnásobná oproti r. 1897, což je pozoruhodně velký rozdíl, vyplývající z již zmíněné nasycenosti povodí.



Obr. 1 Ukazatel předchozích srážek (UPS) v povodí Vltavy po Prahu před povodní ke konci července 1897.

Fig. 1. Previous Precipitation Indicator (UPS) in the Vltava basin down to Prague, before the flood in late July 1897.



Obr. 2 Ukazatel předchozích srážek (UPS) v povodí Vltavy po Prahu před povodní na začátku září roku 1890.

Fig. 2. Previous Precipitation Indicator (UPS) in the Vltava basin down to Prague, before the flood in early September 1890.

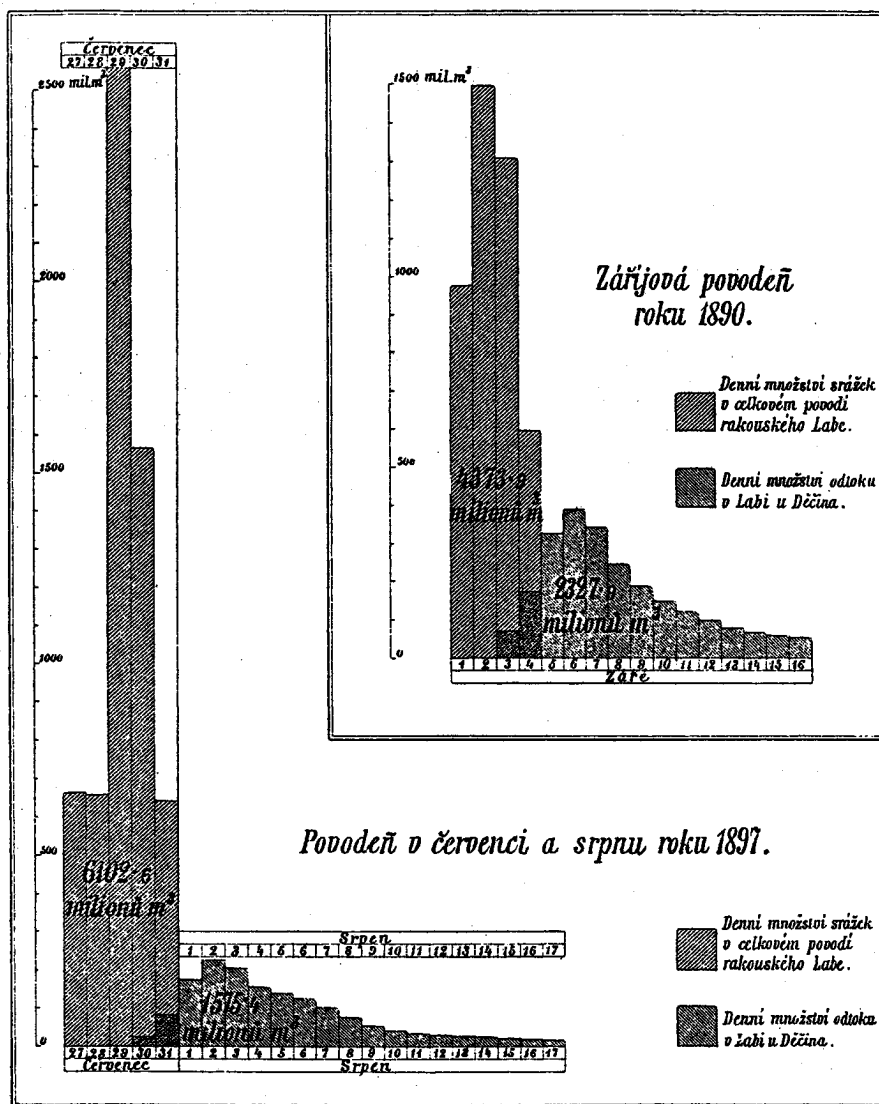
Porovnávání obou případů z r. 1890 a 1897 by mohlo přispět rovněž k řešení úkolu [20]. Např. v [2] byl již takový pokus učiněn pro stanici Josefův Důl na Kamenici (pravostranného přítoku Jizery), kde největší modelovaná povodeň za 10000 let by měla mít hodnotu kulminačního průtoku asi 260 m³/s. Pro srovnání: podle [5] má 100letý průtok hodnotu 164 m³/s a roční průměr činí 0,72 m³/s. Dne 30. 7. 1897 podle databanky ČHMÚ byl zjištěn na této stanici průtok 152 m³/s.

ZÁVĚR

Tento článek navázal na již zveřejněný příspěvek v[8], kde byl proveden stručný hydrometeorologický rozbor srážek a povodní koncem července 1897. Zde byly také porovnávány

trajektorie středů cyklon z tohoto období s případem katastrofálních povodní v červenci 1997.

V tomto příspěvku jsme se pak zmínili o několika velkých povodních v Čechách z minulého století s pokusem porovnat je s letošní živelní pohromou na Moravě. Bylo konstatováno, že v tomto století nemá tento případ co do velikosti, rozsahu i délky trvání povodňové situace na území ČR obdoby. V další části byla podrobněji popsána synoptická situace koncem července 1897 s výskytem značných srážkových úhrnů ve dnech 27. až 31. 7. s vyvrcholením dne 29. 7. Tyto srážky se pak srovnávaly s jinými extrémními případy denních úhrnů na území dnešní ČR. V poslední části pak bylo provedeno porovnání dvou případů katastrofálních povodní v roce 1897 a 1890 se závěrem, že zejména nasycenost povodí, která vy-



Obr. 3 Denní množství srážek [mm] a odtoku [mil. m³] v českém povodí Labe v období povodní roku 1890 a 1897 podle [22].
Daily precipitation amounts [mm] and runoff [million m³] in the Labe (Czech stretch) basin during the 1890 and 1897 floods, by [22].

kazovala mimořádně vysoké hodnoty v roce 1890, hraje podstatnou roli ve vztahu k velikosti kulminačních průtoků, což se projevilo právě mimořádně vysokým kulminačním průtokem na Vltavě v Praze.

Literatura

- [1] Augustin, F.: Povodeň v Čechách roku 1890. Praha 1891.
- [2] Blažková, Š.: Využití geomorfologických metod k odhadu povodňových průtoků. In: Sborník ze semináře Povodňová ochrana na Labi. Ústí n. L. 1995.
- [3] Buchtele, J.: Kategorie povodňového režimu na tocích vltavské kaskády. In: Sborník prací HMÚ, sv. 18. Praha 1972.
- [4] Hydrologické charakteristiky vybraných vodoměrných stanic České republiky. Praha, ČHMÚ 1996.
- [5] Hydrologické poměry ČSSR. Díl III. Praha, HMÚ 1970.
- [6] Chamas, V. — Kakos, V.: Mimořádná průtrž mračen a povodeň na Jílovském potoce dne 1. 7. 1987. Sborník Čs. geograf. spol., 93. Praha 1988.
- [7] Jahrbuch des K. k. hydrographischen Central-Bureaus. V. Jahrgang 1897. X. Das Elbe-Gebiet. Wien 1899.
- [8] Kakos, V.: Extrémní srážky apovodně ke konci července 1897 na území Čech. In: Stoleté výročí extrémních atmosférických srážek. Praha, ČHMÚ 1997.
- [9] Kakos, V.: Hydrometeorologický rozbor povodní na Vltavě v Praze za období 1873–1982. Meteorol. Zpr., 36, 1983, č. 6.
- [10] Kakos, V.: Možnosti hydrometeorologických předpovědí havarijních odtokových situací. In: Sborník prací HMÚ, sv. 21. Praha 1974.
- [11] Kakos, V.: Velké povodně na Vltavě v Praze ve vztahu ke klementinským pozorováním počasí. In: Sborník referátů ze semináře k 200. výročí observatoře v Praze-Klementinu. Praha, HMÚ 1977.
- [12] Kakos, V. — Kulasová, B.: Povodeň v březnu 1845 v povodí českého Labe. In: Sborník ze semináře Povodňová ochrana na Labi. Ústí nad Labem 1995.
- [13] Kakos, V. — Kulasová, B.: Povodeň v září 1890 na Vltavě v Praze. Vodní hospodářství, 40, 1990, č. 7.
- [14] Kašpárek, L.: Příčiny mimořádných povodní v Čechách a na Moravě. In: Sborník přednášek z konference Povodně a krajina '97. Brno 1997.
- [15] Kocourek, F. — Novotný, J. — Dejmeck, J.: Katastrofální

- děšť a povodně dne 11. 8. 1925 v Čechách. Sborník prací a studií hydrologických, č. 2. Praha, Státní ústav hydrologický 1926.
- [16] *Kotyza, O.* a kol.: Historické povodně na dolním Labi a Vltavě. Děčín, Okresní muzeum v Děčíně 1995.
- [17] *Křivský, L.* — *Andrlík, L.*: Sekulární chod stoleté řady srážek v Čechách (1876–1975). In: Sborník referátů ze semináře ke 200. výročí observatoře v Praze-Klementinu. Praha, HMÚ 1977.
- [18] Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Praha, Academia a MŽP ČR 1993.
- [19] *Munzar, J.* a kol.: Malý průvodce meteorologií. Praha, Mladá fronta 1989.
- [20] Nabídka na řešení projektu VaV/510/3/97 „Vývoj metod pro stanovení extrémních povodní“. Praha, MŽP ČR 1997. [Nepublikováno.]
- [21] Podnebí ČSSR. Souborná studie. Praha, HMÚ 1969.
- [22] Povodeň roku 1897 v Rakousku. Příspěvky ku hydrografii Rakouska. II. seš. IV. Povodí Labe. Vídeň, Vyd. c.k. ústřední kancelář hydrografická 1898.
- [23] Předběžná zpráva o povodňové situaci na Moravě, ve Slezsku a ve východních Čechách v červenci 1997. ČHMÚ 15. 7. 1997 [Nepublikováno.]
- [24] *Šamaj, F.* — *Valovič, Š.* — *Brázdil, R.*: Denné úhrny srážek s mimoriadnou výdatností v ČSSR v období 1901–1980. In: Zborník prác SHMÚ, zv. 24. Bratislava 1985.
- [25] *Ungermaň, J.* — *Kundrata, M.*: Funkční zapojení údolní nivy ke zvládnutí povodňových situací ... (se zaměřením na střední a dolní tok řeky Moravy). In: Sborník abstrakt z konference Povodně a krajina '97. Brno 1997.
- [26] Výsledky vodoměrných pozorování na českých řekách v roce 1890. Praha, Nákl. technické kanceláře rady zemědělské 1891.

INFORMACE

STOLETÉ VÝROČÍ EXTRÉMŇÍCH ATMOSFÉRIKÝCH SRÁŽEK

Seminář České meteorologické společnosti a Českého hydrometeorologického ústavu v Josefově Dole v Jizerských horách ve dnech 1. a 2. října 1997.

Seminář „Tradice a pokrok v meteorologii“, který proběhl v roce 1996 v Radostovicích, byl bezesporu seminářem úspěšným. Tentokrát pod taktovkou vedení ČHMÚ byl iniciován seminář k příležitosti stého výročí extrémní srážky, kdy během 29. 7. 1897 spadlo na stanici Nová Louka (Neuwiese) v Jizerských horách 345,1mm. Nikoho z nás však nenapadlo, že si příroda sama udělá tak úděšnou oslavu tohoto výročí. Z nostalgického vzpomínání na jev, který tři generace meteorologů a hydrologů nezažilo, se stala realita, která rázem strhla historický kolorit semináře a uvedla ho v krutou skutečnost.

Semináře se zúčastnili jak meteorologové, hydrologové, pracovníci všech Povodí a Výzkumného vodohospodářského ústavu TGM, tak tradičně meteorologové a klimatologové ze Slovenska, pracovníci z Institutu meteorologii i gospodarki wodnej z Vratislavi, dále prof. J. Němec z hydrologické sekce Zeměpisného ústavu ETH v Curychu a ředitel Správy chráněných krajinných oblastí ČR RNDr. F. Pelc. Celkem se sešlo přes sto odborníků.

Zcela pochopitelně referující s nebývalou rychlostí zareažovali a popsali jak synoptické situace vedoucí k trvalým

srážkám, tak klimatické rozbory srážkových úhrnů. Hydrologové se pochopitelně zabývali hydrologickými prognózami a organizačními opatřeními omezujícími povodně na jednotlivých tocích.

Součástí semináře byla i exkurze po experimentálních povodích v Jizerských horách.

Do programu semináře byl operativně zařazen Kulatý stůl věnovaný problémům varovné a předpovědní služby a systému povodňové ochrany obyvatelstva. Diskuse k jednotlivým referátům a blokům byla otevřená, adresná, ale vždy konstruktivní se snahou dopátrat se podstaty problémů. Meteorologové, hydrologové i vodohospodáři získali mnoho cenných informací a zdálo se, že seminář opouštěli s pochopením pro práci svých kolegů a snahou řešit společně všechny nastolené problémy.

Přednášky byly rozčleněny do šesti sekcí (obecná část, srážky v České republice, srážky v Slovenské republice, využití radaru pro měření srážek, předpověď srážek, povodně). Seminář tradičně uvedl ředitel ČHMÚ I. Obrusník a předseda ČMeS J. Bednář.

V nakladatelství Český hydrometeorologický ústav vyšel sborník obsahující všechny přednesené referáty. Publikaci si mohou zájemci objednat na adrese: Český hydrometeorologický ústav, SIS, Na Šabatce 17, 14306 Praha 4. Cena publikace je 250,- Kč.

Miroslav Škoda

OZNÁMENÍ

Ústav fyziky atmosféry AV ČR oznamuje meteorologické veřejnosti, že od 1. ledna 1998 bude na observatoři Milešovka obnoven synoptický provoz.