

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie



Návrh databanky povodní Otavy a její využití v protipovodňové ochraně

Disertační práce

Vypracoval: Mgr. Tomáš Vlasák

Školitel: Ing. Josef Hladný, CSc.

PRAHA, 2008

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval sám, s použitím poskytnutých dat a pramenů uvedených v seznamu literatury.

Praha, březen 2008

Poděkování:

Děkuji především svému školiteli, Ing. Josefu Hladnému, CSc. za jeho trpělivost, za rady a připomínky při zpracování disertační práce a RNDr. Jakubu Langhammerovi Ph.D. za podporu v zapojení výsledků práce do výzkumných projektů. Rovněž děkuji ČHMÚ za poskytnutí potřebných dat a informací.

Obsah

Abstrakt	ix
1. Úvod	1
1.1 Stanovené cíle práce	2
1.2 Členění práce	2
2. Literární rešerše	3
2.1 Databanky povodní	3
2.2 Studium povodňového mechanismu	3
2.3 Metoda předpovědního analogu v hydrologické prognóze	5
3. Fyzicko-geografické charakteristiky povodí Otavy po Písek	7
3.1 Poloha a rozloha povodí	7
3.2 Morfometrické charakteristiky povodí	8
3.3 Geologická stavba a půdy	10
3.4 Klima, vegetace a land-use	10
3.5 Říční síť – hydrografické poměry	11
3.6 Hydrologický režim	13
3.7 Antropogenní transformace přírodní sféry	16
4. Návrh databanky povodní	18
4.1 Systém archivace	18
4.2 Přehled povodní	18
4.3 Zdroje a způsob zpracování dat	19
4.3.1 Data pro popis povětrnostních příčiny povodí	20
4.3.2 Data pro popis meteorologických příčin	22
4.3.3 Data pro popis počátečního stavu povodí	24
4.3.4 Data pro popis odtokové odezvy	24
5. Vlastnosti povodňového mechanismu povodí Otavy	26
5.1 Výskyt povodní	26
5.2 Příčiny povodní na Otavě	27
5.3 Sezonální režim výskytu povodní	29
5.3.1 Metodika popisu sezonality	30
5.3.2 Vybrané aspekty sezonního režimu povodní na Otavě	32
5.4 Povětrnostní příčiny vzniku povodní	34
5.4.1 Frekvenční analýza výskytu povětrnostních typů	35
5.4.2 Atmosférické proudění při výskytu povětrnostních typů	36
5.4.3 Dráhy řídicích tlakových útvarů	39

5.5	Prostorová rozložení příčinných srážek	42
5.5.1	Příčinná srážky	42
5.5.2	Metodika zpracování prostorové distribuce srážek	42
5.5.3	Vliv atmosférického proudění na tvorbu srážkového pole.	43
5.6	Kategorizace povodní	47
5.6.1	Kategorie „Velké letní povodně“	48
5.6.2	Kategorie „Velké zimní povodně“	50
5.6.3	Kategorie „Zimní povodně s výrazným podílem tání sněhu“	51
5.6.4	Kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových, výrazně orograficky zesílených srážek“	54
5.6.5	Kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových málo orograficky zesílených srážek“	56
5.6.6	Kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na vrcholové části Šumavy“	58
5.6.7	Kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na severovýchodním úpatí Šumavy“	60
5.6.8	Kategorie „Letní povodně bez orografického zesílení srážek“	61
5.6.9	Kategorie „Letní povodně z bouřkového přívalu“	63
6.	Metoda předpovědního analogu	65
6.1	Metoda analogu jako předpovědní nástroj	66
6.2	Použitá data	68
6.3	Úprava vstupních dat	69
6.3.1	Definování vlivu sezón	71
6.3.2	Definování počátečních podmínek	71
6.3.3	Definování příčinných podmínek	71
6.4	Algoritmus pro vyhledávání povodňových analogů	73
6.4.1	Podobnosti u jednotlivých prediktorů	73
6.5	Kalibrace metody vyhledávání předpovědního analogu	74
6.6	Výsledky navržené předpovědní metody	80
7.	Závěr	82
	Literatura	89
	Seznam obrázků, tabulek a příloh	91
	Přílohy	
	Katalog povodní na Otavě v letech 1890 - 2006	

Abstrakt

Study of historical flood events is important as a base for hydrological studies, as well as for proposal of flood control measures and real-time flood forecasting helping forecasters to support their decisions. This work deals with proposal of Flood Archive (databa of flood event) and its application in the scope of flood protection of Otava river basin to Písek water gauge. The objective was to propose Archive of historical floods containing information about casual synoptical situation, connected weather phenomena (precipitation, temperature) and runoff response.

Flood formation mechanism in Otava river basin was described using this Archive. A forecasting technique based on analogue method was designed. This technique searches historical records for flood events of similar causes and estimates possible development of runoff response.

Archive consists of 72 flood events that occurred between 1890 and 2006 and their peak flow in all cases exceeded given threshold discharge in Písek closing profile (10-year return period for 1890-1961 and 1-year return period for 1961-2006). Available historical data was gathered and processed into graphic form (maps, graphs, tables). Flood Archive is part of the dissertation thesis.

The most outstanding features of flood formation mechanism in Otava river basin were described and explained in relation to geographical environment in the second part of the thesis. One of the distinctive features is the predominance of summer floods in Otava river basin, which is more obvious concerning floods of more than 10-years return period. The basin is not very sensitive to floods caused by mainly snow melt. Only in 4 out of 72 flood events the snowmelt contribution predominate rain precipitation.

Distinct difference was found naturally between weather causes of winter and summer floods. Winter floods are generally the consequence of strong western circulation with crossing frontal systems. On the other hand summer floods are caused mostly by cyclonic precipitation of stable low pressure formation in Central European area. Different air circulation type results in different wind ward effect of precipitation and consequently different runoff response. Analysis results were used create complex categorization of floods. It recognizes 9 patterns in Otava river basin based on common characteristics of causes as well as of runoff response.

In the third part of the thesis, an analogue technique based on archive was proposed to estimate flood response of the basin. The archive is searched for the most similar event in the meaning of causing factors: season of flood occurrence, antecedent saturation of the basin, precipitation totals and its spatial distribution pattern.

An index which expresses similarity of flood causes was developed using mathematical comparisons of causing factors and response (peak discharge and flood volume). Selection of historical analogues is based on the value of that index. The technique

was calibrated for forecasts of peak discharge and runoff volume during four days following the time of forecast issuing.

The method was verified using 56 flood events from the Archive. Each event was excluded from the archive and then its runoff volume and peak flow was estimated using the rest of the archive. Evaluation showed e.g. that for 44 out of 56 flood events the runoff volume was estimated with less than 30 % difference. Therefore even this simple technique has potential to be used for fast estimation of expected runoff response.

1. Úvod

Povodně jsou přírodní katastrofou, která vyvolává v našich geografických podmínkách největší škody a nejvyšší ztráty na životech. Úkolem přírodních věd, které se zabývají tímto fenoménem, je přinášet poznatky, které je možné využít k prevenci a snižování povodňových škod. Moderní pojetí ochrany před povodněmi prosazuje komplexní řešení protipovodňových opatření na celém povodí namísto lokálních zásahů. Je zřejmé, že tato opatření není možné plánovat bez znalosti komplexního mechanismu vzniku povodní. Studium sezónní zatíženosti krajiny povodněmi, popis zdrojových oblastí povodní nebo charakteristického střetávání průtokových vln při určitém typu rozvodnění může nasměrovat technické protipovodňové opatření do těch částí povodí, u kterých zvýšení retence či zpomalení odtoku bude mít největší efekt na snížení povodňových škod.

Výskyt katastrofálních povodní v roce 2002 zvýšil zájem o rozšíření preventivních protipovodňových opatření, ale také vyvolal celou řadu diskuzí o vzniku povodní a potenciálním ohrožení tímto přírodním fenoménem. Byla tato událost shodou výjimečných okolností, může se v budoucno opakovat? Výzkumy historických povodní ukázaly, že v různě vzdálené minulosti čelili lidé povodním srovnatelných rozměrů, pouze dopady na společnost nebyly tak velké a nešířily se tak daleko od oblastí záplav anebo nevyvolávaly tak rozsáhlé negativní řetězové reakce v hospodářské sféře. Z porovnání povodně z roku 2002 s historickými případy povodní v Čechách a na Moravě vyplynul ještě jeden důležitý aspekt. Povodně mají z hlediska příčin celou řadu společných znaků *Řezáčová [2003]*. Výsledky těchto výzkumů zdůrazňují důležitost studia povodňového mechanismu analýzou historických případů a zároveň vyvolávají otázku možnosti využití identifikovaných příčinných symptomů k předpovědi povodní.

Protože vznik povodní je geneticky úzce spojen s fyzicko-geografickým prostředím konkrétních povodí, opírá se studium mechanismu vzniku povodní většinou o historické záznamy povodní v konkrétním povodí. Přestože existuje celá řada prací, které tyto záznamy využívají, není dosud pro Českou republiku k dispozici ucelený katalog povodňových událostí s popisem povětrnostních příčin, srážek a odtokové odezvy. Tato studie předkládá návrh takového katalogu na příkladu 72 povodňově nebezpečných případů mezi lety 1890 – 2006 v povodí Otavy se závěrovým profilem Písek. Na základě informací o příčinách a průběhu těchto povodní jsou popsány společné rysy mechanismu vzniku extrémních srážko-odtokových situací. V druhé části byla s využitím výsledků této analýzy navrhována předpovědní metoda, která pomocí analogie mezi příčinami povodní odhaduje maximální průtok a objem odtoku Otavy ve vodoměrné stanici Písek.

1.1 Stanovené cíle práce

- Navrhnout databanku povodní a vyplnit ji pro všechny povodně na Otavě, které se vyskytly mezi lety 1890 – 2006 a kulminačním průtokem překročily v Písku 10letou vodu, jakož i pro povodně z období 1961 -2006 s kulminačním průtokem nad jednoletou vodou.
- Na základě informací z této databanky popsat nejzřetelnější znaky povodňového mechanismu Otavy.
- Navrhnout metodu předpovědního analogu, která využívá databanku povodní jako nástroje pro hydrologickou prognózu

1.2 Členění práce

Předložená disertační práce je rozdělena na čtyři návazné části. První část obsahuje úvod s vymezením cílů práce, rešerši ke studiu povodňového mechanismu, využití metody předpovědního analogu v hydrologické a meteorologické prognóze a fyzickou-geografickou charakteristiku povodí.

Druhá část popisuje mechanismus vzniku povodní na Otavě z několika různých pohledů. Byl zkoumán výskyt povodní Otavy v Písku od konce 19. století a jejich příčiny podle podílu tání sněhu nebo výskytu lokálních přívalových dešťů. Sezonální režim výskytu povodní a jeho příčiny, vyplývající z odlišných přírodních podmínek byl popsán nejen u celkového povodí Otavy v Písku, ale i v dalších sedmi dílčích povodích. Atmosférické příčiny povodní byly dány do souvislosti se sezónou výskytu extrémních průtoků a s časoprostorovým rozložením příčinných srážek. Syntézou těchto analýz byla vytvořena kategorizace povodní podle společných znaků v příčinách povodní i tvaru odtokové odezvy.

Třetí část obsahuje návrh metody předpovědního analogu, její kalibraci a testování úspěšnosti této metody.

V poslední čtvrté části je publikován Katalog povodňových případů, ve kterém jsou převážně grafickou formou popsány podmínky v atmosféře a v povodí, které předcházely povodním a hydrogramy průtokových vln z hlavních vodoměrných profilů povodí Otavy.

2. Literární rešerše

2.1 Databanky povodní

Pro pozorování a popis tak komplexních procesů jako je vznik povodně, je nejvhodnější místem pozorování přímo krajina. Studie, řešící problematiku vzniku povodní laboratorními prostředky, se týkají většinou testování procesů v lokálním měřítku (výpar, půdní infiltrace atd.) nebo hydraulických simulací ve zmenšených modelech říčních koryt. Ani matematické modelování hydrologických procesů se neobejde bez kalibrace parametrů modelu na historických datech, naměřených v krajině. Variabilita krajiny a přírodních procesů je ovšem tak velká, že není možné při současných znalostech tyto procesy matematicky univerzálně vyjádřit. Z těchto důvodů se velká část hydrologických studií, zabývajících se povodněmi, opírá o historická měření meteorologických a hydrologických veličin.

Naprostá většina hydrologických studií používá informace o zaznamenaných povodních jako prostředek a nikoli jako cíl. Shromážděné informace o povodních se využívají většinou jednoúčelově a kromě souhrnných výsledků nebývají ani publikovány. Hydrologické instituce udržují databanky o povodních většinou pouze jako seznamy výskytu kulminačních průtoků, případně jako průtokové vlny, které se používají pro výpočet návrhových N-letých průtoků a vln. Tyto databanky však neposkytují informace o příčinách povodní. Potřebu komplexního řešení databanky povodní, včetně jejího návrhu publikoval *Hladný a kol.* [1993], [1995]. Databanka, kterou autoři navrhnou, obsahuje tři skupiny komponent: (1) meteorologické symptomy, (2) snímky rozložení srážek a teplot (3) průtokové vlny ze stanic. Ještě komplexnější přístup k archivaci povodní, který kromě rozboru hydrometeorologických příčin zahrnuje i záznamy o zaplaveném území, rozsahy škod, seznam publikací, které se o dané povodni zmiňují, předkládá *Barnolas et.al* [2007]. Databanku navíc autoři implementovali do softwaru, který využívá propojení elektronické databáze s programy GIS. Jedinečnou celosvětovou databanku povodní v podobě „živé“ internetové aplikace udržují na Katedře geografie university v Dartmouth v USA [*Brakenridge, 1996*]. Součástí prezentace jsou kromě přehledu povodní na celé planetě Zemi také jejich analýzy, jako například sezonní výskyt či příčiny povodní (www.dartmouth.edu/~floods/index.html).

2.2 Studium povodňového mechanismu

Databanka povodní je vhodným podkladovým materiálem pro studium mechanismu vzniku povodní v daném povodí. Jedinečnost fyzicko-geografického prostředí každého povodí vytváří podmínky pro zesílení nebo zeslabení srážkové činnosti, variabilitu odtoku vody a její koncentraci v síti říčních koryt. Identifikace těchto specifických podmínek, při kterých nejčastěji dochází ke vzniku povodní, je důležitá pro plánování protipovodňových opatření.

Práce, které se příčinami vzniku povodní zabývaly, se zpravidla opírají o informace o historických povodních.

Vliv přírodního prostředí je zpravidla patrný již z analýzy sezónálního aspektu výskytu povodní. V české i zahraniční literatuře byla publikována celá řada metod pro vyjádření sezonality výskytu povodní a její regionalizaci. Rešerši těchto prací a přehled uvedených metod uvádí *Hladný [2005]*. Sezónální režim řek v povodí Labe analyzovala na základě údajů o výskytu průměrných denních průtoků nad zvoleným průtokovým limitem *Chalušová [2004]*. Autorka kromě popisu sezónální orientace výskytu povodní kvantifikovala vliv vybraných fyzicko-geografických faktorů na tento režim. Ve své práci uvádí mimo jiné základní charakteristiky sezónálního režimu Otavy, mezi něž patří výrazná orientace na letní povodně povodí jak celku, tak i jeho dílčích mezipovodí.

Povětrnostní příčiny povodní byly sledovány od počátku systematického pozorování počasí a vodních stavů [*Augustin, 1891*]. Vztah vzniku povodní v souvislosti s cirkulačními typy počasí v oblasti severní Moravy prošetřoval jako jeden z prvních autorů v druhé polovině 20. století *Brádka [1967]*. Rozvoj znalostí a monitoringu procesů v atmosféře a zvyšující se počet povodňových epizod, u kterých byly exaktním způsobem popsány meteorologické příčiny, vedl ke studiu podrobnějších vztahů mezi příčinnými atmosférickými cirkulacemi a vznikem povodní. Stav atmosféry vytváří v interakci s přírodními podmínkami povodí charakteristické časoprostorové rozložení meteorologických prvků (srážek a teplot vzduchu), které pak vyvolávají odtokovou odezvu na řekách. Tyto procesy vytvářejí souvislý celek, který *Hladný [1997]* nazývá hydrosynoptickým kontinuem.

V publikovaných studiích byly u různých povodí identifikovány zřetelné vztahy mezi charakterem rozložení pole tlaku vzduchu a výskytem povodně. Například *Duckstein, Bardossy, Bogardi [1994]* sledovali povodně v pěti povodích střední Arizóny a zkoumali vztah k typu denní atmosférické cirkulace. Na základě statistického zpracování synoptických typů určili ke každému povodí předstih dne s výskytem určitého příčinného typu (obvykle 1 až 3 dny) a zároveň vyčlenily skupiny typů s podobnou cirkulací, které mají největší podíl na vznik povodní ve sledovaných povodích. Typické trajektorie tlakových níží, které předcházely velkým povodním v povodí Labe popsal *Kakos [1985]*.

Velmi často používaným nástrojem hydrosynoptické analýzy jsou různé klasifikační systémy typů povětrnostních situací. U nás je nejpoužívanější *Brátkova [1961]* klasifikace synoptických typů, které použil ve své práci například *Vavruška [1989]*. Na základě četnosti výskytu určitých synoptických typů porovnal meteorologické příčiny povodní na Otavě a Lužnici a zdůraznil poměrně velkou odlišnost těchto povodní z tohoto aspektu. Na základě vlastní objektivní klasifikace povětrnostních typů identifikoval v povodí Otavy povětrnostní příčiny povodní také *Stehlík [2002]*, který ale zároveň upozorňuje na jednosměrnost vztahu mezi výskytem povodní a synoptického typu. Většinu povodní sice

může v určitém povodí a sezóně předcházet jeden synoptický typ, ale zdaleka ne u všech výskytů tohoto synoptického typu vznikají povodně.

Souvislost mezi určitým typem atmosférického prouděním a zesilováním srážek, zejména vlivem orografického efektu v prostoru České republiky popsali již *Brázdil et.al* [1986]. Vliv lokalizace jádra srážek na formování odtokové odezvy na povodí Ohře uvádí ve své studii také *Čekal* [2005]. V jiné práci, analyzující příčiny velkých povodní na Otavě s kulminací v Písku nad desetiletým průtokem [*Vlasák*, 2007] se uvádí, že jádro srážek se ve většině případů vyskytlo mezi Kašperskými Horami a Vimperkem, ačkoliv tato oblast má dlouhodobě menší úhrny srážek než hlavní (hraniční) hřeben Šumavy. Existence charakteristického rozložení srážek při různých povětrnostních podmínkách, způsobujících povodně, je zřejmá a jeho znalost může být využita například pro signální odhad prostoru spadu jejich jádra a pro vylepšení kvantitativních předpovědí srážek produkovaných numerickým modelem. Příkladem aplikace znalosti typického rozložení srážek způsobujících povodně je metodika, kterou publikoval *Obled* [2007]. Uvedená metoda na základě hodnocení historických analogických situací rozložení srážek a aktuálních předpovědí srážek zvyšuje prostorové rozlišení a přesnost předpovědí srážek.

Většina povodí je citlivá na širší spektrum meteorologických příčin. V závislosti na sezóně tak vytváří různé typy odtokových reakcí, které lze popsat například pomocí specifického tvaru průtokové vlny. Toho jevu si všiml *Buchtele* [1972], který provedl jednu z prvních kategorizací povodňového režimu v povodí horní Vltavy.

Popis velkých historických povodní na území dnešní České republiky včetně přehledu dosavadních poznatků o povodních publikovali *Brázdil a kol.* [2005]. Vybrané povodňové epizody jsou zde podrobně popsány z hlediska jejich sezónálního výskytu, synoptických příčin, množství a extremity srážek .

2.3 Metoda předpovědního analogu v hydrologické prognóze

Existence povodňového režimu, který je vyjádřen omezeným souborem příčin povodňových případů, je důležitým faktorem k aplikaci metody předpovědního analogu pro signalizaci vývoje srážko-odtokové situace. Omezený soubor povodňových epizod a limitující znalosti příčin historických povodní, by nedávaly velké šance pro nalezení analogické odtokové situace (kdy se na základě podobných příčin odhaduje charakter a průběh blížící se povodně), kdyby studium povodňového mechanismem nepotvrdilo, že příčiny a průběh povodní v konkrétním povodí vykazují společné znaky.

Metoda předpovědního analogu v našla v hydrologii a meteorologii uplatnění tam, kde se z různých důvodů nedaří matematicky modelovat přírodní procesy. Je to klasická

předpovědní technika, která byla v minulosti využívána více než dnes, kdy ji povětšinou nahrazují fyzikální a deterministické modely.

V meteorologii metodu předpovědního analogu poprvé použily ke krátkodobé předpovědi počasí *Lorenz*, [1969] a *Martin*, [1972]. Postupem času se využití této metody měnilo především z důvodu rozvoje koncepčních modelů, které tyto klasické metody nahrazují jako například právě u krátkodobých předpovědí srážek. Dnes se používá v meteorologické prognózní službě, například ke střednědobým předpovědím, jejichž časový předstih přesahuje předpovědní horizont současných modelů.

Pro potřeby protipovodňové ochrany jednu z prvních studií, ve které byla použita metoda analogu, provedl *Kakos* [1974] v povodí Odry. Na základě pohybů středů tlakových níží nad hladině 500 hPa navrhl jednoduchá pravidla pro výběr tří denního analogu. Při značném zjednodušení došel k závěru, že při výskytu uvedeného tří denního analogu lze za určitých podmínek očekávat následující den (nejvýše dva až tři dny) v Bohumíně kulminaci větší nebo rovnou jednoletému průtoku. Jinou, novější prací, ve které sice metoda předpovědního analogu není přímo zmiňována, nicméně její principy jsou v ní použity, je práce *Millera a kol.* [2006]. Autoři na základě rozboru anomálií u vybraných meteorologických prvků ve dnech, které předcházely velkým povodním v ČR, definovali index, u kterého překročení určité hodnoty signalizuje blížící se výskyt extrémních srážek a tedy i povodní.

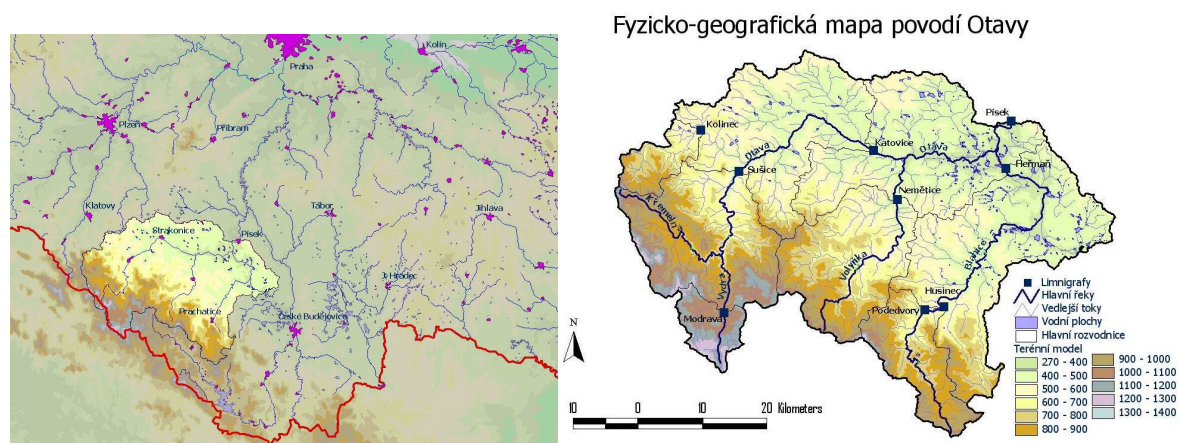
Pro potřeby hydrometeorologických prognóz se v poslední době rozvíjí využití metody analogu ke zpřesnění (downscalingu) modelových výstupů, především srážek. *Wetterhall* [2004] a *Obled* [2007] například publikovali metody, které na základě shody mezi rozložením tlaku vzduchu u předpovídané a historické situace zpřesňují kvantitativní předpovědi srážek pomocí historických záznamů ze sítě srážkoměrných stanic.

3. Fyzicko-geografické charakteristiky povodí Otavy po Písek

Přírodní podmínky povodí Otavy byly již popsány v několika odborných publikacích komplexní popis fyzicko-geografické sféry obsahují například diplomové práce *Běhalové [1995]*, *Lejskové [2000]* a *Vlasáka [2000]*). V publikacích zabývajících se hydrologií povodí Otavy, uvádí popis přírodních podmínek například *Buchtele [1972]*. Ucelený popis lze najít i v několika populárně naučných publikacích (*Albrecht [2000]*, *Benešová [2005]*, *Šmíd [2005]*). Následující kapitoly proto uvádějí pouze stručný přehled fyzicko-geografických charakteristik povodí Otavy po Písek s důrazem na ty vlastnosti, které mají vliv na odtokové poměry.

3.1 Poloha a rozloha povodí

Povodí Otavy se nachází v jihozápadní části České republiky (ČR), pouze velmi malá jeho část - nejvyšší partie Křemelné a Vydry (respektive Roklanského a Březnického potoka) leží na území Německa. Poloha povodí je velmi důležitá z hlediska vlivu typických cirkulací atmosféry nad střední Evropou a jejich interakcí s morfologií povodí, proto do značné míry determinuje výskyt a mechanismus vzniku povodní. V prostoru střední Evropy se směrem od západu k východu zvyšuje četnost povodní spojených s přechodem tlakové níže středomořského původu, směrem k západu se zase více uplatňuje situace vyvolané postupem frontálních systému z Atlantiku [*Brázdil, 1984*]. V povodí Otavy se objevují oba tyto základní hydrosynoptické typy povodní, relativní četnost jejich výskytů se však různí podle extremity povodně (viz kapitola 5.2). Důležitá je také pozice povodí v rámci masivu Šumavy, jehož vliv na množství orografických srážek je pro vznik povodní v tomto prostoru značný.

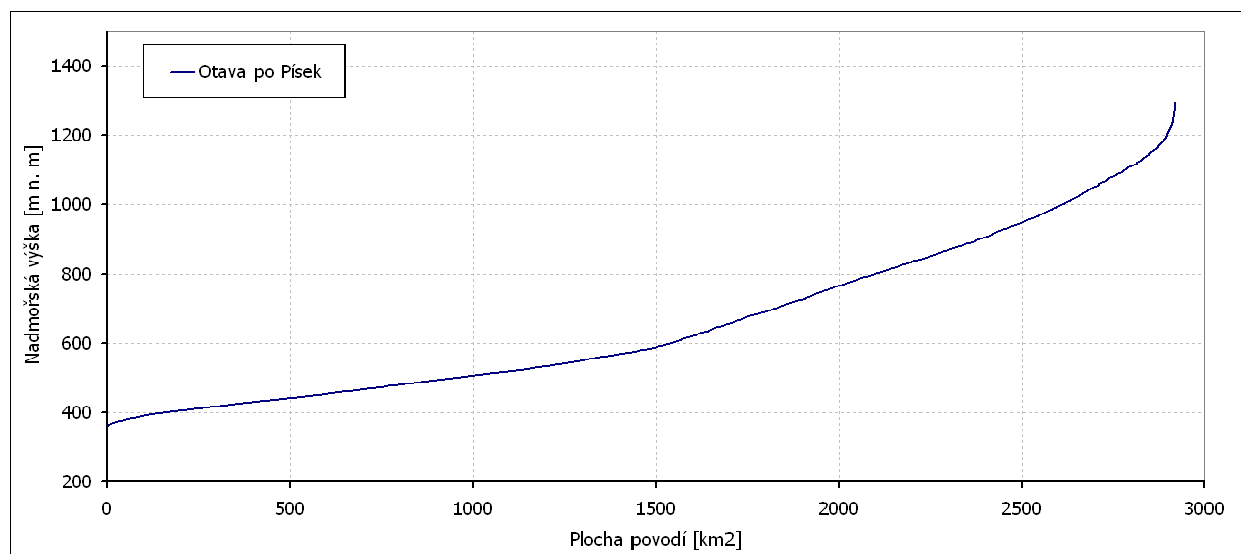


Obr. 3.1 Poloha povodí Otavy po vodoměrnou stanici Písek a fyzicko – geografická mapa

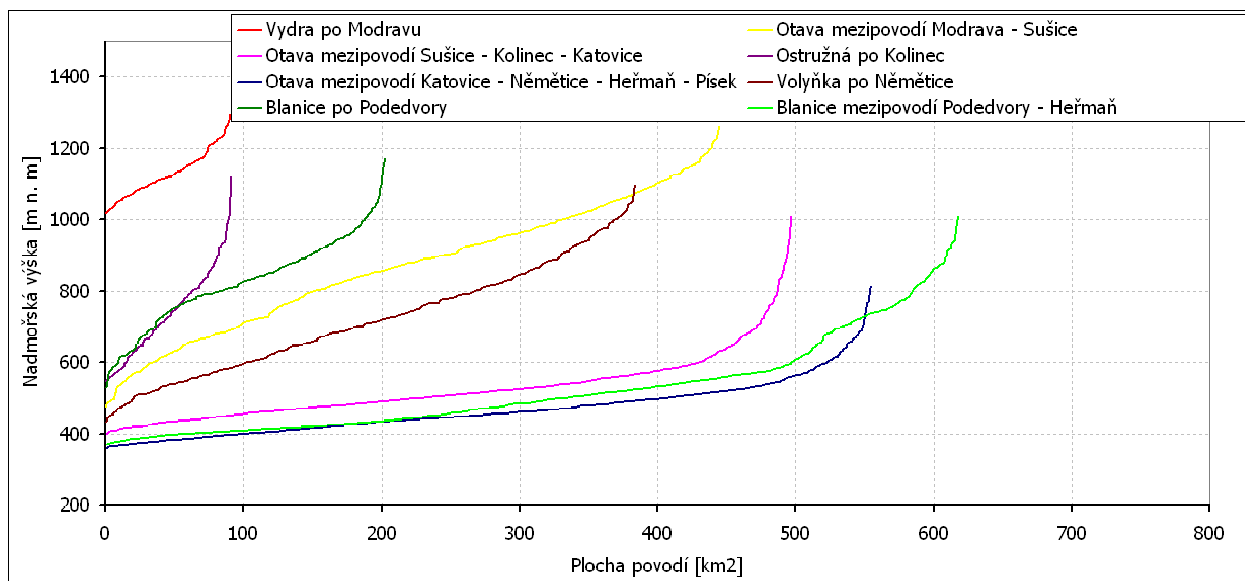
Rozvodnice Otavy po vodoměrnou stanici Písek (dále pouze povodí Otavy) směřuje od Písku k západu a prochází Blatenskou pahorkatinou, kde se postupně stáčí na jihozápad a Šumavským podhůřím stoupá směrem ke státní hranici. Dále rozvodnice sleduje vrcholové partie Šumavy (Pancíř 1214 m n. m., Luzný 1373 m n. m.) a přibližně kopíruje hranici s Německem. U vrchu Černá hora, ležícího v blízkosti pramenů Vltavy se odklání k severu a pak opět přes masív Boubína a Knížecího stolce k jihozápadu. Zde nabírá rozvodnice definitivně severní směr, sestupuje do Českobudějovické pánve a po hřbetu Píseckých hor uzavírá povodí v Písku. Plocha takto vymezeného povodí Otavy je 2913 km².

3.2 Morfometrické charakteristiky povodí

Povodí Otavy má tvar obdélníkové mísy, ve které stěna, reprezentovaná jižními a jihozápadními svahy mnohem převyšuje stěnu protější. Nejvyšší partie a zároveň pramenná oblast Otavy leží ve vrcholové části Šumavy a má charakter náhorní planiny tvořené zarovnaným povrchem v nadmořské výšce nad 1000 m n. m. Podobných charakter má také horní Blanice po vodoměrnou stanici Blanický Mlýn. Směrem z pramenné oblasti do vnitrozemí České kotliny se zvyšuje sklonitost svahů, údolí řek se zahlubují a zvyšuje se spád říčních koryt. Tento charakter mají kromě Otavy nad Sušicí také horní části Volyňky a Blanice nad Husineckou přehradou. Nejvyšší sklonitosti terénu se vyskytují poblíž kaňonu Vydry a Křemelné a v okolí masívů Boubína a Libína na horní Blanici (viz obr. 3.3). Při úpatí Šumavy se hornatý ráz krajiny mění na pahorkatinný, který má také severní a severovýchodní část povodí. Na úseku mezi Strakonice a soutokem Otavy s Blanicí řeka protéká plošším územím místy s charakterem roviny, před Pískem se údolí opět zahlubuje až k ústí Otavy do Vltavy protékající v této části hlubokým kaňonem.

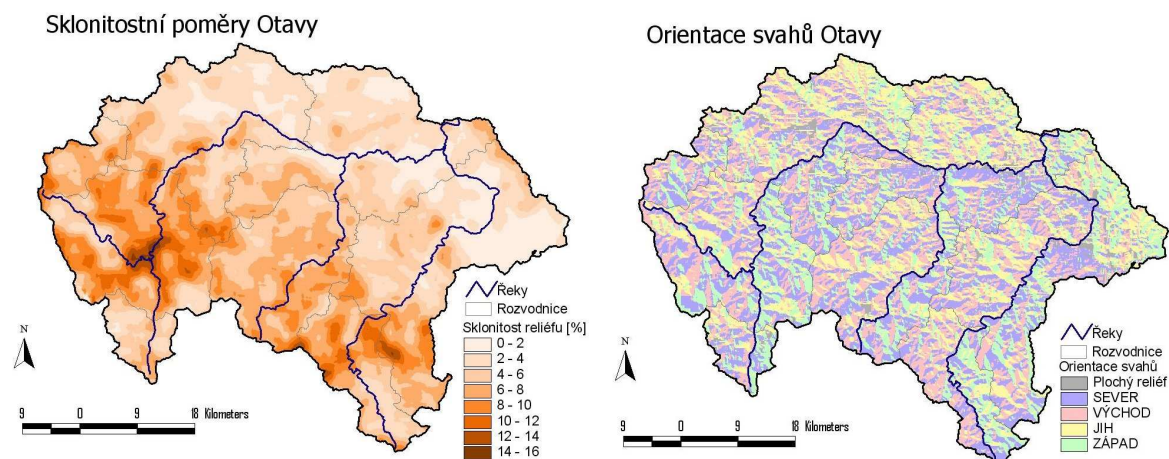


Obr. 3.2 Hypsografická křivky povodí Otavy



Obr. 3.3 Hypsografická křivka dílčích povodí a mezipovodí v povodí Otavy

Sklonitostní a výškové poměry ovlivňují především rychlost a koncentraci odtoku a také citlivost povodí na povodně z tání sněhu. Nástupy povodňových průtoků v povodích odvodňující Šumavské podhůří bývají zpravidla mnohem rychlejší než na dolní Otavě, kde se kromě pomalejšího odtoku ze střední a dolní části povodí uplatňuje i výraznější transformace vlny v korytě toku. Vliv morfologie povodí na sezónní režim je popsán v kapitole 5.3.



Obr. 3.4 Sklonitostní poměry a orientace svahů v povodí Otavy

Většina povodí Otavy leží na území geomorfologických celků Šumava a Šumavské podhůří. Částečně mezi ně zasahuje sever Českokubějovické pánve a jih Blatenské pahorkatiny. Před Pískem vtéká Otava do Táborské pahorkatiny. Průměrná nadmořská výška

povodí je 639 m n. m. Nejvyšším bodem je vrch Luzný (1373 m n.m.) na německo – české hranici, v Písku pak Otava opouští povodí v nadmořské výšce 355 m n.m.

3.3 Geologická stavba a půdy

Geologická stavba území v kombinaci s klimatickými podmínkami určují výsledek procesu zvětrávání, což mimo jiné znamená vytvoření propustných či nepropustných vrstvy v podloží.

Povodí Otavy leží převážně v prostoru šumavského moldanubika ohraničeného ze severu středočeským plutonem, který také částečně zasahuje do prostoru povodí. Z jihozápadu je hranicí moldanubický pluton. Budované je převážně pararulami a migmatity. Na jeho okrajích, kde zasahují v podloží plutony se vyskytuje žula. Zajímavostí jsou poměrně mocné, i když plošně málo rozsáhlá ložiska krystalického vápence na Sušicku.

Mladší sedimentární formace se vyskytují v rovinatém terénu dolní Otavy a Blanice, kde třetihorní písčité až štěrkové sedimenty převážně říčního původu dosahují mocnosti 20 až 30 m. V oblastech těchto fluviálních sedimentů vyčlenili *Olmer, Kessler [1990]* dva hydrogeologické rajóny, kde ve zvodních mocných od 5 do 30 metrů, maximálně až 100 m u Vodňan jsou výborné podmínky pro akumulaci mělkých podzemních vod.

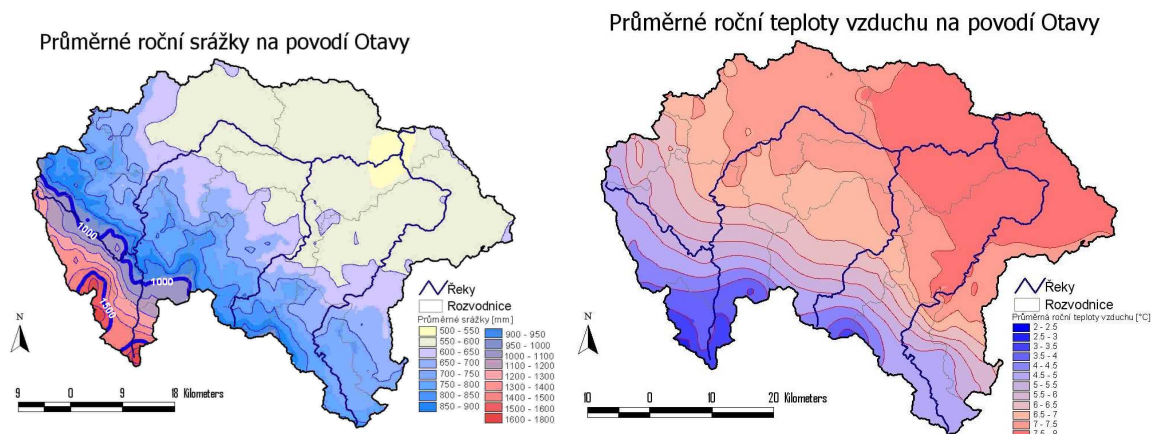
Z hlediska výskytu půdních typů, je v horských polohách nejrozšířenější podzol kambizemní a v údolích bystřin glej typický. V podhůří je většina povrchu pokryta luvizeměmi a rankery, na které v rovinatých částech povodí navazuje kambizem typická a v blízkosti hlavních toků povodí půdy náležící do skupiny fluvizemí. Lokálně se v povodí vyskytují vápenité rendziny a v horských oblastech Šumavy pak rašelinné organosoly.

3.4 Klima, vegetace a land-use

Rozdíly v klimatických podmínkách jednotlivých částí povodí Otavy jsou dány především topografií terénu. Klima oblasti z různých pohledů je znázorněno pomocí map v Atlasu podnebí Česka [*Tolasz, 2007*].

Nejchladnější oblastí s roční průměrnou teplotou 2 °C leží ve vrcholových partiích Šumavy, absolutní minima se ale vyskytují ve sníženinách na náhorní plošině v okolí Kvildy, kde i v letních měsících mohou teploty klesat pod bod mrazu *Křivancová [1999]*. Dlouhodobě nejvyšší úhrny srážek se nacházejí v oblasti centrálního hřebene Šumavy, kde průměrné roční množství srážek přesahuje 1600 mm proti 550 mm v okolí Písku. Směrem k severovýchodu od centrálního hřebene srážek zřetelně ubývá a to i přes to, že se zde vyskytuje podružný hřeben s masivy, Popelné, Boubína a Libína, které se svojí maximální nadmořskou výškou téměř vyrovnají centrálnímu hřebeni Šumavy. Převažující vliv závětrání centrálního hřebenu Šumavy

na rozložení průměrných úhrnů srážek v centrální části povodí Otavy je způsoben tím, že většina srážek spadlých přechází na frontách v západním proudění od Atlantiku (viz kapitola 5.5). Zmiňovaný podružný hřeben, ovšem způsobuje výrazné návěťví při severovýchodním proudění, které je mnohem typičtější pro letní povodně na Otavě, což vytváří prostorovou nesourodost mezi maximem dlouhodobých a extrémních srážek.



Obr. 3.5 Průměrné roční srážky a průměrné roční teploty vzduchu v povodí Otavy

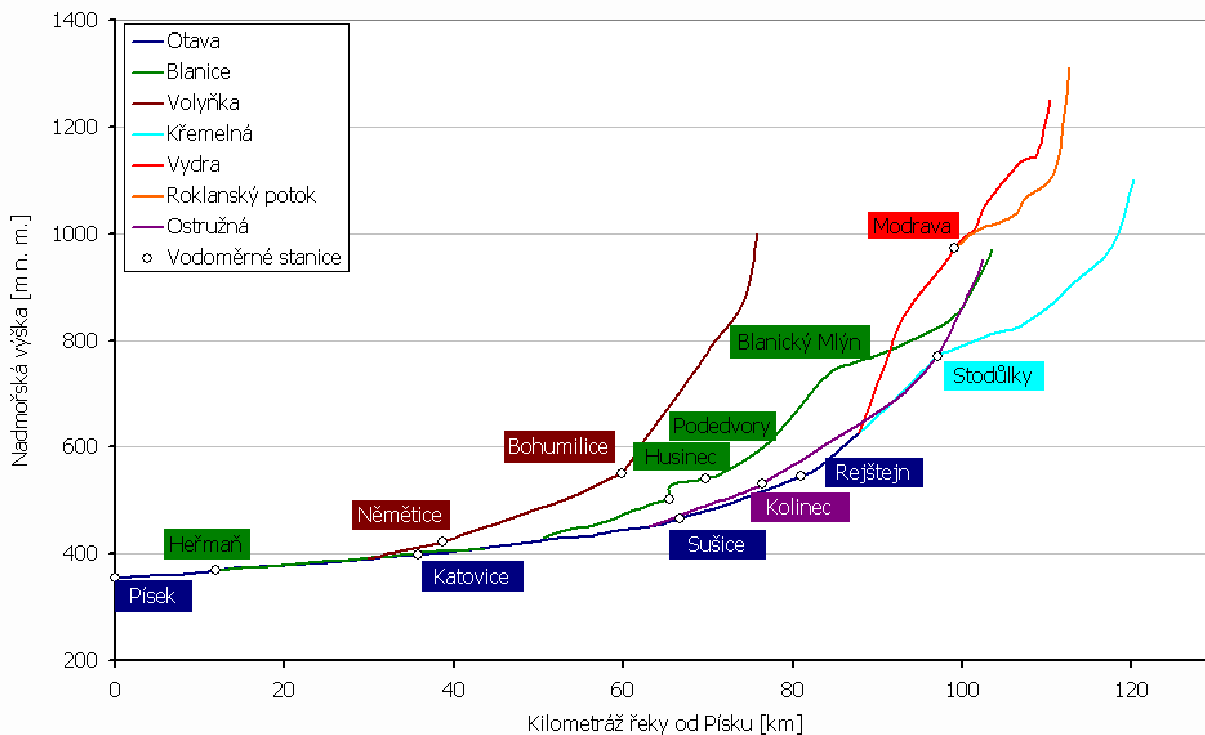
Vegetačně patří povodí Otavy do oblasti střeoevropské lesní flóry (Hercynium, podoblast Euhercynium), v níž převažuje rostlinné lesní společenstvo. Většina povodí je v oblasti klimaxu bukového až bukovovo-jedlového lesa. Smrkový les, který dnes v povodí dominuje, je klimaticky původní pouze v nejvyšších partiích Šumavy.

Struktura využití půdy v povodí Otavy se zásadně neliší od průměru v České republice. Mezi jednotlivými částmi povodí ale existují výrazné rozdíly v podílu zastoupení lesa. Některé přítoky Vydry a Křemelné mají lesnatost až 100 %, Otava u Čeňkovy pily 83 %, Otava po Sušici 73 %, u menších přítoků Otavy na dolním toku, se lesnatost pohybuje od 0 do 30 %. Celková lesnatost povodí Otavy stejně jako jeho dvou hlavních přítoků Blanice a Volyňky je přibližně 40% [Kašpárek, 1999].

3.5 Říční síť – hydrografické poměry

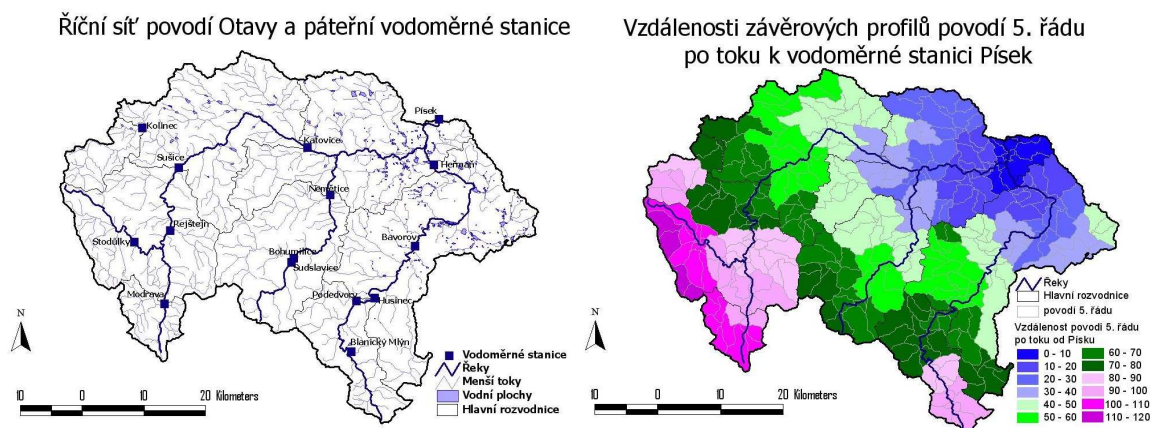
Otava vzniká soutokem Vydry a Křemelné nedaleko osady Svojše v nadmořské výšce 627 m n. m. Dále Otava protéká Šumavským podhůřím a pod Horažďovicemi vstupuje do Českobudějovické pánve, kterou po soutoku s Blanicí opouští při zahlubování koryta v členitějším reliéfu Táborské pahorkatiny. S výjimkou Volyňky tekou všechny významné přítoky Otavy (Vydra, Křemelná, Blanice) ve svých nejvyšších úsecích Šumavskými pláněmi, kde vytvářejí meandrující koryta s poměrně malým spádem. Následující říční úseky jsou pak

zpravidla mnohem divočejší, sklon koryta toku se pohybuje kolem 10° a řeky mají charakter horské bystřiny s kamenitým korytem. Pod Sušicí Otava výrazně mění charakter koryta, sklon se snižuje pod 2° a řeka začíná meandrovat ve vlastních nánosech. Stejně tak se mění tok Blanice pod Strunkovicemi nad Blanicí. Sklonitostní poměry jsou znázorněny na grafu spádových křivek Otavy a jejích přítoků.



Obr. 3.6 Spádová křivky hlavních toků v povodí Otavy

V horní polovině toku má říční síť vějířovitý tvar, v dolní pak spíše asymetrický s převahou pravostranných přítoků, které pramení v podhůří nebo horských částech Šumavy (viz obr. 3.7). Podle indexu charakteristiky tvaru povodí pro celou Otavu, který je roven 0.23 jde o vějířovité povodí (podle *Duba [1957]*). Tato vlastnost je ještě zřetelnější z rozložení říčních vzdáleností (podle kilometráže řek) jednotlivých částí po povodí po toku do závěrového profilu stanice Písek (viz obr. 3.7). Nárůst plochy s říční vzdáleností závěrového profilu je největší ve střední části povodí. Mezi 40 až 80 kilometrem, což je jedna třetina maximální délky toku Otavy, se nachází 60 % celkové plochy povodí. S určitým zjednodušením (důležitější vzdálenost než délková je časová) je možné tvrdit, že z této části povodí se při zasažení plošně rovnoměrnými srážkami bude vytvářet v Písku průtokové maximum.



Obr. 3.7 Říční síť a vzdálenosti závěrových profilů povodí 5. řádu po toku k vodoměrné stanici Písek

V celém povodí je 1453 rybníků o celkové ploše 3312 hektarů a objemu 35,3 miliónů m³. Na Šumavě odvodňuje Otava také dvě ledovcová jezera Laka a Prášilské jezero. Přirozený vodní režim je na střední a dolní Blanici a na Otavě pod soutokem s Blanicí ovlivňován manipulováním na nádrži Husinec a hospodařením vodou na rybnících v okolí Vodňan, Horažďovic a Kestřan.

3.6 Hydrologický režim

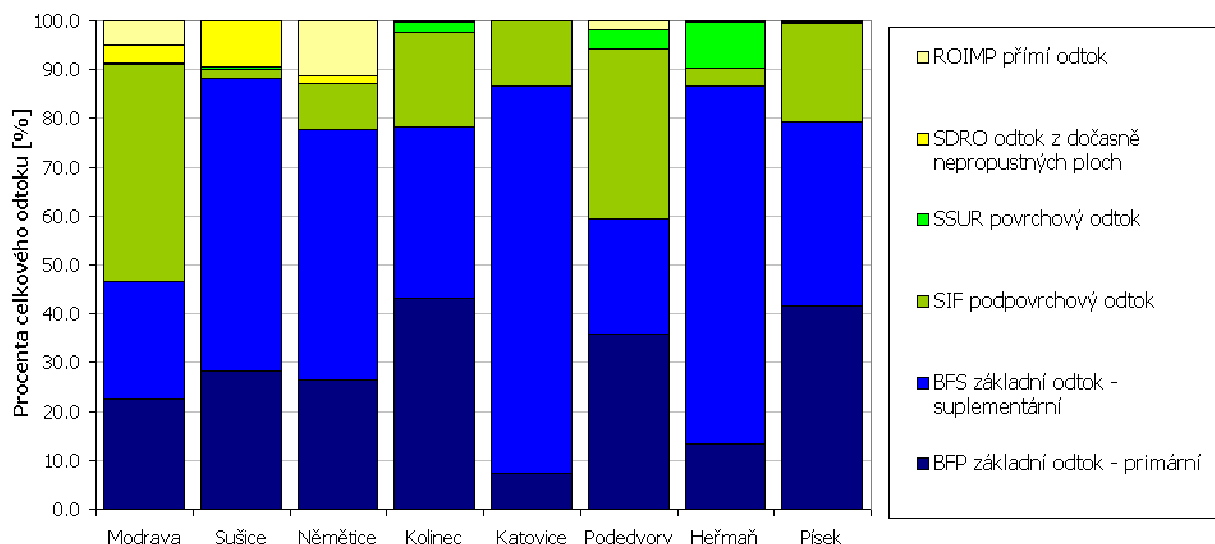
Z průměrných ročních charakteristik pro dílčí povodí Otavy se potvrzuje obecný trend vzrůstu hydrologických charakteristik - odtokového koeficientu, a specifického odtoku - s nadmořskou výškou. Horní části povodí Otavy, uzavřená profilem Sušice je jednoznačně hlavní zdrojnicí vody, na 19 % celkové plochy povodí zde vzniká 47 % ročního odtoku vody (viz. tabulka 4.1). V pramenných oblastech – zejména v povodí Vydry po Modravu jsou odtokové poměry ovlivňovány vysokým procentem organosolů, které mají specifický vodní režim – na jedné straně velkou potenciální kapacitu pro akumulaci vody, na druhé schopnost chovat se při nasycení jako nepropustná plocha. Hydrologická funkce Šumavských slatí a rašelinišť je předmětem dalšího výzkumu [Kocum, Janský, [2008].

Pro popsání struktury odtoku, byla využita modelová simulace z hydrologického předpovědního systému AQUALOG, používaného v operativním provozu na ČHMÚ. Srážko-odtokovým proces je zde počítán modelem SACRAMENTO Soil-Moisture-Accounting (např. Fiedler [2000]), který pro účely výpočtu schematizuje povodí na svrchní a spodní půdní zóny a umožňuje tak na základě těchto zón separovat odtok. Přesto, že parametry (vlastnosti půdních zón) modelu nejsou určeny podle přírodních podmínek ale z kalibrace která vlastnosti půd nezohledňuje, ukazují modelové simulace zhruba na strukturu odtoku (viz obr. 3.8).

Tabulka 3.1 Vybrané hydrologické charakteristiky pro dílčí povodí Otavy [Kašpárek, 1999]

Název stanice	Vodní tok	Povodí [km ²]	Srážka [mm]	Ztráta [mm]	Odtok [mm]	Odtokový koeficient	Specifický průměrný průtok [l.s ⁻¹ .km ²]	Průměrný průtok [m ³ .s ⁻¹]
Modrava	Vydra	90,4	1297	140	1157	0,89	36,68	3,32
Rejštejn	Otava	334,6	1197	428	767	0,64	24,35	8,15
Sušice	Otava	536,2	1062	455	606	0,57	19,22	10,3
Katovice	Otava	1134,5	864	478	386	0,45	13,89	13,9
Písek	Otava	2913	732	476	256	0,35	8,12	23,6
Husinec	Blanice	216,2	790	497	293	0,37	9,29	1,97
Heřmaň	Blanice	839,6	652	483	169	0,26	5,35	4,49
Němětice	Volyňka	383,4	722	492	230	0,32	7,28	2,79
Kolinec	Ostružná	91,1	877	439	438	0,50	13,89	1,26

Struktura odtoku z let 2002 -2005 podle modelu SAC - SMA

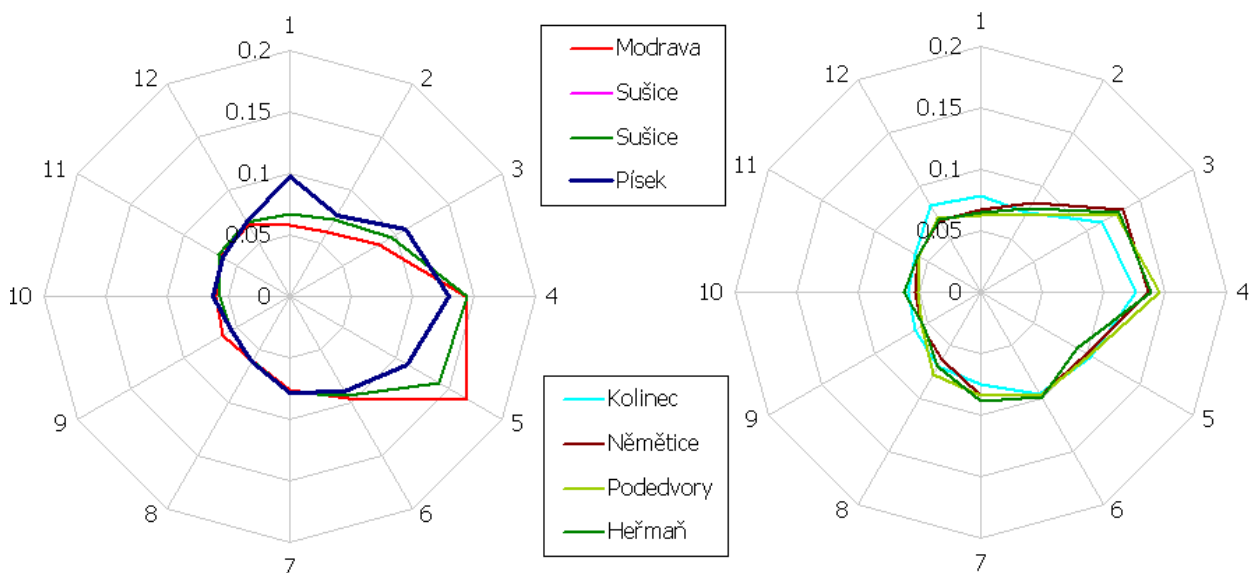


Obr. 3.8 Struktura odtoku Otavy a jejich přítoků podle srážko-odtokového modelu SAC – SMA.

V povodích, jejichž plochy leží většinou na hornaté části Šumavy, se na celkovém objemu odtoku více podílí rychlý povrchový a hypodermický odtok ze svrchních půdních horizontů. To zvyšuje povodňové ohrožení rychlými nástupy povodňových průtoků a vysokými specifickými kulminační průtoky, na druhou stranu tato povodí po povodni rychle ztrácejí svojí vysokou nasycenost a snižují riziko opakování povodní. Ve středních a dolních partiích Otavy a Blanice díky sklonitostním a půdním poměrům naopak narůstá podíl základního odtoku a s ním se mění i charakter průtokových vln.

Povodí Otavy jako celek i jeho jednotlivé části s výjimkou nejvyšších partií Šumava mají pluvio – nivální režim s převažujícím objemem odtoku z dešťových srážek, a maximálním objemem v jarních měsících, kdy dochází k tání sněhu. Režim niválně – pluviální mají pouze

menší toky v pramenné oblasti Otavy resp. Křemelné a Vydry, kde jarní maxim je posunuto až do května a je výraznější než u ostatních povodí. Sezonální režim povodňových průtoků je v mnoha ohledech odlišný a zabývá se jím samostatná kapitola (5.3)



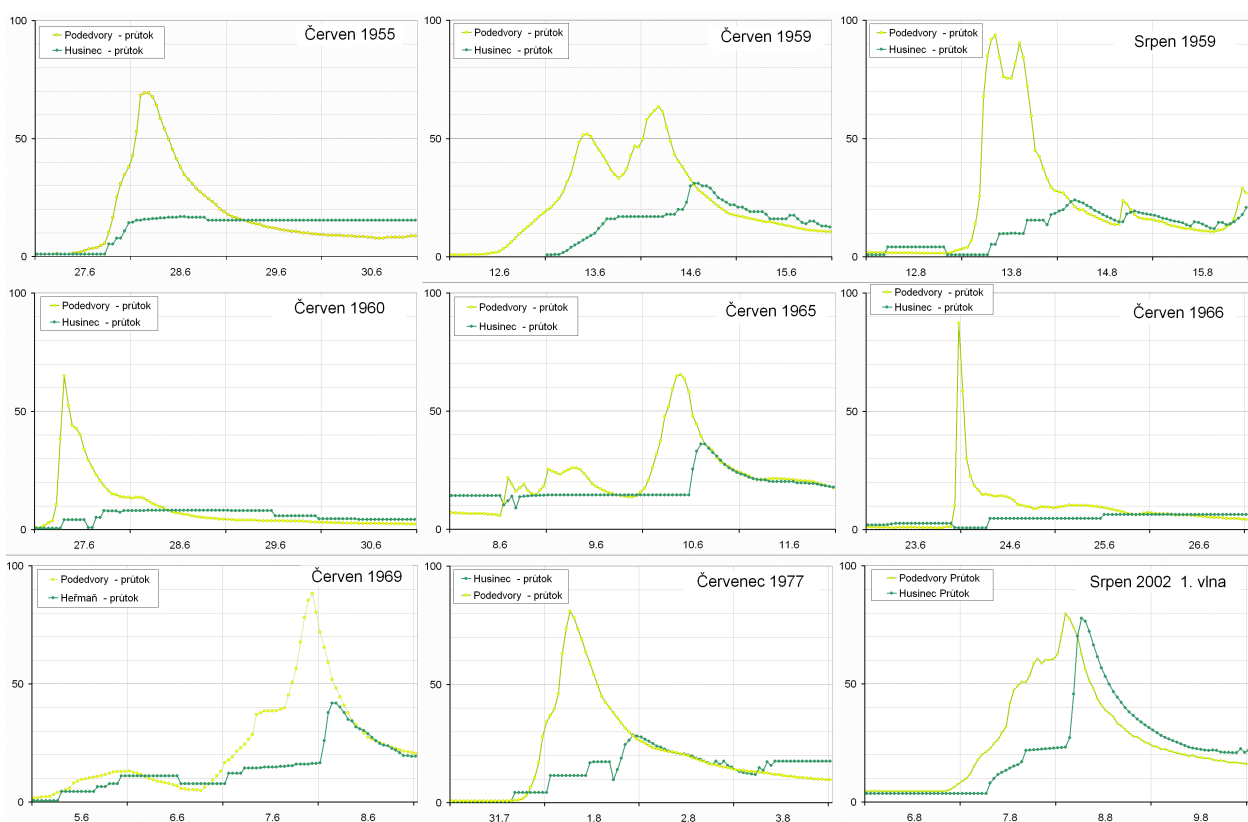
Obr. 3.9 Rozložení relativního množství odtoku z let 1961 – 2005 v jednotlivých povodích Otavy

Díky absenci velkých vodních nádrží se v povodí Otavy vyskytují relativně často ledové jevy. V Písku se za období pozorování 1922 – 1965 vyskytly ledové jevy nejdříve 26. 11. a nejpozději zmizely až 25. 3. [ČHMÚ, 1968]). Místa vzniku ledových bariér, které mohou vést až k lokálním záplavám se nacházejí nejčastěji tam, kde výrazně klesá rychlostí proudu – například na počátcích vzduť jezů (Velké Hydčice, Střelské Hoštice, atd.). Profil vodoměrné stanice Písek, ze kterého byly použity záznamy povodňových vodních stavů je situován v místě, kde se ledové bariéry tvoří jen ojediněle a proto naprostá většina povodní je zde způsobena zvýšeným průtokem. V Otavě nad Sušicí a ve Vydře, kde je proudění v balvanitém korytě silně turbulentní, vzniká při velmi nízkých teplotách také vnitrovodní led.

Ovlivnění hydrologického režimu velkými vodohospodářskými stavbami jako jsou přehradní nádrže 1. a 2. kategorie na Vltavské kaskádě, na Otavě není, a proto si odtokové poměry Otavy udržují dostatečnou kontinuitu s nedávnou minulostí, což je důležitá vlastnost pro další analýzy povodňových epizod.

Nejvýznamnější strukturální prvek protipovodňové ochrany představuje v povodí Otavy přehradní nádrž Husinec. Leží na Blanici nad městem Husinec a plní dnes především ochrannou funkci. Svým objemem 6,5 mil. m³ patří sice mezi menší nádrže (např. Římov -

Malše 34,5 mil. m³, Lipno - Vltava 306 mil. m³), ale je zde ponechán relativně velký retenční prostor 3,7 mil. m³, díky kterému se daří výrazně zachycovat vlny s malým objemem, a zmenšit velké kulminační průtoky z letních přívalů, které v této části povodí jsou poměrně časté. Při velkých plošných povodních však může dojít k rychlému naplnění nádrže a přelití přes korunu hráze. V období od roku 1955 až do povodně v srpnu 2002, pro které byl zpracován katalog povodní na Blanici [Vlasák, 2005] se podle těchto údajů dařilo na Husinci úspěšně zachycovat povodně a k přelití hráze docházelo zpravidla až na sestupné části přítokové vlny. Při povodni v srpnu 2002 se u první vlny povedlo pouze zpozdít nástup povodňových průtoků, vliv nádrže na průběh druhé větší vlny byl pak zanedbatelný (viz obr. 3.10)



Obr. 3.10 Transformace povodňových vln přechodem přes přehradní nádrž Husinec (limnigraf Podedvory leží poblíž ústí Blanice do Husinecké nádrže)

3.7 Antropogenní transformace přírodní sféry

Krajina povodí Otavy přechází od přírodně blízké, která se nejvíce vyskytuje na Šumavě, k intenzivně obhospodařované v střední a dolní části povodí, kde se také v blízkosti toku nacházejí větší sídla – potenciální zdroje největších povodňových škod. Přírodně nejcecnější lesní porosty na Šumavě byly v posledních letech vážně narušeny kůrovcovou

kalamitou, která v některých oblastech vedla až k odlesnění velkých ploch a k ovlivnění odtokového režimu řek.

Pro porovnání příčin a průběhu starších povodní mohou být překážkou výrazné změny ve využívání krajiny, které ovlivňují srážko-odtokový vztah. Naštěstí v posledních 150 let došlo v tomto směru v povodí Otavy pouze k mírným změnám. Vzrostla celková lesnatost povodí, naopak výrazně klesla rozloha trvalých travních porostů, které byly většinou přeměněny na zemědělskou půdu a narostla také zastavěná plocha [Bičík, 2004].

Vliv na odtokové poměry má také činnost člověk v bezprostředním okolí toků. Údolní niva je zde zpravidla obhospodařovaná, koryto toku na některých místech doznalo výrazných zásahů. Langhammer [2004] uvádí například, že téměř polovina ploch údolních niv v povodí Otavy je nevhodně využívaná jako orná půda, která snižuje schopnost transformace povodňové vlny a zvyšuje erozi. Z mapování upravenosti říčních toků a následků povodně 2002 v povodí Otavy vyplynulo, že za posledních 150 let došlo v povodí Otavy ke zkrácení délky toků z 612 km na 556 km tedy o 9 %, některé úseky jako například Blanice od Bavorova po ústí a částečně i Otava od Horažďovic po soutok s Blanicí byly zkráceny místy až o 40 %. Takovýto zásah urychluje postup povodňové vlny a snižuje její transformaci. Při mapování následků povodně ze srpna roku 2002 se také zjistilo, že téměř 90 % následků se nachází na úsecích se středně a vysoce intenzivní upraveností koryta toku a tedy že výskyt projevů činnosti povodně je těsně svázán s upraveností vodních toků a příbřežní zóny [Langhammer, 2004].

4. Návrh databanky povodní

4.1 Systém archivace

Nové možnosti ukládání dat do digitálního formátu a s tím spojené výhody změnil přístup ke shromažďování informací mimo jiné i o povodňových situacích. Databázové systémy umožňují rychlý selektivní výběr požadovaných dat a jejich export do jednotného formátu, který je potřebný pro další zpracování. Funkční počítačové databáze historických meteorologických a hydrologických dat se proto staly nejpoužívanějším zdrojem primárních dat pro analýzy povodní. V České republice tyto databáze provozuje Český hydrometeorologický ústav. Jsou do nich ukládány všechna nově naměřená data a průběžně se doplňují i starší data z historických záznamů.

Je pravděpodobné, že všechny současné i budoucí práce, které se týkají povodní, se o tyto databáze jako zdroje dat budou opírat. Přesto je možné uvést důvody, proč za tohoto stavu má v této práci navrhovaná databanka povodní své opodstatnění:

- V databázích chybějí informace o starších povodňových případech.
- Databanka poskytuje ucelený přehled o výskytu a příčinách povodní.
- Primární data ze stanic jsou zpracovány do snáze interpretovatelných grafických výstupů.
- Databanka povodní slučuje záznamy z více informačních zdrojů do jednoho místa.
- Některé údaje v databázích jsou autorsky chráněny pořizovatelem dat a grafická forma databanky umožňuje přístupný náhled na tyto data.

Cílem sestavení databanky povodňových událostí není vytvoření alternativního zdroje primárních dat o povodních, ale předložení přehledu o příčinách a průběhu povodní, v jednotné převážně grafické formě. Databanka povodní je tvořena listy (kartami), které obsahují základní informace o povětrnostních příčinách, srážkách a odtokové odezvě ke každé zpracovávané povodni. Data jsou v těchto listech zobrazeny graficky ve formě map, grafů nebo průtokových hydrogramů. Způsoby zobrazení a mapové legendy jsou u všech listů jednotné, aby bylo možné povodně vzájemně porovnávat.

4.2 Přehled povodní

Seznam všech významných povodňových situací, které se v uceleném povodí vyskytly, je klíčovým souborem vstupních informací. Odvívá se od něj všechny další postupy například sezónní nebo frekvenční analýzy, u kterých by nejednoznačný výběr epizod ovlivnil výsledky. Proto je třeba při tvorbě tohoto souboru dodržovat jasná kritéria výběru povodní.

Jako vhodné kritérium pro výběr povodní se byl zvolen průtok, který již vede k rozlivům a stává se zdrojem potenciálního nebezpečí. Protože tento průtok je místně proměnlivý, byla zvolena jako separační mez hydrologická charakteristika 1letého průtoky, která mimo jiné umožňuje porovnávat soubory povodní z různých povodí. Směrodatným kritériem pro vytváření souboru byl zvolen výskyt průtoky ve vrcholu povodňové vlny Otavy ve stanici Písek, nad hodnotou 1letého průtoky, tzn. $146 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. U vícevrcholových vln byly za samostatné povodně považovány ty vlny, jejichž vrcholy byly vzdáleny od sebe alespoň tři dny a kdy průtok v těchto dnech poklesl na polovinu kulminačního průtoky první vlny. Proto například povodeň ze srpna roku 2002, je zde zpracována jako dvě samostatné epizody. Podle zvoleného kritéria byly vybrány všechny povodně mezi roky 1961 – 2006. Tento soubor byl rozšířen o velké povodně z let 1890 až 1961, u kterých maximálním průtok v Písku překročil hranici 10letého průtoky ($395 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Do souboru nebyly zařazeny povodně vzniklé zmenšením průtočnosti koryta Otavy v Písku. Mezi lety 1961 – 2006 se vyskytly minimálně dvě takové povodně (v lednu 1968 a lednu 1991), u kterých se projevilo v záznamu vodoměrných pozorování zřetelně výrazný vliv ledové bariéry na výšku vodní hladiny a vodní stavy zároveň překročily hodnotu pro 1letou povodeň. Žádná z těchto povodní ale nevyvolala v Písku významnější rozvodnění. Na základě uvedených kritérií bylo vybráno 72 povodní, jejichž přehled je uveden v tabulce č. 4.1.

4.3 Zdroje a způsob zpracování dat

Povodeň je výsledkem střetu výjimečných faktorů jak v atmosféře tak i v povodí. Na každou epizodu je proto nutné nahlížet režimově i dynamicky jako na ucelený systém, k jehož pochopení jsou potřeba meteorologické i hydrologické znalosti. Tomu odpovídá i struktura komponent, předložené databanky povodní, které vychází z návrhu databanky povodní, který publikoval *Hladný [1993]*. Mezi komponenty jsou meteorologické parametry popisující atmosférické příčiny povodní, charakteristiky srážek, teplot vzduchu, stav povodí před povodní a vlastnosti odtokové odezvy na řekách.

K identifikaci jednotlivých dnů během povodně byl použit obvyklý způsob [*Wehry, 1968*], kdy se den výskytu kulminace nazývá jako DD, dny, které mu předcházely jsou D-1, D-2...,D-5 a dny, které následovaly D+1 a D+2. Pro usnadnění práce při analýzách příčin jednotlivými povodní byly povodně označeny osmimístným číselným kódem, který vyjadřuje datum kulminace Otavy v Písku. Například povodeň, která kulminovala 26.5.2006 má kód 20060526.

Tabulka 4.1. Přehled povodní zařazených do databanky povodňových událostí

Kód povodně	Datum	Průtok	Kód povodně	Datum	Průtok
		[m ³ .s ⁻¹]			[m ³ .s ⁻¹]
20060529	29.5.2006	176	19790313	13.3.1979	155
20060329	29.3.2006	241	19770823	23.8.1977	308
20030103	3.1.2003	258	19770801	1.8.1977	300
20021231	31.12.2002	167	19770521	21.5.1977	163
20020813	13.8.2002	1175	19770209	9.2.1977	163
20020808	8.8.2002	558	19760728	28.7.1976	177
20020322	22.3.2002	267	19750702	2.7.1975	255
19981102	2.11.1998	211	19741230	30.12.1974	187
19981030	30.10.1998	200	19741209	9.12.1974	187
19980916	16.9.1998	154	19740719	19.7.1974	165
19970317	17.3.1997	169	19720423	23.4.1972	170
19970227	27.2.1997	184	19711119	19.11.1971	173
19961021	21.10.1996	176	19700513	13.5.1970	183
19950902	2.9.1995	168	19690608	8.6.1969	249
19950627	27.6.1995	178	19671224	24.12.1967	190
19950602	2.6.1995	180	19670917	17.9.1967	178
19950127	27.1.1995	174	19660809	9.8.1966	163
19931222	22.12.1993	518	19660723	23.7.1966	173
19910803	3.8.1991	247	19660630	30.6.1966	152
19891216	16.12.1989	153	19660418	18.4.1966	186
19880326	26.3.1988	166	19660209	9.2.1966	150
19871220	20.12.1987	274	19650611	11.6.1965	290
19870702	2.7.1987	189	19650601	1.6.1965	250
19870329	29.3.1987	181	19650520	20.5.1965	167
19861023	23.10.1986	161	19640814	14.8.1964	158
19860613	13.6.1986	228	19630701	1.7.1963	152
19860530	30.5.1986	269	19620515	15.5.1962	185
19840917	17.9.1984	161	19620401	1.4.1962	171
19820131	31.1.1982	199	19610609	9.6.1961	188
19820106	6.1.1982	199	19540709	9.7.1954	800
19811016	16.10.1981	192	19400531	31.5.1940	440
19811012	12.10.1981	160	19151008	8.10.1915	500
19810721	21.7.1981	500	18990914	14.9.1899	560
19810311	11.3.1981	213	18960505	5.5.1896	560
19800723	23.7.1980	338	18941005	5.10.1894	600
19791212	12.12.1979	205	18900904	4.9.1890	800

4.3.1 Data pro popis povětrnostních příčiny povodí

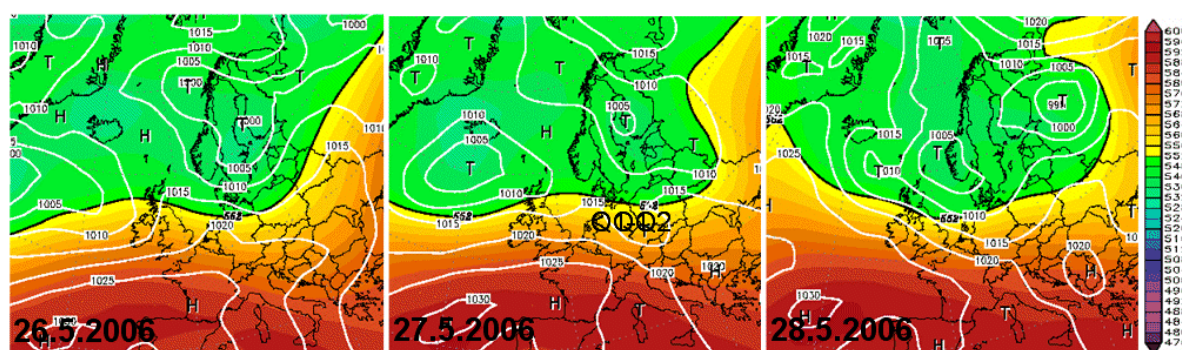
Pro popis základního charakteru atmosférické cirkulace byla použita klasifikace povětrnostních typů podle *Brádky* [1961], dostupná od roku 1946. Výskyt jednotlivých typů je

uveden u dní D-5 až D+1. Tato typizace bohužel nepřihlíží k detailnějším synoptickým objektům – rozměrů mezo β a menším [Brázdil, Štekl, 1986] a proto také její interpretace na počasí v menších oblastech, řádově odpovídajících sledovanému povodí, je volnější.

Vhodnější pro tyto účely by byla typizace podle Končeka a Reina [1971] nebo Brázdila a Štekla [1986], ale k oběma chybí kalendář typů za delší období. Z těchto důvodů byly pro upřesnění povětrnostních podmínek zejména směru proudění přidány do katalogu snímky přízemního a výškového tlakového pole ve dnech D-3 až D-1 stažené z internetového archivu serveru <http://www.wetterspiegel.de/de/archiv/> (obr 4.1). Mapy tlakového pole jsou také k dispozici i pro povodně z konce 19.století a první poloviny 20. století, což neplatí pro synoptické typy podle Brádky.

Povětrnostní situace

Dny před a po kulminaci DD:	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace :	Ap1	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc
Churáňov směr větru [°]:	260	260	260	270	270	260	280
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]:	3,7	5,3	5,7	5,7	6,3	2,7	3,7



Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]

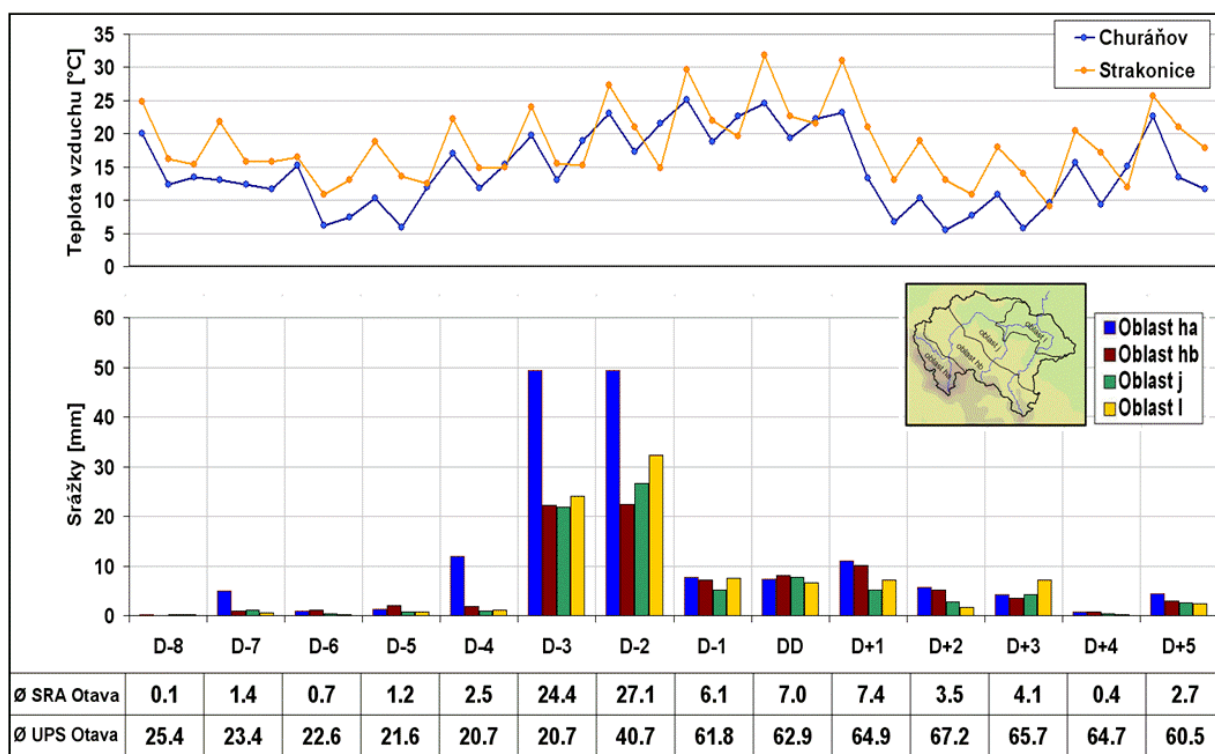
Obr. 4.1 Ukázka informací o povětrnostních příčinách pro povodňovou epizodu 20060529

Pro potřeby analýzy povětrnostních příčin povodní byly určeny polohy a trajektorie řídících tlakových útvarů, pomocí analýzy tlakového pole z periodicky publikovaných *Denních přehledů počasí*. Ty ale nejsou součástí databanky povodní.

Projevy atmosférické cirkulace přímo v povodí Otavy jsou v databance popsány pomocí směru a rychlosti větru v meteorologické stanici Churáňov. Tato stanice, díky své poloze v nadmořské výšce 1108 m, v otevřeném terénu dobře reprezentuje proudění na hladině 850 hPa, která se blíží geostrofickému větru. Údaje z Churáňova, průměrované z měření v klimatických termínech (07h, 14h a 21h) do denních hodnot jsou u každé povodně uvedeny také pro dny D-5 až D-1. U povodní, který se vyskytl před rokem 1940 byly použity stejné údaje z klimatologické stanice České Budějovice, která má delší časovou řadu.

4.3.2 Data pro popis meteorologických příčin

Protože naprostá většina povodní na Otavě byla vyvolána vydatným deštěm (viz kapitola 5.2) , byla popisu srážek věnována velká pozornost. Vzhledem k rychlosti odtoku v povodí Otavy by bylo vhodnější srážky analyzovat v hodinovém kroku, bohužel systematické měření srážek v tomto časovém intervalu začalo být prováděno až na konci 20. století. Proto bylo nutné se omezit na denní úhrny srážek, které byly již při dostatečné hustotě stanic měřeny od konce 19. století. Množství srážkoměrných stanic v povodí Otavy, které se použily pro hodnocení povodní, kolísalo od 8 u povodně 18941005 do 39 u povodně 20060526. Údaje o srážkách byly od roku 1961 získány z klimatické databáze ČHMÚ, starší data byly digitalizovány ze srážkoměrných ročenek Československa a Rakouska – Uherska.



Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy

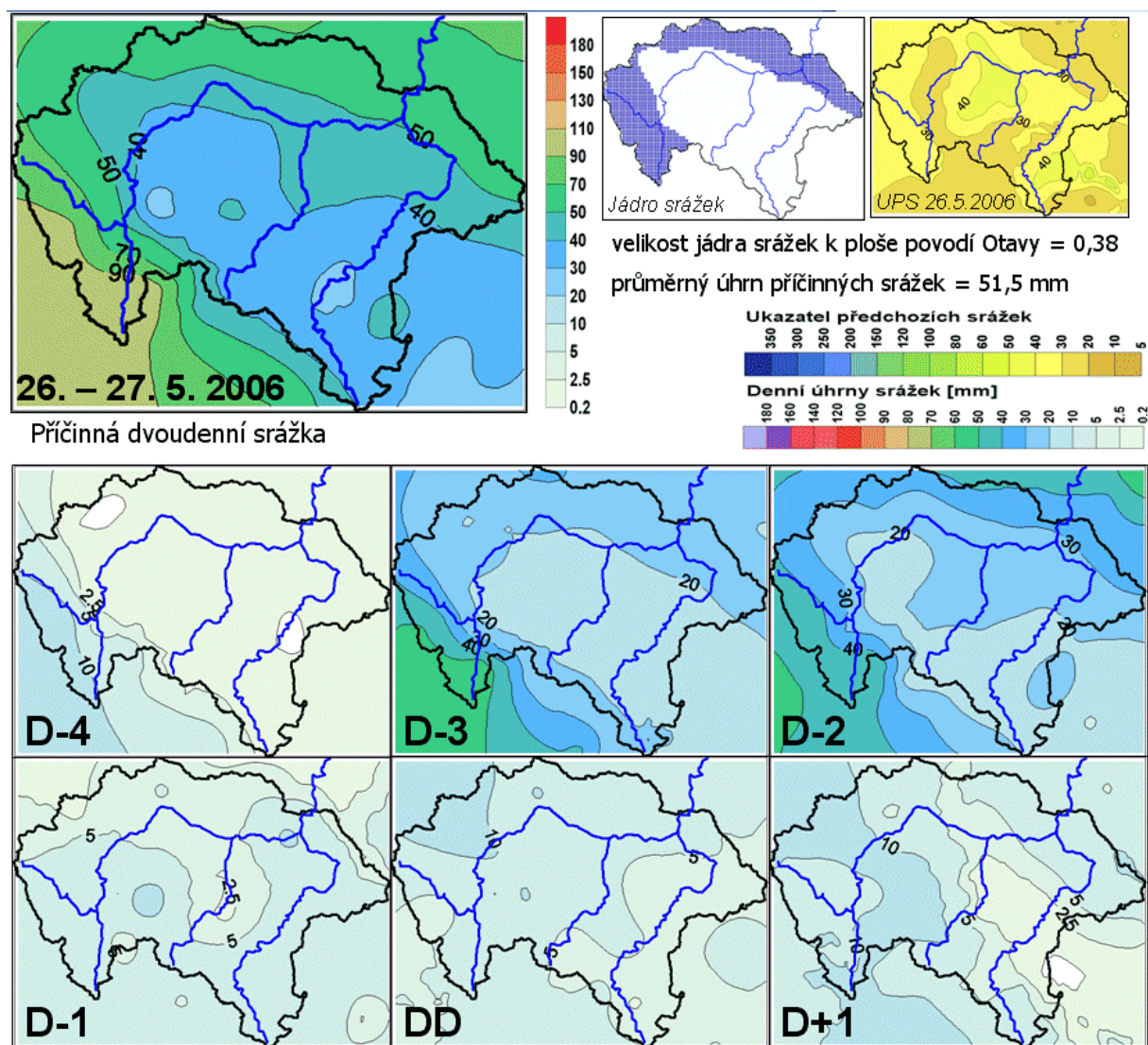
Obr. 4.2 Charakteristiky srážek a teplot pro povodňovou epizodu 20060526

Aby bylo možné analyzovat časoprostorovou dynamiku srážek, byla bodová měření přepočítána, pomocí interpolační metody univerzálního krigingu s lineárním variogramem, do gridových souborů. Tato metoda je standardním vybavením programů GIS a pro interpolaci srážkových úhrnů ji doporučuje například *Lupikasza [2006]*. Ze souborů v gridovém formátu byly vypočteny průměrné úhrny srážek na celé povodí Otavy a pro čtyři oblasti (H_a , H_b , J , L),

použité pro potřeby aplikace metody předpovědního analogu (kapitola 6). Zmíněné údaje jsou pro každou povodeň znázorněny v grafu pro dny D-8 až D+5 (viz obr. 4.2)

Gridy srážkových polí se pro dny D4 až D+1 vyexportovaly do map izolinií a jsou součástí databanky povodní (obr. 4.3). Samostatně je v databance zobrazena mapa dvoudenní příčinné srážky a lokalizace jádra nejsilnějších srážek (viz. kapitola 5.5).

Pro vznik povodní, u kterých docházelo k tání nebo akumulaci sněhu, jsou důležité teploty vzduchu. Průběh teploty vzduchu byl získán pouze převzetím měření této veličiny ze meteorologických stanic Churáňov a Strakonice respektive České Budějovice u starších povodní. Teploty vzduchu změřené v klimatických termínech jsou zobrazeny v grafech s průměrnými úhrny srážek (obr. 4.2)



Obr. 4.3 Mapy rozložení srážek a indexu UPS u povodňové situace 2006/026

4.3.3 Data pro popis počátečního stavu povodí

Některé dynamicky proměnné vlastnosti přírodního prostředí jako například nasycenost, zámrz půdy, rozsah a charakter sněhové pokrývky a nebo stav vegetace mají neopomenutelný vliv na vznik povodně. Vybrané základní ukazatelé stavu povodí se proto v databance povodní rovněž uvádějí.

Půdní nasycenost byla kvantifikována pomocí indexu UPS (v zahraniční literatuře označovaný jako API – Antecedent Precipitation Index), který je velmi hojně používaný pro svou jednoduchost a nenáročnost na vstupy. Index je založen na váženém součtu srážek za předchozích 30 dní, kdy váha srážkového úhrnu klesá s narůstající časovou vzdáleností od dne, pro který je výpočet prováděn. Vzorec s optimálním evapotranspiračním koeficientem 0,93 pro vážení srážek upravitel pro prostor České republiky *Hladný [1962]*:

$$UPS_{30}(D) = \sum_{i=1}^{i=30} SRA_i * 0,93^i \quad 4.1.$$

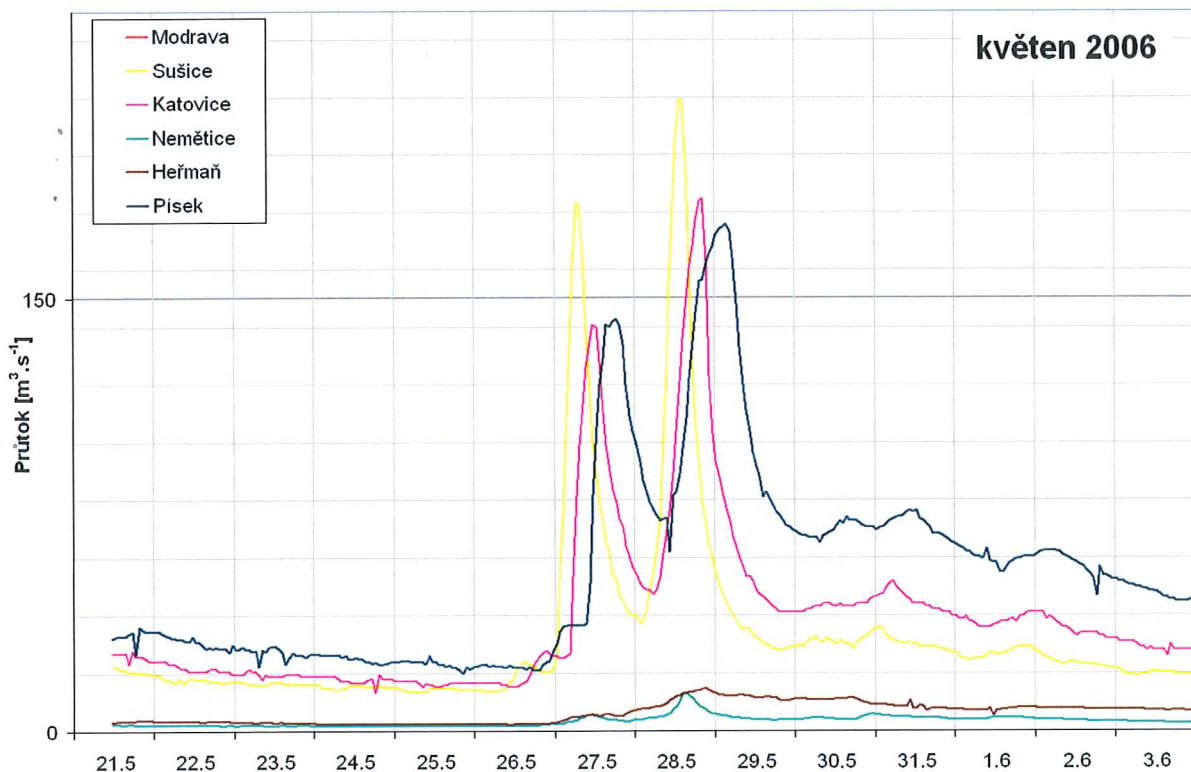
kde i je počet dnů ve zpětném časovém pořadí ode dne, k němuž se počítá index nasycenosti UPS, a SRA_t je denní úhrn srážek v den t . Rozložení indexu UPS na povodí Otavy v podobně mapy izolinií, ke dni před počátkem příčinné srážky, je zobrazeno u každé povodně (obr 4.3).

Vývoj povodní, u kterých se na tvorbě odtoku významně podílelo tání sněhu, bývá pochopitelně více ovlivněn množstvím sněhových zásob než stavem půdy. Proto u epizod, které podle analýzy příčin byly zařazeny do kategorie povodní s převládajícím vlivem tání sněhu, byly počáteční podmínky povodí popsány na základě rozložení vodních hodnot sněhu. Ty měří vybrané srážkoměrné stanice ČHMÚ pouze každé pondělí a proto den s údaji o sněhových zásobách má u jednotlivých povodní různý předstih před dnem kulminace. Před rokem 1970 byla hustota stanic, které měřily vodní hodnotu sněhu poměrně řídká, a proto se pro tvorbu map použila orograficky podmíněná interpolace s využitím digitálního modelu terénu [Šercl, 2002], která zejména v jarních měsících, kdy nabývá na významu vztah mezi zásobami sněhu a nadmořskou výškou, poskytuje lepší výsledky než například kriging i při menším počtu měřících bodů.

4.3.4 Data pro popis odtokové odezvy

V databance povodní je odtoková odezva popsána pomocí průtokových hydrogramů z nejvýznamnějších vodoměrných stanic v povodí Otavy (obr. 3.1.). V ideálním případě byl úplný záznam pořízen v hodinové kroku v rozsahu dní D-8 až D+5 (obr 4.4). U většiny povodní je ale z důvodu horší dostupnosti historických dat záznam kratší a u některých vodoměrných stanic chybí úplně. Uváděné průtoky v naprosté většině nebyly součástí hydrologické databáze ČHMÚ. Vznikly převodem vodních stavů digitalizovaných

z limnigramů nebo raportů (hlášení pozorovatelů) přes platnou měrnou křivku na průtoky. U některých případů musela být volba vhodné měrné křivky změněna tak, aby průtoky ve vodoměrných stanicích na sebe bilančně navazovaly. Protože nové techniky hydrometrování umožňují zpřesňovat křivky v pásmu vysokých stavů, je třeba počítat s tím, že u některých, zejména velkých povodní, mohou být průtoky v budoucnu ještě přehodnoceny a upraveny.

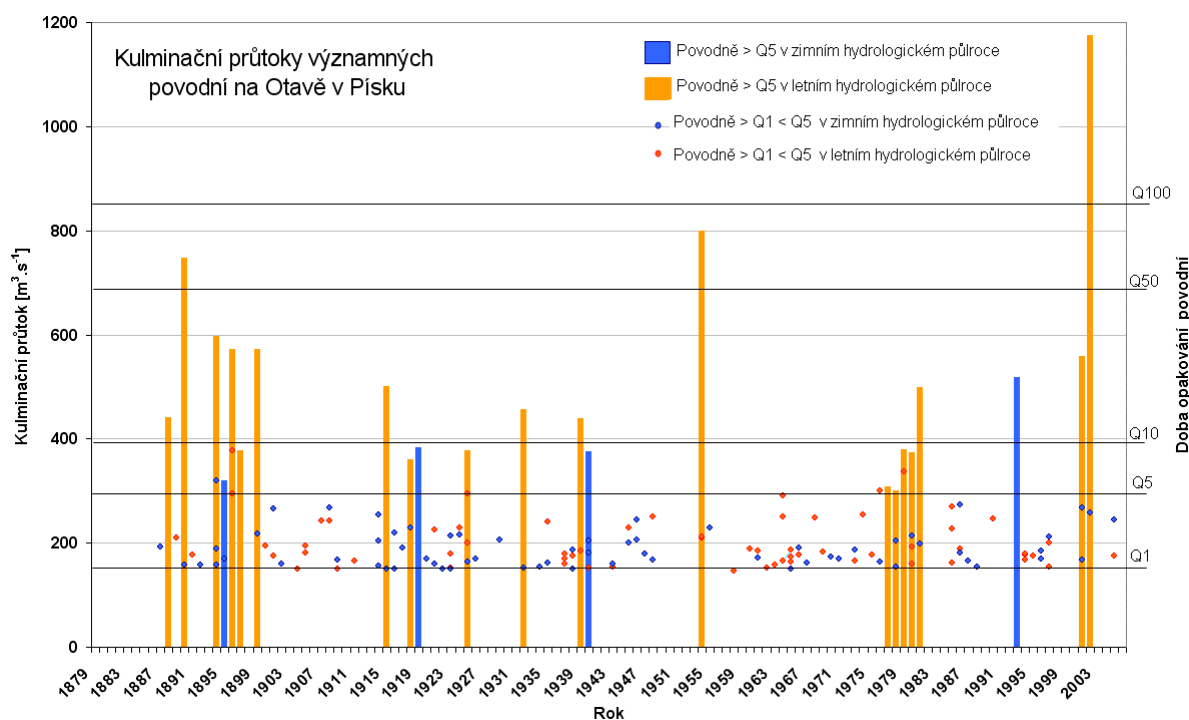


Obr. 4.4 Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

5. Vlastnosti povodňového mechanismu povodí Otavy

5.1 Výskyt povodní

Výskyt otavských povodní od roku 1888 do 2006 je zobrazen obrázku 5.1.1. Graf obsahuje všechny známé povodně s kulminačním průtokem přesahujícím hodnotu 1letého průtoku ($146 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). U velkých povodní s kulminací nad 5letým průtokem je patrná zvýšená četnost jejich výskytu na konci 19. století, kdy bylo zaznamenáno několik velkých povodní po celém povodí Vltavy (Kakos [2001]). Chudé na velké povodně bylo období 1940 – 1976, kdy Otavou prošla pouze jediná velká povodeň 19540709 (v pořadí v daném referenčním období největší až do výskytu povodně 20020813). Tato epizoda byla považována za 100letou povodeň až do přehodnocení hydrologického katastru po roce 2002. Za zmínku stojí převaha výskytu velkých letních povodní, jež je dobře patrná z obrázku 5.1. Sezonální výskyt otavských povodní nejen v profilu Písek je podrobněji popsán v kapitole 5.3.



Obr. 5.1 Kulminační průtoky Otavy v Písku mezi lety 1888 až 2006 podle průtoku a sezónního výskytu.

Výskyt malých povodní s kulminačním průtokem mezi 1letou a 5letou vodu je více rovnoměrnější. Z pohledu sezónního aspektu ve frekvenci výskytu povodní je zajímavá

zvýšená četnost zimních povodní mezi lety 1914 – 1925, kdy šlo převážně o jarní povodně a naopak převaha letních povodní v letech 1960 – 1970.

5.2 Příčiny povodní na Otavě

Z hlediska příčin se povodně obvykle dělí podle zdroje zvýšeného odtoku na povodně dešťové, sněhové a smíšené. (V oblastech s ledovci se někdy vyčleňují i povodně ledovcové) Povodně vzniklé zmenšením průtočnosti koryta například bariérou z ledových ker nebyly uvažovány. Z dostupných záznamů o pozorování hladiny z vodoměrné stanice Písek vyplývá, že od roku 1960 byl pouze u dvou povodní (v prosinci 1991 a lednu 1968 s kulminacemi nad úrovní 1leté vody) vzestup vodních stavů nepochybně způsoben vzdušným tlakem ledu, u dalších zimních povodní ovlivňoval zámraz převážně vzestupné části povodňových vln. Zvláštní povodně způsobené umělými vlivy (např. protržením hráze vodního díla) se na Otavě v daném časovém období nevyskytly. Pro zařazení povodní na Otavě do kategorií podle příčin je tedy rozhodující zjištění vlivu tání sněhové pokrývky na vznik povodně.

Stanovení podílu vody z tání sněhu na objemu povodňové vlny není vždy jednoznačné, protože na objemu vlny se podílí větší či menší měrou podpovrchový a základní odtok, u nichž nelze vždy přesně určit, z jakých zdrojů byl plněn. Například povodně vzniklé následkem relativně menší dešťové srážky v jarních měsících, kdy už v povodí neleží sníh, ale existuje vysoká nasycenost půdy v povodí, budou zařazeny do kategorie dešťové, přestože vliv předcházejícího tání sněhu je u nich nepopíratelný.

Vybraná metodika pro kategorizaci povodní podle příčin je založená na porovnání objemu vody z tání a objemu dešťových srážek spadlých na povodí Otavy ve dnech D-3 až DD, které lze označit za příčinné dny povodně. Tuto metodu použil pro kategorizaci povodní Loukas [2000] Podílový index sněhu, byl vypočten podle vzorce:

$$\frac{V_{ms} \langle D-3, DD \rangle}{V_{lsra} \langle D-3, DD \rangle + V_{ms} \langle D-3, DD \rangle} * 100 \quad [\%] , \quad 5.1$$

kde $V_{ms} \langle D-3, DD \rangle$ je objem vody z tání sněhu za dny D-3 až DD a

$V_{lsra} \langle D-3, DD \rangle$ je objem kapalných srážek spadlých ve dnech D-3 až DD.

Z definice vyplývá, že hodnota indexu označuje podíl tání sněhu na příčinách povodně, nikoliv na samotném odtokovém procesu. Z tohoto důvodu například povodeň 19880326, která podle tvaru vlny vypadá jako typická sněhová povodeň a také v komplexní kategorizaci

povodní byla zařazena mezi povodně z převažujícím vlivem tání sněhu, byla uvažovanou metodikou řazena mezi povodně smíšené s převahou vlivu dešťových srážek.

Ke zjištění objemu vody odtáté ze sněhové pokrývky byl využit model SNOW – 17, který je provozován jako sněhová komponenta hydrologického předpovědního systému Aqualog na hydrologických předpovědních pracovištích ČHMÚ. SNOW – 17 je koncepční model vyvinutý pro simulaci akumulace a tání sněhu (Anderson,[1973]). Model pomocí energetické bilance sněhové pokrývky počítá na základě srážek a teplot vzduchu vlastnosti sněhové pokrývky včetně množství vody odtáté ze sněhu za daný časový interval. Výpočet byl proveden se vstupy denních průměrných teplot a denních průměrných srážek ze stanic měřící sítě ČHMÚ mezi lety 1961 - 2006. Množství kapalných srážek se určilo ze stejných datových vstupů pomocí modelu RSNWELEV (Krejčí [1999]) , který na základě změřených teplot vzduchu a nadmořských výšek rozděljuje srážky spadlé na povodí podle skupenství, ve kterém padaly.

Výpočet objemu tání sněhu a dešťových srážek byl prováděn pro nakalibrovaná povodí a mezipovodí mezi vodoměrnými stanicemi Modrava, Sušice, Katovice, Němětice, Heřmaň a Písek. Souhrnný podílový index sněhu na celé povodí Otavy pro všechny dny od roku 1961 – 2006 byl zjištěn váženým součtem těchto hodnot vložených do rovnice (5.1.). Protože velké povodně před rokem 1961 se všechny vyskytly v měsících, kdy se sníh nevyskytuje, byla u nich bez výpočtu přiřazena indexu hodnota nula.

Kritéria pro rozdělení povodní do čtyř kategorií byla stanovena subjektivně na základě velikosti podílového indexu sněhu (tabulka 5.1.).

Tabulka 5.1. Typy povodní podle příčin

Typ povodně	Podílový index sněhu	Počet povodní	Kód typu povodně
<i>Sněhové povodně</i>	≥ 80	0	S
<i>Smíšené povodně s převahou vlivu tání sněhu</i>	$50 \leq \leq 80$	4	SD
<i>Smíšené povodně s převahou vlivu dešťových srážek</i>	$20 \leq \leq 50$	11	DS
<i>Dešťové povodně</i>	≤ 20	56	D

Z výsledků vyplývá, že povodí Otavy po Písek jako celek je velmi málo citlivé na povodně způsobené převážně táním sněhové pokrývky. Žádná ze známých povodní zařazených do Katalogu nemá charakter čistě sněhové povodně a povodně, kde se tání sněhu podílelo na příčině alespoň 50%, jsou pouze čtyři. Největší zjištěný podíl tání sněhu (70%) měla vykazovat povodeň 19870329. Nevýraznou orientaci na jarní povodně potvrzuje i sezonní analýza uvedená v kapitole 5.3. Naprostá většina povodní (56 případů) byla zařazena do kategorie dešťových povodní s minimálním nebo žádným podílem vody ze sněhu. Pokud by toto porovnání bylo provedeno pouze pro povodně s kulminací nad 10letým průtokem v Písku, je

převaha dešťových povodní ještě výraznější. Z 11 velkých povodní od roku 1890 je smíšenou povodní jediná - 19931223.

Tabulka 5.2. Typy povodní podle podílového indexu sněhu.

<i>Povodeň</i>	<i>Index Ip</i>	<i>Typ povodně</i>	<i>Povodeň</i>	<i>Index Ip</i>	<i>Typ povodně</i>	<i>Povodeň</i>	<i>Index Ip</i>	<i>Typ povodně</i>
20060529	0	D	19861023	0	D	19700513	19	DS
20060329	61	SD	19860613	0	D	19690608	0	D
20030103	0	D	19860530	0	D	19671224	22	DS
20021231	0	D	19840917	0	D	19670917	0	D
20020813	0	D	19820131	37	DS	19660809	0	D
20020808	0	D	19820106	58	SD	19660723	0	D
20020322	42	DS	19811016	3	D	19660630	0	D
19981102	0	D	19811012	0	D	19660418	7	D
19981030	0	D	19810721	0	D	19660209	16	DS
19980916	0	D	19810311	57	SD	19650611	0	D
19970317	3	D	19800723	0	D	19650601	0	D
19970227	13	D	19791212	6	D	19650520	8	D
19961021	0	D	19790313	41	DS	19640814	0	D
19950902	0	D	19770823	0	D	19630701	0	D
19950627	0	D	19770801	0	D	19620515	0	D
19950602	0	D	19770521	1	D	19620401	36	DS
19950127	43	DS	19770209	40	DS	19610609	0	D
19931222	7	D	19760728	0	D	19540709	0	D
19910803	0	D	19750702	0	D	19400531	0	D
19891216	15	D	19741230	20	DS	19151008	0	D
19880326	21	DS	19741209	12	D	18990914	0	D
19871220	3	D	19740719	0	D	18960505	0	D
19870702	0	D	19720423	1	D	18941005	0	D
19870329	70	SD	19711119	9	D	18900904	0	D

5.3 Sezonální režim výskytu povodní

Rozdíly v množství odtoku v průběhu roku a také různá četnost výskytu povodní jsou ovlivněny nejen ročním chodem počasí v oblasti, ale také fyzicko – geografickými vlastnostmi povodí. Ty jsou příčinou jeho citlivosti na určité typy rozvodnění. Změny velikosti odtoku v průběhu roku se používají jako jedna za základních charakteristik hydrologického režimu řek. Sezonální režim výskytu povodní, který se nemusí shodovat s rozložením objemu odtoku v roce, je zase důležitou informací pro protipovodňovou ochranu z několika důvodů:

- určuje míru rizika vzniku povodně pro určitá období v roce,
- umožňuje regionalizaci povodňového zatížení na ploše daného území,
- může sloužit jako užitečný podklad při návrzích hospodaření s vodou v nádržích,
- sezónálním výskytem je možné podmínit frekvenční analýzu při výpočtu návrhových N-letých průtoků.

Základní charakteristiky sezónního režimu výskytu povodní mimo jiné i v povodí Otavy již byly publikovány v práci *Chalušové [2004]*. Jak se liší sezónní režim jednotlivých dílčích povodí Otavy a především jak tento režim souvisí s mechanismem vzniku povodní od povětrnostních příčin až po koncentraci odtoku, bylo předmětem analýzy uvedené v předložené práci.

5.3.1 Metodika popisu sezonality

Pro potřeby popisu sezónního režimu povodní na Otavě byla použita grafická metoda polárních grafů publikovaná *Hladným [1995]*. Do grafů byla vynášena hodnota sezónního indexu P_i , který byl vypočten podle rovnice:

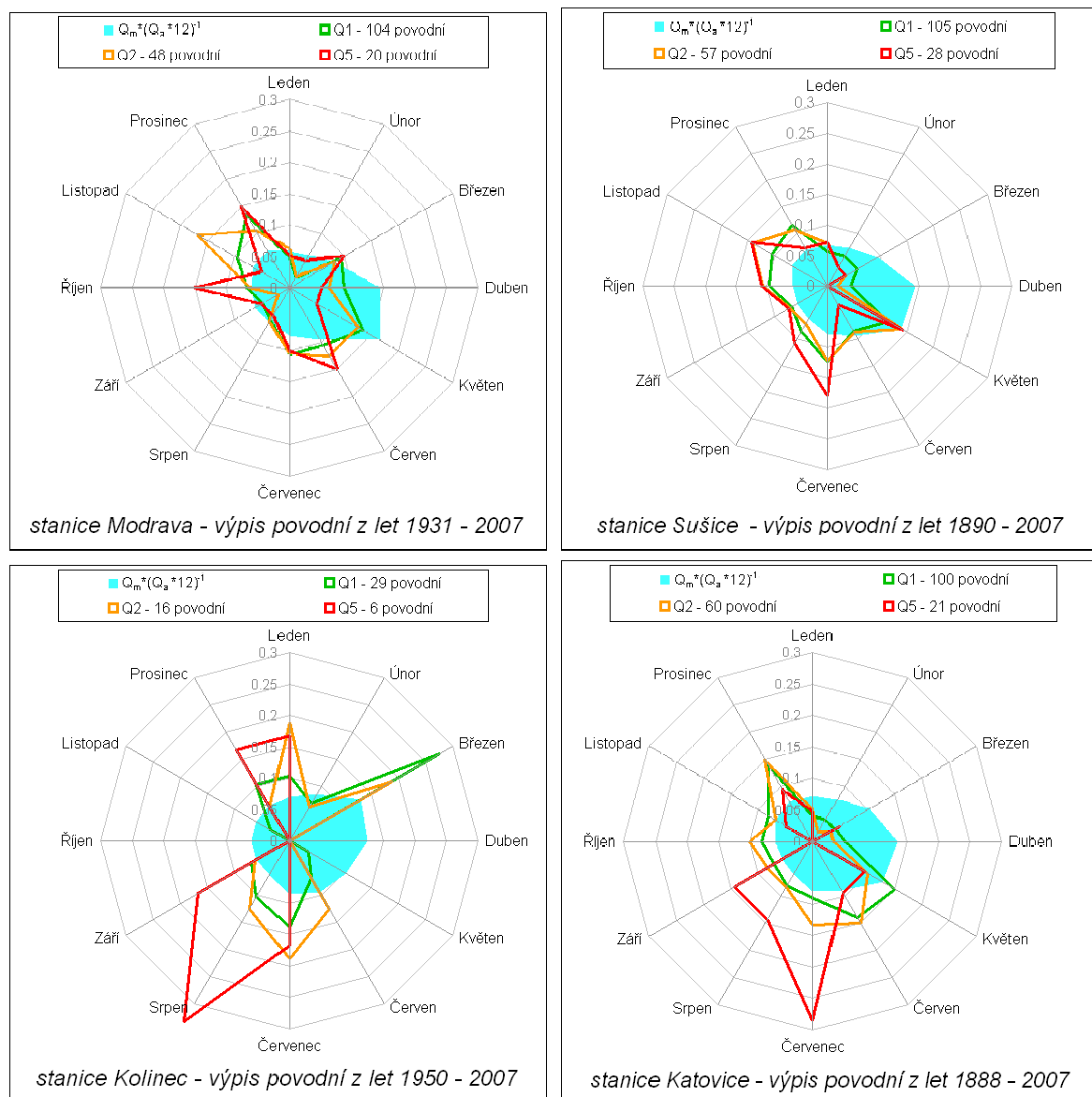
$$P_i = \frac{KQ_m}{KQ_n} \quad 5.2$$

kde KQ_m je součet výskytu povodní přesahující v kulminaci prahový průtok Q v daném měsíci i v referenční období a KQ_n je součet výskytu povodní přesahujících v kulminaci prahový průtoků Q v celém roce v referenční období. Do polárních grafů byly zároveň vyneseny hodnoty podílu průměrného měsíčního průtoku Q_m na průměrném ročním průtoku Q_a , které označují rozložení celkového objemu odtoku v průběhu roku (hodnoty Q_m/Q_a byly vyděleny dvanácti, abych jejich součet byl jedna a údaje tak mohly být zobrazeny na stejné stupnici jako sezónní index P_i).

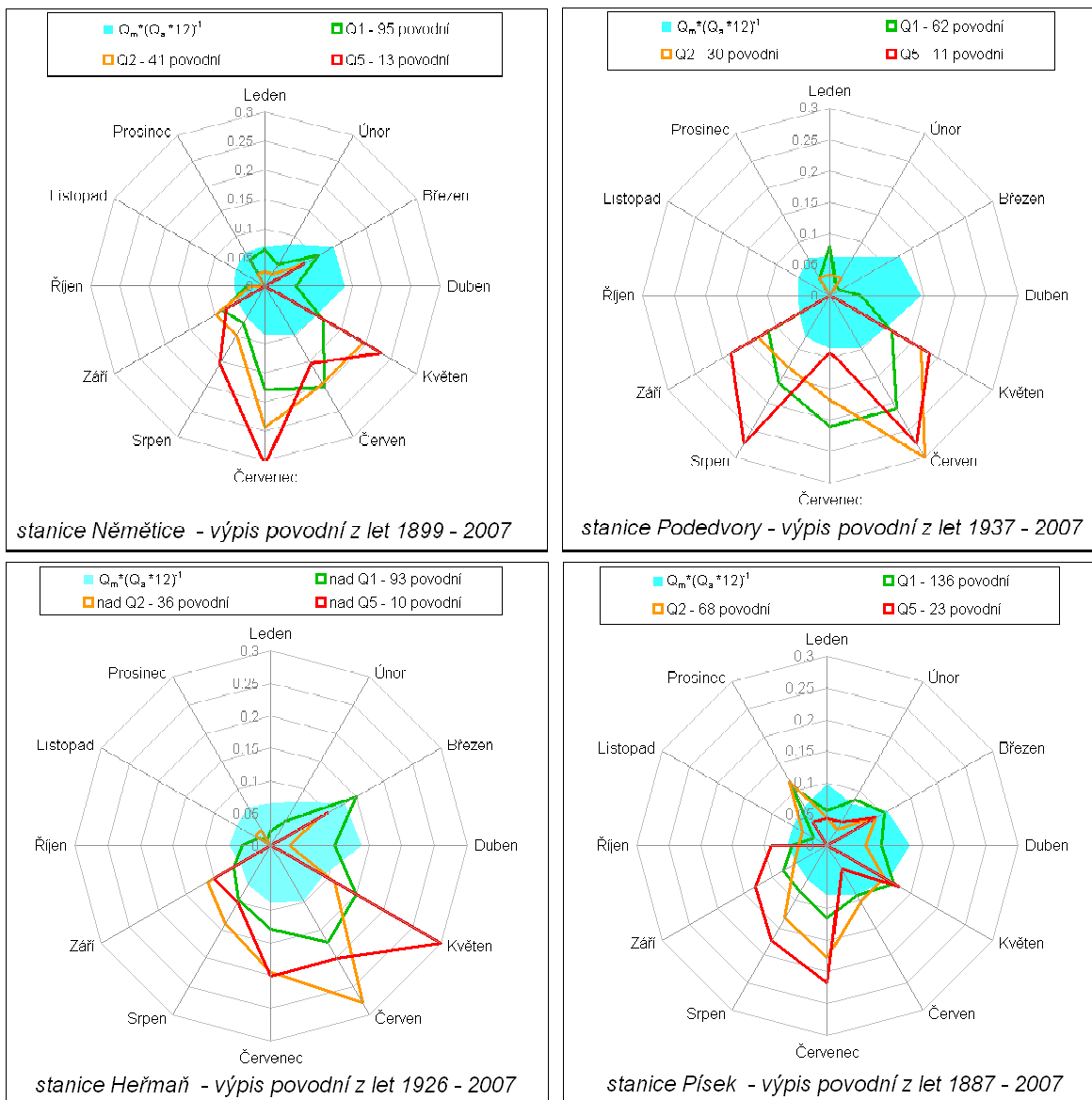
Index P_i byl vypočten pro 8 vodoměrných profilů, ve kterých byly četnosti výskytu povodní analyzovány pro tři různé prahové kulminační průtoky definované podle hodnot pravděpodobnosti překročení povodní na 1, 2, a 5letou povodeň.

Pro výpočet povodňového indexu byly použity záznamy napozorovaných kulminačních průtoků, které se používají pro výpočet hydrologického katastru (návrhových N-letých průtoků). Nedostatkem použitých řad maximálních průtoků pro sezónní frekvenční analýzu je jejich nehomogenita způsobená nahodilými výpadky v pozorování a rozdílnou délkou referenčního období. Proto je u každé popsané stanice v polárním grafu uváděn kromě referenčního období, ze kterého byly kulminace vypsány, také počet použitých záznamů. Výhodou proti spojitým řadám průměrných denních průtoků, které použila například *Chalušová [2004]*, je především spolehlivější podchycení krátkodobých vzestupů hladin

z letních přivalových lijáků, které v jednotkovém pojetí denního průměrného průtoku mohou být neidentifikovány na rozdíl od objemově velkých, ale kulminačně menších průtoků například z jarního tání sněhu. Použitím denních průměrných průtoků se proto může fiktivně citlivost povodní u malých povodí více přesouvat do jarních měsíců než při použití pouze hodnot okamžitých průtokových kulminací.



Obr. 5.2 část 1. Polární grafy sezónního výskytu povodní s pravděpodobnostní výskytu Q1 (1letá povodeň) Q2 (2letá povodeň) a Q5 (5letá povodeň). Hodnoty vyjadřují relativní četnost výskytu kulminačních průtoků podle rovnice 5.2. Řada $Q_m \cdot (12 \cdot Q_a)^{-1}$ označuje relativní podíl objemu odtelé vody v daném měsíci na celkovém ročním odtoku .



Obr. 5.2 část 2. Polární grafy sezónního výskytu povodní s pravděpodobnostní výskytu Q1 (1letá povodeň) Q2 (2letá povodeň) a Q5 (5letá povodeň). Hodnoty vyjadřují relativní četnost výskytu kulminačních průtoků podle rovnice 5.2. Řada $Q_m \cdot (12 \cdot Q_a)^{-1}$ označuje relativní podíl objemu odtoké vody v daném měsíci na celkovém ročním objemu odtoku .

5.3.2 Vybrané aspekty sezónního režimu povodní na Otavě

Z rozložení dlouhodobých průměrných měsíčních průtoků zobrazených v grafech na obrázku 5.2 je zřetelné, že největší objemy odtoku se ve všech analyzovaných vodoměrných profilech Otavy vyskytují v jarních měsících. V dílčích povodích, která zasahují do nejvyšších partií Šumavy (Modrava, Sušice) a kde dochází k intenzivnímu tání často až v pozdním jaru, se maximum objemu odtoku vyskytuje v dubnu a květnu, v ostatních částech povodí Otavy se maximum vyskytuje spíše v březnu a dubnu. Minima připadají na konec léta nebo první podzimní měsíc. Rozložení objemu odtoku v průběhu roku je mnohem více ovlivněno

klimatem a proto je v povodí Otavy stejné jako u většiny povodí v České republice [Červený, 1984].

Roční chod výskytu povodní na Otavě a na jejich přítocích již vykazuje specifické vlastnosti. Sezonální režim povodní na Otavě v Písku (viz obr 5.2.1) má například dva nejzřetelnější rysy:

- S narůstající extremitou povodní danou kulminačním průtokem se pravděpodobnost jejich výskytu zvyšuje v letních měsících a snižuje v období jarního tání.
- U menších povodní se v ročních cyklu vyskytuje také zvýšená četnost povodní v prosinci.

Orientace velkých povodní na letní měsíce se projevuje prakticky u všech zpracovaných profilů pouze různě velkou intenzitou. Nejsilněji u povodí, které leží z velké části na úpatí Šumavy (z analyzovaných povodí jsou pro tuto oblast nejreprezentativnějšími profily Němětice na Volyňce a Podedvory na Blanici). Ty mají drtivou většinu velkých průtoků situovaných právě do letních měsíců a jarní povodně i povodně na přelomu podzimu a zimy jsou zde spíše ojedinělé. Příčinou je kombinace tří faktorů:

- Velké výškové rozdíly na úpatí Šumavy mají za následek vyšší diferenci mezi intenzitou odtávání sněhové pokrývky v jednotlivých výškových pásmech povodí a způsobují, že tání sněhu probíhá obvykle postupně.
- Vyšší svažitost terénu napomáhá rychlejší koncentraci vody z intenzivních dešťů a to zvyšuje odtokovou citlivost těchto povodí na intenzivní deště.
- V letních měsících jsou silné deště častěji vázané na severovýchodní až severní proudění spojené s výskytem povětrnostních situací typu C, Cv, Ec, SEc, NEc, B a Bp, při kterých úpatí Šumavy ve směru do České republiky tvoří návětrný svah, kde bývají srážky nejintenzivnější (více v kapitole 5.5) .

U povodí, které větší částí plochy odvodňují centrální část Šumavy (Modrava a Sušice), narůstá podružné listopadové a prosincové maximum četnosti výskytu povodňových průtoků. V této části roku způsobují povodně převážně západní cyklonální situace, které doprovází silné proudění jihozápadního až západního směru s výrazným návětrným a závětrným efektem šumavského hřebenu. Povodí Volyňky a Blanice se při těchto situacích nacházejí v závětrném srážkovém stínu a proto u nich ke zvýšení výskytu povodní v této části roku nedochází.

Zvýšená četnost povodní v jarním období se vyskytuje u stanic Písek, Heřmaň ale také Modrava. Společným rysem těchto povodí je velký podíl plochy povodí s malou výškovou členitostí, která je příznivá pro rychlejší tání sněhu z relativně velké plochy. U povodí Vydry po Modravu, ležící v nevyšších částech Šumavy, je malá výšková členitost daná existencí geomorfologicky zarovnaného povrchu. Zde se navíc sníh udržuje až do pozdního jara, kdy může intenzita tání dosahovat vysokých hodnot a zároveň s blížícím se létem se zvyšuje

možnost kombinace tání sněhu (případně i pouze nasycenosti povodí po odtání sněhu) se silným deštěm.

5.4 Povětrnostní příčiny vzniku povodní

Práce zabývající se hydrosynoptickou analýzou vzniku povodní v České republice prokázaly, že významné plošné srážky frontálního nebo cyklonálního původu jsou spojeny s výskytem určitého typu atmosférické cirkulace. Měřítko těchto procesů přesahuje rozlohu České republiky a jejich meteorologické příčiny probíhají na území ještě mnohem větším. Přesto vznik povodní spojený s jejich výskytem je i v rámci České republiky často regionálně omezen pouze na určitá území. Příčinou tohoto stavu jsou různé fyzicko-geografické vlastnosti jednotlivých povodí, které jednak ovlivňují srážkovou činnost v přízemních vrstvách atmosféry (prostřednictvím orografického efektu) a působí také na transformaci srážek na odtok a jeho koncentraci do podoby průtokové vlny. Z uvedeného vyplývá, že citlivost konkrétních povodí na určité typy povětrnostních příčin vyvolávající povodně je různá. Identifikace a popis příčinných povětrnostních podmínek pro každé povodí je součástí pochopení komplexního mechanismu vzniku povodní.

Povětrnostní příčiny povodní na Otavě jsou v této práci popsány na základě výskytu synoptických typů a podle dráhy pohybu řídicích tlakových útvarů. Oba ukazatele patří mezi klasické nástroje využívané pro hydrosynoptickou analýzu a byly použity při analýze příčin povodní například na *Kakosem* [1985] pro povodí Labe, nebo *Čekalem* [2005] pro povodí Ohře.

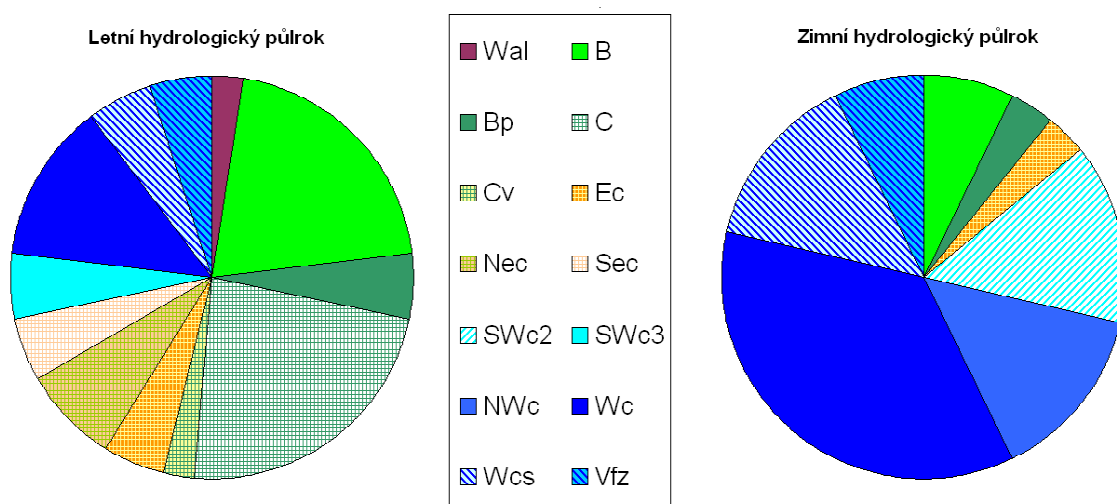
Synoptické typy odvozené z velkoprostorové atmosférické cirkulace bez detailní analýzy vzduchových mas vytvářejí v závislosti na sezóně a lokalitě určité spektrum charakteru počasí. Většina meteorologických prvků, mezi něž patří také množství srážek nebo teplota vzduchu, dosahují u jednotlivých typů značného rozptylu, a proto pouhý výskyt povětrnostního typu je slabým indikátorem vzniku povodní. Na druhé straně charakter proudění (především jeho směr) patří mezi prvky, které mají u jednotlivých typů menší rozptyl a protože proudění ovlivňuje rozložení srážek, vytvářejí jednotlivé synoptické situace typické rozložení srážek, které ovlivňuje například tvar průtokové vlny povodní. Proto i jednoduché hydrosynoptické symptomy, i když nejsou zárukou vzniku povodně, poskytují důležité informace nejen o pravděpodobnosti vzniku povodní, ale také o charakteru vývoje povodní.

Vliv povětrnostních příčin na výskyt povodní s ohledem na sezónu a na atmosférické proudění doprovázející příčinné srážky je součástí této kapitoly, jejich souvislost s rozložením srážek a s charakterem odtokové odezvy je popsána v kapitolách 5.5 a 5.6.

5.4.1 Frekvenční analýza výskytu povětrnostních typů

Pro posouzení základního charakteru meteorologických podmínek byl použit Katalog cirkulačních typů, pro který metodiku kategorizace publikoval Brádka [1961]. Katalog popisuje 28 typů, které byly definovány především na základě rozložení tlakových útvarů. Obsahuje povětrnostní typy pro každý den od roku 1946 do současnosti a je stále aktualizován. Stručný popis jednotlivých situací je k dispozici na internetových stránkách www.chmi.cz. Ke zpracovaným povodním počínaje epizodou povodně 19540709 byl určen příčinný synoptický typ na základě výskytu srážek před dnem kulminace. Srážky ve dnech s výskytem příčinného typu tvořily většinu objemu srážek spadlých na povodí mezi dny D-3 až DD. U některých typů meteorologických situací v tomto intervalu dochází i k jejich přestavbě. V tom případě byl vybrán ten typ, který produkoval největší množství srážek. Úplný přehled synoptických typů u jednotlivých povodní je zobrazen v tabulce P.2 v příloze práce.

Četnost výskytu synoptických typů způsobujících povodně na Otavě v Písku se výrazně sezónně liší. V letním hydrologickém půlroce převládají cyklonální situace C, Cv, Ec, NEc, SEc anebo brázd nízkého tlaku B, Bp. V zimě naopak je těchto situací minimum a převažují západní cyklonální situace zejména Wc, NWc, SWc2 a Wcs (viz obr. 5.3). Pravděpodobnost výskytu uvedených synoptických typů před povodněmi je u některých (C, B, Wc, Wcs) až několikanásobně vyšší než pravděpodobnost vyplývající z jejich dlouhodobého výskytu. Jejich význam pro vznik povodně dokresluje fakt, že spektrum výskytu synoptických typů v předstihu 8 dní před povodní je výrazně pestřejší než u dní D-2 a D-1, kde už se jasně prosazují uvedené dominantní typy (viz obr. 5.4 a 5.5).



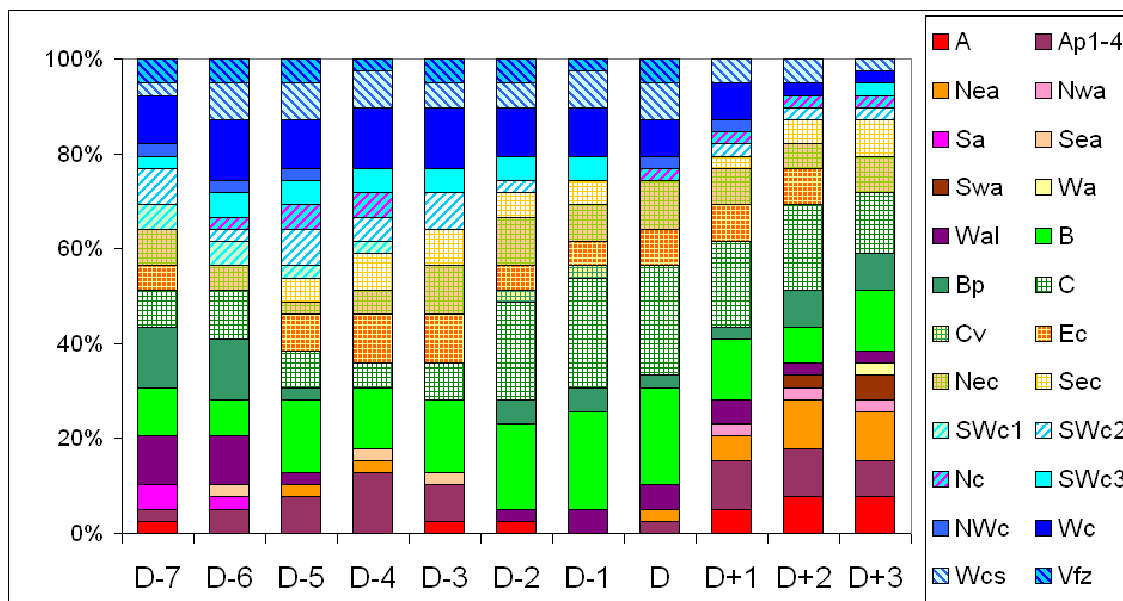
Obr. 5.3 Procentuální četnost výskytu příčinných synoptických typů v povodí Otavy v letní a zimním hydrologickém půlroce

Všechny uvedené příčinné synoptické typy, které způsobují povodně na Otavě, patří mezi srážkově nejvydatnější na celém území ČR jak v teplé tak i v chladné části roku *Křivancová [1997]*. Absence výskytu situací C, Ec, NEc, SEc při vzniku zimních povodní je způsobena tím, že v tomto ročním období vypadávají vydatné srážky vázané na tyto typy většinou ve formě sněhu. V porovnání s průměrnými povětrnostními projevy jednotlivých synoptických typů v letní polovině roku je pozoruhodný relativní malý podíl západních cyklonálních situací, na vzniku letních povodní, které jsou v průměru pro ČR bohaté na srážky po celý rok. Navíc tyto povodně patří z hlediska velikosti kulminace v Písku mezi ty menší povodňové epizody. Příčina tohoto jevu spočívá zřejmě v tom, že se západní cyklonální situace projevují srážkově nejvíce ve vrcholové části Šumavy, kde však orografické zesílení při labilnějším zvrstvení, které je v této části roku běžnější, nedosahuje takové intenzity jako v chladné části roku, kdy naopak stabilní zvrstvení orografický efekt podporuje (viz kapitola 5.5).

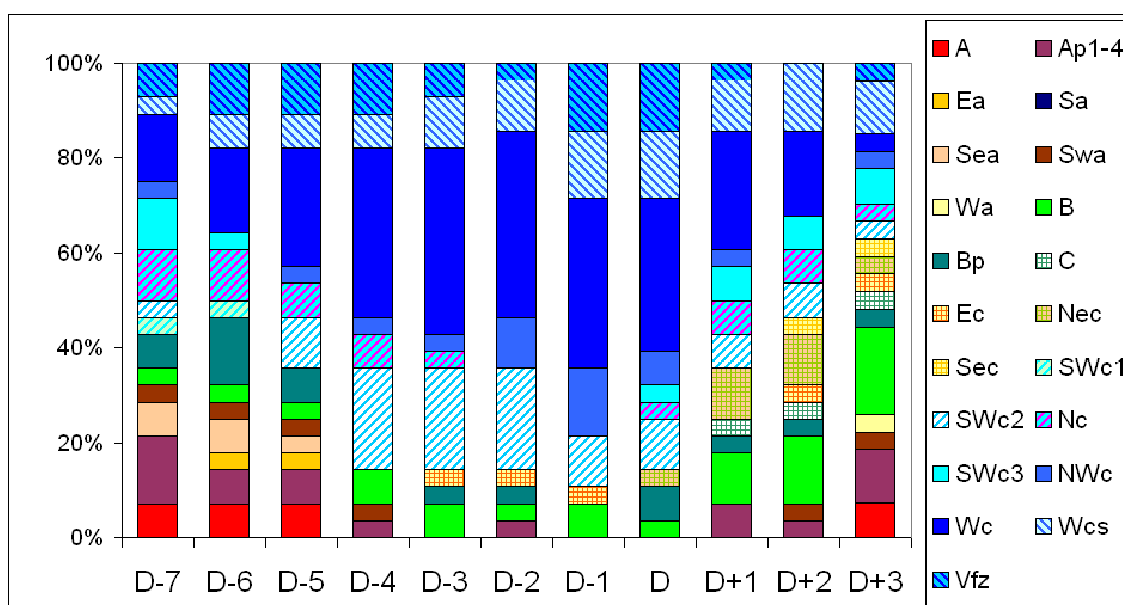
Vliv zonálního proudění z Atlantiku na vznik velkých letních povodní zřejmě existuje a probíhá jiným mechanismem než u zimních povodní. V chladném a vlhkém západním proudění v letním půlroce se vytvářejí v závětrří Alp tlakové níže, které při postupu směrem k severovýchodu přinášejí vlhkost do prostoru České republiky. Tato přestavba západních cyklonálních situací Wc, Wcs atd. do synoptických typů C, Ec, NEc, Sec, B, a Bp je zřetelná z obrázku 5.5, kde jsou uvedeny relativní četnosti výskytu synoptických situací v různých dnech předstihu před povodní v letním hydrologickém půlroce. V den D-5 je podíl synoptických typů Wc, Wcs atd. ještě 50 %, s blížícím se dnem DD avšak klesá na úkor nárůstu četností výskytu typů C, Ec, NEc atd. V chladném půlroce, kde z povětrnostních příčin dominují západní cyklonální typy, dochází často k jejich vzniku přestavbou z anticyklonální situací A, Ap₁₋₄ nebo SEa.

5.4.2 Atmosférické proudění při výskytu povětrnostních typů

Charakter proudění vzduchu patří k povětrnostním projevům, které mají užší souvislost s výskytem synoptického typu, protože kategorizace synoptických typů je založena převážně na rozložení velkoprostorové cirkulace vzduchu. Proudění vzduchu ovlivňuje časoprostorové rozložení srážek a je proto vhodným symptomem pro určení typu povodní. Proto byla u zpracovaných povodní sledována rychlost a směr proudění vzduchu v době vypadávání příčinných srážek. Pro tento účel byly použity výsledky měření rychlosti a směru větru na meteorologické stanic Churáňov. Protože údaje ze stanice Churáňov byly k dispozici jen od roku 1953 mohly být vlastnosti větru analyzovány pouze u 66 povodní.

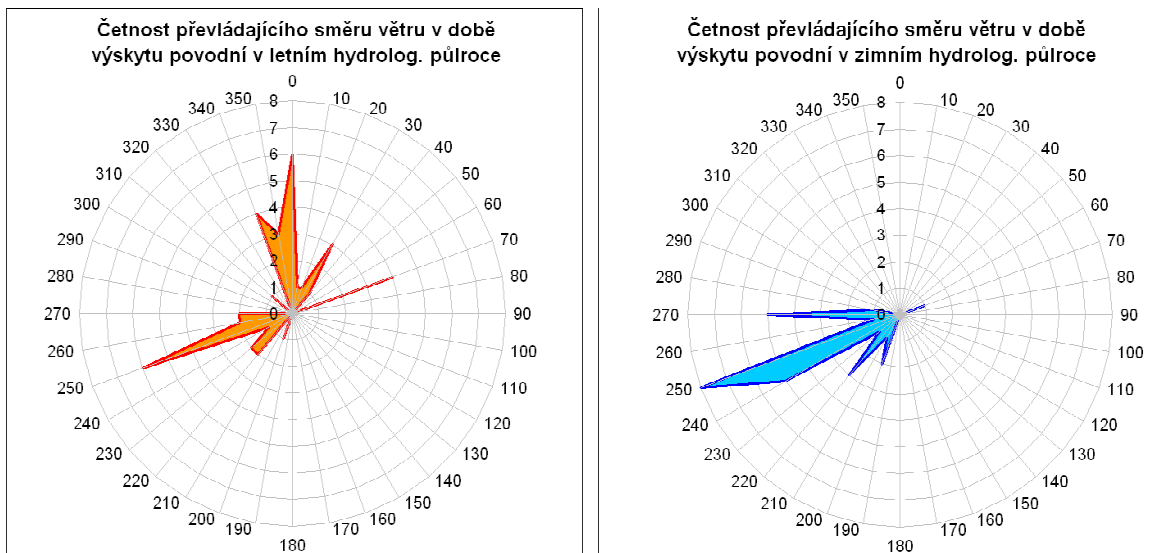


Obr. 5.4 Relativní četnosti výskytu synoptických typů před povodněmi v letním půlroce



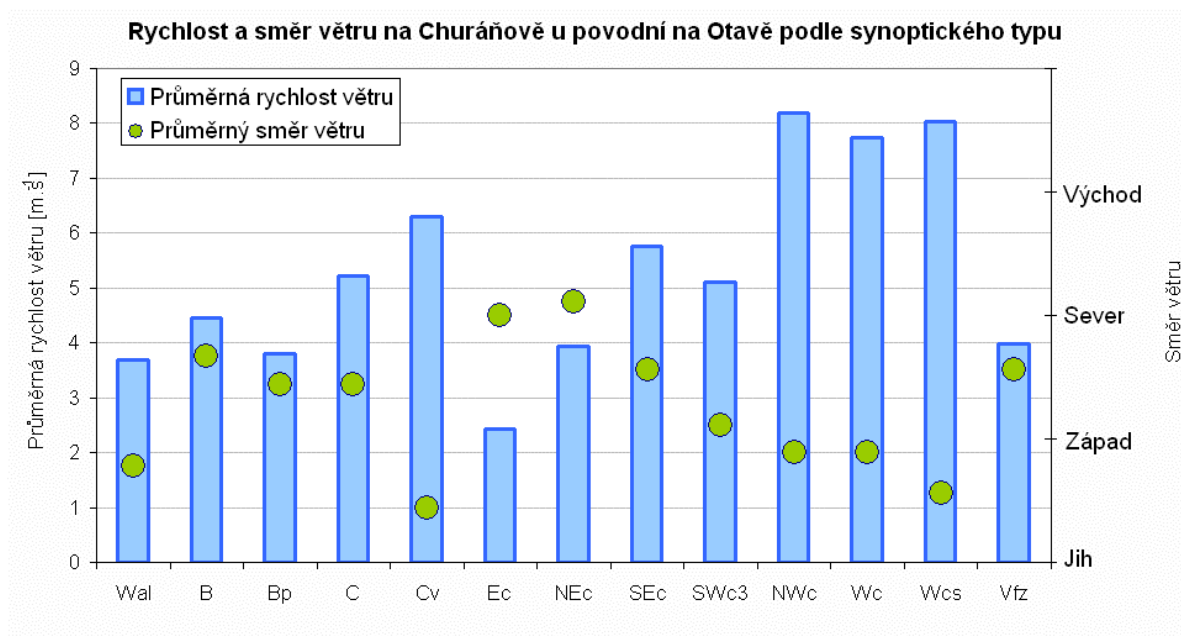
Obr. 5.5 Relativní četnosti výskytu synoptických typů před povodněmi v letním půlroce

Z obrázku 5.6 vyplývá, že se mezi analyzovanými povodněmi nevyskytla ani jedna, která by měla v době vypadávání příčinných srážek převládající směr proudění ze sektoru 80° - 190° a že četnost výskytu u ostatních směrů se výrazně koncentruje do intervalu 220° - 270° a 340° - 360° .



Obr. 5.6 Četností výskytu větru určitého směru u povodní na Otavě podle sezóny.

Až na výjimky jsou západní směry větru spojené se synoptickými typy W_c , W_{cs} , NW_c , SW_{c2} a SW_{c3} , dosahují vyšších rychlostí a jsou dominantní u zimních povodní. Některé letní povodně provází také vítr ze západních směrů, ale převládá směr ze severního kvadrantu. Je spojen s výskytem synoptických typů C, Cv, Ec, NEc, Sec, B, a Bp a rychlost větru jsou relativně menší, i když vzhledem k dlouhodobému průměru také velké (viz obr. 5.7).



Obr. 5.7 Průměrná rychlost a převládající směr větru ve stanici Churáňov v době vypadávání příčinných srážek

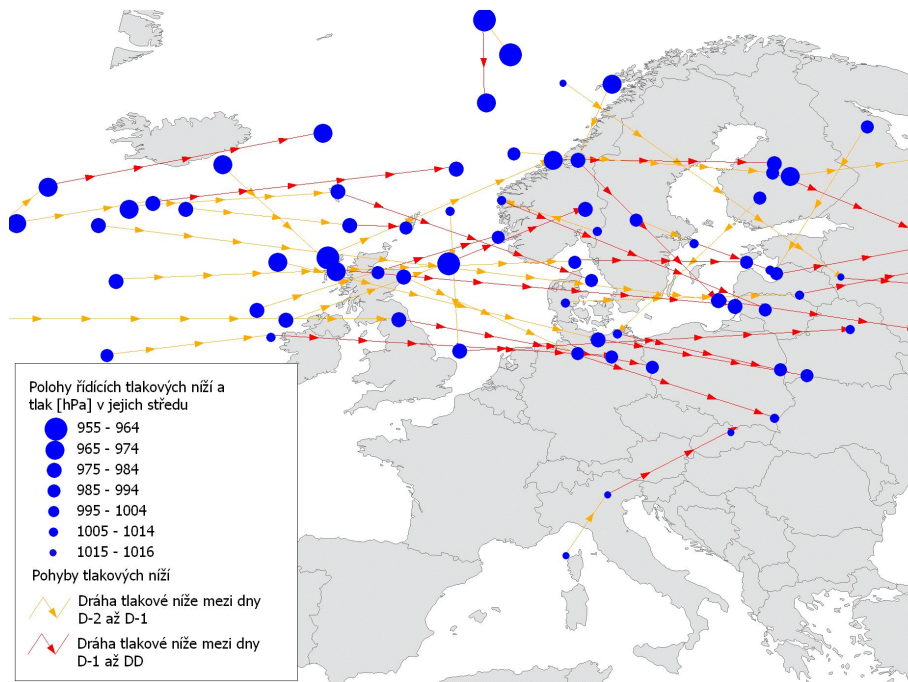
Z termínových měření větru (07h, 14h, 21h) mimo jiné vyplynulo, že u situací s výrazným západním prouděním byl směr větru stabilní, naopak u povětrnostních situací s pohybem oblasti nízkého tlaku v prostoru střední Evropy se směr větru přetáčel nejčastěji z východu přes sever, někdy až do západních směrů. Výsledný převládající směr u povětrnostních typů C, Cv, Ec, SEc, NEc, B a Bp proto reprezentuje širší interval a navíc může být ovlivněn stříhem větru s výškou, který je u těchto situací poměrně častý.

5.4.3 Dráhy řídicích tlakových útvarů

Ke zpracovaným povodním byly určeny polohy řídicích tlakových níží, které měly zásadní vliv na počasí ve střední Evropě. Jejich lokalizace byla provedena analýzou přízemního tlakového pole z map publikovaných v periodických bulletinech *Denní přehled počasí* a z internetových stránek <http://www.wetterspiegel.de/de/archiv/> pro dny D-2 až DD. Tím bylo možné popsat také trajektorii pohybu tlakových útvarů.

Poloha tlakové níže je důležitá zejména u letních situací, kdy srážková činnost je nejsilnější v její bezprostřední blízkosti a také se u těchto cyklón často vyskytuje velký rozdíl mezi vzduchovými hmotami v jejich přední a týlové části. Pohyb cyklóny ve vztahu k povodí Otavy má také svým směrem proudění vliv na orografický efekt zejména na zesilování srážek. Určení středu tlakové níže může být u letních cyklón středomořského původu nejednoznačné, protože tlakové pole při zemi se u těchto situací velice často liší od tlakového pole ve výšce, které má větší vliv na pohyb vlhkosti vzduchu. Touto nerovnoměrností vzniká stříh větru s výškou, který je sám o sobě indikátorem plošných intenzivních srážek (tzv. stříhové srážky). U tlakových níží ze zimního pololetí jsou zase spíše než polohy tlakové níže rozhodující přechody front, které bývají ve značné vzdálenosti od centra řídicího tlakového útvaru.

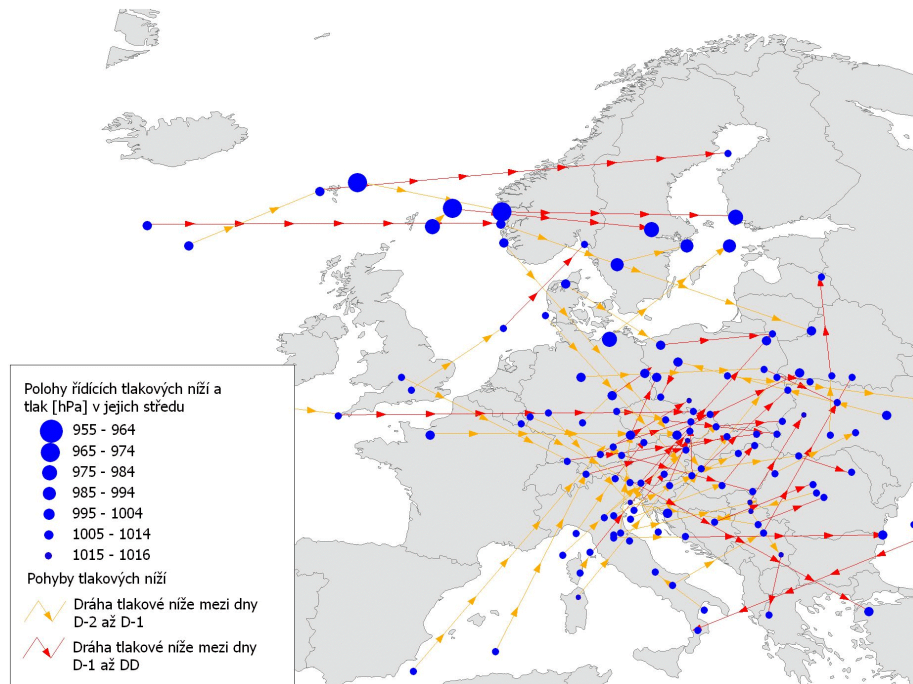
Trajektorie pohybu středů řídicích tlakových níží u povodní na Otavě se výrazně liší v letním a zimním hydrologickém půlroce a to například i u povodní, kterým předcházel stejný typ příčinné synoptické situace. Povodně, které se vyskytly v zimním hydrologickém půlroce, jsou vázané na rychlý pohyb často velmi hlubokých tlakových níží ze západu k východu v pásu mezi 50. a 65. rovnoběžkou. Po jižní straně těchto útvarů se do střední Evropa dostává vlhký a v zimě také relativně teplý oceánský vzduch. Dráhy tlakových níží mají u všech těchto povodní velmi podobný směr a jedinou výjimkou je povodeň 19720423, která podle polohy tlakové níže i podle synoptického typu Ec patří mezi spíše mezi letní typ.



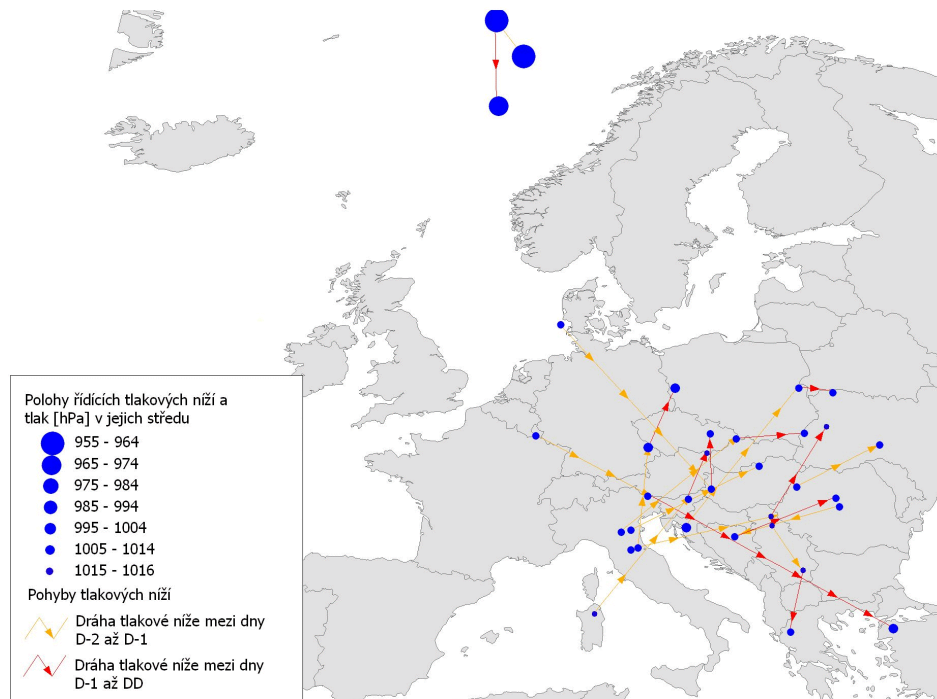
Obr. 5.8 Poloha a trajektorie řídicích tlakových níží před povodněmi v zimním hydrologickém půlroce na Otavě

Řídicí tlakové níže, které se vyskytly před povodněmi na Otavě v letním hydrologickém půlroce jsou mělké a jejich poloha ve dnech, kdy vypadávaly příčné srážky, je blíže České republice. Ve dnech D-2 se jejich středy nacházely často jižně od našeho území a dráha pohybu směřovala k severovýchodu, což svědčí o středomořském původu těchto cyklón. V skupině s výskytem povodní v letním pololetí jsou ale také případy, které provází západní proudění. Proti zimním povodním vedou u těchto epizod dráhy cyklón postupujících od Atlantiku zpravidla jižněji.

U trajektorií tlakových níží náležících velkým povodním s kulminací Otavy v Písku nad 10letou vodou, je zřetelná dominance povětrnostních příčin spojených s pohybem tlakové níže jižně od území ČR (viz obr. 5.10). Cyklóny se do tohoto prostoru dostaly tak, že se generovaly přímo v severním Středomoří nebo vznikaly oddělením z brázd nízkého tlaku, která postupovala do střední Evropy od severo-západu.



Obr. 5.9 Poloha a trajektorie řídicích tlakových níží před povodněmi v letním hydrologickém půlroce na Otavě



Obr. 5.10 Poloha a trajektorie řídicích tlakových níží před velkými povodněmi s kulminací v Písku nad desetiletou vodou

Podstatné je, že se při těchto situacích dostává povodí Otavy v týlové části tlakové níže do silného severovýchodního proudění, ve kterém na úpatí Šumavy zesilují srážky. Do tohoto mechanismu vzniku povodní samozřejmě nenáleží povodeň 1993/223, která je v mnohých dalších ohledech ojedinělá.

5.5 Prostorová rozložení příčinných srážek

U rozboru srážek předcházejících analyzovaným povodním bylo hlavní úsilí soustředěno na aspekty prostorového rozložení srážkové činnosti, protože ta je silně ovlivňována fyzicko-geografickými vlastnostmi povodí. Nerovnoměrnost srážkových úhrnů je především výsledkem spolupůsobením morfologie terénu a cirkulace atmosféry při srážkově vydatných situacích. Za předpokladu, že povětrnostní podmínky způsobující povodně mají typické proudění (kapitola 5.4), lze očekávat, že i rozložení příčinných srážek povodní může vykazovat charakteristické symptomy.

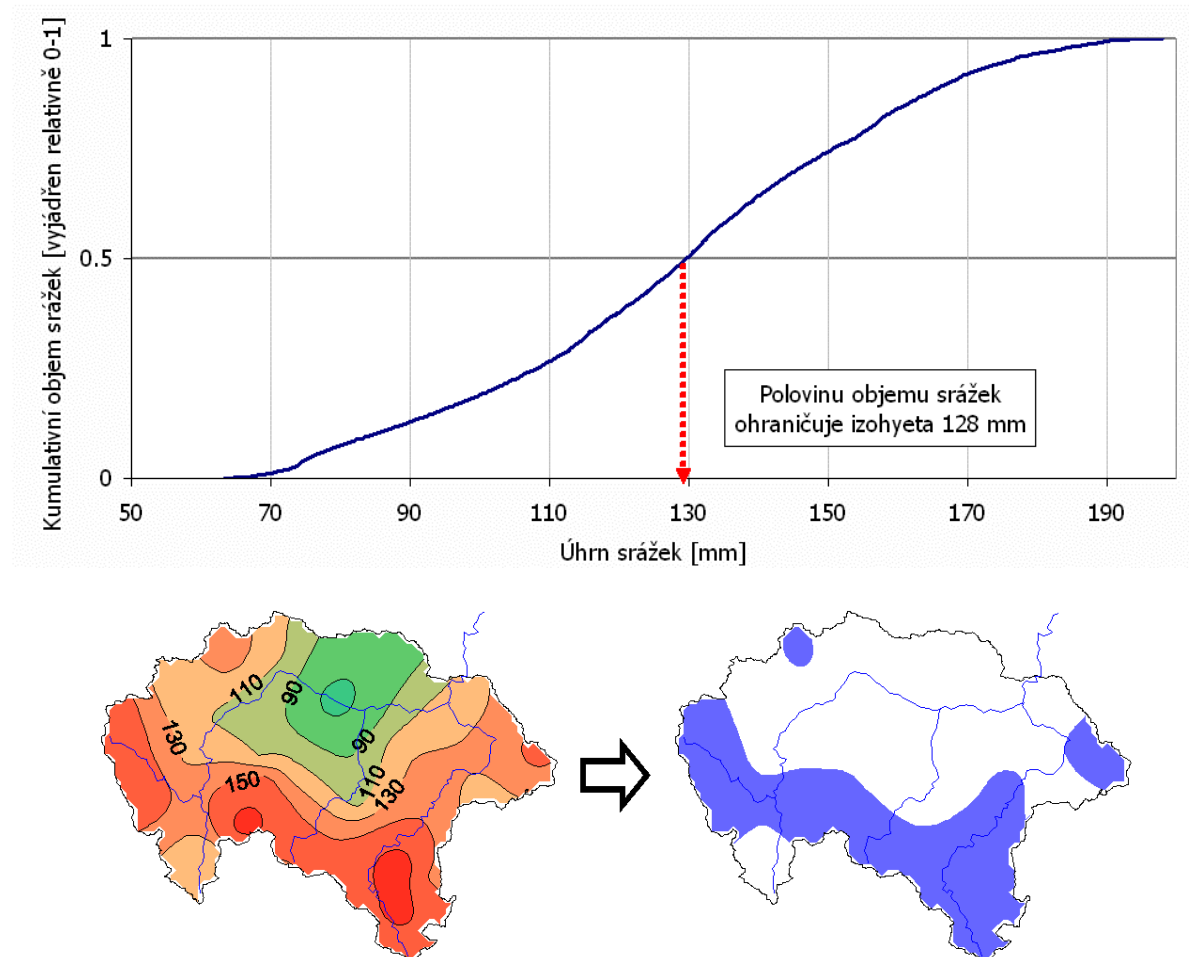
5.5.1 Příčinná srážky

Zkoumání potenciálních schopností jednotlivých meteorologických situací produkovat obdobné typy rozložení srážek na povodí lze uskutečnit pouze jednotně definované srovnatelné veličiny. Proto bylo rozhodnuto u každé povodně určit příčinné srážky o stejné době trvání. Rozborem průběhů průměrných denních úhrnů srážek na povodí Otavy ve dnech předcházejících povodním se došlo k závěru, že optimálním postupem bude: považovat za příčinné srážky jejich maximální dvoudenní úhrn spadlý v průběhu dnů D-3 –DD. U tří čtvrtin známých povodní spadlo v takto definovaných dvou dnech více jak 75 % čtyřdenního úhrnu srážek v době (D-3 – DD), a proto lze oprávněně předpokládat, že srážky ve vybraných dvou dnech věrohodně reprezentují celkový objem spadlých srážek.

5.5.2 Metodika zpracování prostorové distribuce srážek

Pro účely porovnání prostorového rozložení srážek u situací s různě velkými úhrny bylo třeba prvořadě vyvinout metodiku pro lokální určení jádro spadlých srážek. Zvolený přístup byl založen na vymezení nejmenší možné oblasti, kde se koncentrovalo 50% celkového objemu srážek spadlých na celé povodí Otavy. V pravidelné síti bodů s údaji o množství srážek (gridu srážkového pole) byly kumulativně načítány objemy srážek pro každý bod, počínaje místem s největším množstvím srážek k místu s nejmenším množstvím srážek. Úhrn srážek, u kterého kumulativně načítaný objem překročil polovinu celkového objemu určuje izohyetu, která obepíná jádro srážkové činnosti (viz obr. 5.5.1).

Ke každému jádru srážek byla vypočtena hodnota míry koncentrace srážek, která se rovná podílu plochy jádra srážek na celkové ploše povodí. Například míra koncentrace 25 % znamená, že polovina objemu příčných srážek v oblasti s nejvyššími úhrny spadla na čtvrtině celkové plochy povodí. Tento ukazatel byl použit pro hodnocení rovnoměrnosti rozložení příčných srážek.



Obr. 5.11 Ukázka metody určení jádra srážkové činnosti pro povodeň 20020813

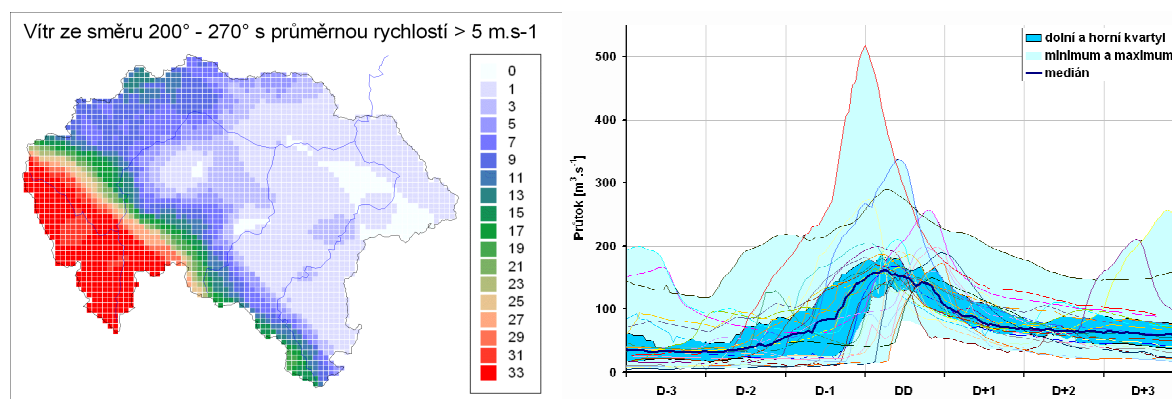
5.5.3 Vliv atmosférického proudění na tvorbu srážkového pole

Návětrný efekt je poměrně komplikovaným procesem zesilování srážek vlivem nucených vzestupných pohybů a konvergence proudění. Vlivem orografické členitosti terénu nejde však pouze o vytváření klasického návětrí a závětrí. (Řezáčová a kol., [2007]). Orografické zesilování spojeno rovněž se specifickými vlastnostmi povětrnostních situací. Mezi nejdůležitější obecné parametry jejich vlastností patří rychlost a směr proudění vzduchu.

Poloha jader příčných srážek byla u analyzovaných povodní dána do souvislosti se směrem a rychlostí větru naměřených ve stanici Churáňov ve dvou dnech, kdy příčné srážky

vypadávaly na povodí Otavy. I přesto, že se použilo k popisu atmosférického proudění pouze bodové měření větru v jedné stanici, je efekt vlivu proudění na rozložení srážek dobře identifikovatelný a je možné jej rozdělit do dvou jasně oddělených skupin. Hlavním kritériem pro jejich vyčlenění byl směr větru na Churaňově. Jedna skupina byla ještě rozdělena na dvě podskupiny podle rychlosti větru.

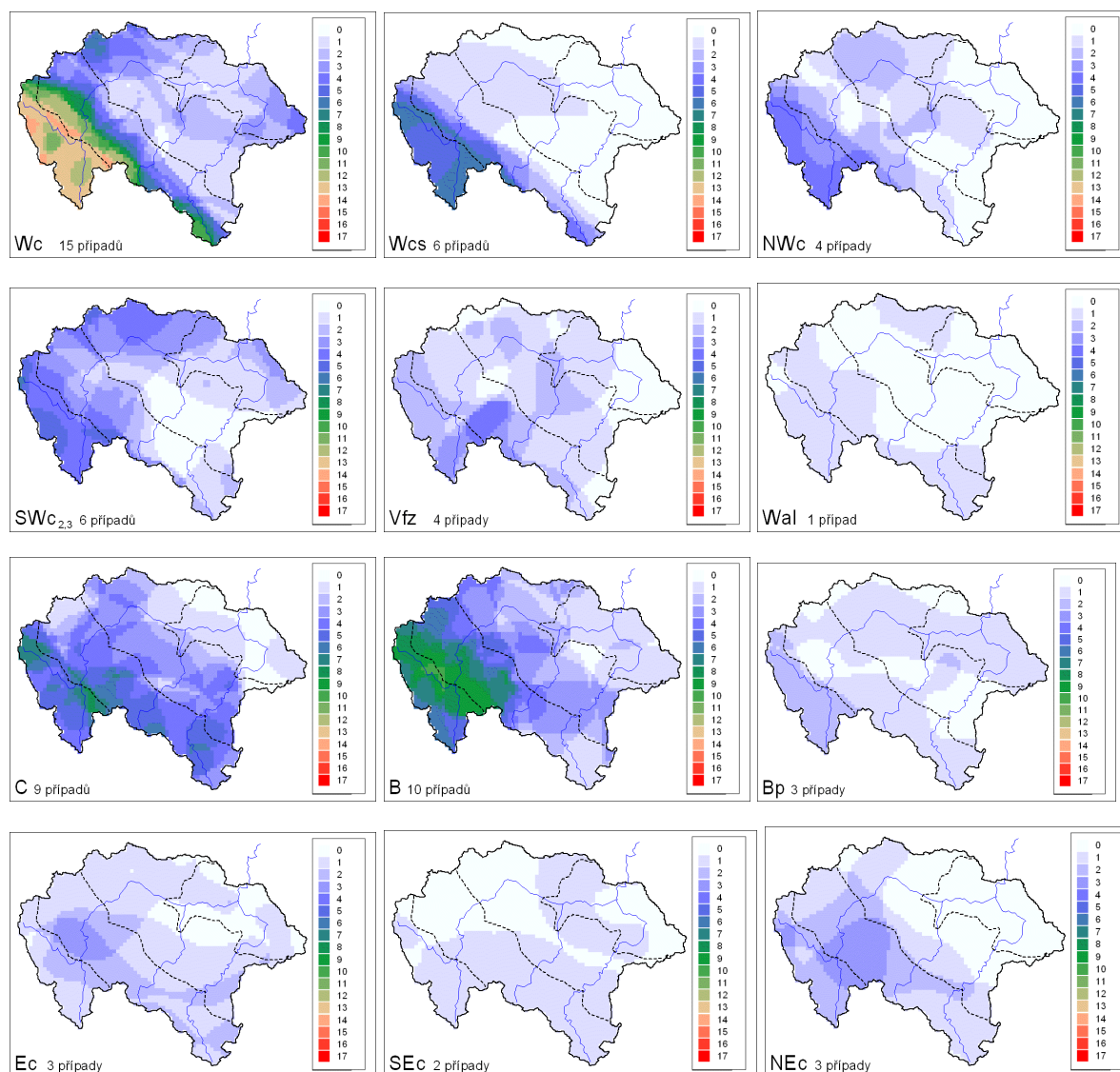
Nejvýraznější orografický efekt vzniká u situací se silným prouděním z jihozápadního kvadrantu. Podle dvou kritérií: (1) směr větru ze sektoru 200° - 270° , (2) průměrná rychlost větru větší než 5 m.s^{-1} , bylo do této skupiny zařazeno 36 ze všech 66 povodní, u kterých byly k dispozici údaje z Churaňova. Srážky u těchto případů jsou výrazně zesilovány na hraničním hřebeni Šumavy a jejich úhrny směrem do podhůří rychle klesají. Jádra srážek bývají také relativně malá (průměrná míra koncentrace je 28 %), protože hlavní objem srážek se koncentruje na malé ploše vrcholové části Šumavy. S posunem směru větru od jihu k západu se jádro srážek v povodí Otavy mírně posouvá stejným směrem a také se rozšiřuje i na povodí levostranných přítoků Otavy až po Horažďovice.



Obr. 5.12 Četnost výskytu jádra srážkového pole při situacích s převládajícím směrem větru ze sektoru 200° - 270° a průměrnou rychlostí větší než 5 m.s^{-1} . Průtokové vlny v Písku, které vznikly následkem těchto situací.

Kromě charakteristického rozložení srážek má skupina další výrazné odlišnosti. Patří do ní 25 ze všech 28 povodní, které se vyskytly v zimním hydrologickém půlroce, a 26 ze všech 31 povodní, které měly jako příčinnou povětrnostní charakteristiku některou ze západních cyklonálních situací W_c , W_{cs} , NW_c , nebo SW_{c2} a SW_{c3} . Výskyt tohoto orografického zesílení i u některých situací typu C (4 případy) je způsoben tím, že tlakové níže u těchto případů nevznikaly v severním Středomoří a do střední Evropy postupovaly po jiné dráze než V_b a v době vypadávání příčných srážek byly západně až severně od povodí Otavy.

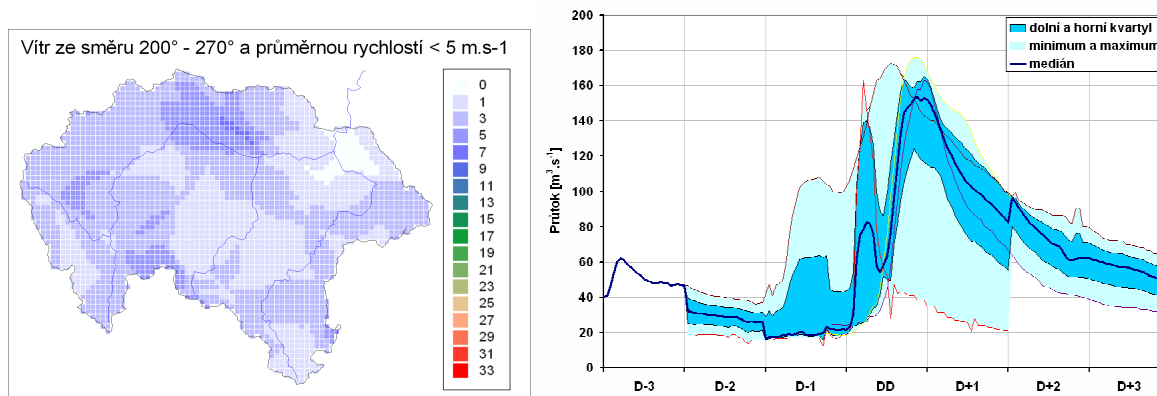
Do této skupiny s jedinou výjimkou (povodeň 19931223) nepatří velké povodně na Otavě v Písku. Pro tvar vlny je typický rychlý nástup průtoků a častá zkosení průtokové vlny v Písku vlivem transformace na dolním toku a malého přítoku ze střední a dolní části povodí ležící ve srážkovém stínu. Tento přítok z mezipovodí je u několika případů dokonce tak nevýznamný, že kulminační průtoky v Sušici převyšují kulminace v Písku například u povodně 20060529 .



Obr. 5.13 Poloha srážkových jader u příčinných synoptických typů povodní na Otavě v Písku

Samostatně byla vyčleněna kategorie, u které má vítr na Churáňově sice stejný směr jako u předchozí skupiny, ale průměrné rychlosti větru jsou menší než 5 m.s^{-1} . Patří sem pouze 7 z celkového počtu uvažovaných povodní a jejich hlavní odlišností od předchozích je mnohem slabší srážkový orografický efekt. To je částečně způsobeno faktem, že s klesající rychlostí

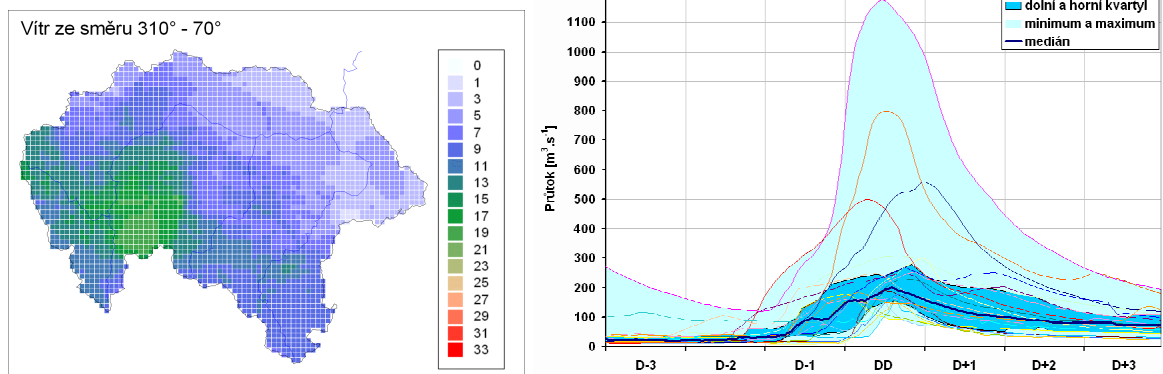
větru se zmenšuje i intenzita orografického efektu, avšak u těchto povodní se také vyskytuje jiný mechanismus jejich vzniku. Poměrně velká, nerovnoměrná členitost srážkového pole a složené povodňové vlny s více vrcholy ukazují na větší podíl konvektivních srážek na vzniku povodní.



Obr. 5.14 Četnost výskytu jádra srážkového pole při situacích s převládajícím směrem větru ze sektoru 200° - 270° a průměrnou rychlostí menší než 5 m.s⁻¹. Průtokové vlny v Písku, které vznikly následkem těchto situací

Třetí početnou skupinou rozdělenou na základě charakteru proudění jsou povodně, u kterých v době vypadávání příčinných srážek převládalo na Churáňově proudění větru ze směru 310° - 70°. Bylo do ní zařazeno 24 z 67 povodní. Povodním předcházely nejčastěji povětrnostní situace, při kterých dochází v průběhu vypadávání srážek k přetáčení větru a proto uváděný směr není tak reprezentativní jako u stabilního západního proudění. Stejně jako směr větru se u těchto situací výrazněji mění i jeho rychlost. V průměru jsou rychlosti menší (v naprosté většině pod 5 m.s⁻¹), ale stává se, že ke konci srážkového období dochází k výraznému zesilování rychlosti větru a to především u velkých povodní (20020813, 19770801, 19540709). To je charakteristický jev, který ve své práci popisuje Müller [2006] při rozboru meteorologických prvků předcházejících velkým povodním v České republice.

Jádro srážek se nejčastěji vyskytuje v oblasti mezi Kašperskými Horami a Vimperkem. V této oblasti se při severním až severovýchodním proudění vytváří specifické návětrí, které se projevuje zesilováním srážek právě na úpatí vedlejšího šumavského hřebene na linii Libín – Boubín – Popelná hora. Kolem Kašperských Hor navíc masív Šumavy vybíhá výrazněji do vnitrozemí, což způsobuje orografické srážkový efekt při proudění z více směrů. Srážky bývají v této skupině rovnoměrněji rozložené na celé území Otavy - průměrná míra koncentrace srážkového pole je 38 %.



Obr. 5.15 Četnost výskytu jádra srážkového pole při situacích s převládajícím směrem větru ze sektoru 200° - 270° a průměrnou rychlostí menší než $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Průtokové vlny v Písku, které vznikly následkem těchto situací

Výskyt jádra srážek v popsané oblasti je i u všech velkých povodní před rokem 1954, u kterých nejsou k dispozici srovnatelné údaje o proudění větru, a proto je pravděpodobné, že i tyto povodně patří do této skupiny. Povodně v takto zařazené skupině se s jedinou výjimkou (19720423) vyskytly v letním hydrologickém půlroce a mezi příčinnými povětrnostními situacemi převládají typy C, Ec, NEc, B a Bp, u kterých dochází v týlové části tlakového útvaru k severnímu proudění vytvářející na Otavě toto specifické návětrí (viz obr. 5.5.3).

Povodňové vlny mají v Písku většinou mírnější nástup povodňových průtoků a mezi výskytem paty vlny a kulminací uplyne doba rovná jednomu až dvou dnům. To je způsobeno jednak delším trváním srážek a také plošně rovnoměrnějším rozložením srážek, které zasahují i do oblasti podhůří, kde jsou pro odtokové poměry charakteristické delší doby koncentrace odtoku.

5.6 Kategorizace povodní

Provedené analýzy povodňového režimu Otavy prokázaly, že sezónní aspekt výskytu povodní na Otavě a s ním spojený určitý typ atmosférické cirkulace vytvářejí charakteristické rozložení srážek, které pak ovlivňuje i průběh odtokové odezvy povodní. Proto bylo ke kategorizaci povodní přistoupeno tak, aby kategorie tvořily skupiny povodní, které se podobají nejen podle vlastností průtokových vln, ale také meteorologickými příčinami, které je vyvolaly.

Hlavními kritérii pro kategorizaci byly sezóna výskytu povodní, jejich extremita a poloha jádra příčinných srážek. Rozdělení na letní a zimní typ bylo provedeno podle teplé a studené poloviny hydrologického roku. Poloha jádra srážek jako dalšího kritéria kategorizace byla vybrána proto, že lze u ní vysledovat souvislost jak s odtokovou odezvou tak i s meteorologickými příčinami. Tímto postupem bylo definováno 9 typů povodní:

- velké letní povodně,
- velké zimní povodně,
- zimní povodně s výrazným podílem tání sněhu,
- zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových, výrazně orograficky zesílených srážek,
- zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových málo orograficky zesílených srážek,
- letní povodně s orografickým zesílením srážek na vrcholové části Šumavy,
- letní povodně s orografickým zesílením srážek na severovýchodním úpatí Šumavy,
- letní povodně bez orografického zesílení srážek,
- letní povodně z bouřkového přívalu.

U uvedených kategorií byl upřesněn nejpravděpodobnější výskyt povodní v rámci dané sezóny. Byly popsány typické povětrnostní příčiny podle výskytu příčinných synoptických typů, směru a rychlosti proudění vzduchu, a lokalizace v jaké části povodí se nejčastěji vyskytují maximální úhrny srážek. Dále byly brány do úvahy nejzřetelnější vlastnosti odtokové odezvy podle tvaru průtokové vlny Otavy v Písku a podílu kulminací Blanice a horní Otavy na jejím kulminačním průtoku.

5.6.1 Kategorie „Velké letní povodně“

Jde o povodně, které se vyskytly v letním hydrologickém půlroce a kulminačním průtokem překročily v Písku úroveň 10leté vody ($395 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Všechny významně zasáhly do života lidí v tomto regionu, a proto existují četné historické zprávy o jejich průběhu včetně odborných publikací popisujících meteorologické a hydrologické příčiny. Přehled těchto povodní včetně jejich základních charakteristik je uveden v tabulce 5.3.

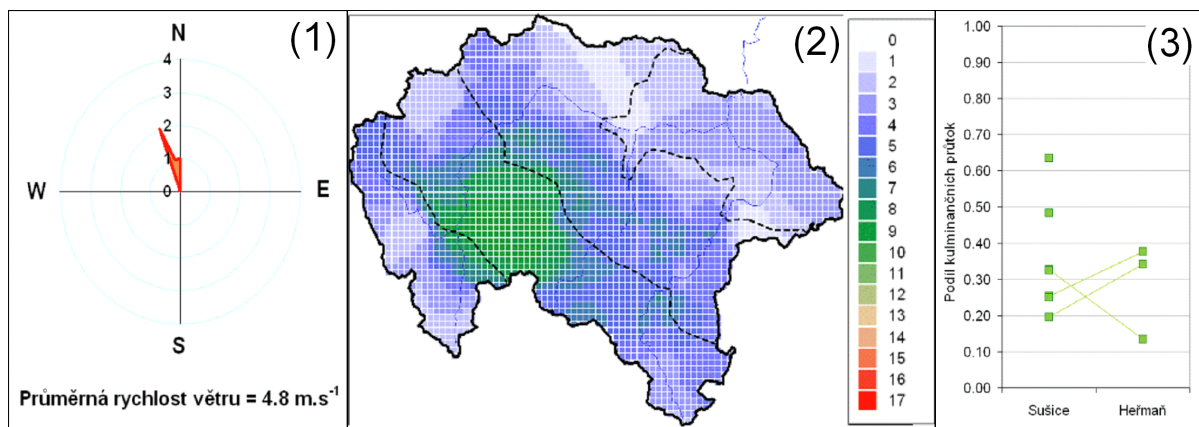
Protože jde z části o povodně, které se vyskytly před více než 100 lety, bylo nutné při jejich porovnávání pracovat se soubory dat, která jsou dostupná jak pro povodňové případy v omezené míře z konce 19. století, tak i pro poslední zaznamenanou velkou povodeň ze srpna 2002. Přesto jsou patrné společné charakteristiky, které dokládají význam specifických podmínek pro vznik velkých povodní na Otavě. Většina z těchto symptomů byla již publikována v práci zabývající se hydrometeorologickými příčinami pouze těchto velkých otavských povodní [Vlasák, 2004] Patří mezi ně:

- Poloha tlakové níže v době vypadávání příčinných srážek jižně nebo jihovýchodně od povodí Otavy, což signalizuje podíl vlhkosti středomořského původu na vzniku srážek (obr. 5.16)

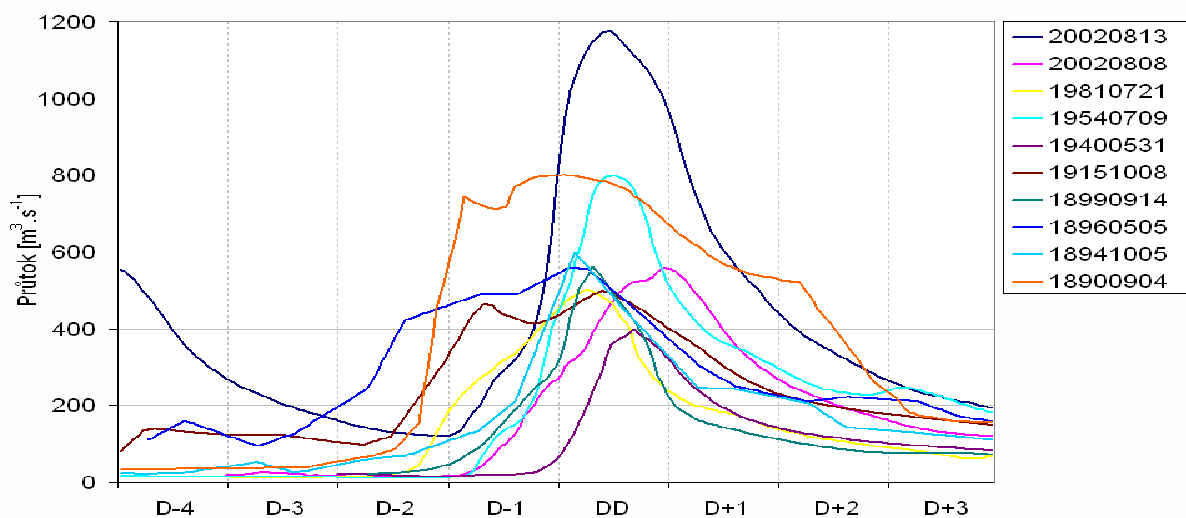
- Společný výskyt těchto povodní na Otavě i na Vltavě v Praze (s výjimkou povodně 19400531), který dokazuje, že velké povodně na Otavě vznikly jako následek plošně rozsáhlých srážek, které zasáhly i okolní povodí.
- Převaha vlivu příčinných srážek nad počátečními podmínkami v povodí. Podle indexu UPS byla nasycenost před nástupem povodně u většiny epizoda průměrná nebo dokonce podprůměrná a proto není možné tvrdit, že i relativně suché období je zárukou, že se velké povodeň nemůže vyskytnout.
- Rozložení příčinných srážek byly u těchto povodní dosti rovnoměrné. Jejich maximum, se u většiny případů nacházelo v oblasti mezi Kašperskými Horami a Vimperkem, podružné maximum na horní Blanici nad Husineckou nádrží. Z charakteru tohoto orografického efektu na srážky lze usuzovat na výskyt severního až severovýchodního proudění během vypadávání srážek (obr 5.6.1).
- Stejně jako u srážek je i rozložení maximálních odtokových výšek rovnoměrné. To potvrzují záznamy kulminačních průtoků ve stanicích Sušice a Heřmaň u případů, kde jsou údaje k dispozici. U povodní 20020813 a 19540709 byl kulminační průtok Blanice dokonce vyšší než Otavy v Sušici (obr 5.16), což je situace, která se u menších povodní prakticky nevyskytuje.

Tabulka 5.3. Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Velké letní povodně“

Kód povodně	Datum kulminace	Písek	Sušice	Heřmaň	Objem povodňové vlny v D-3 až DD	Příčinný synoptický typ	Směr větru ve dnech D-2 až DD	Rychlost větru ve dnech D-2 až DD	Maximální dvoudenní úhrn
		kulminační průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]			[mil. m^3]		[°]	[$m \cdot s^{-1}$]	[mm]
20020813	13.8.2002	1175	299	442.8	210.3	C	340	4	135.3
20020808	8.8.2002	558	109	191	102.5	C	360	2.2	122.8
19810721	21.7.1981	500	163	67.2	79.9	B	350	5.2	118.7
19540709	9.7.1954	800	262	181	125.1	C	340	7.7	135.6
19400531	31.5.1940	400	254	34.2	55.7				84.8
19151008	8.10.1915	500	125		134.1				68.5
18990914	14.9.1899	560	270		73.7				102.7
18960505	5.5.1896	560			157.7				54.5
18941005	5.10.1894	600			102.8				82.6
18900904	4.9.1890	800	260		227.5				120.7



Obr. 5.16 (1) Četnost převládajícího směru větru na Churáňově ve dnech D-3 až DD, (2) prostorová četnost výskytu srážkového jádra, (3) poměr kulminačních průtoků ve stanicích Sušice - Písek a Heřmaň - Písek u povodní zařazených do kategorie „Velké letní povodně“.



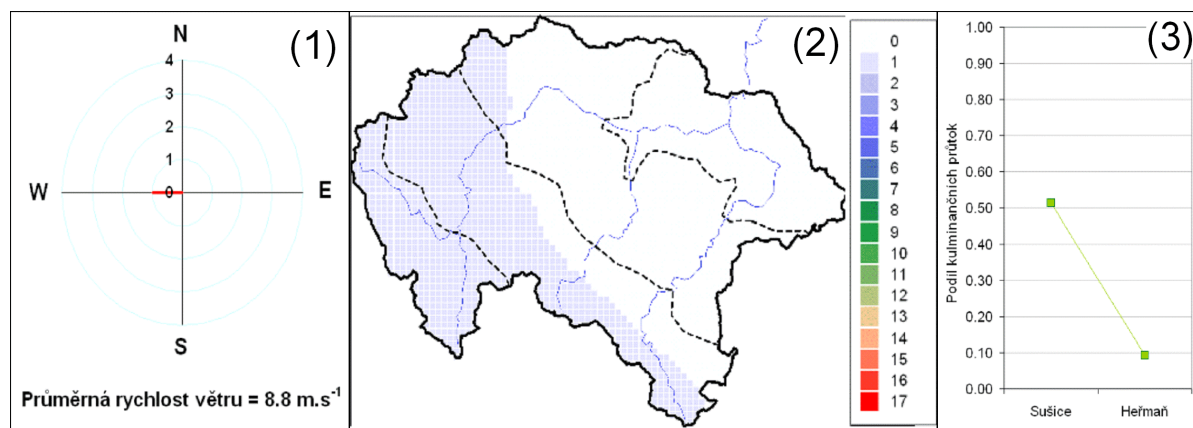
Obr. 5.17 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek zařazených kategorie „Velké letní povodně“.

5.6.2 Kategorie „Velké zimní povodně“

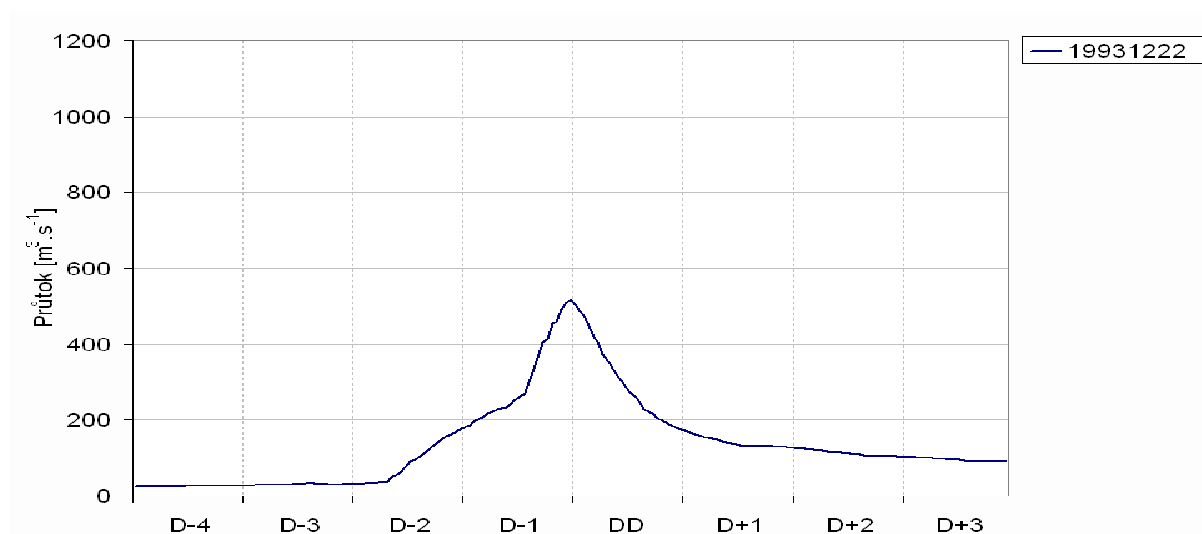
Do této skupiny byla zařazena pouze jediné povodeň z prosince roku 1993, která je z několika pohledů výjimečná. Atmosférické fronty, přicházející ze západní Evropy byly spojené s neobvykle hlubokou tlakovou níží (955 hPa) nad Norským mořem. Příčinou povodně byly intenzivní srážky, které zasáhly nejen Šumavu, jak je u povodní v tomto ročním období obvyklé, ale celé povodí. Na Šumavě překročil dvoudenní úhrn na několika stanicích 100 mm (nejvíce Kvilda 136 mm). Vliv na vznik povodně měla také sněhová pokrývka, které v polovině prosince dosahovala na Šumavě nadprůměrných hodnot. Největší extremity dosáhla povodeň na Otavě v Sušici, ale ani přítok z ostatních částí povodní nebyl zanedbatelný. Například podíl kulminačního průtoků v Sušici na kulminačním průtoků v Písku patří u této epizody mezi nejmenším z povodní, které se vyskytly v zimním hydrologickém půlroce.

Tabulka 5.4. Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Velké zimní povodně“

Kód povodně	Datum kulminace	Písek	Sušice	Heřmaň	Objem povodňové vlny v D-3 až DD	Příčinný synoptický typ	Směr větru ve dnech D-2 až DD	Rychlost větru ve dnech D-2 až DD	Maximální dvoudenní úhm
		kulminační průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]			[mil. m^3]		[$^{\circ}$]	[$m \cdot s^{-1}$]	[mm]
19931222	22.12.1993	518	266	48.1	77.5	Wc	270	8.8	61.3



Obr. 5.18 (1) Četnost převládajícího směru větru na Churáňově ve dnech D-3 až DD, (2) poloha srážkového jádra, (3) poměr kulminačních průtoků ve stanicích Sušice - Písek a Heřmaň - Písek u povodní zařazených do kategorie „Velké zimní povodně“.



Obr. 5.19 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených kategorie „Velké zimní povodně“.

5.6.3 Kategorie „Zimní povodně s výrazným podílem tání sněhu“

Do této kategorie byly zařazené povodňové epizody, u nichž tání sněhu mělo zřetelně větší vliv na vznik povodně než dešťové srážky. Patří sem všechny povodně, které byly zařazené v kapitole 5.2. mezi smíšené povodně s převahou vlivu tání sněhu a také další smíšené povodně, u kterých se tání sněhu výraznou měrou podílelo na nasycenosti povodí.

Tato skupina obsahuje osm povodní, které se většinou vyskytly v březnu, výjimečně je zde také jedna epizoda ze začátku ledna (viz tabulka 5.5). Další výjimkou je povodeň dokonce z poloviny května, které sice datem svého výskytu náleží do letního půlroku, ale vliv tání sněhu jí logicky řadí mezi zimní povodně. Šest z osmi těchto případů připadá na deset sněhově nejbohatších let z období 1961 – 2006, což vypovídá o zvýšeném riziku vzniku povodně při nadprůměrných sněhových zásobách. Na druhé straně extremita těchto povodní nebývá velká. Tři sněhově nejbohatší zimy 2006, 1988, 1987 způsobily na Otavě v Písku povodně s dobami opakování 2 až 5, 1 až 2, 1 až 2 let. Pro porovnání ve stejných obdobích vykazovaly kulminační průtoky Lužnice v Bechyni dobu opakování 50 až 100, 10 a 5 let.

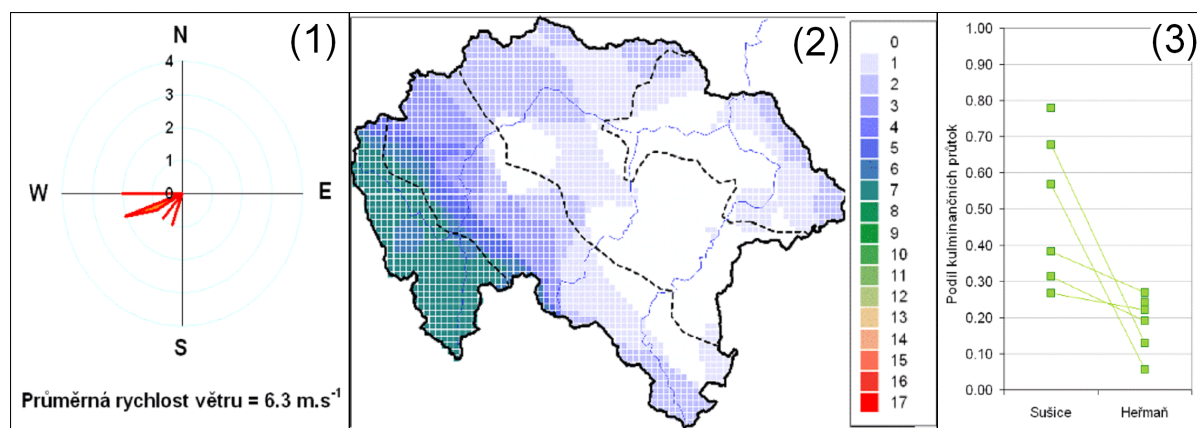
Povětrnostní situace předcházející těmto povodním je charakteristická poměrně silným západním nebo jihozápadním prouděním přinášejícím výrazné oteplení a srážky především do vrcholové části Šumavy. Protože ve všech případech se v průběhu tání vyskytovaly dešťové srážky, lze usuzovat, že nebezpečí vzniku extrémní odtokové situace povodňového typu při výskytu anticyklonálního bezoblačného počasí, kdy sníh přijímá nejvíce tepelné energie pouze z krátkovlnného záření v povodí Otavy nehrozí. Dešťové srážky, padaly do povodí v době, kdy už tání bylo v pokročilém stádiu a byla omezena retenční kapacita sněhové pokrývky. Důležitý vliv množství srážek na extremity povodňů je patrná, na epizodě 20020322, u které zásoby sněhu nebyly tak významné, ale z důvodu většího množství dešťových srážek vykazovala největší kulminační průtok Otavy v Písku.

Tabulka 5.5. Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s výrazným podílem tání sněhu“

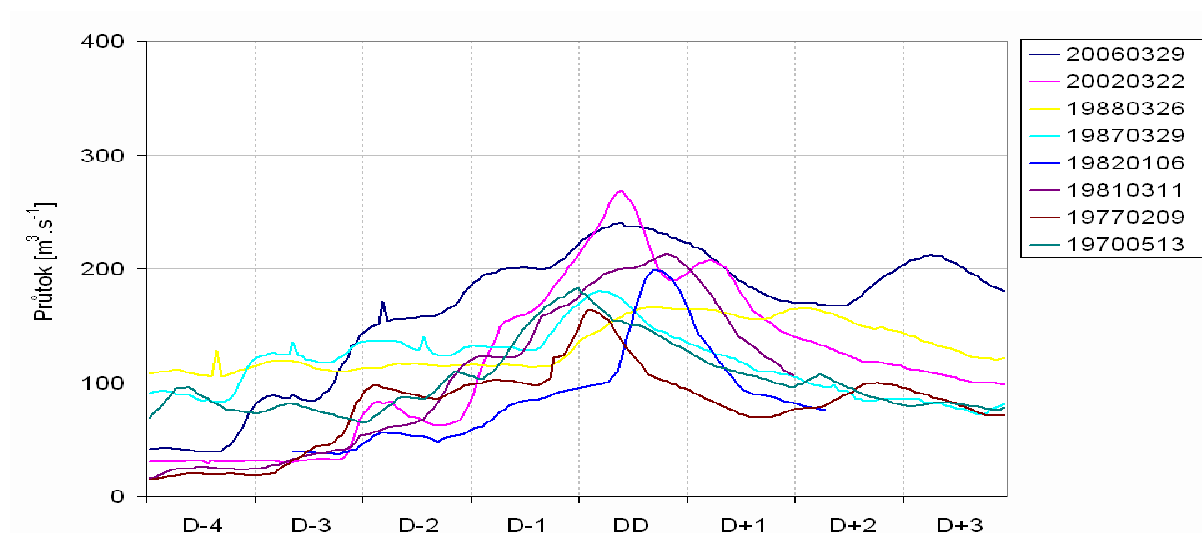
Kód povodně	Datum kulminace	Písek	Sušice	Heřmaň	Objem povodňové vlny v D-3 až DD	Příčinný synoptický typ	Směr větru ve dnech D-2 až DD	Rychlost větru ve dnech D-2 až DD	Maximální dvoudenní úhrn
		kulminační průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]			[mil. m^3]		[$^\circ$]	[$m \cdot s^{-1}$]	[mm]
20060329	29.3.2006	241	92.2	65.1	82.7	SWc2	250	3.5	22.2
20020322	22.3.2002	267	180.6	34.6	69.5	Wc	270	5.8	46.0
19880326	26.3.1988	166	44.3	36.7	60.8	Wc	240	6	27.5
19870329	29.3.1987	180.8	56.6	34.5	55.2	B	270	6.7	7.8
19820106	6.1.1982	199	75.1	12.5	39.4	Wc	240	8.8	13.5
19810311	11.3.1981	213.2	121	9.41	51.3	SWc2	220	6.8	11.1
19770209	9.2.1977	163	-	39.5	41.5	Wc	250	7.5	13.2
19700513	13.5.1970	183.4	143	-	49.9	C	200	7.8	16.8

Z tvarů průtokových vln vyniká pozvolný nárůst průtoků s charakteristickým vlněním odpovídajícím dennímu chodu teploty a intenzitě tání sněhu. Přírůstek průtoků mezi vrcholy dílčích vln v Písku v jednotlivých dnech se pohyboval bez přispění deště maximálně do $50 m^3 \cdot s^{-1}$. Pro nárůst průtoků nad kritickou mez jednoleté vody vlivem tání sněhu je potřeba minimálně tří dnů, kdy denní průměry teplot na celé ploše povodí výrazně překračují bod mrazu.

Z výskytu a charakteru povodní s významným podílem tání sněhu vyplývá, že při nadprůměrných zásobách sněhu v povodí Otavy je pravděpodobné, že při jarním tání dosáhnou na řece maximální vodní stavy povodňových stupňů, ale bez výrazného přispění dešťových srážek, které v jarním období nejsou naštěstí časté, je riziko vzniku velkých povodní malé. V důsledku pozvolných vzestupných i sestupných větví průtokových hydrogramů vyznačují se tyto povodně poměrně velkým objemem, který sice není srovnatelný s objemem velkých letních povodní, přesto může však výrazně ovlivnit hospodaření s vodou v nádržích Vltavské kaskády.



Obr. 5.20 (1) Četnost převládajícího směru větru na Churáňově ve dnech D-3 až DD, (2) prostorová četnost výskytu srážkového jádra, (3) poměr kulminačních průtoků ve stanicích Sušice - Písek a Heřmaň - Písek u povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s výrazným podílem tání sněhu“.



Obr. 5.21 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených kategorie „Zimní povodně s výrazným podílem tání sněhu“.

5.6.4 Kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových, výrazně orograficky zesílených srážek“

Tato kategorie obsahuje 14 povodní, z nichž většina se na Otavě vyskytla v měsících listopad, prosinec a leden. Příčinným synoptickým typem byly u těchto povodňových případů nejčastěji situace Wc, Wcs a NWc, při kterých přes povodí Otavy přecházely ve velmi silném západním proudění jednotlivé frontální systémy. Průměrné denní rychlosti větru ve dnech D-2 až DD přesahovaly na Churáňově u všech epizod $5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, u třech dokonce $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Převládající směr větru pocházel vždy z úzkého sektoru $200^\circ - 270^\circ$. U povodní vázaných na tento typ povětrnostní situace se často stává, že dochází v krátkém sledu po sobě k opakování silných srážek, které jsou v obou případech spojené se stejnými meteorologickými příčinami. V této kategorii tvoří takové dvojice povodní epizody *19981030* a *19981102*, *20021231* a *20030103*, (další podobné dvojice jsou popsány v kategorii „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na vrcholové části Šumavy“).

Dešťové srážky, které tvoří dominantní příčinu těchto povodní, byly výrazně orograficky zesílené a dosahovaly ve všech případech maxim na hraničním hřebenu Šumavy v oblasti náhorní plošiny kolem Kvildy a Modravy. Jádra největších srážek jsou u všech případů malá a jsou ostře vyhraněná na severovýchodních svazích Šumavy (viz obr. 5.21).

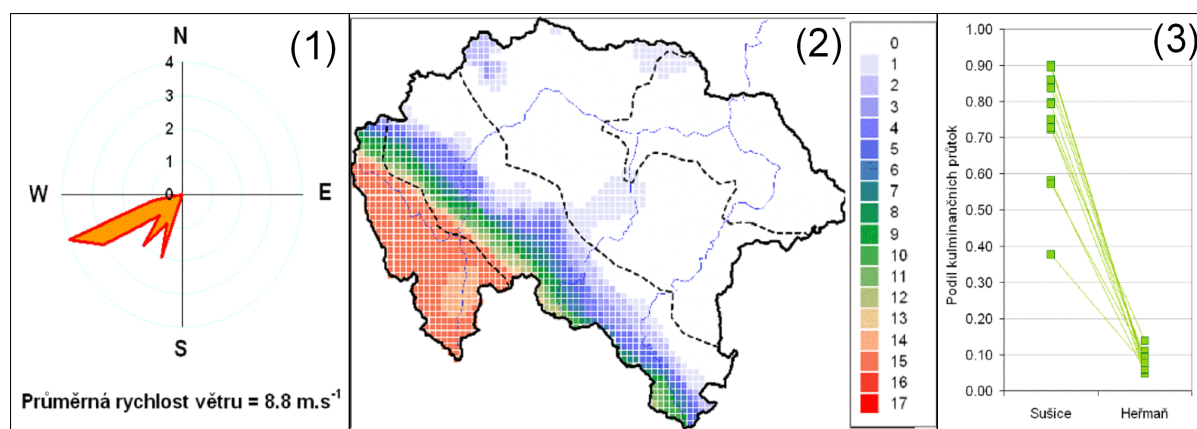
Charakteristické rozložení srážek způsobuje, že povodňová vlna se ve všech případech formovala z větší části na horní Otavě. V Písku tyto povodně patří mezi ty menší (až na jednu výjimku *20030103* nepřesahují úroveň 2leté povodně), na Otavě v Sušici však ve dvou případech kulminační průtoky přesáhly hodnotu 5leté povodně.

Naopak povodí Blanice při těchto situacích leží ve srážkovém stínu. Kulminační průtoky na dolní Blanici jsou malé a proto také podíl mezi maximálním průtokem v Heřmani a v Písku patří mezi nejmenší.

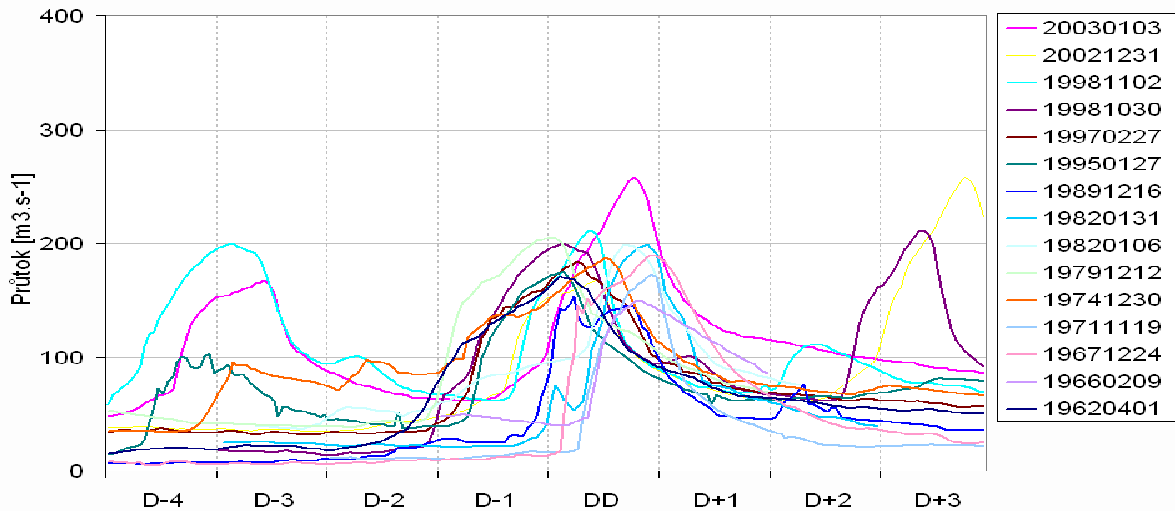
Průtokové vlny Otavy v Písku mají charakteristický tvar, s velmi rychlým vzestupem průtoků až do úrovně zhruba kolem $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, kdy dochází ke zpomalení vzestupu a po kulminaci zpravidla následuje opět velmi rychlý pokles. Tento tvar nesouvisí s chodem srážek, protože není znatelný na průběhu průtoků Otavy v Sušici. Vytváří se až při pohybu povodňové vlny korytem řeky a údolní nivou na úseku mezi Sušicí a Pískem, kde při určité vyšší úrovni již dochází k menším rozlivům a tedy k větší transformaci průtokové vlny. Celkově objem povodňových vln Otavy v Písku u tohoto typu je v porovnání s ostatními povodněmi malý.

Tabulka 5.6. Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových, výrazně orograficky zesílených srážek“

Kód povodně	Datum kulminace	Písek	Sušice	Heřmaň	Objem povodňové vlny D-3 až DD	Příčinný synoptický typ	Směr větru ve dnech D-2 až DD	Rychlost větru ve dnech D-2 až DD	Maximální dvoudenní úhm
		kulminační průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]			[mil. m^3]		[$^{\circ}$]	[$m \cdot s^{-1}$]	
20030103	3.1.2003	258	187	35.6	51.1	Wcs	240	6.3	27.7
20021231	31.12.2002	167	133	18.3	34.8	Bp	250	5.5	15.2
19981102	2.11.1998	211	190	13.4	42.9	Wcs	250	6.2	19.2
19981030	30.10.1998	200	169	9.5	40.7	Wc	260	7.8	56.0
19970227	27.2.1997	184	137.9	17.5	36.9	SWc2	250	9.2	28.5
19950127	27.1.1995	174.4	150	13.9	35.7	Wc	240	6.7	24.9
19891216	16.12.1989	153	115	10.4	26.8	Wc	220	10.3	30.4
19820131	31.1.1982	199	-	10.8	26.6	NWc	250	8.8	16.7
19791212	12.12.1979	204.8	117	19	43.1	Wcs	210	12	30.7
19741230	30.12.1974	187.4	135	-	44.9	Wc	270	8.3	12.2
19711119	19.11.1971	173	137	8.25	16.5	NWc	220	10.8	28.5
19671224	24.12.1967	190	170	9	25.2	Wc	200	11.5	16.1
19660209	9.2.1966	150	109	9	30.6	Vfz	230	9.2	19.5
19620401	1.4.1962	171	143	13.2	34.3	Wcs	200	10	14.1



Obr. 5.21 (1) Četnost převládajícího směru větru na Churáňově ve dnech D-3 až DD, (2) prostorová četnost výskytu srážkového jádra, (3) poměr kulminačních průtoků ve stanicích Sušice - Písek a Heřmaň - Písek u povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových, výrazně orograficky zesílených srážek“



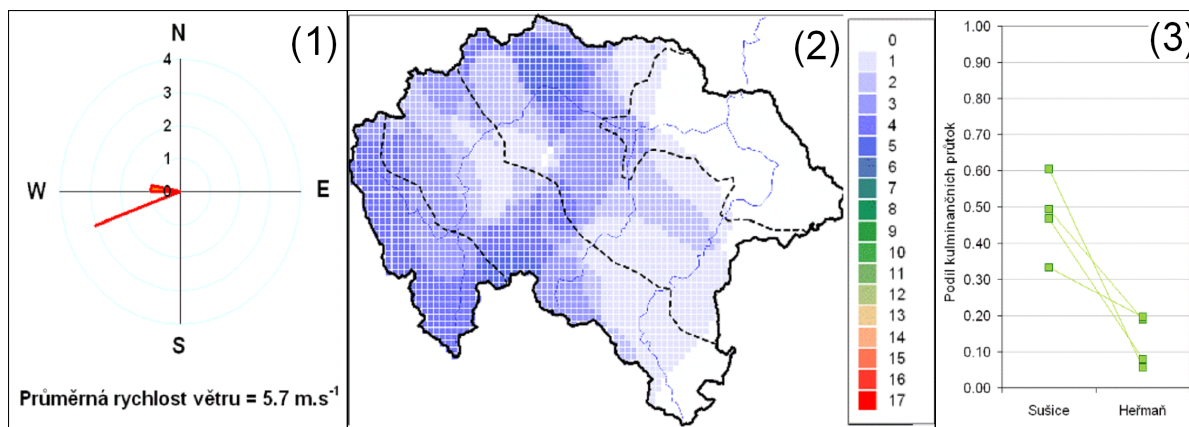
Obr. 5.22 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových, výrazně orograficky zesílených srážek“

5.6.5 Kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových málo orograficky zesílených srážek“

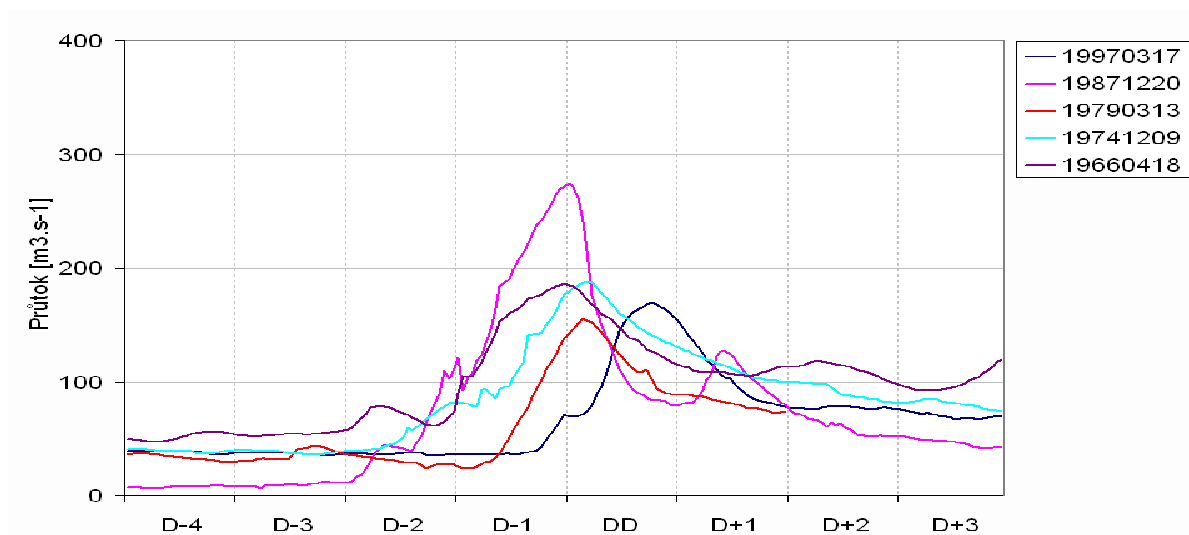
Povodně zařazené do této skupiny se na rozdíl od zimních povodní s výrazným orografickým zesílením srážek vyskytovaly i v druhé polovině zimního hydrologického půlroku. Jejich meteorologické příčiny charakterizuje také západní proudění, se směry větru na Churáňově 250° – 280°. Rychlosti větru, doprovázejí srážkovou činnost však nedosahovaly tak vysokých hodnot a zřejmě i z tohoto důvodu orografické zesílení srážkové činnosti není tak výrazné. Z rozložení jader srážek je patrné, že se nejvyšší úhrny vyskytly u několika epizod i v podhůří Šumavy, k čemuž u předchozí kategorie nedošlo ani v jednom případě.

Tabulka 5.7. Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových málo orograficky zesílených srážek“

Kód povodně	Datum kulminace	Písek	Sušice	Heřmaň	Objem povodňové vlny v D-3 až DD	Příčinný synoptický typ	Směr větru ve dnech D-2 až DD	Rychlost větru ve dnech D-2 až DD	Maximální dvoudenní úhrn
		kulminální průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]			[mil. m^3]		[°]	[$m \cdot s^{-1}$]	[mm]
19970317	17.3.1997	169.4	83.5	31.8	33.6	NWc	280	6.7	29.2
19871220	20.12.1987	274.4	165.8	15.4	43.9	SWc2	250	5.8	39.6
19790313	13.3.1979	155	-	-	32.2	B	250	5.7	19.9
19741209	9.12.1974	187.4	87.5	14.6	44.6	NWc	270	6.5	31.2
19660418	18.4.1966	186.4	62	36.5	51.4	Vfz	250	3.7	35.2



Obr. 5.23 (1)Četnost převládajícího směru větru na Churáňově ve dnech D-3 až DD, (2) prostorová četnost výskytu srážkového jádra, (3) poměr kulminačních průtoků ve stanicích Sušice - Písek a Heřmaň - Písek u povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových málo orograficky zesílených srážek“.



Obr. 5.24 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových málo orograficky zesílených srážek“.

Odtoková odezva Otavy v Písku se liší mírnějším nástupem průtoků. Mezi patou a kulminací vlny v Písku uběhlo u všech těchto povodní více jak 24 hodin. U vzestupných větví vln se také častěji vyskytují podružné vrcholy, které svědčí o postupném zapojování jednotlivých částí povodí.

5.6.6 Kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na vrcholové části Šumavy“

Do této kategorie byly zařazeny povodně, které se vyskytly v letním hydrologickém půlroce a z rozložení srážek vykazují výrazné zesílení srážkové činnosti v centrální části Šumavy. Povodně, ze září a října (19811012, 19811216, 19861023) vykazují zejména v důsledku silného proudění při západní cyklonální situaci vlastnosti, na základě kterých by zároveň mohly být zařazeny do kategorie „Zimních povodní s výrazným orografickým efektem na rozložení srážek“.

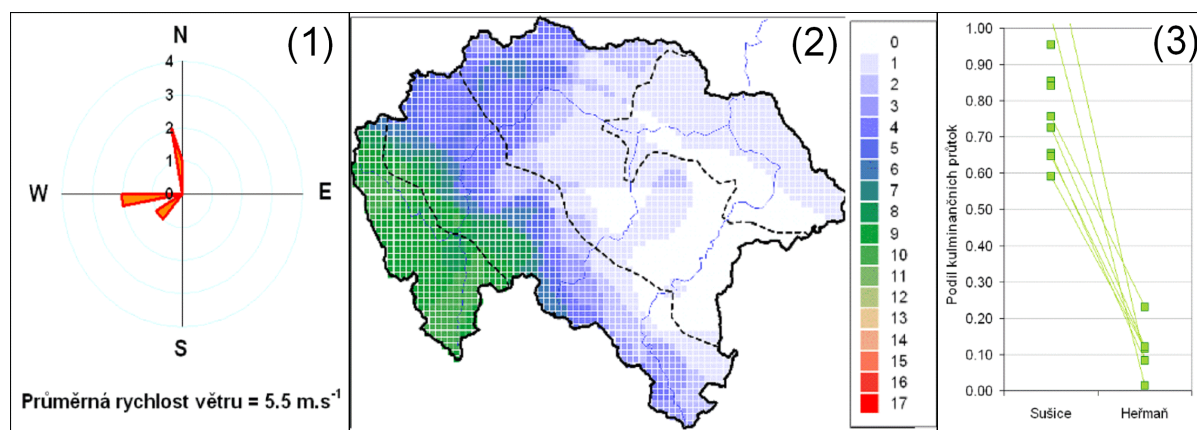
Společným znakem povodní v této kategorii je sice opět převládající směr proudění, který má západní nebo severozápadní složku. Toto proudění zde však není vyvoláno pouze synoptickými typy západních cyklonální situací, ale vyskytují se u něho i případy s příčinným synoptickým typem C, NEc, nebo B a Bp. Na rozdíl od ostatních letních povodní, způsobených stejnými synoptickými typy, byla u těchto případů poloha tlakové níže nebo brázdy v době vypadávání příčinných srážek situována západně nebo severozápadně. Proto se povodí Otavy dostávalo do severního až západního proudění, při kterém se vytvářelo orografické zesílení srážek typické spíše pro zimní povodně. Koncentrace srážek do oblasti centrální Šumavy však v některých případech nebývá tak výrazná a následkem severní složky v proudění se poloha jader často vyskytuje častěji v severozápadní části povodí již mimo pohoří Šumava. Jako následek několikanásobného přechodu frontálních systémů se také zde vyskytují povodně s dvěma vlnami jdoucími bezprostředně po sobě 20060529 a 19910803, 19811012 a 19811216.

Tabulka 5.8. Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na vrcholové části Šumavy“

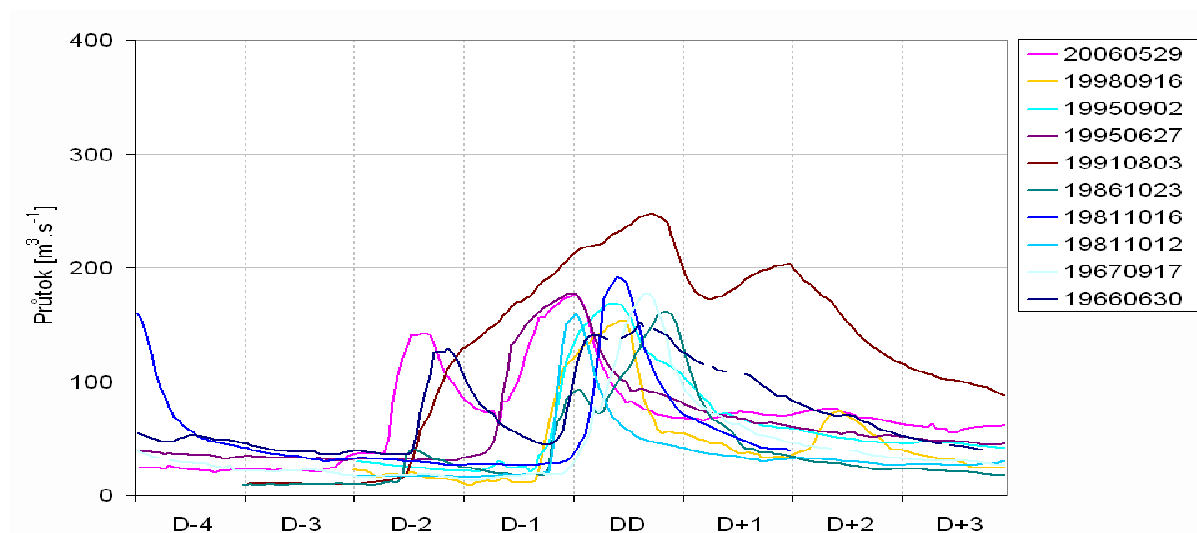
Kód povodně	Datum kulminace	Písek	Sušice	Heřmaň	Objem povodňové vlny v D-3 až DD	Příčinný synoptický typ	Směr větru ve dnech D-2 až DD	Rychlost větru ve dnech D-2 až DD	Maximální dvoudenní úhrn
		kulminační průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]			[mil. m^3]		[$^{\circ}$]	[$m \cdot s^{-1}$]	[mm]
20060529	29.5.2006	176	219	14.4	38.4	Wc	270	5.7	51.5
19980916	16.9.1998	154	147	?	22.1	C	260	7.7	27.9
19950902	2.9.1995	168	110	13.8	28.6	C	270	6.2	50.3
19950627	27.6.1995	178	152	?	32.8	NEc	350	2.2	41.8
19910803	3.8.1991	247.2	159.9	28.8	76.6	Vfz	360	0.7	68.5
19861023	23.10.1986	160.8	166	2.3	22.5	Wc	220	10.3	32.8
19811016	16.10.1981	192	113.4	22.1	20.6	Wcs	230	5	30.5
19811012	12.10.1981	159.5	134	?	15.9	Wcs	240	8.7	32.7
19670917	17.9.1967	178	129	21.7	20.6	Bp	350	2.2	36.2
19660630	30.6.1966	152	115	30	37.4	B	260	6.7	31.9

Tvar průtokových vln Otavy v Písku se podobá zimním povodním s orografickými srážkami. Objemem i kulminací patří tyto povodně spíše k menším, podíl Blanice na maximálním průtoku Otavy je malý a u tvarů průtokových vln Otavy v Písku je zřetelný vliv

transformace průtoku mezi Sušicí a Pískem. Intenzivní transformační účinek trati střední a dolní Otavy je patrný jednak u povodní 19861026 a 20060529, kdy byl kulminační průtok v Sušici dokonce větší než v Písku. Také u povodně 19910803, u které ještě v Katovicích jsou patrné tři samostatné vlny vzniklé jako následek rychle po sobě jdoucích srážkových epizod, ale v Písku jsou tyto vlny již spojené do jedné, která má charakteristické zkosení na vzestupné větvi.



Obr. 5.25 (1) Četnost převládajícího směru větru na Churáňově ve dnech D-3 až DD, (2) prostorová četnost výskytu srážkového jádra, (3) poměr kulminačních průtoků ve stanicích Sušice - Písek a Heřmaň - Písek u povodní zařazených do kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na vrcholové části Šumavy“



Obr. 5.26 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na vrcholové části Šumavy“

5.6.7 Kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na severovýchodním úpatí Šumavy“

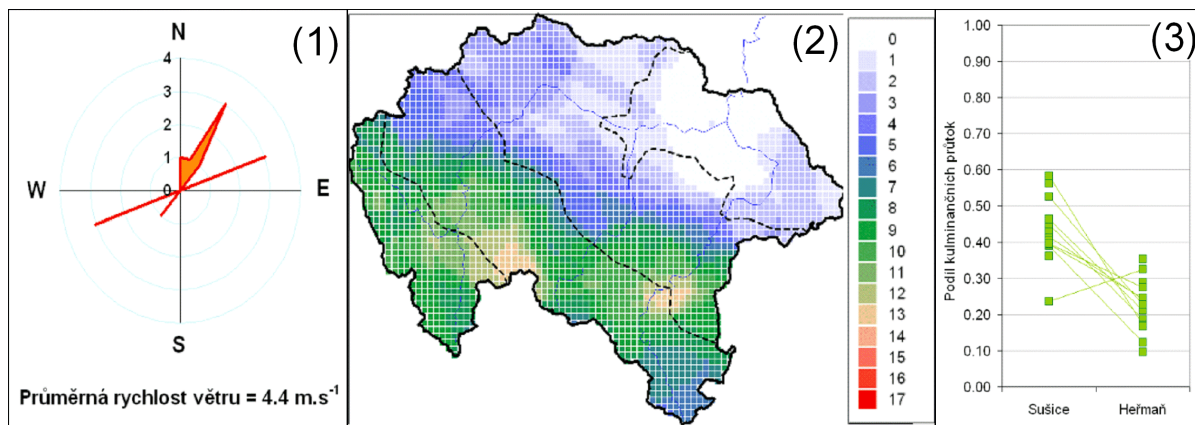
Tyto povodně se vyskytly v letním hydrologickém půlroce a maximum srážek dosahovaly na severovýchodních svazích Šumavy. Do této skupiny bylo zařazeno 14 povodní. Vydatné příčinné srážky souvisely ve většině případů s tlakovou níží anebo s brázdou nízkého tlaku, které se pohybovaly v kritických dnech jižně nebo jihovýchodně od povodí Otavy. Atmosférické proudění na ně vázané mělo v naprosté většině severovýchodní složku, u některých případů, kdy poloha řídicího tlakového útvaru byla velmi blízko Otavy, se směr větru přetáčel v průběhu vypadávání srážek na sever až západ.

Srážky u těchto povodní byly plošně rovnoměrněji rozložené než u západních cyklonálních situací. Nejvyšší úhrny byly naměřeny nejčastěji v oblasti mezi Kašperskými Horami a Vimperkem, druhé maximum pak bylo identifikováno mezi masivem hor Boubín a Libín. Tyto oblasti jednak tvoří návětrí při severovýchodním proudění, ale také doběhové doby vody do závěrového vodoměrného profilu Písek jsou z obou oblastí podobné (viz kapitola 3.5) a dochází tak ke střetávání průtokových vln. To je jeden z důvodů proč je toto rozložení srážek tak příznivé pro vznik povodní.

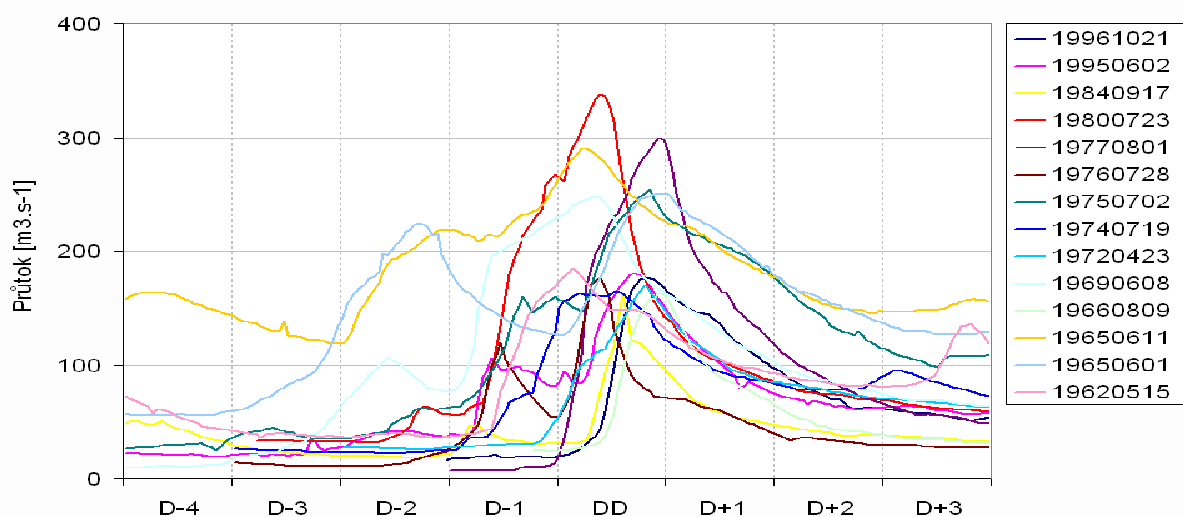
Stejně jako srážky jsou u těchto povodní rovnoměrně rozloženy i odtokové výšky. Kulminační průtoky Blanice v Heřmaně jsou pouze o málo menší než v Sušici na Otavě a významný je také přítok ze střední a dolní části povodí. Tvary průtokových vln jsou rozmanité, u některých se opět projevuje zkosení vlny vlivem transformace v údolní nivě Otavy.

Tabulka 5.9. Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na severovýchodním úpatí Šumavy“

Kód povodně	Datum kulminace	Písek	Sušice	Heřmaň	Objem povodňové vlny v D-3 až DD	Příčinný synoptický typ	Směr větru ve dnech D-2 až DD	Rychlost větru ve dnech D-2 až DD	Maximální dvoudenní úhrn
		kulminační průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]			[mil. m^3]		[$^{\circ}$]	[$m \cdot s^{-1}$]	[mm]
19961021	21.10.1996	176	73.1	42.7	29.2	Wc	250	4.7	48.2
19950602	2.6.1995	180.4	78	63.8	36.6	B	70	1.8	49.5
19840917	17.9.1984	161	63	19.9	18.9	C	40	3.2	31.3
19800723	23.7.1980	338	190	32.3	56.4	Cv	220	6.3	48.7
19770801	1.8.1977	300	135.2	55.7	43.2	Sec	30	7.2	97.2
19760728	28.7.1976	176.8	103	30.3	23.4	Ec	30	2.5	52.7
19750702	2.7.1975	255	60.2	82.7	61.3	NEc	360	5.3	42.5
19740719	19.7.1974	165.2	59.6	27.7	35.2	B	10	2.7	49.0
19720423	23.4.1972	170.4	-	49.3	31.4	Ec	70	2.5	32.3
19690608	8.6.1969	249	98.4	61.5	58.3	NEc	30	4.3	58.4
19660809	9.8.1966	163	66	-	21.8	Wal	250	3.7	35.7
19650611	11.6.1965	290	115	74.9	88.8	C	250	5.8	43.8
19650601	1.6.1965	250	116	47.5	76.7	B	70	5.3	26.3
19620515	15.5.1962	185	97.3	42	38.4	B	20	6.3	41.9



Obr. 5.27 (1) Četnost převládajícího směru větru na Churáňově ve dnech D-3 až DD, (2) prostorová četnost výskytu srážkového jádra, (3) poměr kulminačních průtoků ve stanicích Sušice - Písek a Heřmaň - Písek u povodní zařazených do kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na severovýchodním úpatí Šumavy“



Obr. 5.28 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na severovýchodním úpatí Šumavy“

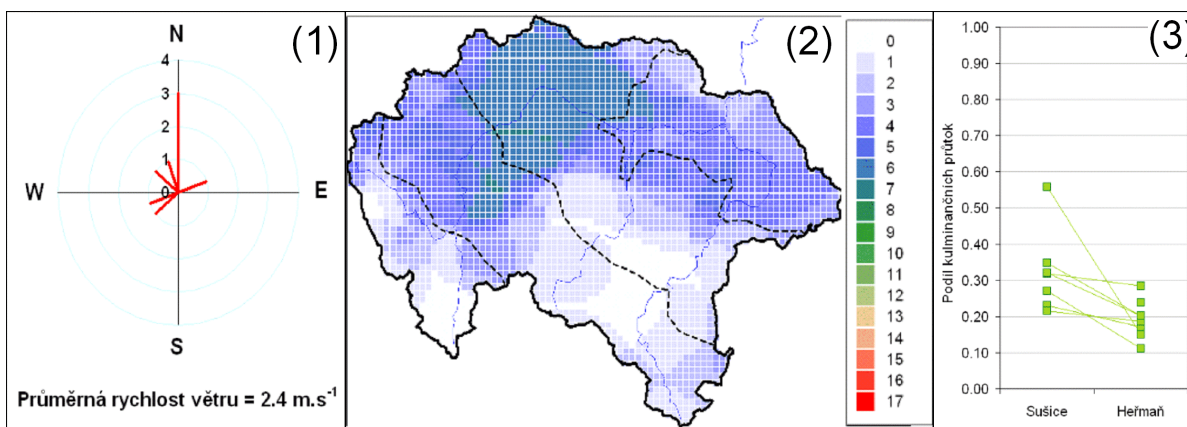
5.6.8 Kategorie „Letní povodně bez orografického zesílení srážek“

Hlavním kritériem pro zařazení do této kategorie byla poloha jádra srážek v severní polovině povodí. Všechny povodně této skupiny se vyskytovaly v nejteplejší části roku v období od konce května do začátku září. Z hlediska meteorologických příčin lze najít společné znaky pouze v relativně slabém proudění, které se vyznačovalo na Churáňově častěji ve spojení se severní složkou. Přímá souvislost s určitým typem příčinné synoptické situace není u této kategorie však zřejmá.

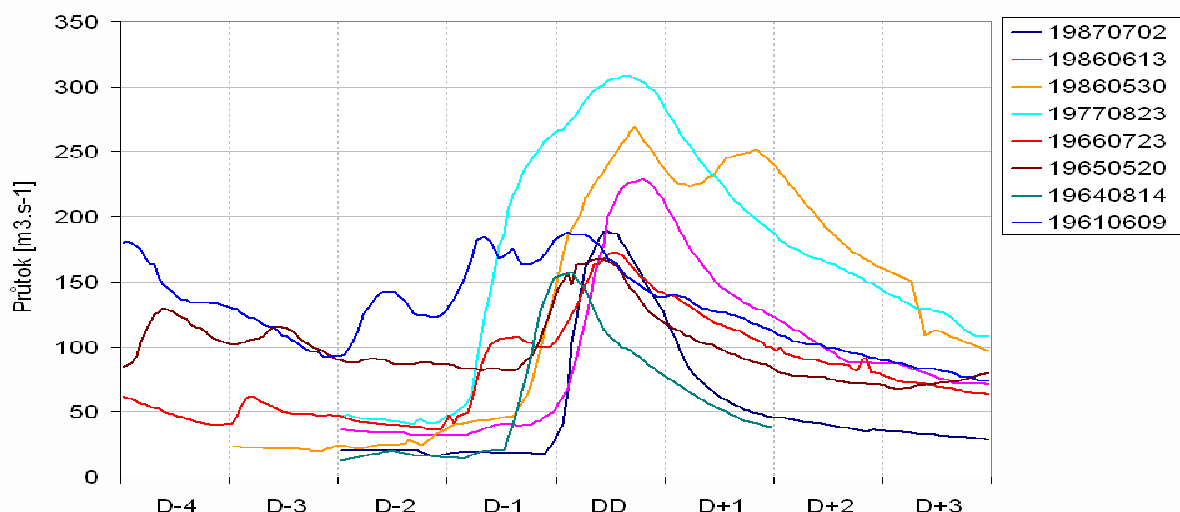
Jádro srážek leželo nejčastěji ve středním Pootaví nebo na dolní Blanici. Rozloha jader byla poměrně velká, a proto i rozložení srážek na celé území Otavy bylo u těchto povodní velmi rovnoměrné. Tím docházelo k rovnoměrnému rozložení odtokových výšek, zesilovanému ještě srážko-odtokovými vlastnostmi jednotlivých částí povodí. Nižší srážky na horní Otavě a vyšší na středním a dolním úseku vyvolávají podobné odtokové výšky, díky rozložení odtokových koeficientů, který bývá obvykle podmíněn hlavně různou svažitostí terénu a odlišnými vlastnostmi půd. Velikost kulminačních průtoků Otavy v Sušici byla proto srovnatelná s Blanicí v Heřmaní a významný byl i přítok z ostatních částí povodí. Do této skupiny patří dvě povodně, kde se maximální průtoky v Písku pohybovaly na úrovni 5letých vod. Také objem vln u těchto povodní je větší zejména relativně k velikost jejich kulminačních průtoků.

Tabulka 5.10. Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Letní povodně bez orografického zesílení srážek“

Kód povodně	Datum kulminace	Písek	Sušice	Heřmaň	Objem povodňové vlny v D-3 až DD	Příčinný synoptický typ	Směr větru ve dnech D-2 až DD	Rychlost větru ve dnech D-2 až DD	Maximální dvoudenní úhrn
		Kulminační průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]			[mil. m^3]		[$^{\circ}$]	[$m \cdot s^{-1}$]	[mm]
19870702	2.7.1987	188.8	60.2	53.7	24.1	Wc	70	1.3	30.6
19860613	13.6.1986	228.4	49	42.5	40.5	Bp	340	3.7	40.6
19860530	30.5.1986	269	73	30.1	60.2	B	310	2.7	56.1
19770823	23.8.1977	308	?	73.2	73.8	SWc3	360	2.8	59.6
19660723	23.7.1966	173	55.6	30	39.9	Ec	250	2.3	32.7
19650520	20.5.1965	167	93	21.6	41.3	SWc3	360	2.5	20.2
19640814	14.8.1964	157.8	55	27.8	20.5	C	360	2.3	73.9
19610609	9.6.1961	188	43.5	32.22	56.0	B	230	1.5	26.0



Obr. 5.29 (1) Četnost převládajícího směru větru na Churáňově ve dnech D-3 až DD, (2) prostorová četnost výskytu srážkového jádra, (3) poměr kulminačních průtoků ve stanicích Sušice - Písek a Heřmaň - Písek u povodní zařazených do kategorie „Letní povodně bez orografického zesílení srážek“



Obr. 5.30 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených kategorie „Letní povodně bez orografického zesílení srážek“

5.6.9 Kategorie „Letní povodně z bouřkového přívalu“

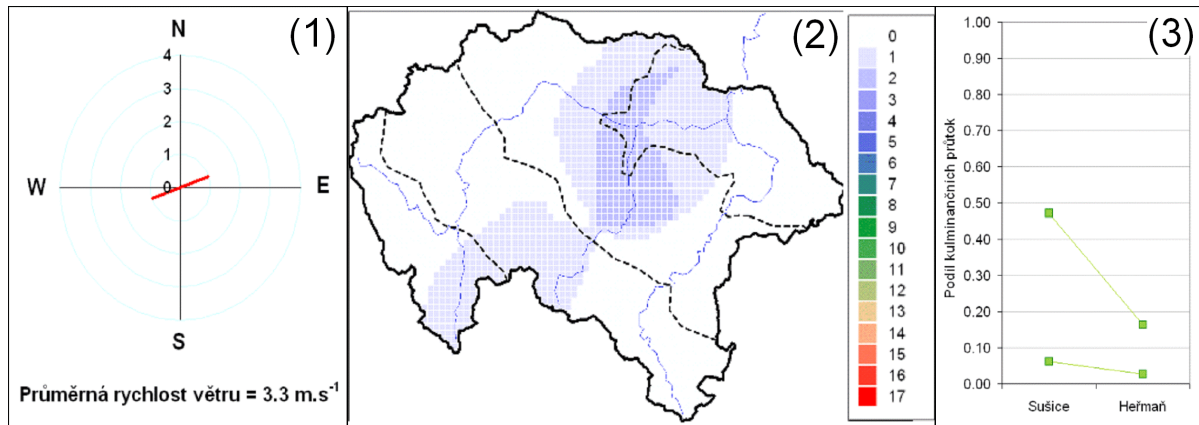
Povodí Otavy je příliš velké na to, aby bylo citlivé na povodně vzniklé následkem lokálních přívalových srážek. Bouřkové mraky, které je vyvolávají, mají rozměr řádově v kilometrech a proto způsobují povodně hlavně na povodích, jejichž plocha se počítá v desítkách maximálně stovkách kilometrů čtverečních. Přesto byly do této kategorie zařazeny dvě povodně, které překročily průtokovou kulminaci v Písku průtok $146 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a u kterých lze z rozložení srážkového pole a průtokových vln usuzovat na přívalový charakter povodně. Vliv povětrnostních podmínek popsanych velkoprostorovou cirkulací vzduchu na vznik tohoto typu povodně není určující, a proto ani není možné ze zpracovávaných dat popsat typické meteorologické příčiny těchto povodní.

Bouřková jádra se v obou případech vyskytla hlavně v povodí Volyňky. Nejvyšší naměřené denní úhrny srážek přesáhly na některých stanicích 80 respektive 100 mm. U povodně 19770521 byla pozoruhodná rychlost vzestupů průtoků na Volyňce v Němčicích, kde průtok během dvou hodin dosáhl kulminace na úrovni mezi 10letou a 20letou vodou. Také v Písku vykazovaly obě povodně poměrně rychlý vzestup hladin stejně i tak rychlý jejich pokles a proto objemy povodňových vln jsou poměrně velmi malé.

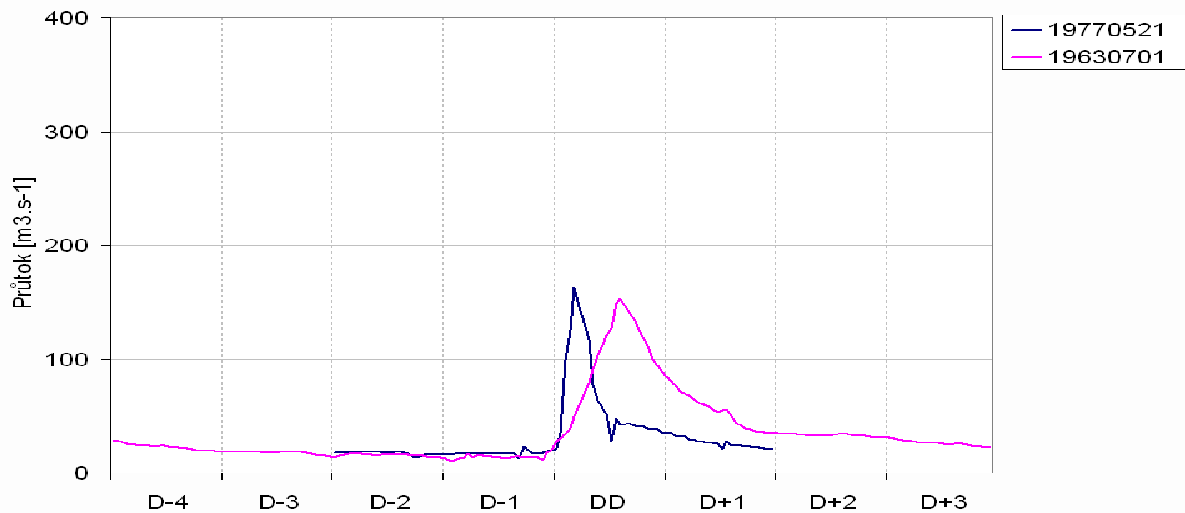
Tabulka 5.11. Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie letní povodně z bouřkového přívalu

Kód povodně	Datum kulminace	Písek	Sušice	Heřmaň	Objem povodňové vlny v D-3 až DD [mil. m ³]	Příčinný synoptický typ	Směr větru ve dnech D-2 až DD [°]	Rychlost větru ve dnech D-2 až DD [m.s ⁻¹]	Maximální dvoudenní úhrn [mm]
		kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]							

19770521	21.5.1977	163	10.1	4.51	11.1	SEc	250	4.3	25.4
19630701	1.7.1963	153	72	21.2	16.1	Vfz	70	2.3	36.8



Obr. 5.31 (1) Četnost převládajícího směru větru na Churáňově ve dnech D-3 až DD, (2) prostorová četnost výskytu srážkového jádra, (3) poměr kulminačních průtoků ve stanicích Sušice - Písek a Heřmaň - Písek u povodní zařazených do kategorie „Letní povodně z bouřkového přívalu“



Obr. 5.32 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených kategorie „Letní povodně z bouřkového přívalu“

6. Metoda předpovědního analogu

V provozní hydrologii se často vyskytují potřeby stanovit určité charakteristiky odtokového režimu na území, kde nejsou k dispozici napozorovaná data o odtoku. Ještě častěji se však praxe setkává s problémem určit v daném povodí charakteristiky hydrologického jevu v daném povodí na základě jevů předcházejících. U obou úloh lze, mimo přímé genetické způsoby výpočtu, dosáhnout i nepřímého řešení pomocí metody analogu.

Prakticky to v prvním případě znamená, že z množiny povodí, která jsou odtokově monitorována, se vybere povodí-analog, jehož fyzicko-geografické a klimatické poměry se co nejvíce přibližují přírodnímu prostředí daného nepozorovaného povodí. Cíl, tzn. rozměrově přizpůsobený přenos dat, se pak opírá o předpoklad, že odtokový režim na nepozorovaném povodí, bude konformní s režimem probíhajícím na povodí-analogu. Ve druhé úloze se provádí rovněž výběr analogu, tj. v tomto případě však reprezentovaného nalezeným seskupením takových předcházejících podmínek, které lze označit nejen za příčinu vzniku následného jevu (např. povodně), ale o které zároveň platí i kauzální axiom, že stejné příčiny vyvolávají stejné následky. Druhý případ představuje v podstatě jeden z klasických přístupů pro předpovídání budoucích hydrologických jevů.

Zatímco aplikace metody analogu pro nepozorovaná povodí se v hydrologické praxi široce uplatnila, metoda analogu jako předpovědního nástroje pro srážko-odtokový vztah se příliš nerozvíjela. Příčinami při manuálním zpracování byly její náročná pracnost, obtíže s pojetím komplikovaných interakcí mezi uvažovanými procesy i poměrně malý počet vstupních případů pro výběr analogu, a to vše za cenu velmi hrubých výsledků. Dnes, kdy pokrok ve výpočetní technice umožňuje nové přístupy, zejména v časoprostorových analýzách zkoumaných jevů, se stává metoda předpovědního analogu znovu předmětem pozornosti. Její ambiciosnost, pokud jde o povodně, nespočívá ani tak v samostatné prognóze (kde má velkou konkurenci v podobě předpovědních modelů), jako spíš v možnostech jejího dalšího potenciálního využití pro:

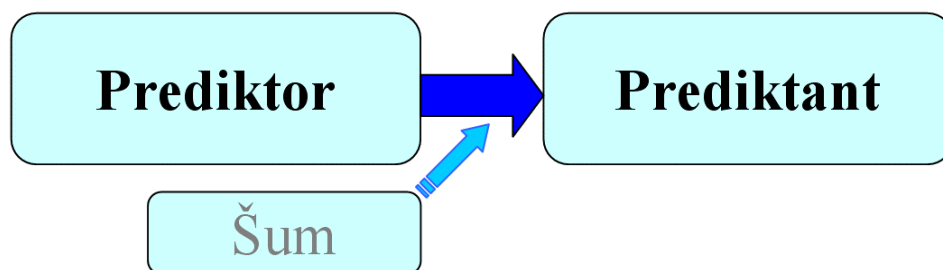
- poznávání specifického mechanismu, jimž se řídí vznik a vývoj povodňových situací v daném povodí,
- produkci výstupů, které mohou být užitečné pro regionalizaci území podle jeho zátěže povodňovým nebezpečím,
- nabývání poznatků, které mohou posloužit ke zdokonalování efektivnosti hydrologických modelů.

Metoda předpovědního analogu se z principu vždy musí opírat o dostatečně velký soubor historických událostí. Navržená databanka povodní na Otavě je proto vhodným podkladovým nástrojem pro její testování. Metoda předpovědního analogu byla v této práci testována z hlediska její možnosti odhadnout vývoj odtokové situace na základě naměřených nebo předpovězených úhrnů příčinných srážek, nasycenosti povodí a podle sezóny výskytu.

6.1 Metoda analogu jako předpovědní nástroj

Metodu předpovědního analogu je výhodné používat tam, kde je obtížné matematicky popsat procesy vedoucí k výskytu sledovaného jevu, a kde jsou známé a zjištěné příčiny toho jevu. Použití této metody je možné při platnosti dvou základních podmínek:

- 1) Kauzální vztah mezi příčinou (prediktorem) a následkem (prediktantem) musí zahrnovat většinu těch procesů, které vyvolávají následek. Ostatní vlivy, které nejsou uvažovány, tzv. šum, jsou malé (viz obr. 6.1).
- 2) Existuje dostatečný počet popsanych případů, u kterých jsou známé vlastnosti prediktorů a predikantů.



Obr. 6.1 Použité termíny při aplikaci metody předpovědního analogu

Princip aplikace metody jako předpovědního nástroje spočívá v nalezení analogické situace z hlediska příčin a předpokládá se, že stejné budou i následky. Je zřejmé, že u přírodních procesů, které jsou velmi složité a komplexní, není možné najít absolutně identický analog, a proto se hledá analog nikoliv na základě shody, ale podobnosti. Kvantifikace podobnosti mezi prediktory a stanovení jejich limit, je hlavním předmětem různých metodických přístupů a diskuzí pro aplikaci této metody.

Z uvedeného vyplývá, že metoda předpovědního analogu se uplatňuje především v těch případech, kdy nelze přírodní procesy uspokojivě modelovat a nebo kdy nejistota

výstupů ze současných modelů je příliš velká. U hydrologických srážko-odtokových modelů analýzy úspěšnosti předpovědí prokázaly, že na celkové nejistotě hydrologické předpovědi se větší měrou podílejí kvantitativní předpovědi srážek z numerických meteorologických modelů než samotné srážko-odtokové modelování [Daňhelka, 2005]. Úspěšnost hydrologických předpovědí u povodňových epizod má ale k dokonalosti stále daleko, a to i při nahrazení předpovídaných srážek naměřenými, kdy se hodnotí pouze schopnost hydrologického modelu povodeň simulovat.

Přestože není obvyklé, aby byla metoda předpovědního analogu aplikovaná namísto srážko-odtokový vztahů, je možné uvést několik důvodů, proč i v dnešní době představuje tento přístup potenciální možnost pro využití v hydrologické prognóze:

- S prodlužující se dobou, kdy dochází k systematickému měření srážek a vodních stavů se zvětšuje i soubor popsanych povodní a zvyšuje se tedy šance pro nalezení vhodného předpovědního analogu.
- Nalezením většího počtu předpovědních analogů je možné předpověď rozšířit o pravděpodobnostní rozměr – vytvářet tzv. předpovědní ansámby, [Daňhelka, 2005].
- Digitalizace a ukládání dat do elektronických databází usnadňuje shromáždění historických údajů a výpočetní technika také dovoluje velmi rychlé vyhledání předpovědního analogu i v rozsáhlém souboru za použití matematicky komplikovanějších vyhledávacích algoritmů.
- Rozvoj GIS umožňuje zakomponovat prostorovou i časovou informaci o rozložení sledovaných prvků.
- Předpovědi na základě porovnání analogických povodní jsou pro hydrologa prognostika „průhlednější“ než „skrytý“ výpočet modelem a umožňuje větší zapojení hydrologa a lepší zpětnou kontrolu výstupů.
- Studie zabývající se povodňovým mechanismem konkrétních povodí prokázaly, např. Buchtele [1972], Loukas [2000], že vliv přírodních podmínek každého povodí na odtokový režim zapříčiňuje, že povodně jsou způsobovány omezeným souborem příčin, která se opakují.

Ačkoliv je zřejmé, že metoda analogu není rovnocenným předpovědním nástrojem k fyzikálním modelům, může být jejich vhodným doplněním a může přispět k odhalení chybných modelových výstupů, které za běžných okolností jsou obtížně identifikovatelné.

Náročnost aplikace metody analogu spočívá především v nutnosti shromáždění a zpracování velkého množství dat a v úpravě ukazatelů příčin (prediktorů) do formy, která umožňuje jejich matematické zpracování, což v případě vícerozměrných veličin

(prostorová data měnící se v čase – např. tlakové pole, úhrnů srážek atd.) je komplikované. Pokud se použije více různých prediktorů, pak se algoritmus výběru analogu musí optimalizovat, protože obvykle není známé numerické vyjádření funkční závislosti mezi prediktory a predikanty.

Metoda předpovědního analogu pro odhad vývoje odtokové situace byla v této práci navržena tak, aby všechny vstupy byly snadno dostupné bez využití výstupů z jiných srážko-odtokových modelů a aby nástroje použité pro kalibraci metody a výběr předpovědního analogu byly aplikovatelné v provozu hydrologického předpovědního pracoviště.

6.2 Použitá data

K tomu aby bylo možné využít co nejdelší záznam o hydrologických a meteorologických procesech, bylo nutné volit data s denním krokem, u nichž délka disponibilních řad je nepoměrně větší než u hodinových dat. Použití dat s denním krokem neumožňuje však analyzovat mezi příčinami povodní ty procesy, jejichž délka trvání je kratší. Je to především intenzita srážek a jejich podrobnější časoprostorová distribuce. Vlivy těchto faktorů na vznik povodní jsou nepochybně významné, přesto však existují okolnosti, proč absence tak důležitých informací nemusí být závažnou překážkou pro vyhledání povodní s dostatečně podobnými příčinami. V našem případě byly až na dvě výjimky (19700521, 19630701) všechny uvažované povodně na Otavě v Písku s průtokovou kulminací nad $146 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ způsobené plošně rozsáhlými srážkami, u nichž většinou intenzita nedosahuje extrémních hodnot jako při lokálních bouřkových přívalech. Navíc zahrnutí vlivu sezóny do procesu výběru povodňových analogů omezuje možné rozdíly v intenzitách deště, protože vysokých intenzit je dosahováno především v letních měsících, kdy je vyšší podíl konvektivních srážek. Pohyb srážek při povodních podléhá také určitému mechanismu, jak bylo prokázáno v kapitole 5.5. Jeho indikátorem může být rozložení srážek, které je v povodí Otavy silně podmíněno směrem a rychlostí proudění vzduchu. Lze tedy předpokládat, že povodňovým situacím s podobným rozložením průměrných denních úhrnů srážek předcházelo podobné proudění vzduchu a tedy i pohyb srážek.

Jediným údajem pocházejícím z hodinových záznamů byly povodňové kulminace Otavy v Písku, které byly použity pro kalibraci navržené metody pro vyhledávání analogů. Testování této metody bylo provedeno pouze na povodí Otavy po Písek, se kterým se pracovalo jako s black-box modelem, tedy bez analýzy distribuce odtoku uvnitř povodí.

Metoda byla navržena jedinečně pro odhad vývoje odtoku způsobeného dešťovými srážkami, padajícími do povodí za stavu, kdy vliv sněhové pokrývky není významný. V případě Otavy to není tak zásadní omezení, protože jak prokázaly předchozí analýzy

povodňového mechanismu, tak u většiny povodní na Otavě v Písku byl vliv tání sněhu zanedbatelný nebo žádný. Omezení jen na dešťové povodně zmenšuje soubor možných prediktorů a usnadňuje návrh vyhledávacího algoritmu. K tomu bylo však nutné v historických řadách vyřadit ty dny, které podmínku žádného nebo malého vlivu sněhu nesplňovaly. Ze toho důvodu nebyly do procesu kalibrace ani testování metody zahrnuty některé povodně z Katalogu povodňových případů s výrazným vlivem tání sněhu na jejich vznik.

Kritériem pro identifikaci dní, kdy srážky vypadávaly ve formě sněhu, byla zvolena průměrná denní teplota vzduchu na Churáňově, který reprezentuje svojí nadmořskou výškou (1118 m n.m.) nejvyšší partii povodí. Dny, ve kterých tato teplota byla nižší než 0°C, nebyly do testování metody zahrnuty. Toto kritérium sice umožňuje, že částečně mohlo jít o srážky sněhové, ale tyto v naprosté většině padaly spíše ve formě deště. Takto jednoduchý ukazatel byl použit s ohledem na případné operativní použití metody, kde není možné počítat například s údaji o novém sněhu z dobrovolnických stanic sítě ČHMÚ, které by byly jistě vhodnějším indikátorem výskytu sněžení. Dále byly vyřazeny dny, kdy v povodí leželo větší množství sněhu. Přesahovala-li průměrná výšky vodní hodnoty sněhu na celé povodí Otavy 5 mm, nebyl tento den uvažován pro testování metody. Denní údaje o vodní hodnotě sněhu byly převzaty z výstupů z modelu SNOW – 17 [Anderson, 1973].

Pro porovnání příčin povodní byly zpracovány čtyři typy dat:

- Datum dne, pro který je připravována předpověď.
- Denní úhrny srážek ze srážkoměrné sítě ČHMÚ v povodí Otavy a v jeho nejbližším okolí.
- Denní průměrné teploty na meteorologické stanici Churáňov.
- Průměrné denní průtoky ve vodoměrné stanici Písek.

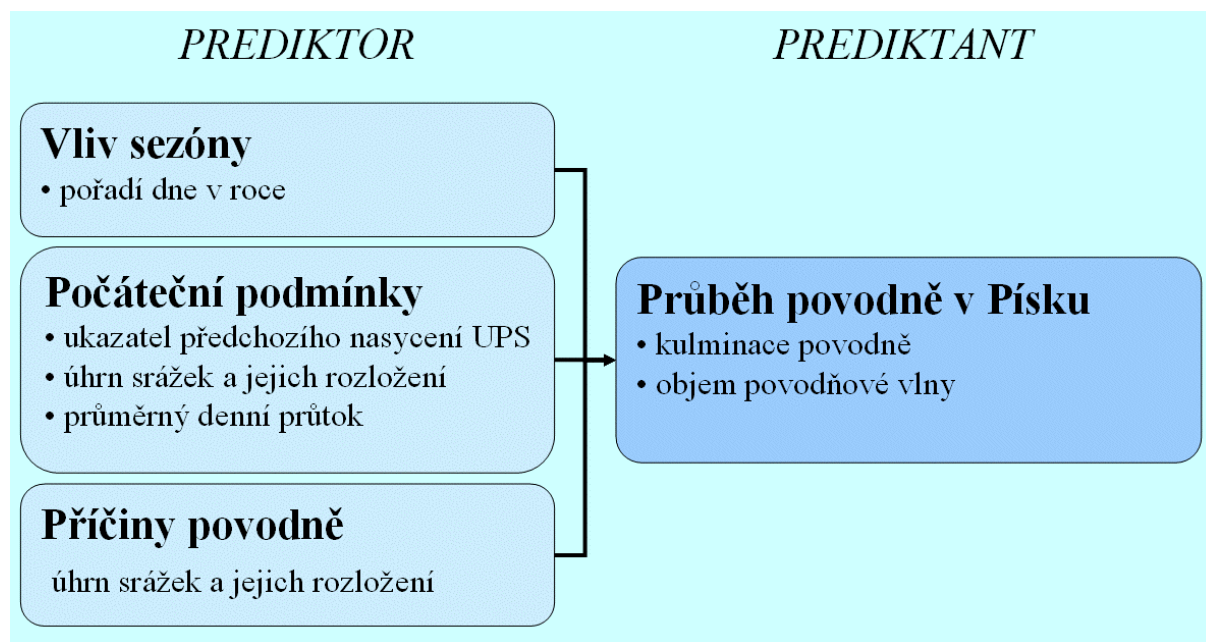
Rozsah datových řad zahrnutých do testování metody byl omezen 1. lednem 1961, od kterého jsou v klimatické databázi uloženy denní úhrny srážek ze všech stanic ČHMÚ a 31. prosincem 2006. Aby bylo možné zahrnout také velké povodně z let 1890 – 1961, byly pro tyto účely digitalizovány v dostatečném rozsahu záznamy denních úhrnů srážek ze starých srážkoměrných ročenek v době výskytu těchto povodní.

6.3 Úprava vstupních dat

Datové řady v neupravené formě v sobě nesou všechny dostupné informace o příčinách povodní. Proto by teoreticky nebylo nutné tato vstupní data dále zpracovávat a hledala by se podobnost přímo mezi nimi. Algoritmus pro nalezení podobných situací by však při množství a variabilitě těchto dat musel být velmi komplikovaný a na jeho kalibraci

(trénování) by bylo potřeba mnohem více povodňových případů. Proto byla vstupní data zpracována do souhrnných charakteristik, které zároveň popisující tři základní stavy ovlivňující vznik povodně (obr. 6.2.) :

- (1) Vliv sezóny.
- (2) Počáteční podmínky (stav nasycenosti) povodí.
- (3) Příčinné podmínky povodní.



Obr. 6.2 Základní schéma použitých prediktorů a predikantů

Při vyhledávání povodňového analogu se porovnávají podobnosti prediktorů, jejichž výskyt může mít různý časový předstih před výskytem prediktantu, v našem případě průtokové kulminace povodně. V povodí Otavy se příčinné srážky mohou vyskytovat tři nebo také jeden den před kulminací. Z těchto důvodů bylo potřeba použít jiné indexované označení dnů než jako u analyzování příčin povodní, kde je klíčovým dnem den kulminace (DD).

Zde je rozhodující den, pro který je vyhledáván předpovědní analog – tedy předpovědní den. Vybraná zkratka pro tento den je PD a analogicky jako u DD jsou PD-1, PD-2 atd. dny před předpovědním dnem PD a PD+1, DP+2 atd. dny po něm. U předpovědních analogů pro povodňové situace v povodí Otavy bude předpovědní den PD většinou 1 až 3 dny před dnem kulminace DD.

6.3.1 Definování vlivu sezón

Působení sezóny je vyjádřeno pořadím dne PD v roce. Cílem zařazení toho ukazatele je podchytit především vliv evapotranspirace a vegetačního pokryvu. Je zřejmé, že v době mimo vegetační sezónu bude ke vzniku povodňového průtoku stačit menší množství srážek a také hodnota indexu nasycenosti UPS, který nezohledňuje změnu evapotranspirace, bude v jiném kontextu s reálnou nasyceností než ve vegetační sezóně.

6.3.2 Definování počátečních podmínek

Počáteční podmínky stavu nasycenosti povodí byly zpracovány do několika různých ukazatelů, založených na bilancování srážek spadlých na povodí a dále na velikosti průtoku Otavy v Písku. Pro vyjádření nasycenosti pomocí spadlých srážek byl použit ukazatel předchozích srážek (*UPS*). Protože index *UPS* počítaný pouze z údajů ze srážek nezohledňuje vliv akumulace a tání sněhu, byly vstupy denních úhrnů srážek (viz rovnice 4.1) nahrazeny součtem úhrnu pouze kapalných srážek a výšky vody z tání sněhu. Z období mezi 1961 a 2006 byly obě hodnoty získány pomocí sněhového modelu SNOW – 17 [Anderson, 1973], u povodní před rokem 1961, které se všechny vyskytly v měsících květen až říjen, se předpokládá, že akumulace ani tání sněhu neprobíhaly. Průměrná hodnota indexu *UPS* na povodí Otavy byla vypočtena pro všechny dny mezi daty 1.1. 1961 – 31.12.2006 a pro nejbližší dny kolem velkých povodní mezi lety 1890 – 1961. K testování metody analogu byly použity hodnoty *UPS* pro dny PD a PD-2.

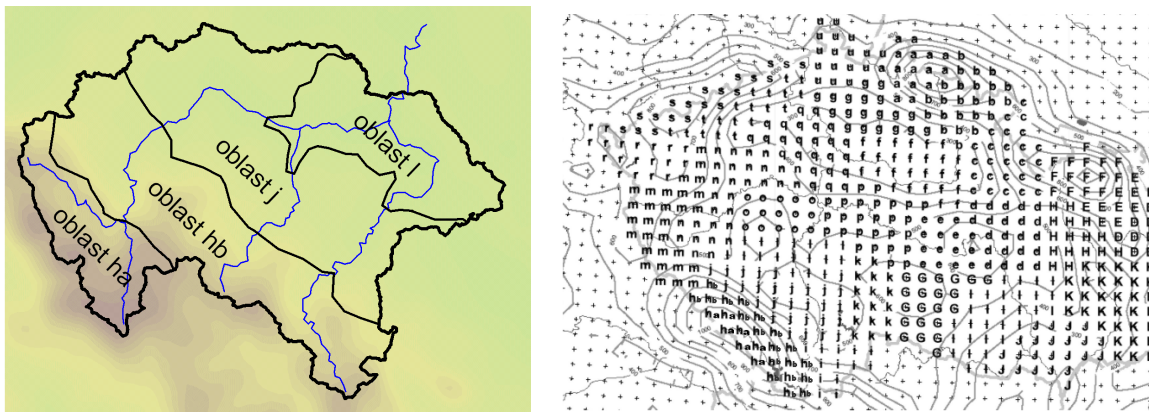
Průtok Otavy v Písku jako ukazatel nasycenosti povodí nebyl nijak upravován, pouze se použil denní průměr, který je dostupný z databáze ČHMÚ. Tento prediktor byl vztažen ke dnům PD a PD-2.

Mezi ukazatele nasycenosti byly také zahrnuty průměrné dvoudenní úhrny srážek na povodí Otavy stanovené pro jednotlivé zóny, (viz kapitola 6.3.3) ve dnech PD-2 a PD-1. Vyčlenění těchto srážek mimo index *UPS*, je zdůvodněno tím, že tyto srážky se podílejí nejen na nasycenosti povodí, ale také na odtoku v předpovídaných dnech a proto je třeba zvýšit jejich váhu zařazením mezi ostatní přímé příčiny povodně.

6.3.3 Definování příčinných podmínek

Základním ukazatelem příčin povodní byly průměrné denní úhrny srážek na ploše povodí Otava. Pro účely podchycení vlivu rozložení srážek na vznik povodně bylo povodí rozděleno celkem na čtyři zóny, pro které se také vypočetly průměrné úhrny srážek. Zvolené zóny respektují základní morfologické členění povodí a navíc jejich rozložení

koresponduje s oblastmi, pro které jsou v současné době rutinně vydávány kvantitativní předpovědi srážek numerickým meteorologickým modelem ALADIN, který provozuje ČHMÚ (obr. 6.3).



Obr 6.3 Oblasti povodí Otavy, pro které jsou vydávány kvantitativní předpovědi srážek modelem ALADIN ČHMÚ. Oblast h je rozdělena na podoblasti ha a h, kde jsou srážky upravovány s přihlédnutím k orografii.

Prediktor příčinných srážek byl vyjádřen jako dvoudenní průměrný úhrn ve dnech PD až PD+1 nebo třídní úhrn PD až PD +2. V obou variantách byly vypočteny průměrné veličiny jak pro povodí Otavy po Písek tak i pro čtyři vyčleněné zóny.

Vliv sezóny

- pořadí dne v roce od 1.1 (1) do 31.12. (365)

Počáteční podmínky

- průměrná hodnota UPS počítaná z kapalných srážek a tání sněhu na povodí Otavy v den PD
- průměrná hodnota UPS počítaná z kapalných srážek a tání sněhu na povodí Otavy v den PD-2
- průměrný dvoudenní úhrn srážek na povodí Otavy ve dnech PD-2 a PD-1
- průměrný dvoudenní úhrn srážek v zónách ha, hb, j a l ve dnech PD-2 a PD-1
- denní průměrný průtok Otavy v Písku v den PD
- denní průměrný průtok Otavy v Písku v den PD-2

Příčiny povodně

- průměrný dvoudenní úhrn srážek na povodí Otavy ve dnech PD a PD+1
- průměrný dvoudenní úhrn srážek v zónách ha, hb, j a l ve dnech PD-2 a PD+1
- průměrný třídní úhrn srážek na povodí Otavy ve dnech PD až PD+2
- průměrný třídní úhrn srážek v zónách ha, hb, j a l ve dnech PD až PD+2

Obr. 6.4 Přehled všech prediktorů použitých pro testování metody analogu

6.4 Algoritmus pro vyhledávání povodňových analogů

Cílem metody předpovědního analogu je najít v historických řadách záznam, který má dostatečně podobné charakteristiky jako nastávající situace, pro kterou je analog hledán. Pro prediktant v cílovém čase t (v našem případě je to předpovědní den PD) je tedy vyhledán v historických datech prediktant v čase u , pro který platí že prediktor $F(u)$ se dostatečně podobá prediktoru $F(t)$. Numericky vyjádřeno je vyhledávání analogu založeno na minimalizace rozdílu :

$$\text{Min } ||F(u) - F(t)|| \quad 6.1$$

prohledáváním historických záznamů [Cubash, 1996]. Rovnici v této jednoduché podobě není však možné aplikovat tam, kde je použito více prediktorů popisujících různé nezávislé veličiny. Proto byl pro výběr analogu v našem případě použit postup, při kterém se porovnávají jednotlivé prediktory p (pořadí dne v roce, UPS v den PD atd.) samostatně podle vztahu

$$P_p = [F_p(u) - F_p(t)] \quad 6.2$$

kde P_p vyjadřuje míru podobnosti hodnot u prediktoru p v čase t a u . Pokud by všechny použité prediktory P_p byly v kauzální vztahu rovnocenné, hledal by se předpovědní analog pomocí vztahu 6.1. minimalizací součtu míry podobnosti P_p u všech prediktorů. V našem případě je však zřejmé, že vliv jednotlivých prediktorů na vznik povodně je různý (například množství srážek vyvolá povodeň spíše než pořadí dne v roce). Proto bylo nutné míru vlivu jednotlivých prediktorů vymezit zavedením váhových koeficientů.

Míru vlivu prediktoru P_p na prediktant určuje velikost koeficientu c_p , jehož hodnota byla předmětem kalibrace metody. Výsledný algoritmus použitý pro vyhledávání analogu porovnává součet vážených podobnosti jednotlivých prediktorů, který je v této práci nazýván jako index podobnosti prediktorů I_{po}

$$I_{po} = \sum_p c_p * P_p \quad 6.3$$

Agregace vlivů jednotlivých prediktorů do jedné hodnoty (I_{po}) umožňuje mimo jiné ohodnotit nalezené analogy podle míry podobnosti jejich prediktorů a tím odhadnout pravděpodobnost, s jakou nalezený předpovědní analog se bude blížit skutečné odtokové odezvě. Tímto postupem získává předpověď svou pravděpodobnostní hodnotu.

6.4.1 Podobnosti u jednotlivých prediktorů

Pro zpřehlednění procesu kalibrace bylo kvantitativní vyjádření podobnosti u jednotlivých prediktorů matematicky standartizováno do podoby indexů, které se pohybují v intervalu $\{0,1\}$ a kde 0 znamená nejmenší podobnost a 1 úplnou shodu. Celkem bylo pro

testování metody použito 11 prediktorů, z nichž některé jsou stejné veličiny používané v jiném časovém vztahu k předpovědnímu dni PD. Výsledně bylo třeba numericky vyjádřit podobnosti u:

- pořadí dne v roce,
- úhrnu srážek,
- UPS,
- rozložení srážek.

Pro ukazatel vlivu sezóny v roce bylo použito jednoduché kritérium

$$P_{sezona} = 1 - \frac{[P_{sezona}(u) - P_{sezona}(t)]}{183} \quad 6.4$$

kde 183 je maximální možná odlehlost pořadí dnů v roce (366 dní / 2).

Podobnost úhrnů srážek, indexů UPS a denních průměrných průtoků byla standardizována podle vzorce:

$$P_P = 1 - ABS \left[\frac{P_p(u) - P_p(t)}{P_p(u) + P_p(t)} \right] \quad 6.5$$

kde *ABS* znamená absolutní hodnota a „*p*“ prediktor úhrn srážek (*SRA*), ukazatel předchozích srážek (*UPS*) a průměrný průtok (*Qd*).

Jiným postupem byla kvantifikována podobnost rozložení srážek. V tomto případě byla informace o prostorové distribuci srážek redukovány na čtyři hodnoty, které vyjadřují průměrné úhrny srážek v zónách *ha*, *hb*, *j* a *l* (obr 6.3). Jako nejvhodnější způsoby vyjádření podobnosti se ukázalo porovnání relativních objemů srážek v jednotlivých zónách podle vzorce:

$$P_{RSRA} = 1 - \sum_{x=Ha}^{x=L} ABS \left[\frac{V_x(u)}{V(u)} - \frac{V_x(t)}{V(t)} \right] \quad 6.6$$

kde V_x je objem (nikoliv průměrný úhrn) srážek spadlých na zónu *x* (*ha*, *hb*, *j* a *l*), *V* je objem srážek spadlých na celé povodí. Hodnota ukazatele P_{RSRA} dosahuje stejně jako u ostatních prediktorů hodnot od 0 do 1 se stejným rozložením míry podobnosti.

6.5 Kalibrace metody vyhledávání předpovědního analogu

Z principů metody předpovědního analogu vyplývá, že při vzrůstající podobnosti příčin by se měly více podobat i následky jimi vyvolané. Ve skutečnosti vzájemná závislost mezi podobnostmi příčin a následků je zatížen řadou nejistot. Cílem kalibrace navržené metody proto bylo identifikovat maximální míru závislosti mezi podobnostmi příčinných

podmínek povodní (vyjádřených pomocí indexu podobnosti prediktorů I_{po}) a podobností prediktantů. Kalibrace spočívala ve zjištění optimálních koeficientů c_p , které po dosazení do rovnice 6.3 dávají pro uvedené účely nejvhodnější způsob výpočtu indexu I_{po} .

Podobnost nalezených analogických povodní byla hodnocena na straně predikantů (následků) podle podobnosti kulminačních průtoků a objemů průtokové vlny. Kulminační průtok byl u hledaných historických analogů zjišťován jako maximální průtok, který se vyskytl v intervalu dnů PD až PD+3. Objem povodňové vlny byl zjednodušeně stanoven jako čtyřdenní objem vody, která protekla Pískem v průběhu dnů PD až PD+3. Podobnost kulminací i objemu povodní byla numericky vyjádřena podle rovnice 6.5. Protože hodinové záznamy nutné pro určení maximálního průtoků byly v rámci disertační práce k dispozici pouze u povodní uvedených v Katalogu povodňových případů, byla metoda pro předpověď kulminačních průtoků kalibrována pouze na základě vzájemného porovnávání těchto povodní. U objemů vln, které jsou stanovené z denních průměrných průtoků byly do kalibrace zahrnuty všechny dny v období 1961-2006.

Pro kalibraci i testování metody byly použity pouze ty povodně z Katalogu, u kterých se nepodílelo na tvorbě odtoku výraznější měrou tání sněhu. Celkový počet 72 povodní byl tak zredukován na 56 případů, které jsou pro lepší názornost nazývány testovacími povodněmi.

Při zjišťování optimálních hodnot koeficientu c_p se postupovalo ve dvou krocích.

- (1) Ke každé z 56 testovacích povodní bylo na základě i velmi malé podobnosti prediktorů nalezeno v uvažovaném referenčním období 1961-2006 větší množství historických analogů. Tento výběr byl z praktických důvodů omezen zavedením podmínky, že míry podobnosti P_p u všech prediktorů p musely být vyšší než 0,3). Vznikl tak soubor 29536 „párů“ povodní, u kterých byly známy hodnoty podobností P_p k jednotlivým prediktorům stejně jako podobnosti následků tedy maximálních průtoků v následujících 4 dnech a objemů povodňových vln.
- (2) Na základě tohoto souboru analogů byly pro každý jeho člen pomocí rovni 6.4 vypočteny různé varianty indexu I_{po} , kde za koeficienty c_p byly postupně dosazovány hodnoty od nuly do jedné. Programovým cyklem byla pak vybrána ta kombinace koeficientů c_p , která v souboru vybraných povodňových analogů dávala největší korelační koeficient R^2 mezi hodnotou indexu I_{po} a kvantifikovanou podobností prediktantů.

Protože krok (2) byl proveden zvlášť pro predikci objemu povodně a kulminačního průtoků, byly výsledkem kalibrace dvě různé rovnice výpočtu indexu podobnosti I_{po} . Pro předpověď kuminačního průtoků:

$$\begin{aligned}
I_{\text{po_kulminace}} = & \mathbf{0,2*} P_{\text{sezona}}(\text{PD}) + \mathbf{0,2*} P_{\text{UPS}}(\text{PD}) + \mathbf{0,1*} P_{\text{Q}}(\text{PD}) + \\
& \mathbf{0,1*} P_{\text{SRA}}(\text{PD-2-PD-1}) + \mathbf{0,9*} P_{\text{SRA}}(\text{PD-PD+1}) + \\
& \mathbf{0,1*} P_{\text{RSRA}}(\text{PD-PD+1}) + \mathbf{1*} P_{\text{SRA}}(\text{PD-PD+2}) + \\
& \mathbf{0,1*} P_{\text{RSRA}}(\text{PD-PD+2})
\end{aligned} \tag{6.7}$$

Pro předpověď objemu odtoku:

$$\begin{aligned}
I_{\text{po_objem}} = & \mathbf{0,1*} P_{\text{sezona}}(\text{PD}) + \mathbf{0,3*} P_{\text{UPS}}(\text{PD}) + \mathbf{0,3*} P_{\text{Q}}(\text{PD-2}) + \mathbf{1*} P_{\text{Q}}(\text{PD}) + \\
& \mathbf{0,4*} P_{\text{SRA}}(\text{PD-PD+1}) + \mathbf{0,2*} P_{\text{RSRA}}(\text{PD-PD+1}) + \mathbf{0,6*} P_{\text{SRA}}(\text{PD-PD+2}) + \\
& \mathbf{0,2*} P_{\text{RSRA}}(\text{PD-PD+2})
\end{aligned} \tag{6.8}$$

kde zkratky míry podobnosti P_p jednotlivých prediktorů p znamenají:

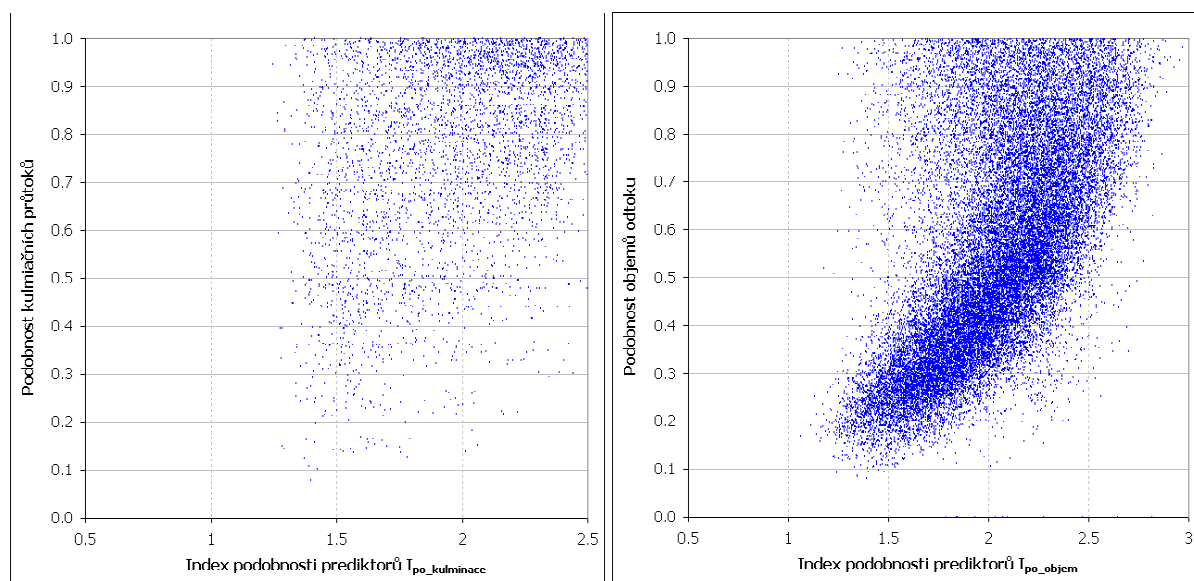
- $P_{\text{sezona}}(\text{PD})$ míra podobnosti pořadí dnů PD v roce
- $P_{\text{UPS}}(\text{PD})$ míra podobnosti indexů UPS na povodí Otavy v den PD
- $P_{\text{Q}}(\text{PD})$ míra podobnosti denních průměrných průtoků Otavy v Písku v den PD
- $P_{\text{Q}}(\text{PD-2})$ míra podobnosti denních průměrných průtoků Otavy v Písku v den PD-2
- $P_{\text{SRA}}(\text{PD-2} - \text{PD-1})$ míra podobnosti dvoudenních úhrnů srážek na povodí Otavy ve dnech PD-2 až PD-1
- $P_{\text{SRA}}(\text{PD} - \text{PD+1})$ míra podobnosti dvoudenních úhrnů srážek na povodí Otavy ve dnech PD až PD+1
- $P_{\text{RSRA}}(\text{PD} - \text{PD+1})$ míra podobnosti rozložení dvoudenních úhrnů srážek v zónách *ha*, *hb*, *j* a *l* ve dnech PD až PD+1
- $P_{\text{SRA}}(\text{PD} - \text{PD+2})$ míra podobnosti třídenních úhrnů srážek na povodí Otavy ve dnech PD až PD+2
- $P_{\text{RSRA}}(\text{PD} - \text{PD+2})$ míra podobnosti rozložení třídenních úhrnů srážek v zónách *ha*, *hb*, *j* a *l* ve dnech PD až PD+2

U prediktorů: index UPS na povodí Otavy v den PD-2 a rozložení dvoudenních srážek v zónách *ha*, *hb*, *j* a *l* ve dnech PD-2 až PD-1, byl u obou rovnic vypočítán optimální koeficient c_p rovný nule, což znamená, že tyto veličiny při uvažovaném přístupu nemají signifikantní vliv na podobnost prediktantů u nalezených předpovědních analogů, a proto nebyly pro výběr historického předpovědního analogu použity.

Hodnoty koeficientů c_p v rovnicích 6.7 a 6.8 určují mimo jiné váhu, tzn. velikost vlivu podobnosti jednotlivých prediktorů na podobnost hledaných prediktantů. U předpovědi

kulminačního průtoku mají nejvyšší váhy podobností dvoudenních a třídenních úhrny srážek. Vliv ostatních prediktorů je výrazně nižší. U předpovědi objemů má nejvyšší váhu podobnost průměrného denního průtoku Otavy v Písku o něco nižší pak podobnosti dvou a třídenních srážkových úhrnů.

Výsledný vztah mezi velikostí indexu I_{po} a mírou podobnosti kulminačních průtoků respektive objemem povodní je zobrazen na obrázku 6.5. Optimalizační koeficientů c_p bylo u těchto závislostí dosaženo u předpovědi kulminačních dosaženo maximálního korelační koeficientu $R^2 = 0,39$ a u předpovědi objemů povodní $R^2 = 0,61$.

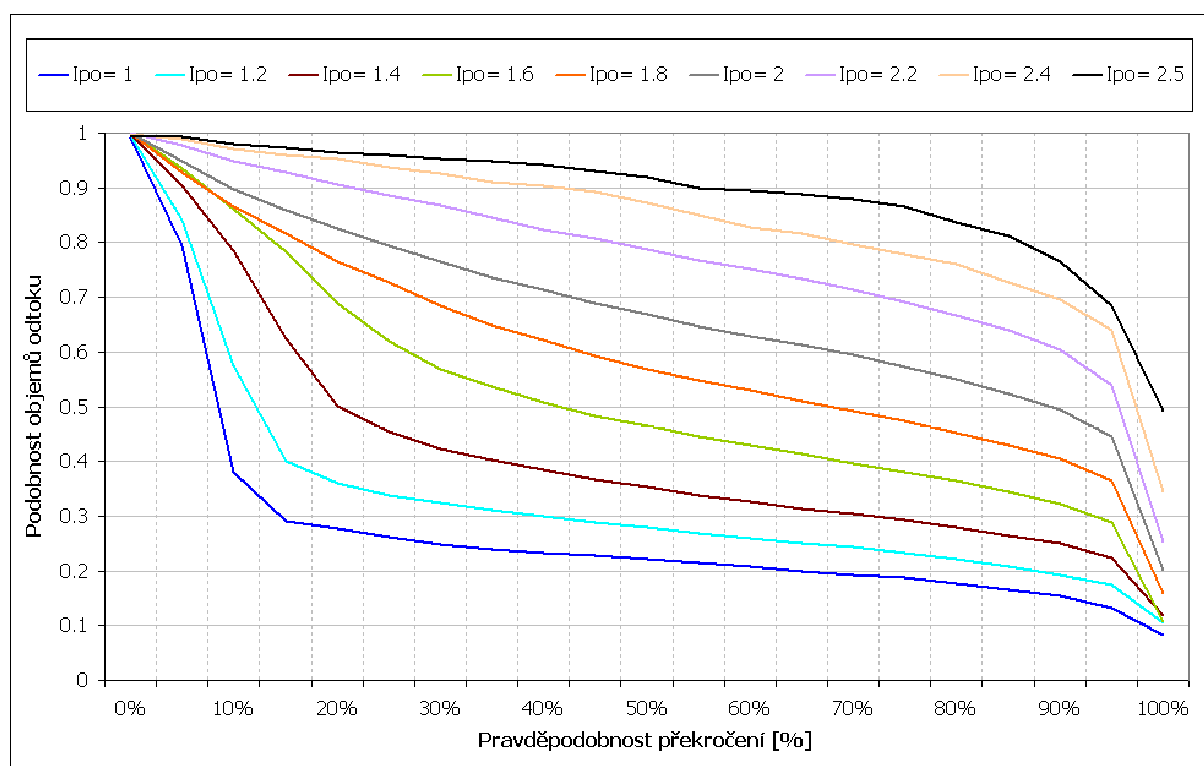


Obr. 6.5 Závislost mezi indexem podobnosti prediktorů I_{po} a podobností předpovídaných charakteristik odtoku – kulminačního průtoku a objemu odtoku.

Rozptyl hodnot zobrazených na obrázku 6.5 definuje kromě funkčnosti vztahu také pravděpodobnostní hladiny, které určují s jakou pravděpodobností bude při určité hodnotě indexu I_{po} překročena míra podobnosti prediktatnů. Tato informace přidává předpovědím pravděpodobnostní rozměr.

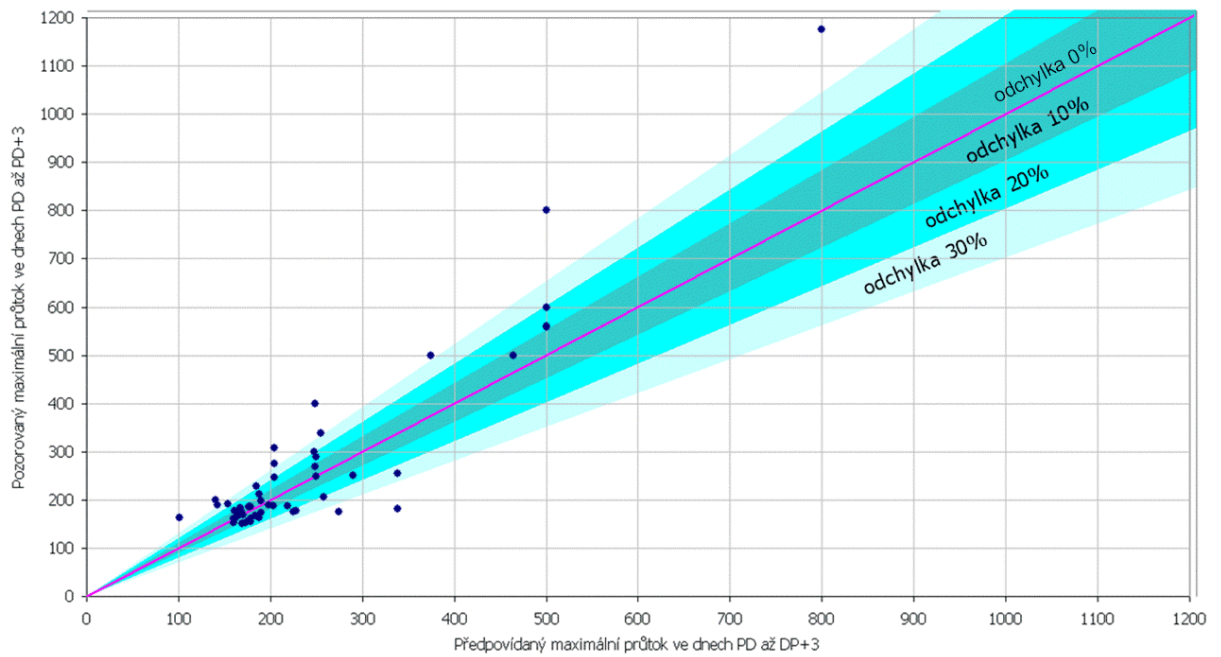
Vyhodnocení pravděpodobnostního rozměru předpovědí bylo provedeno pouze pro předpovědi objemů odtoku. Testování metody pro odhad kulminačního průtoku bylo omezeno pouze na vyhledávání předpovědního analogu mezi testovanými povodněmi (56 případů) navzájem. Jelikož většina těchto povodní vykazovala kulminaci mezi $146 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ až $200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byly by si vybrané povodně vzájemně podobné i při náhodném výběru předpovědního analogu. Průměrné míry podobnosti kulminačního průtoku by při zahrnutí odtokových situací, které svým maximálním průtokem nepřekročily hranici 1leté vody byly ve skutečnosti menší a měly jiný rozptyl.

Pro zvolené intervaly hodnot indexu I_{po} byly vypočteny histogramy četností výskytu povodňových analogů s určitou velikostí míry podobnosti objemů odtoku. Z těchto histogramů byly zkonstruovány čáry překročení, které určují, s jakou pravděpodobností se bude při určité hodnotě indexu I_{po} objem odtoku nalezené historické povodňové události podobat reálné situaci. Například je-li k daným charakteristikám příčin nalezena v historických řadách situace, u které při porovnání příčin je vypočtena velikost indexu podobnosti $I_{po} = 2,2$, pak z čar překročení zobrazených na obrázku 6.6 vyplývá, že s 50 procentní pravděpodobností bude míra podobnosti objemů větší 0,8 (při předpovědi objemu odtoku například 400 mil. m³ to znamená, že reálný objem se bude podle rovnice 6.5 nacházet v intervalu 267 – 600 mil. m³).

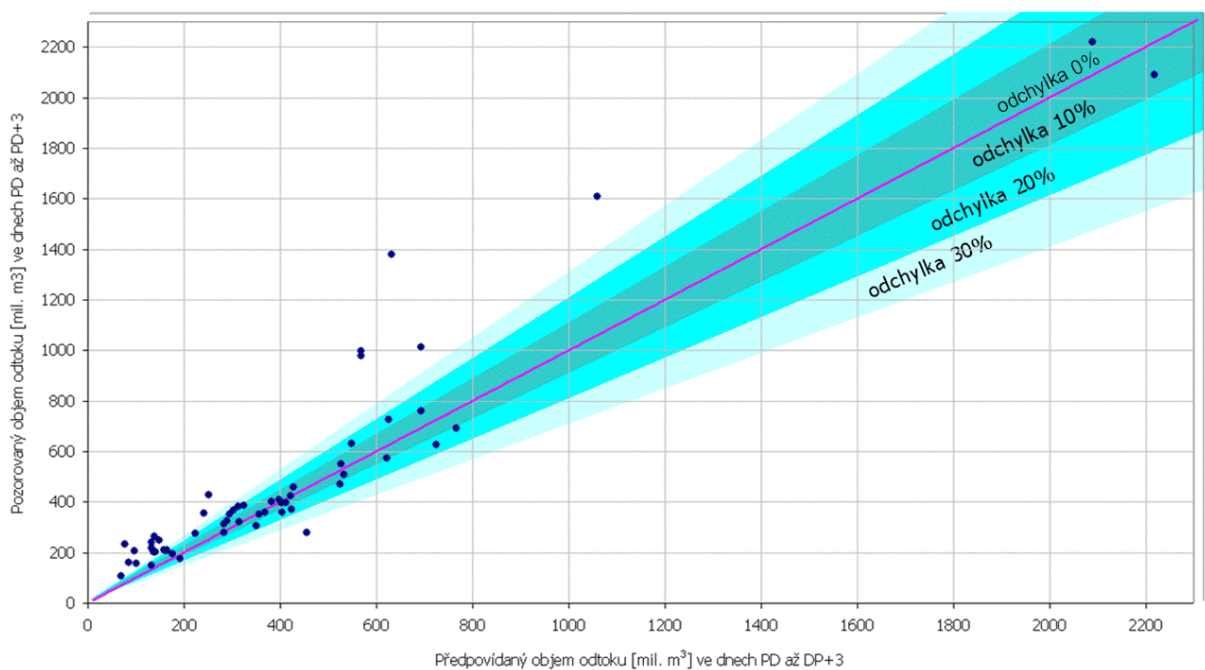


Obr. 6.6 Čáry překročení podobností objemů odtoku k nalezeným analogickým povodním při různých hodnotách indexu podobnosti objemů odtoku

Při již známém algoritmu výpočtu indexu I_{po} bylo možné vyhodnotit úspěšnost navržené metody na základě porovnání nejvhodnějších předpovědí k 56 testovaným povodním. Nejvhodnější předpovědní analog ke každé testovací povodni byl v historických řadách vybrán na základě nalezení dne s nejvyšší hodnotou indexu I_{po} . Z výběru byly pochopitelně vyřazeny dny v bezprostřední blízkosti testovací povodně. Graficky pak byly porovnány předpovědané kulminační průtok a objem odtoku se skutečnými. Tyto výsledky jsou zobrazeny na obrázcích 6.7 a 6.8.



Obr. 6.8 Porovnání předpovídaných a pozorovaných maximálních průtoků u 56 povodní Otavy v Písku, jejichž charakteristiky byly použity pro testování metody předpovědního analogu



Obr. 6.9 Porovnání předpovídaných a pozorovaných objemů odtoku u 56 povodní Otavy v Písku jejichž charakteristiky byly použity pro testování metody předpovědního analogu

6.6 Výsledky navržené předpovědní metody

Navržená metoda předpovědního analogu je založená na syntéze charakteristik příčin povodně do jednoho indexu (I_{po}), na jehož velikosti je závislá také míra podobnosti maximálního průtoku a objemu odtoku v následujících čtyřech dnech. Výsledky ukazují, že při porovnání uvedených charakteristik příčin povodní dosahuje vyšší závislosti na indexu I_{po} podobnost předpovídaných a skutečných objemů odtoku. Pro nalezení optimálního předpovědního analogu pro odhad objemu odtoku má největší vliv podobnost mezi průtoky Otavy v Písku v předpovědní den a mezi dvoudenními a třídenními srážkovými úhrny ve dnech následujících. Statistické vyhodnocené předpovědních analogů za všechny dny období 1961 – 2006 umožňuje u každé předpovědi stanovit pravděpodobnostní interval, ve kterém by se měl nacházet předpovídaný objem.

Z porovnání nejvhodnějších předpovědních analogů (s nejvyšší hodnotou indexu I_{po} k 56 testovaným povodním) vyplývá, že i navržená metoda pro předpověď kulminačním průtoků má poměrně dobré výsledky. Předpovězený kulminační průtok se u 56 testovaných povodní odchyloval od skutečnost v 16 případech o méně než 10%, u 14 předpovědí o méně než 20%, u 14 předpovědí o méně než 30% a 12 předpovědí se lišilo více jak 30%. U předpovědí objemu odtoku se u 56 testovacích povodní 15 předpovědí lišilo od skutečnosti o méně než 10%, 13 předpovědí o méně než 20% ,10 předpovědí o méně než 30% a 10 předpovědí o více jak 30%. Například objem druhé vlny povodně ze srpna 2002 povodně by se od předpovědního analogu, kterým je povodeň 18900904 lišil pouze o 8%!

Otázkou zůstává malý vliv podobnosti prostorového rozložení srážkových úhrnů na nalezení optimálního předpovědního analogu (viz rovnice 6.7 a 6.8). To je překvapivé zejména proto, že provedené analýzy povodňového mechanismu Otavy prokázaly důležitost tohoto faktoru na charakter vývoje odtokové situace. Lze se domnívat, že pokud by algoritmus výpočtu indexu I_{po} mohl být kalibrován na podobnost takového procesu jako je utváření tvaru povodňové vlny, k jehož řešení nebývá vždy dostatek potřebných podkladů, pak by byl význam rozložení srážek vyšší. Proto zpřesnění této metody pro stanovení průběhu odtoku vyjádřeného tvarem průtoků vlny je otázkou pro další rozvoj toho přístupu k hydrologickým předpovědím.

Postup při aplikaci navržené metody předpovědního analogu v provozu hydrologického předpovědního pracoviště je následující:

- (1) Průběžně se stále aktualizuje soubor s charakteristikami příčin povodní uvedených v této práci jako prediktory vzniku povodní. Tento soubor je funkčně propojen s algoritmem pro vyhledávání předpovědního analogu.
- (2) Signalizují-li výstupy z meteorologických předpovědních modelů riziko vzniku povodňové situace, je na základě podobnosti prediktorů, respektive velikosti indexu I_{po} , vyhledáno několik historických analogů. Vyhodnotí se jejich

spolehlivost podle velikosti indexu I_{po} a podle uvedených čar překročení.

- (3) Pokud jsou nalezené historické povodňové události součástí Katalogu, je možné detailní informace o jejich příčinách subjektivně porovnat s aktuální situací a podle dalších faktorů jako jsou povětrnostní příčiny, mapy rozložení úhrnů srážek nebo rozložení odtoku v jednotlivých částech povodí zpřesnit odhad pravděpodobného vývoje blížící se odtokové situace.

7. Závěr

Disertační práce se zabývala analýzou příčin 72 povodní na Otavě, které se vyskytly v období od roku 1890 do roku 2006. Cílem bylo na základě tohoto souboru navrhnout jednotný způsob ukládání důležitých informací o hydrometeorologických příčinách povodní v grafické databankové podobě, objasnit mechanismus vzniku vývoje průtokových vln Otavy v Písku a navrhnout postup, který by s využitím sestavené databanky povodní vedl k odhadu vývoje srážko-odtokové situace aplikací metody předpovědního analogu.

Databanka povodní, představovaná navrženým Katalogem povodní, obsahuje: (1) popis jejích povětrnostních příčin prostřednictvím map rozložení tlakového pole a výskytu odpovídajících synoptických typů, (2) meteorologickou situaci v povodí Otavy pomocí rychlosti a směru proudění větru, teplot vzduchu, průměrného množství denních úhrnů srážek a časoprostorových snímků rozložení srážek, (3) stav povodí před povodní prostřednictvím ukazatele nasycenosti povodí (UPS) nebo množství sněhových zásob a (4) průběh povodňových vln pomocí synchronně zobrazených průtokových hydrogramů z hlavních vodoměrných profilů Otavy.

Z disponibilního souboru 72 případů průtokových vln a k tomu přidružených meteorologických, fyzicko-geografických a hydrologických podkladů byly prostřednictvím různých metodických přístupů odvozeny následující poznatky:

- Mezi povodňově nebezpečnými situacemi, které v Písku vyvolávají průtoky nad hodnotou jednoletého průtoku, se častěji vyskytují povodně v letním hydrologickém půlroce. Tato převaha je ještě výraznější u velkých povodní s kulminací nad 10letým průtokem.
- Sezonální aspekt výskytu povodní na Otavě v Písku je výrazně ovlivněn fyzicko-geografickým prostředím. Povodí, odvodňující centrální partie Šumavy, mají větší podíl zimních povodní, které jsou však způsobené převážně silnými dešťovými srážkami a vyskytují se nejčastěji v listopadu a prosinci. Toky, pramenící na severovýchodním úpatí Šumavy (Volyňka, Blanice), jsou mnohem citlivější na letní povodně. Na Otavě v Písku se sezonální režimy výskytu povodní v dílčích povodích promíchávají.
- Z kvantitativního určení podílu tání sněhu na vzniku povodní a z rozboru počátečních podmínek před povodněmi vyplynulo, že samotné tání sněhu ovlivňuje vznik povodní na Otavě pouze v omezené míře. Jen u osmi případů povodní byl popsán převažující vliv tání sněhové pokrývky, které ve všech případech doprovázely dešťové srážky. Velká výšková členitost povodí zabraňuje, aby k plnému tání docházelo naráz z velké plochy. Z hlediska intenzity a plošného rozsahu má tak tání své limity, které

zabraňují, aby bez dešťových srážek způsobilo v povodí Otavy povodeň s katastrofálními následky.

- U povodní na Otavě se výrazně liší povětrnostní příčiny povodně, vzniklé v letním a zimním hydrologickém půlroce. Až na jednu výjimku se u všech zimních povodní nacházelo povodí Otavy v silném proudění se západní složkou směru, které je charakteristické pro synoptické situace Wc, Wcs, SWc_{2,3} a NWc. U letních povodní převažovaly synoptické typy C, B, Ec, Sec a NEc, s polohou tlakové níže v bezprostřední blízkosti povodí Otavy nebo v jižní a východní Evropě, směr proudění vykazoval zpravidla severní složku.
- Většina zimních povodní vzniká na Otavě v důsledku dešťových srážek, které vyvolávají přechody frontálních systémů (často opakované) ve velmi silném západním proudění. Úhrny srážek jsou u těchto povodní vždy výrazně orograficky zesíleny v pramenné oblasti Vydry a Křemelné, na druhé straně se vytváří závětrří, tedy zeslabení srážek na dolní Otavě a v povodí Blanice. Extremita těchto povodní bývá největší v povodí Otavy po Sušici.
- Letní typy povodní se vyznačují rovnoměrnějším rozložením srážek, s maximem nacházejícím se velmi často na vedlejším šumavském hřebeni, vedoucím po linii hor Popelná, Boubín a Libín. U těchto povodní se na objemu i na maximálním průtoku Otavy v Písku více podílejí Blanice a Volyňka.
- Ohrožení povodněmi na Otavě v Písku vlivem lokálních bouřkových přívalů bývá relativně malé. Na menších povodích, zejména na Volyňce a Blanici nad Husineckou přehradou, však tento typ povodní může představovat významné nebezpečí.
- Průběh průtoků Otavy v Písku je při povodních výrazně ovlivněn transformací povodňové vlny v korytě a údolní nivě Otavy pod Horažďovicemi. Zejména u zimních dešťových povodní, které se formují v povodí nad Sušicí, je na Otavě v Písku patrné zploštění vlny do charakteristického zkoseného tvaru.

Na podkladě sestavené databanky povodní, doplněné o denní údaje o srážkách a průtocích Otavy v Písku, byla testována metoda předpovědního analogu. Tato metoda na základě podobnosti mezi příčinami povodně vyhledává v historických záznamech povodňových případů tu epizodu, na základě které by bylo možné v reálném čase odhadnout scénář vývoje budoucí srážko-odtokové situace. Předpovědní metoda byla nakalibrována pro odhad objemu odtoku v posloupnosti čtyř dnů a pro odhad maximálního průtoku bez udání času kulminace, na základě známých údajů o sezóně, nasycenosti povodí a odhadu denních úhrnů srážek, které spadnou v následujících třech dnech. Pro testování a kalibraci metody nebyly uvažovány povodně s významným vlivem tání sněhu. Přestože je zřejmé, že použité ukazatele příčin i navržený algoritmus pro vyhledávání analogických povodní je zatížen řadou nejistot, výsledky potvrzují funkčnost této metody:

- K testovaným 56 povodním byl navrženou metodou odhadnut kulminační průtok, který se od skutečnosti lišil v 44 případech o méně než 30% a u 16 povodní o méně než 10%
- U odhadu objemu odtoku v následujících čtyřech předpovědních dnech se předpovídané hodnoty lišily od skutečných v 46 případech o méně než 30% a v 15 případech o méně než 10%.

Především u odhadů objemů odtoku, u kterých byly k testovaným povodním hledány předpovědní analogy ze všech dní v období 1961 až 2006, prokázalo provedené testování přijatelnost metody jako potenciálního doplňku k hydrologickým předpovědím na základě modelových přístupů.

Sestavení databanky povodní a navržení procedury pro výběr povodňových epizod na základě zadaných kritérií nebo vzájemného porovnávání jejich příčinných podmínek umožňuje další rozvoj tohoto nástroje nejen pro potřeby hydrologické prognózy. Vyhledávání a kategorizaci povodní podle zvolených charakteristik lze využít například pro identifikaci zdrojových oblastí povodní nebo typické interference průtokových vln v soutokových uzlech při určitém typu rozvodnění. Je zřejmé, že tyto informace jsou velmi důležité pro systémové plánování protipovodňových opatření.

Literatura:

Augustin, F. J., 1891. Povodeně v Čechách roku 1890. Praha.

Albrecht, J., a kol. [2000] Chráněná území ČR - Českobudějovicko: VIII. svazek Edice Chráněná území ČR, Agentura Ochrany Přírody a krajiny ČR, Praha, 807 s.

Anderson, E. [1973]: National Weather Service River Forecast System -- Snow Accumulation and Ablation Model, NOAA Technical Memorandum NWS HYDRO-17, U.S. Dept. of Commerce, Silver Spring, Md., 217 s. <http://www.civil.utah.edu/~cv5450/modeling/2snow-17.htm>

Barnolas, M., Llasat, C., M. [2007]: A flood geodatabase and its climatological applications: the case of Catalonia for the last century, Natural Hazards nad Earth Systém Sciences, 7, s 271-281

Benešová, D., a kol. [2005]: Šumava - příroda, historie, život, nakl. Baset, ISBN : 80-7340-021-9, s. 800

Běhalová, K. [1995]: Možnosti odhadu vývoje povodňových situací na základě analýza historických případů, Diplomová práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, s. 52

Bičík, I., Kupková, L., [2003]: Vývoj struktury ploch v povodí Otavy v letech 1845 – 1948 – 1990 – 2000 In: Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní (ed. Langhammer, J.) s. 113 – 121, PřFUK Praha

Brádka, J. [1967]: Meteorologické příčiny povodí ve Slezsku, Meteorologické zprávy, 20, č.1, s.3-9

Brádka, J., Dřevíkovský, A., Gregor, Z., Kolesám, J. [1961]: Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích, Praha, HMÚ, 1961, s. 126

*Brakenridge, G. R., [1996]; The Dartmouth Flood Observatory: an electronic research tool and electronic archive for investigations of extreme flood events. Geological Society of America Annual Meeting**

Brázdil, R., a kol.[2005]: Historické a současné povodně v České republice, Masarykova univerzita v Brně, ČHMÚ, Brno-Praha 2005, s. 369

Brázdil, R., Štekl, J. [1986]: Cirkulační poměry a atmosférické srážky. Universita J. E. Purkyně, Přírodovědecká fakulta, Brno s. 297

- Buchtele, J.* [1972]: **Kategorizace povodňového režimu na tocích Vltavské kaskády**, Sborník prací hydrometeorologického ústavu v Praze, svazek 18, HMÚ v Praze, s. 64 – 139
- Cubash, U. von Storch, H., Wasykewity, E. Yorita, E.* [1996]: **Estimates of Climate Changes on southern Europe using different downscaling techniques**, Climate Research 7. s 129 -149
- Čekal, R.* [2005]: **Hydrosynoptická analýza povodňových situací v povodí Horní Ohře**, Disertační práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, s. 208
- Červený, J. a kol.* [1984]: **Podnebí a vodní režim ČSSR**. Praha, Stát. zeměd. nakl. 1984. 416 s., 32 obr., 94 tab.
- ČHMÚ – kolektiv autorů* [1996]: **Hydrologické charakteristiky vybraných vodoměrných stanic České republiky**, ČHMÚ, Praha, 134 s.
- Daňhelka, J.* [2005] **Nejistota operativních hydrologických předpovědí** Disertační práce, Přírodovědecká fakulta UK Praha s. 217
- Dub, O.*, [1957] : **Hydrologie, hydrografie, hydrometrie**, SVTL, Bratislava
- Duckstein, I., Bardossy, A. Bogardi, I.* [1994]: **Linkage between the occurrence of daily atmospheric circulation patterns and flood: an Arizova case study**. Journal of Hydrology, 143, od. Elsevier S. P. Amsterdam, s 413-428
- Fiedlert, F.*, [2000] **Sacramento Soil moisture Accounting Model**, COMET Hydrometeorology Course Home Page, http://www.comet.ucar.edu/class/hydromet/11_May09_2000/docs/rti/sac-sma.htm, Fort Collins, Colorado, USA
- Hladný, J.* [1962]: **Některé poznámka k problematice parametrů srážko-odtokových vztahů** Sborník mezinárodní hydrologické konference Slovenské akademie věd a Ústavu hydrologie a hydrauliky, Bratislava s. 20-1 až 20-11
- Hladný, J. a kol.* [1995]: **Odhad vývoje povodňových situací analýzou historických případů - 3. Část Meteorologické symptomy**. Praha, SPIS s.r.o., s. 1-37.
- Hladný, J.*, [1997]. **Možnosti hydrometeorologické analýzy povodňových situací**. Sborník referát ze semináře České meteorologické společnosti při AV ČR a ČHMÚ. s. 261-269.
- Hladný, J., Černý, M., Strachota, J., Vavruška, F.* [1995]: **Odhad vývoje povodňových situací analýzou historických případů**. Soubor symptomů příčinných cirkulačních podmínek v atmosféře. Praha, SPIS

- Hladný, J. , Černý, H. , Řiřica, J. [1993]:* **Odhad vývoje povodňových situací analýzou historických případů - 1. část Databanka povodňových vln průtoků.** Praha, SPIS s.r.o., s. 1-45.
- Hladný, J., Chaloušová, J. [2005]:* **Regionalizace sezónního zatížení krajiny povodňovým nebezpečím,** Vliv změn přírodního prostředí povodí a údolní nivy na povodňové riziko, ed. Langhammer, J., Přírodovědecká fakult Univerzity Praha, s. 9 – 21
- Chaloušová, J. [2004]:* **Vliv fyzicko-geografických faktorů na časový a prostorový výskyt povodní v povodí Labe,** Disertační práce, Přírodovědecká fakulta Praha, 134 s.
- Kakos, V. [1974]:* **Možnosti hydrometeorologických předpovědí havarijních odtokových situací.** Sborník prací Hydrometeorologického ústavu, 21, Praha, s. 55 – 85
- Kakos, V., [1985]:* **Hydrometeorologická analýza povodňových situací v povodí Labe,** Meteorologické zprávy, 38, č.5, s. 148 – 151
- Kakos, V. [2001]:* **Přehled povodní na Vltavě v Praze a na Labi v Děčíně v období přístrojových měření.** Rukopis, Praha
- Kašpárek, L. [1999]:* **Hodnocení a modelování srážko-odtokových vlastností povodí,** Zpráva o výsledcích úkolu 1008/21, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Praha, s.46
- Kocum, J., Janský, B., [2008]:* **Hydrologický režim v pramenných oblastech toků** In: Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následek povodní s. 85 – 97 , PřFUK Praha
- Konček, M., Rein, F., [1971]:* **Katalog der Witterungstypen für Mitteleuropa.** Acta Fac. Rer.Nat.Univ.Comen., Meteorologia IV, s. 1 – 33.
- Krejčí, J. [1999]:* **Aqualog 4.2. Modelovací system hydrologických a vodohospodářských procesů,** Teorie a referenční příručka programu , AquaLogic s.r.o., s. 92
- Křivancová, S. [1999]:* **Doplnění poznatků o teplotních zvláštностech Šumavy** In: Klimatologické a hydrologické studie z pobočky ČHMÚ České Budějovice, Sborník prací ČHMÚ Sv. 47, Praha, ČHMÚ 1999
- Křivancová, S., Vavruška, F. [1997]:* **Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961 -1990,** Sborník Národní klimatický program č. 27, ČHMÚ Praha, 113 s.

- Langhammer, J.* [2004]: **Antropogenní upravenost říční sítě v povodí Otavy** In: Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní (eds. Langhammer, J., Engel, Z.) s. 125 – 149, PřfUK Praha
- Langhammer, J.* [2004]: **Struktura využití území údolní nivy a oblasti záplavy povodně 2002 v povodí Otavy**. Závěrečná zpráva dílčího grantu GAČR 205/03/Z046., Přf UK, Praha, 20s
- Langhammer, J., Vajskebr, V.* [2004]: **Historické změny říční sítě v povodí Otavy** In: Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní (eds. Langhammer, J., Engel, Z.) s. 150 – 169, PřfUK Praha
- Lejsková, K.* [2000]: **Srážky v jihočeské části Šumavy v období 1961-95**, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta UK, 99 s.
- Lorenz, E.* [1969]: **Atmospheric predictability as revealed by natural occurring analogues**. Journal of Atmospheric Science 26, s. 636 – 646
- Loukas, A., Vasiliades, L., Dalezios. R. N.* [2000]: **Flood producing mechanisms identification in southern British Columbia, Canada**, Journal of hydrology, Volume 35, Issues 3-4, 31 s. 299 - 311
- Lupikasza, E.* [2006]: **Interpolation methods for precipitation fields in Europe**, Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 06493, 2006
- Martin, D. E.* [1972]: **Climatic presentation for short-range forecasting based on event occurrence and reoccurrence profiles**. Journal of Applied Meteorology
- Müller, M., Kašpar, M., Řezáčová, D., Sokol, Z.* [2006]: **Extremita meteorologických prvků před velkoprostorovými dešťovými povodněmi v České republice – index LSF**, Meteorologické zprávy ročník 59, Praha, s. 65 - 75
- Obled, C.* [2007]: **Analog based post-processing of meteorological forecasts for basinwide PQPF's: principles and operational aspects**, in: Thielen., J., J. Bartholmes J., and J. Schaake (Eds.) (2007) 3rd HEPEX workshop, Book of Abstracts, European Commission EUR22861EN
- Obled Ch., Bonton, G., Garco, R.* [2002]: **Quantitative precipitation forecasts a statistical adaptation of model outputs through an analogue sorting approach**, Atmospheric Research 63, s. 303-324
- Olmer, M., Kessl, J. a kol.* [1990]: **Hydrogeologické rajony**. Práce a studie, sešit 176, Státní zemědělské nakladatelství, Praha
- Stehlík J.* [2002]: **Meteorologické příčiny povodí na Otavě**, Rukopis, ČHMÚ, Praha s. 25

- Šercl, P., Lett, P. [2002]. **Výpočet rastru srážek v prostředí GIS (s využitím ArcView Spatial Analyst)**. Uživatelská příručka verze 2.0.2. ČHMÚ, OPV, Praha, 8 s.
- Šmíd, Z. [2005]: **Otava**, nakl. Paseka, ISBN 80-7185-742-4, 360 s.
- Řezáčová D., a kol [2003]: **Posouzení hydrometeorologických podmínek vzniku významných letních povodní na území ČR na základě porovnání situace ze srpna 2002 s vybranými srážkovými epizodami a extrémními podmínkami**, Výzkumná zpráva, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha
- Řezáčová, D., Novák, P., Kašpar, M., Setvák, M. [2007]: **Fyzika oblaků a srážek**, Academia, Praha 2007, s. 574
- Tolasz, R. a kol. [2007]: **Atlas podnebí Česka. Climate Atlas of Czechia**. ČHMÚ, Univerzita Palackého v Olomouci, Praha – Olomouc 2007, ISBN 978-80-86690-26-1 (ČHMÚ) ISBN 978-80-244-1626-7 (UP)
- Vavruška, F. [1989]: **Meteorologické příčiny povodní na Otavě a Lužnici**, Meteorologické zprávy, 42, ČHMÚ, Praha, s. 111-115
- Vlasák, T. [2000]: **Analýza zimních povodňových situací v povodí Otavy**, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta UK, 59 s.
- Vlasák, T. [2004]: **Overview and Classification of Historical Floods in the Otava River Basin**, Environmental changes impact on extreme floods. Acta Universitatis Carolinae - Geographica., 250 p. (in print.)
- Vlasák, T. [2005]: **Přehled a klasifikace historických povodní na Blanici** In: Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní (ed. Langhammer,) s. 138 – 146, Pff UK Praha
- Vlasák, T. [2007]: **Povodňové režimy Otavy a Lužnice**, Změny v krajině a povodňové riziko, Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině, Pff UK, Praha 5.6.2007 s. 105 - 113
- Wehry, W. [1968]. **Synoptisch-statistische Untersuchungen zu Starkregen- Wetterlagen in Mitteleuropa**. Meteorologische Abhandlungen, 86, č. 3, s. 1-88.
- Wetterhall, F., Halldin, S., Xu Chong-yu [2004]: **Statistical precipitation downscaling in central Sweden with analogue method**, Journal of Hydrology 306 s. 174 - 190

Seznam obrázků, tabulek a příloh

Seznam obrázků:

Obr. 3.1 Poloha povodí Otavy po vodoměrnou stanici Písek a fyzicko – geografická mapa	7
Obr. 3.2 Hypsografická křivky povodí Otavy.....	8
Obr. 3.3 Hypsografická křivka dílčích povodí a mezipovodí v povodí Otavy	9
Obr. 3.4 Sklonitostní poměry a orientace svahů v povodí Otavy.	9
Obr. 3.5 Průměrné roční srážky a průměrné roční teploty vzduchu v povodí Otavy	11
Obr. 3.6. Spádová křivky hlavních toků v povodí Otavy	12
Obr. 3.7 Říční síť a vzdálenosti závěrových profilů povodí 5. řádu po toku k vodoměrné stanici Písek.	13
Obr. 3.8 Struktura odtoku Otavy a jejich přítoků podle srážko-odtokového modelu SAC – SMA.	14
Obr. 3.9 Rozložení relativního množství odtoku z let 1961 – 2005 v jednotlivých povodích Otavy. ...	15
Obr. 3.10 Transformace povodňových vln přechodem přes přehradní nádrž Husinec (limnigraf Podedvory leží poblíž ústí Blanice do Husinecké nádrže)	16
Obr. 4.1 Ukázka informací o povětrnostních příčinách pro povodňovou epizodu 20060529	21
Obr. 4.2 Charakteristiky srážek a teplot pro povodňovou epizodu 20060526	22
Obr. 4.3 Mapy rozložení srážek a indexu UPS u povodňové situace 20065026	23
Obr. 4.4 Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy	25
Obr. 5.1 Kulminační průtoky Otavy v Písku mezi lety 1888 až 2006 podle průtoků a sezonního výskytu.	26
Obr. 5.2 Polární grafy sezonního výskytu povodní s pravděpodobnostní výskytu Q1 (1letá povodeň) Q2 (2letá povodeň) a Q5 (5letá povodeň). Hodnoty vyjadřují relativní četnost výskytu kulminačních průtoků podle rovnice 5.2. Řada $Q_m*(12*Q_a)^{-1}$ označuje relativní podíl objemu odtoké vody v daném měsíci na celkovém ročním objemu odtoku. 31-32	
Obr. 5.3 Procentuální četnost výskytu příčinných synoptických typů v povodí Otavy v letní a zimním hydrologickém půlroce	35
Obr. 5.4 Relativní četnosti výskytu synoptických typů během povodní na Otavě v Písku v letním hydrologickém půlroce	37
Obr. 5.5 Relativní četnosti výskytu synoptických typů během povodní na Otavě v Písku v zimním hydrologickém půlroce	37
Obr. 5.6 Četností výskytu větru určitého směru u povodní na Otavě podle sezóny.	38
Obr. 5.7 Průměrná rychlost a převládající směr větru ve stanici Churáňov v době vypadávání příčinných srážek	38
Obr. 5.8 Poloha a trajektorie řídicích tlakových níží před povodněmi v zimním hydrologickém půlroce na Otavě	40

Obr. 5.9 Poloha a trajektorie řídicích tlakových níží před povodněmi v letním hydrologickém půlroce na Otavě	41
Obr. 5.10 Poloha a trajektorie řídicích tlakových níží před velkými povodněmi s kulminací v Písku nad desetiletou vodou	41
Obr. 5.11 Ukázka metody určení jádra srážkové činnosti pro povodeň 20020813	43
Obr. 5.12 Četnosti výskytu jádra srážkového pole při situacích s převládajícím směrem větru ze sektoru 200° - 270° a průměrnou rychlostí větší než 5 m.s ⁻¹ . Průtokové vlny v Písku, které vznikly následkem těchto situací..	44
Obr. 5.13 Poloha srážkových jader u příčinných synoptických typů povodní na Otavě v Písku.	45
Obr. 5.14 Četnosti výskytu jádra srážkového pole při situacích s převládajícím směrem větru ze sektoru 200° - 270° a průměrnou rychlostí menší než 5 m.s ⁻¹ . Průtokové vlny v Písku, které vznikly následkem těchto situací	46
Obr. 5.15 Četnosti výskytu jádra srážkového pole při situacích s převládajícím směrem větru ze sektoru 310° - 70°. Průtokové vlny v Písku, které vznikly následkem těchto situací	47
Obr. 5.16 Charakteristiky povodní zařazených do kategorie „Velké letní povodně“	50
Obr. 5.17 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek zařazených do kategorie „Velké letní povodně“ ..	50
Obr. 5.18 Charakteristiky povodní zařazených do kategorie „Velké zimní povodně“	51
Obr. 5.19 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených do kategorie „Velké zimní povodně“	51
Obr. 5.20 Charakteristiky povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s výrazným podílem tání sněhu“	53
Obr. 5.21 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s výrazným podílem tání sněhu“	53
Obr. 5.22 Charakteristiky povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových, výrazně orograficky zesílených srážek“	55
Obr. 5.23 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových, výrazně orograficky zesílených srážek“	56
Obr. 5.24 Charakteristiky povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových málo orograficky zesílených srážek“	57
Obr. 5.25 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových málo orograficky zesílených srážek“	57
Obr. 5.26 Charakteristiky povodní zařazených do kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na vrcholové části Šumavy“	59
Obr. 5.27 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených do kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na vrcholové části Šumavy“	59
Obr. 5.28 Charakteristiky povodní zařazených do kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na severovýchodním úpatí Šumavy“	61

Obr. 5.29 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených do kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na severovýchodním úpatí Šumavy“	61
Obr. 5.30 Charakteristiky povodní zařazených do kategorie „Letní povodně bez orografického zesílení srážek“	62
Obr. 5.31 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených do kategorie „Letní povodně bez orografického zesílení srážek“	63
Obr. 5.32 Charakteristiky povodní zařazených do kategorie „Letní povodně z bouřkového přívalu“	64
Obr. 5.33 Průtokové vlny Otavy ve stanici Písek u povodní zařazených kategorie „Letní povodně z bouřkového přívalu“	64
Obr. 6.1 Použité termíny při aplikaci metody předpovědního analogu	66
Obr. 6.2 Základní schéma použitých prediktorů a prediktantů	70
Obr. 6.3 Oblasti povodí Otavy, pro které jsou vydávány kvantitativní předpovědi srážek modelem ALADIN ČHMÚ. Oblast H je rozdělena na podoblasti Ha a H, kde jsou srážky upravovány sloužícím meteorologem.	72
Obr. 6.4 Přehled všech prediktorů použitých pro testování metody analogu	72
Obr. 6.5 Závislost mezi indexem podobnosti prediktorů I_{po} a podobností předpovídaných charakteristik odtoku – kulminačního průtoku a objemu odtoku.	77
Obr. 6.6 Čáry překročení podobností objemů odtoku k nalezeným analogickým povodním při různých hodnotách indexu podobnosti objemů odtoku	78
Obr. 6.7 Porovnání předpovídaných a pozorovaných maximálních průtoků u 56 povodní Otavy v Písku, jejichž charakteristiky byly použity pro testování metody předpovědního	79
Obr. 6.8 Porovnání předpovídaných a pozorovaných objemů odtoku u 56 povodní Otavy v Písku jejichž charakteristiky byly použity pro testování metody předpovědního analogu	79

Seznam tabulek:

Tabulka 3.1 Vybrané hydrologické charakteristiky pro dílčí povodí Otavy	14
Tabulka 4.1 Přehled povodní zařazených do databanky povodňových událostí	20
Tabulka 5.1 Typy povodní podle příčin	28
Tabulka 5.2 Typy povodní podle podílového indexu sněhu.	29
Tabulka 5.3 Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Velké letní povodně“	49
Tabulka 5.4 Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Velké zimní povodně“	51
Tabulka 5.5 Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s výrazným podílem tání sněhu“	52

Tabulka 5.6 Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových, výrazně orograficky zesílených srážek“	55
Tabulka 5.7 Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Zimní povodně s převažujícím vlivem dešťových málo orograficky zesílených srážek“	56
Tabulka 5.8 Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na vrcholové části Šumavy“	58
Tabulka 5.9 Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Letní povodně s orografickým zesílením srážek na severovýchodním úpatí Šumavy“	59
Tabulka 5.10 Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie „Letní povodně bez orografického zesílení srážek“	62
Tabulka 5.11 Přehled základních charakteristik povodní zařazených do kategorie letní povodně z bouřkového přívalu	64

Seznam příloh:

Tabulka P.1 Přehled povodňových epizod uložených v Katalogu povodňových událostí.	P1
Tabulka P.2 Typy meteorologických situací v dnech výskytu povodní na Otavě.	P3
Tabulka P.3 Průměrné úhrny srážek na povodí Otavy po Písek v dnech výskytu povodní na Otavě	P5

Tabulka P.1. 1. část. Přehled povodňových epizod uložených v Katalogu povodňových událostí. (* U povodní, kde je v posledním sloupci uvedeno „P“ patří kulminační průtok Protivínu)

Kód povodně	Datum kulminace v Písku	Písek kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	Písek N-letost	Sušice kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	Katovice kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	Heřmaň * kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]
20060529	29.5.2006	176	Q1-Q2	219	185	14.4
20060329	29.3.2006	241	Q2-Q5	92.2	110	65.1
20030103	3.1.2003	258	Q2-Q5	187	212	35.6
20021231	31.12.2002	167	Q1-Q2	133	145	18.3
20020813	13.8.2002	1175	> Q100	299	387	442.8
20020808	8.8.2002	558	Q20-50	109	204	191
20020322	22.3.2002	267	Q2-Q5	180.6	207.4	34.6
19981102	2.11.1998	211	Q2	190	200	13.4
19981030	30.10.1998	200	Q2	169	183	9.5
19980916	16.9.1998	154	Q1	147	153	
19970317	17.3.1997	169.4	Q1-Q2	83.5	110.6	31.8
19970227	27.2.1997	184	Q1-Q2	137.9	151	17.5
19961021	21.10.1996	176	Q1-Q2	73.1	90.7	42.7
19950902	2.9.1995	168	Q1-Q2	110	120	13.8
19950627	27.6.1995	178	Q1-Q2	152	180	
19950602	2.6.1995	180.4	Q1-Q2	78	100	63.8
19950127	27.1.1995	174.4	Q1-Q2	150	154.8	13.9
19931222	22.12.1993	518	Q20	266	290	48.1
19910803	3.8.1991	247.2	Q2-Q5	159.9	203	28.8
19891216	16.12.1989	153	Q1	115	142	10.4
19880326	26.3.1988	166	Q1-Q2	44.3	99.2	36.7
19871220	20.12.1987	274.4	Q2-Q5	165.8	199.5	15.4
19870702	2.7.1987	188.8	Q2	60.2	97.2	53.7
19870329	29.3.1987	180.8	Q1-Q2	56.6	81	34.5
19861023	23.10.1986	160.8	Q1-Q2	166	168	2.3
19860613	13.6.1986	228.4	Q2-Q5	49	104	42.5
19860530	30.5.1986	269	Q2-Q5	73	153	30.1
19840917	17.9.1984	161	Q1-Q2	63	68.3	19.9
19820131	31.1.1982	199	Q2		126	10.8 P
19820106	6.1.1982	199	Q2	75.1	123	12.5 P
19811016	16.10.1981	192	Q2	113.4		22.1
19811012	12.10.1981	159.5	Q1	134	141	
19810721	21.7.1981	500	Q20	163	273	67.2
19810312	12.3.1981	213.2	Q2	121	149	9.41 P
19800723	23.7.1980	338	Q5-Q10	190	286	32.3
19791212	12.12.1979	204.8	Q2	117	135	19

Tabulka P.1. 2. část. Přehled povodňových epizod uložených v Katalogu povodňových událostí. (* U povodní, kde je v posledním sloupci uvedeno „P“ patří kulminační průtok Protivínu)

Kód povodně	Datum kulminace v Písku	Písek kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	Písek N-letost	Sušice kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	Katovice kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	Heřmaň kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	
19790313	13.3.1979	155	Q1				
19770823	23.8.1977	308	Q5		113	73.2	
19770801	1.8.1977	300	Q5	135.2	204	55.7	
19770521	21.5.1977	163	Q1-Q2	10.1	45	4.51	
19770209	9.2.1977	163	Q1-Q2			39.5	
19760728	28.7.1976	176.8	Q1-Q2	103	121	30.3	
19750702	2.7.1975	255	Q2-Q5	60.2	108	82.7	
19741230	30.12.1974	187.4	Q2	135	163		
19741209	9.12.1974	187.4	Q2	87.5	154.5	14.6	
19740719	19.7.1974	165.2	Q1-Q2	59.6	106	27.7	
19720423	23.4.1972	170.4	Q1-Q2			49.3	
19711119	19.11.1971	173	Q1-Q2	137	146	8.25	
19700513	13.5.1970	183.4	Q1-Q2	143	185		
19690608	8.6.1969	249	Q2-Q5	98.4	154	61.5	
19671224	24.12.1967	190	Q2	170	176	9	P
19670917	17.9.1967	178	Q1-Q2	129	159	21.7	
19660809	9.8.1966	163	Q1-Q2	66	138		
19660723	23.7.1966	173	Q1-Q2	55.6	135	30	P
19660630	30.6.1966	152	Q1	115	141	30	P
19660418	18.4.1966	186.4	Q1-Q2	62	106	36.5	
19660209	9.2.1966	150	Q1	109	156	9	
19650611	11.6.1965	290	Q5	115	204	74.9	P
19650601	1.6.1965	250	Q2-Q5	116	214	47.5	P
19650520	20.5.1965	167	Q1-Q2	93	159	21.6	P
19640814	14.8.1964	157.8	Q1	55	112	27.8	P
19630701	1.7.1963	153	Q1	72	83.5	21.2	P
19620515	15.5.1962	185	Q1-Q2	97.3	132	42	
19620401	1.4.1962	171	Q1-Q2	143	161	13.2	
19610609	9.6.1961	188	Q2	43.5	72.2	32.22	P
19540709	9.7.1954	800	Q100	262	403	181	
19400531	31.5.1940	400	Q10	254	318	34.2	
19151008	8.10.1915	500	Q20	125	218		
18990914	14.9.1899	560	Q20-50	270	304		
18960505	5.5.1896	560	Q20-50				
18941005	5.10.1894	600	Q20-50				
18900904	4.9.1890	800	Q100	260	352		

Tabulka P.2. 1. část. Typy meteorologických situací v dnech výskytu povodní na Otavě. (DD = den kulminace povodně v Písku)

Kód povodně	D-7	D-6	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1	D+2	D+3
20060529	Bp	Bp	Ap ₁	Wc	Wc	Wc	Wc	Nc	Nc	Nc	Nc
20060329	NWc	Ap ₂	Ap ₂	SWc ₂	SWc ₂	SWc₂	SWc₂	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂
20030103	SWc ₂	Bp	Bp	Vfz	Vfz	Ap₃	Wcs	Wcs	Wcs	Nc	Nc
20021231	SEa	SEa	SWc ₂	SWc ₂	Bp	Bp	Vfz	Vfz	Ap ₃	Wcs	Wcs
20020813	C	C	C	SEc	SEc	C	C	C	NEc	NEc	NEc
20020808	Ec	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	C	C	C	SEc	SEc	C
20020322	SWc ₃	SEa	SEa	Wc	Wc	Wc	Vfz	Vfz	NEc	NEc	NEa
19981102	Wcs	Wcs	Wc	Wc	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃
19981030	SWc ₂	Wcs	Wcs	Wcs	Wc	Wc	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	SWc ₃
19980916	SWc ₁	SWc ₁	B	B	C	C	C	Bp	Bp	Bp	Ap ₂
19970317	A	A	A	Wc	Wc	Wc	NWc	NWc	NWc	Bp	Bp
19970227	Wc	Wc	SWa	SWa	SWc ₂	SWc₂	SWc₂	Bp	Ap ₁	SWa	SWa
19961021	Sa	Sa	SEc	SEc	SEc	Wc	Wc	Wc	Wc	NEa	NEa
19950902	Bp	Nc	Nc	Nc	NEc	NEc	C	C	C	C	Ap ₂
19950627	Wal	Wal	Nc	Nc	NEc	NEc	NEc	NEc	NWa	NWa	NWa
19950602	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₁	B	B	B	B	Ap ₂	Bp	Bp
19950127	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₂	SWc ₂	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc	Ap ₁
19931222	SWc ₃	Wcs	Wcs	Wcs	Wc	Wc	Wc	Wc	C	C	C
19910803	NEc	NEc	NEa	NEa	Vfz	Vfz	Vfz	Ec	Ec	Ec	SWa
19891216	Nc	Nc	NWc	NWc	Wc	Wc	Wc	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃
19880326	Ap ₃	Vfz	Vfz	Vfz	Wc	Wc	Wc	Wcs	Wcs	Wcs	Ap ₁
19871220	Ap ₃	Ea	Ea	SWc ₂	SWc₂	SWc₂	Wc	Wc	Wc	Wc	A
19870702	Wc	Wc	Wc	Ap ₁	A	A	Wc	Wc	A	A	A
19870329	Ap ₂	Wc	Wc	SWc ₂	SWc ₂	SWc₂	B	B	B	Ec	Ec
19861023	Sa	Ap ₂	Ap ₂	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc	Bp	Bp
19860613	B	B	B	Ap ₁	Ap ₁	Bp	Bp	Ec	Ec	Ec	SEc
19860530	Wal	Wal	Ap ₂	Ap ₂	SWc ₂	SWc₂	B	B	B	C	C
19840917	NWc	NWc	NWc	Wc	Wc	C	C	C	C	Ap ₄	SEc
19820131	SEa	Bp	Bp	B	B	NWc	NWc	NWc	NEc	NEc	NEc
19820106	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	SWc₂	Wc	Wc	Nc	Nc	Vfz
19811016	Ap ₁	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂
19811012	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	Ap ₁	Ap ₁	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs
19810721	Wc	Wc	Wc	Wc	B	B	B	B	B	B	B
19810312	Bp	Bp	Wc	Wc	SWc ₂	SWc₂	SWc₂	SWc ₂	Wc	Wc	Wc
19800723	Bp	Bp	Wc	Wc	Wc	Cv	Cv	NEc	NEc	NEc	NEc
19791212	Wc	Wc	Wc	Wc	Wcs	Wcs	Wcs	Nc	Nc	Wcs	Wcs

Tabulka P.3. 1. část. Průměrné úhrny srážek na povodí Otavy po Písek v dnech výskytu povodní na Otavě. (DD = den kulminace povodně v Písku)

Kód povodně	D-7	D-6	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1	D+2	D+3
20060529	1.4	0.7	1.2	2.5	24.4	27.1	6.1	7.0	7.4	3.5	4.1
20060329	0.5	0.0	2.5	1.8	4.2	5.1	17.1	1.5	3.4	3.3	1.2
20030103	0.1	5.2	9.9	7.0	3.7	3.2	24.5	3.1	10.3	0.3	0.5
20021231	0.9	0.0	0.5	0.1	5.4	9.9	5.2	3.7	3.2	24.2	2.7
20020813	55.2	67.6	1.2	0.7	0.1	58.2	77.1	0.4	0.1	0.1	2.4
20020808	7.1	0.1	0.7	11.6	0.0	55.2	67.6	1.2	0.7	0.1	58.2
20020322	0.0	0.0	0.0	3.1	12.6	33.4	12.2	18.9	8.3	3.0	0.4
19981102	2.1	5.9	38.2	17.9	8.7	10.6	8.1	0.7	13.2	5.9	0.1
19981030	0.5	6.2	2.5	2.1	5.9	38.2	17.9	8.7	10.6	8.1	0.7
19980916	0.0	1.5	9.8	13.0	1.9	12.7	15.2	4.3	6.3	0.9	0.1
19970317	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	6.3	22.9	3.8	4.2	2.8	4.4
19970227	1.3	0.4	0.0	0.2	1.0	11.6	16.9	4.3	0.0	0.0	0.1
19961021	0.0	0.4	2.1	5.8	0.2	1.3	33.5	14.8	0.1	0.0	0.0
19950902	5.2	14.9	8.6	9.4	3.8	21.0	29.3	3.8	1.5	2.1	0.1
19950627	0.0	11.7	0.3	0.2	0.3	35.9	5.9	0.1	0.1	0.0	0.0
19950602	0.0	0.2	0.0	4.1	15.3	21.4	28.1	5.2	0.6	3.2	12.6
19950127	2.2	0.9	10.9	3.3	2.5	21.7	3.2	3.1	7.4	6.6	5.4
19931222	2.1	2.0	4.2	1.2	11.3	50.0	3.3	8.1	2.5	2.6	0.7
19910803	1.9	0.0	0.0	0.0	33.7	34.9	27.8	8.4	5.5	0.0	0.0
19891216	0.7	0.0	0.1	1.2	4.6	3.6	26.7	0.2	5.1	0.0	4.6
19880326	0.1	0.9	6.3	2.5	3.1	3.6	15.7	11.8	6.8	1.0	0.0
19871220	0.0	0.0	0.0	5.8	15.1	24.5	6.3	8.3	0.2	0.1	0.0
19870702	0.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.4	0.2	0.3	0.5	0.0
19870329	0.1	0.9	1.3	0.8	1.4	3.0	4.8	0.5	0.3	7.5	3.9
19861023	0.0	0.0	0.0	5.0	16.9	10.6	22.3	3.8	0.2	0.7	1.9
19860613	0.3	2.9	0.0	0.0	0.0	7.5	33.0	7.7	0.4	1.5	0.3
19860530	0.1	3.1	0.0	0.0	9.7	19.8	36.3	17.7	3.4	0.7	1.4
19840917	11.5	7.0	3.6	1.0	5.5	6.0	25.2	3.7	0.1	0.0	0.0
19820131	1.0	0.2	1.0	0.3	2.4	6.5	10.2	3.2	0.0	0.0	0.0
19820106	0.8	1.3	0.4	0.1	0.1	1.5	11.9	1.3	0.1	0.4	6.8
19811016	1.3	23.4	9.3	5.3	1.8	3.2	27.3	0.0	0.3	4.7	1.3
19811012	0.3	4.1	0.0	0.0	1.3	23.4	9.3	5.3	1.8	3.2	23.1
19810721	5.5	2.0	0.6	7.4	32.4	86.3	16.8	3.9	0.8	0.7	15.0
19810312	1.8	0.1	0.3	0.4	1.3	5.3	5.8	5.2	2.0	1.1	0.5
19800723	0.6	0.0	0.8	1.1	13.8	34.9	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0
19791212	0.9	2.4	0.2	1.1	3.7	14.9	15.8	2.7	2.0	3.7	5.3

Tabulka P.3. 2. část. Průměrné úhrny srážek na povodí Otavy po Písek v dnech výskytu povodní na Otavě. (DD = den kulminace povodně v Písku)

Kód povodně	D-7	D-6	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1	D+2	D+3
19790313	0.1	1.1	0.9	4.5	2.2	14.1	5.8	0.7	0.0	0.3	7.6
19770823	0.0	0.0	14.4	6.6	2.5	29.5	30.0	0.4	0.0	0.0	0.1
19770801	9.7	0.8	0.0	4.5	0.0	0.2	88.3	8.8	0.8	0.0	0.0
19770521	0.9	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	24.6	0.8	0.0	0.0	0.0
19770209	0.0	0.0	0.6	6.6	3.8	4.5	8.7	0.3	3.8	0.7	1.7
19760728	4.8	8.0	17.0	1.2	18.9	31.7	21.0	2.0	0.2	0.0	9.1
19750702	0.7	0.0	5.8	9.4	10.8	17.1	25.5	1.5	0.0	0.1	4.5
19741230	0.0	0.4	1.9	5.1	6.2	5.6	6.5	4.5	2.9	1.2	0.1
19741209	1.8	1.0	1.5	6.3	14.9	16.3	5.3	1.4	1.2	6.5	3.0
19740719	3.4	1.6	2.1	0.0	2.2	21.8	27.2	2.6	4.6	5.0	0.0
19720423	7.0	8.4	2.3	1.2	2.8	4.0	28.3	0.9	2.9	0.6	0.6
19711119	0.5	0.1	1.2	0.3	3.0	4.0	19.3	9.3	0.5	2.9	0.6
19700513	0.0	0.0	0.2	1.1	4.7	12.7	4.1	2.2	0.1	0.7	8.8
19690608	0.7	2.1	4.2	22.0	24.5	34.0	17.9	0.6	0.0	0.0	0.0
19671224	1.3	1.9	4.1	0.6	2.0	3.2	10.8	5.3	0.2	0.3	0.3
19670917	15.1	11.7	0.3	1.1	0.6	6.9	29.3	3.1	0.5	1.1	0.4
19660809	2.3	3.4	5.6	2.8	0.1	2.1	31.2	4.5	0.0	0.0	0.0
19660723	1.5	21.9	2.1	7.1	0.7	14.5	18.2	3.2	0.5	1.6	1.0
19660630	34.9	11.5	7.9	3.6	8.6	5.2	20.4	11.5	0.1	0.0	0.0
19660418	0.8	0.0	2.0	1.1	3.6	28.1	7.2	1.3	3.7	3.8	5.6
19660209	0.1	3.5	0.2	0.9	2.7	4.0	12.7	6.7	1.3	0.7	4.9
19650611	6.5	7.4	6.5	0.2	22.3	21.5	3.3	1.5	2.5	7.0	0.2
19650601	0.3	0.5	0.5	13.2	27.6	0.1	20.4	5.9	0.7	0.3	6.5
19650520	0.1	1.5	12.1	0.9	0.7	0.6	19.3	0.9	0.2	2.7	8.7
19640814	0.0	5.6	3.7	18.1	4.4	46.3	27.6	0.5	0.2	4.3	1.4
19630701	2.4	5.6	0.0	0.0	1.9	3.2	33.6	2.5	3.4	0.6	3.9
19620515	5.6	17.9	1.7	1.0	4.8	24.1	17.8	1.4	0.7	10.1	0.8
19620401	0.0	0.0	3.1	1.7	4.9	9.2	3.2	0.6	1.4	0.1	0.9
19610609	7.2	34.7	19.8	4.4	6.8	15.3	10.7	3.8	0.4	0.5	1.3
19540709	28.1	3.7	0.9	1.8	1.7	63.4	72.2	11.6	2.2	9.3	1.5
19400531	1.8	0.0	8.9	2.6	0.4	6.8	78.0	4.2	0.7	0.0	0.0
19151008	14.0	17.0	43.5	2.8	30.6	40.3	28.2	6.2	1.0	2.6	0.6
18990914	12.4	7.4	8.3	7.9	7.9	61.2	41.5	0.3	1.5	3.4	0.0
18960505	0.1	6.5	22.8	11.5	30.0	23.9	30.6	0.2	7.5	1.7	0.0
18941005	0.2	2.0	0.0	35.1	2.0	46.3	36.3	25.4	6.4	0.2	0.0
18900904	0.4	14.9	3.0	5.1	60.3	60.4	25.1	18.8	1.1	0.0	0.0

Katalog povodní na Otavě v letech 1890 - 2006

DD - 29.5.2006

20060529

V silném západním proudění přecházelo přes střední Evropu několik frontálních systémů. Vydatné srážky vypadávaly především v centrální části Šumavy, v podhůří se vytvářel srážkový stín, ale například ve středních Čechách již úhrny srážek dosahovaly opět vysokých hodnot. Na říčce Skalici, která se vlévá do Lomnice a pak do Otavy, se v té době vyskytla 50letá povodeň.

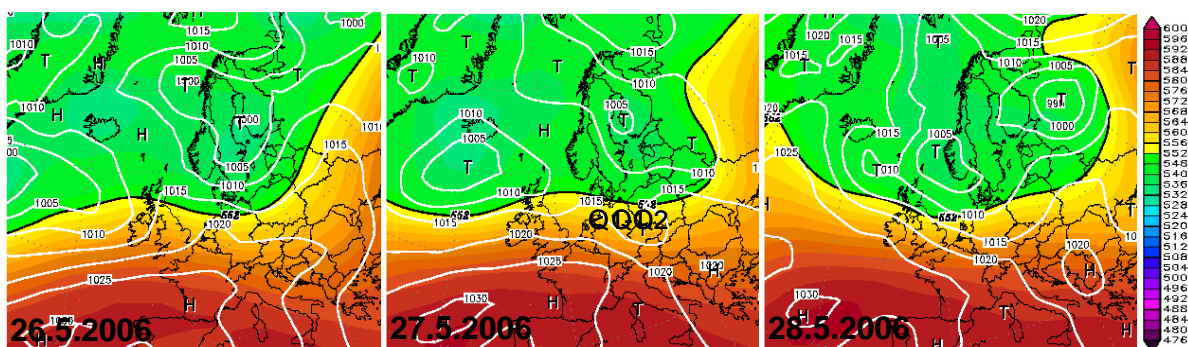
Dešťové srážky zasáhly povodí Otavy ve dvou vlnách, v průběhu kterých byly naměřeny podobné úhrny. Výrazné zesílení srážek na Šumavě způsobilo, že na horní Otavě dosáhla povodeň výrazně větší extremity než v Písku. Na Modravě dosáhla průtoková kulminace doby opakování 20 let, v Písku 1 až 2 roků. Maximální průtoky v Sušici dokonce překročily hodnoty kulminací v Katovicích a v Písku. Na této povodni je proto dobře patrný transformační vliv koryta střední a dolní Otavy.

Kulminace a extremita povodně

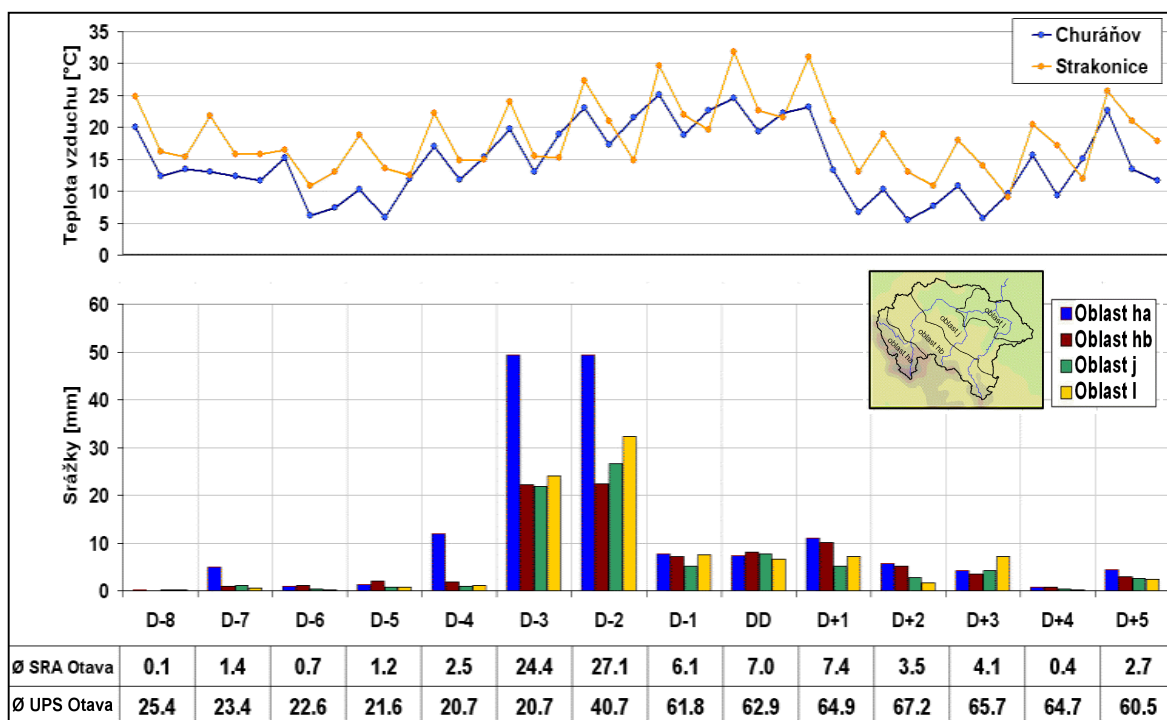
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	29.5.2006 3:00	176	Q1-Q2
Heřmaň	28.5.2006 21:00	14.4	<Q1
Katovice	28.5.2006 20:00	185	Q2-Q5
Sušice	28.5.2006 14:00	219	Q10

Povětrnostní situace

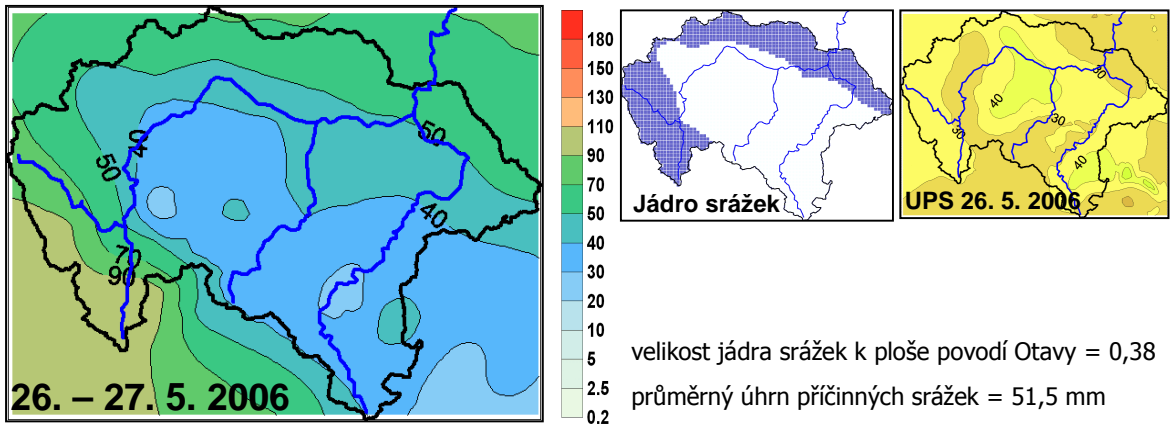
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Ap1	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc
Churáňov směr větru [°]	260	260	260	270	270	260	280
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	3,7	5,3	5,7	5,7	6,3	2,7	3,7



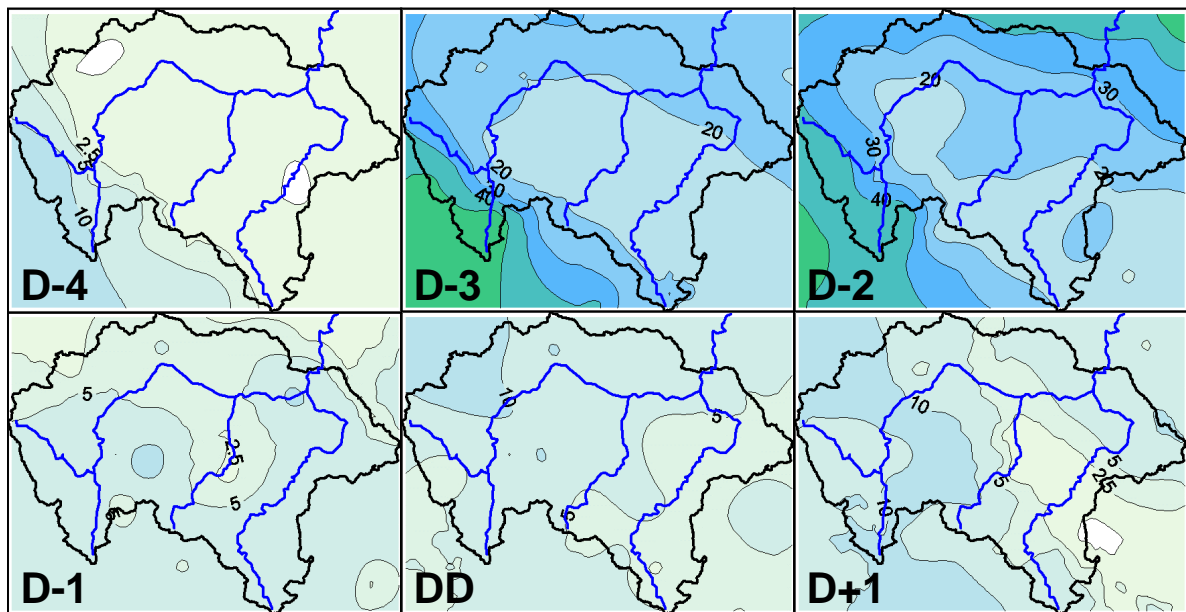
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



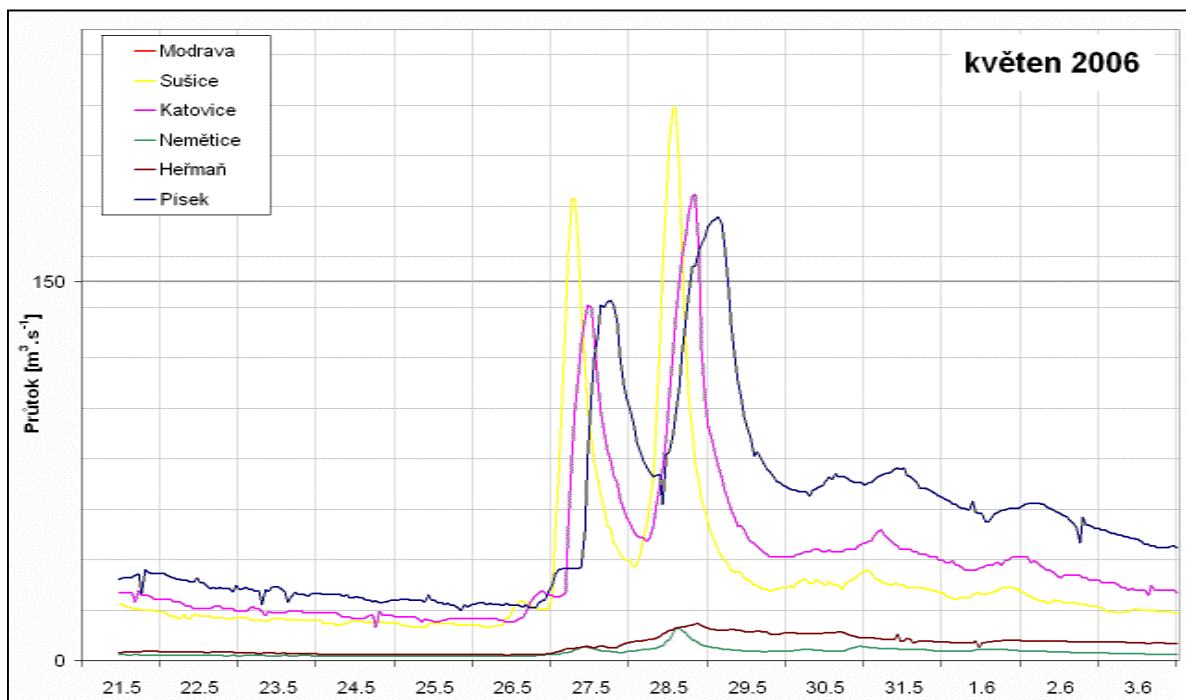
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD - 29.3.2006

20060329

Kulminace a extremita povodně

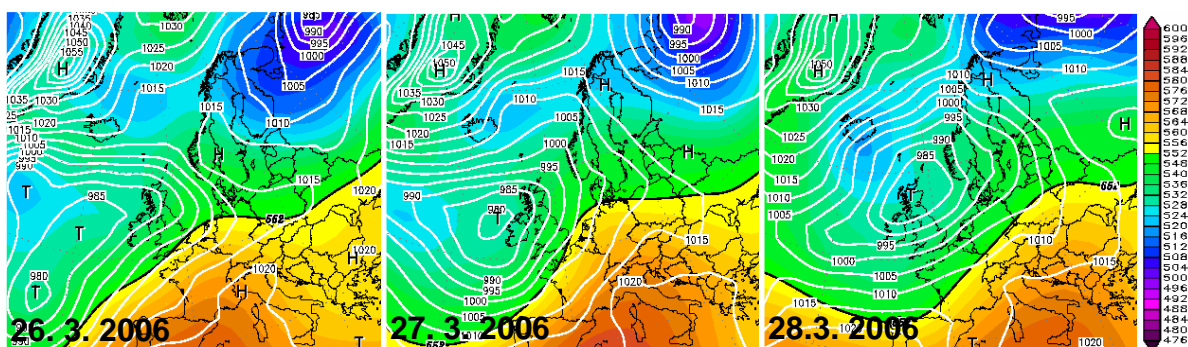
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	29.3.2006 11:00	241	Q2-Q5
Heřmaň	29.3.2006 16:00	65,1	Q2-Q5
Katovice	29.3.2006 04:00	109	<Q1
Sušice	31.3.2006 19:00	92,2	<Q1

Jihozápadní proudění spojené s výskytem synoptického typu Swc₂ způsobilo od dne D-2 výrazné oteplení, při kterém se i noční teploty na horách pohybovaly nad bodem mrazu. Kladné teploty doprovázené slabým deštěm a silným větrem způsobily rychlé odtávání sněhové pokrývky.

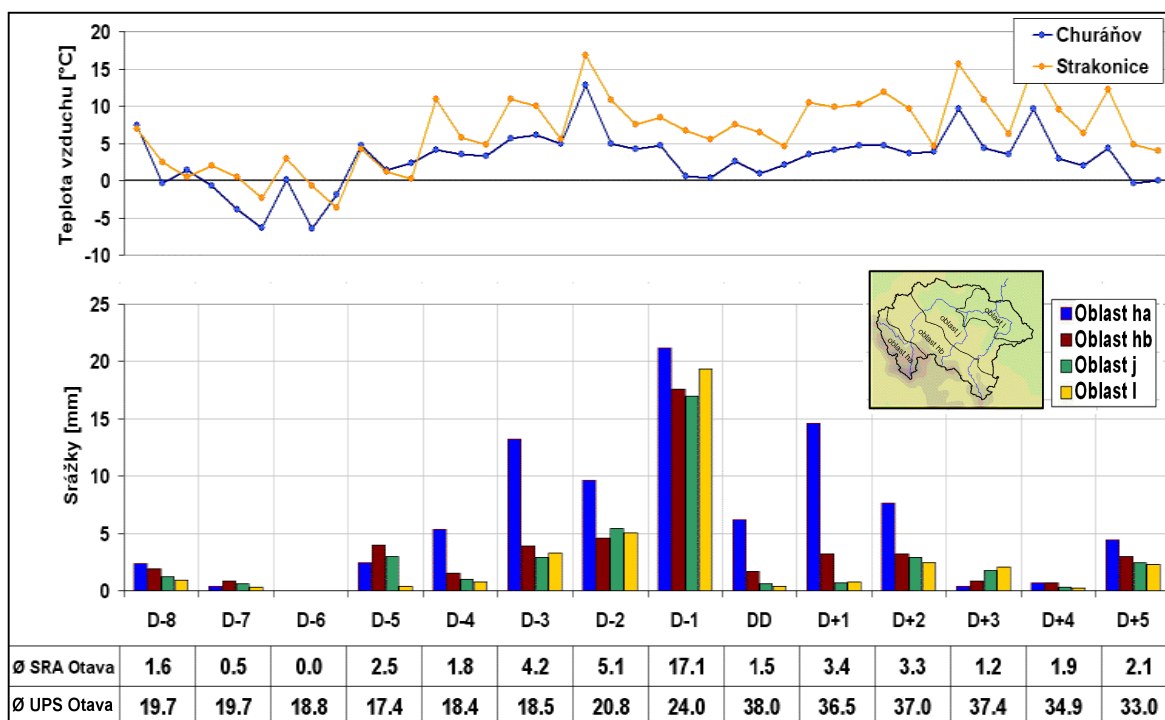
Zásoba vody ve sněhu dosahovala v polovině března 2006 extrémních hodnot, největších od roku 1961. Jarní povodeň v tomto období zasáhla celou ČR a na mnoha místech se vyskytly poměrně velké průtokové extremity (Lužnice, Sázava Q50). Na Otavě nejprve velmi rychle otdál sníh z velkých ploch podhůří, což způsobilo relativně rychlý nárůst průtoků ve dnech D-3 a D-2. Se zmenšující se plochou, kde ještě ležel sníh, se nárůst průtoků mezi denními maximy začal zmenšovat. Pro velikost kulminace byla důležitá také srážka, která spadla na celém povodí Otavy ve formě deště v den D-1.

Povětrnostní situace

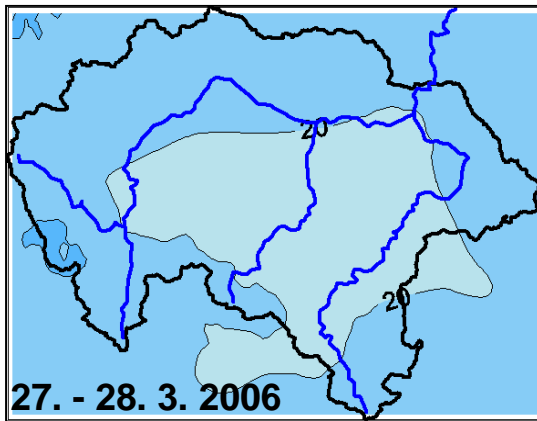
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Ap2	SWc2	SWc2	SWc2	SWc2	SWc2	SWc2
Churáňov směr větru [°]	50	250	250	250	250	270	240
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,7	5,7	6,3	3,7	3,3	6,0	6,0



Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]

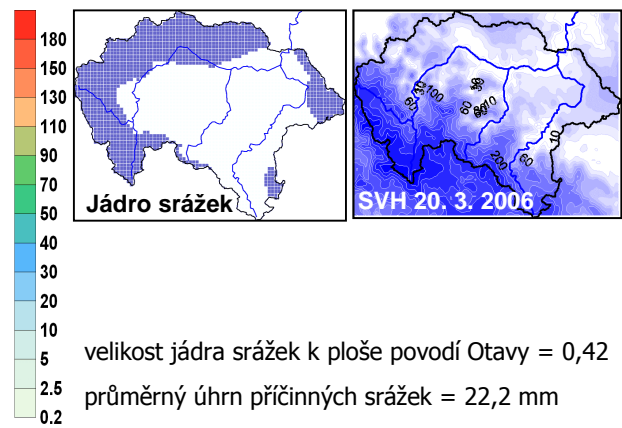


Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy

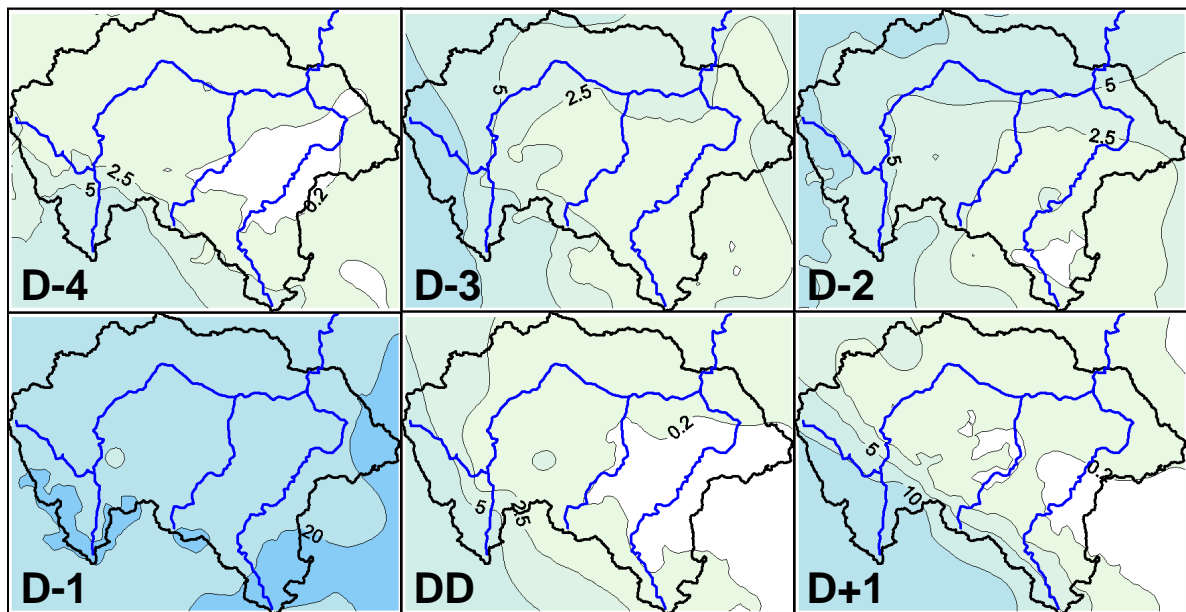


27. - 28. 3. 2006

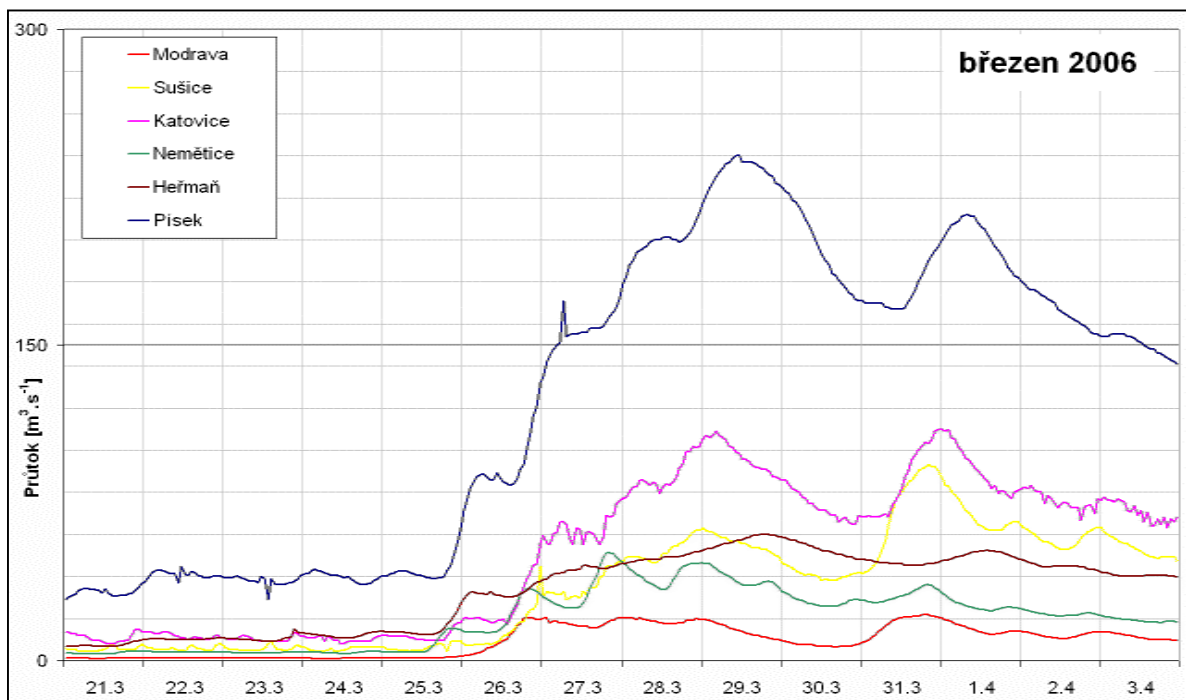
Příčinná dvoudenní srážka



velikost jádra srážek k ploše povodí Otavy = 0,42
 průměrný úhrn příčných srážek = 22,2 mm



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD - 3.1.2003

20030103

Kulminace a extremita povodně

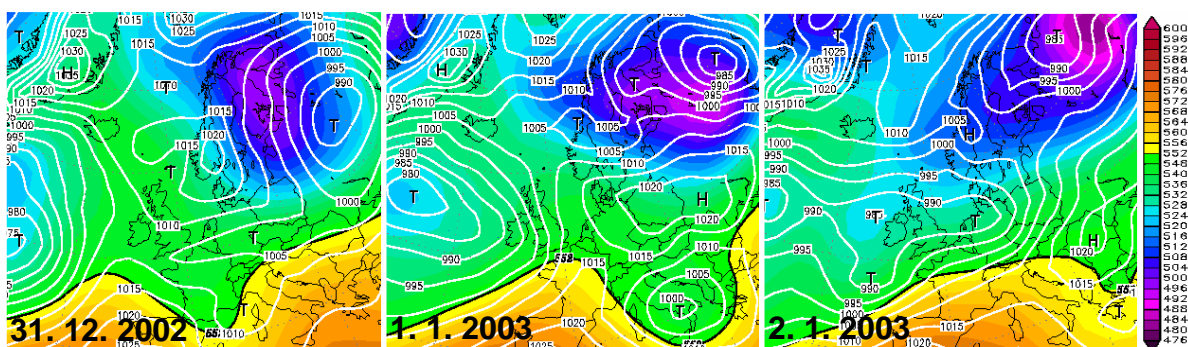
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	3.1.2003 19:00	258	Q2-Q5
Heřmaň	3.1.2003 20:00	35,6	Q1-Q2
Katovice	3.1.2003 10:00	212	Q2-Q5
Sušice	3.1.2003 04:00	187	Q5

Po krátkodobém novoročním ochlazení začala již v noci z 1. na 2.1. přecházet od jihozápadu přes Čechy teplá fronta, doprovázená sněžením a mrznoucím deštěm. Do rána vystoupily teploty na celém území jižních Čech nad nulu a srážky přešly do deště, a to i v nejvyšších partiích povodí. Za studenou frontou se mírně ochladilo, do 7. hodiny ranní poklesla hranice sněžení dne 3.1. zhruba na 1100 m n.m. Srážkové úhrny za 24 hodin (od 7. hodiny dne 2.1. do 7. hodiny 3.1.) byly velmi vysoké, především v oblasti centrální Šumavy. Přitom celý jejich objem nebo jeho převážná část spadla ve formě deště.

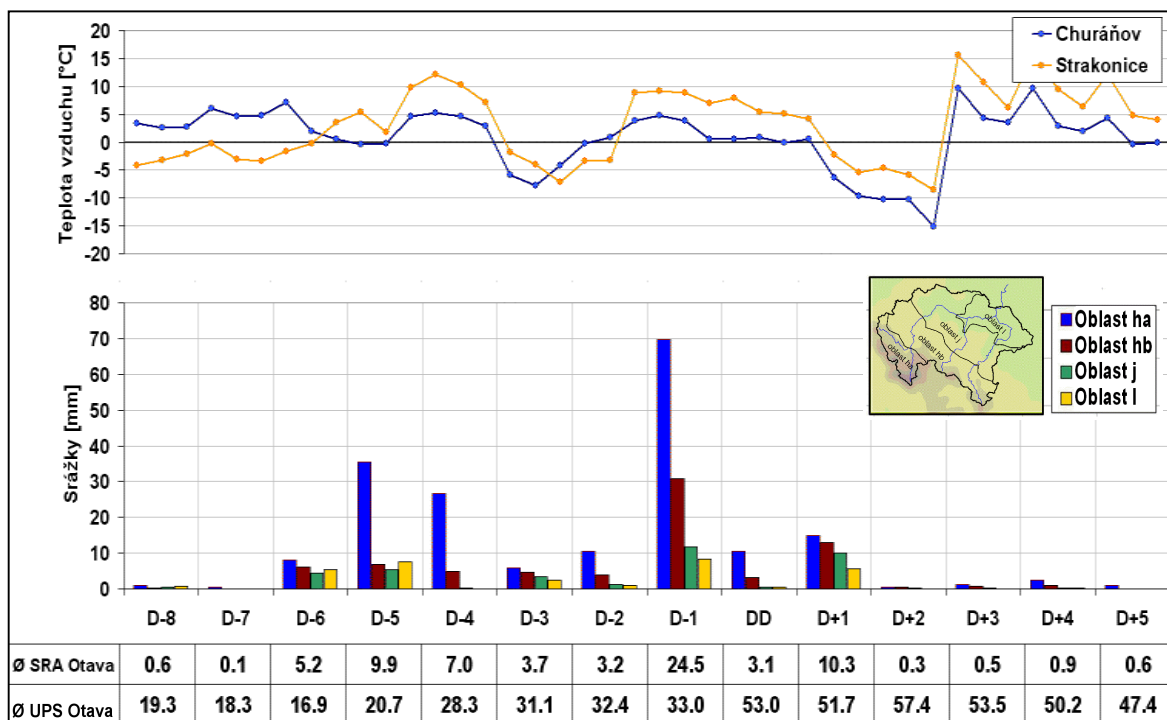
Odtoková odezva na řekách se velmi podobala povodni z konce roku 2002. Zvýšená nasycenost a o něco vyšší srážky způsobily, že maximální hladiny vystoupily výše. Na kulminaci Otavy v Písku se také více podílely průtoky Volyňky a Blanice.

Povětrnostní situace

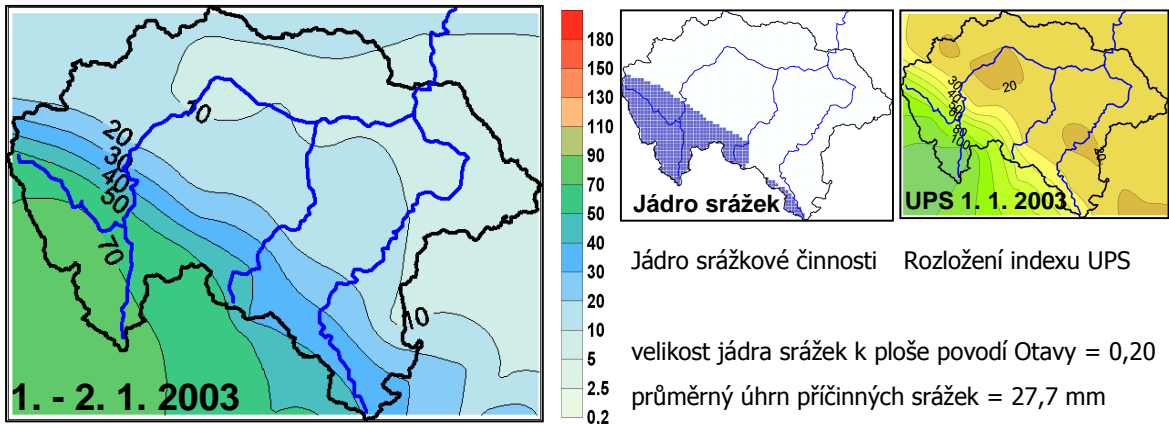
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Bp	Vfz	Vfz	Ap3	Wcs	Wcs	Wcs
Churáňov směr větru [°]	250	260	30	240	250	260	320
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	7,0	8,0	4,0	4,3	8,3	7,7	4,3



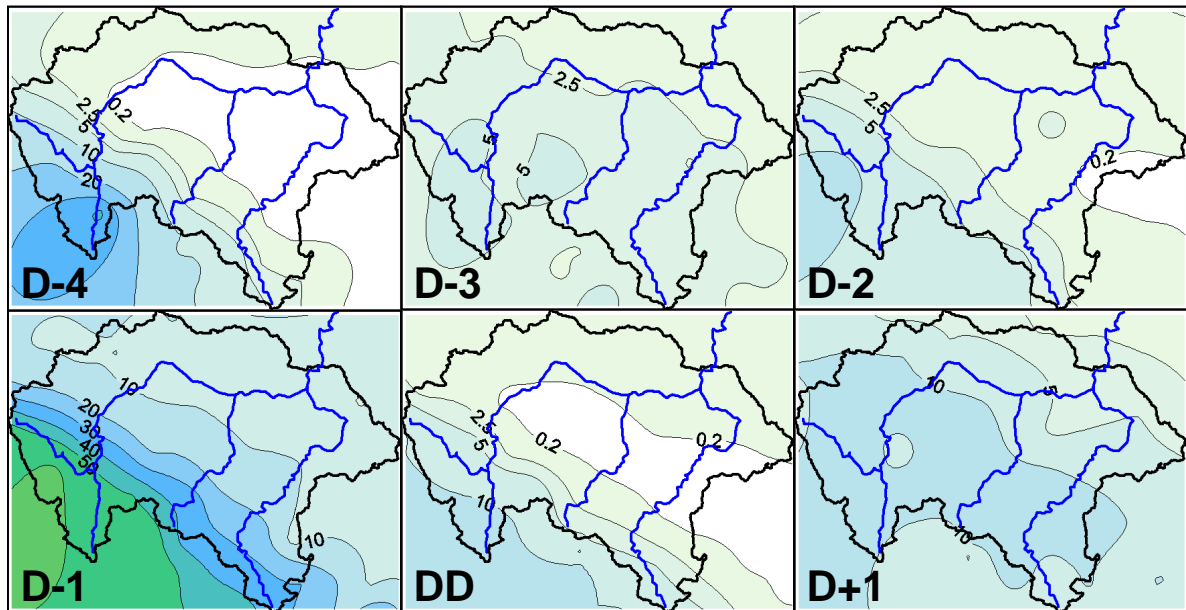
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



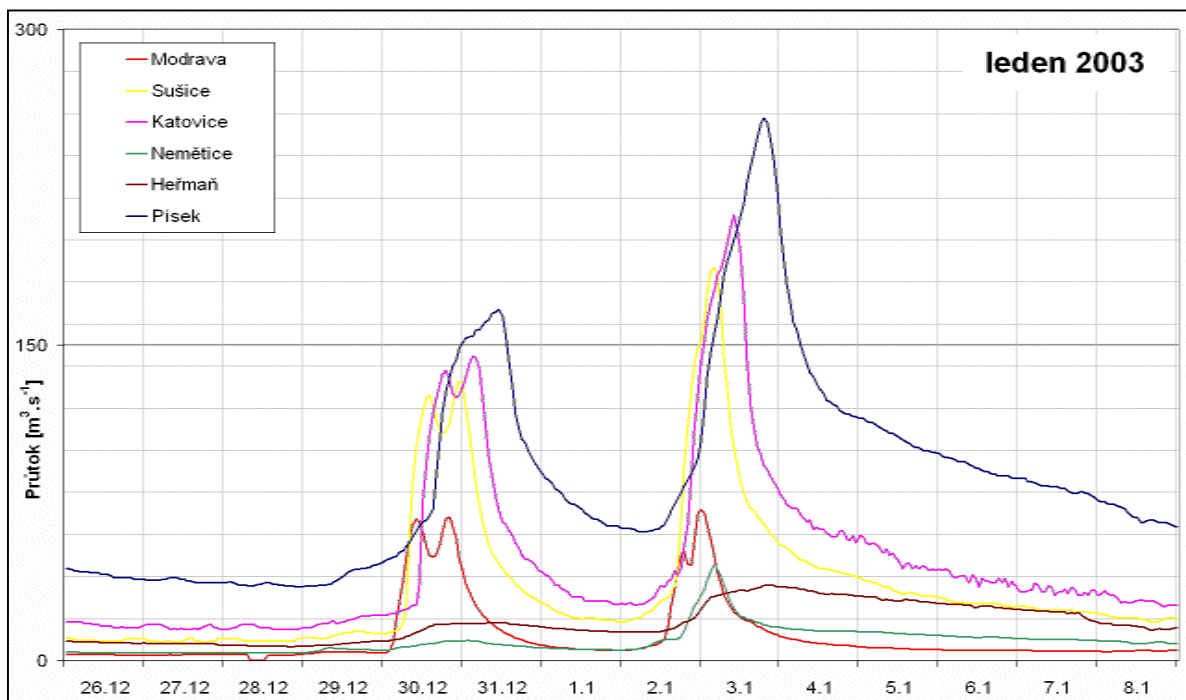
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD - 31.12.2002

20020231

Kulminace a extremita povodně

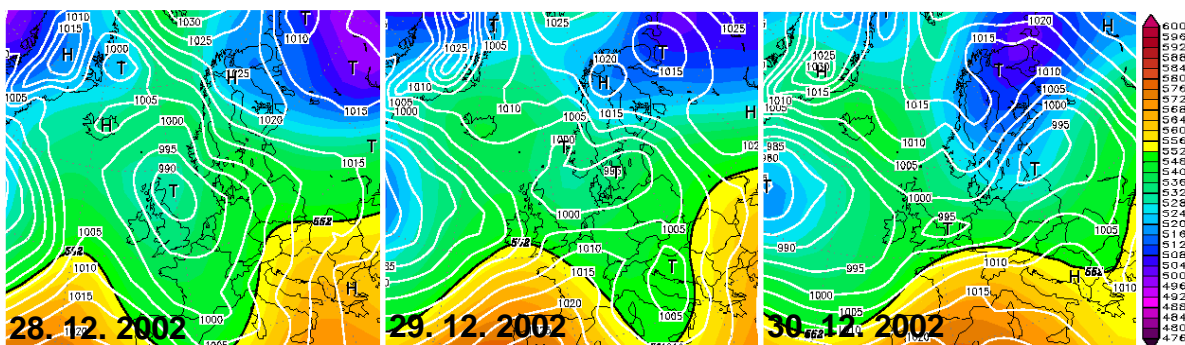
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	31.12.2002 11:00	167	Q1-Q2
Heřmaň	31.12.2002 13:00	18,3	<Q1
Katovice	31.12.2002 03:00	145	Q1-Q2
Sušice	30.12.2002 23:00	133	Q2

V poslední třetině prosince 2002 a na začátku ledna 2003 se nad Evropou udržovala poměrně živá cirkulace, daná velkými teplotními rozdíly mezi velmi studenou severovýchodní polovinou Evropy a teplým vzduchem nad jihozápadní částí kontinentu. Pro odtok rozhodující srážky přinesl frontální systém, zejména jeho aktivní teplá fronta, na níž spadlo během nočních hodin z 29. na 30. 12. na většině území 5-10 mm a na pohraničním hřebeni Šumavy 40-50 mm dešťových srážek. Sníh se před povodní se na celém povodí Otavy prakticky nevyskytoval.

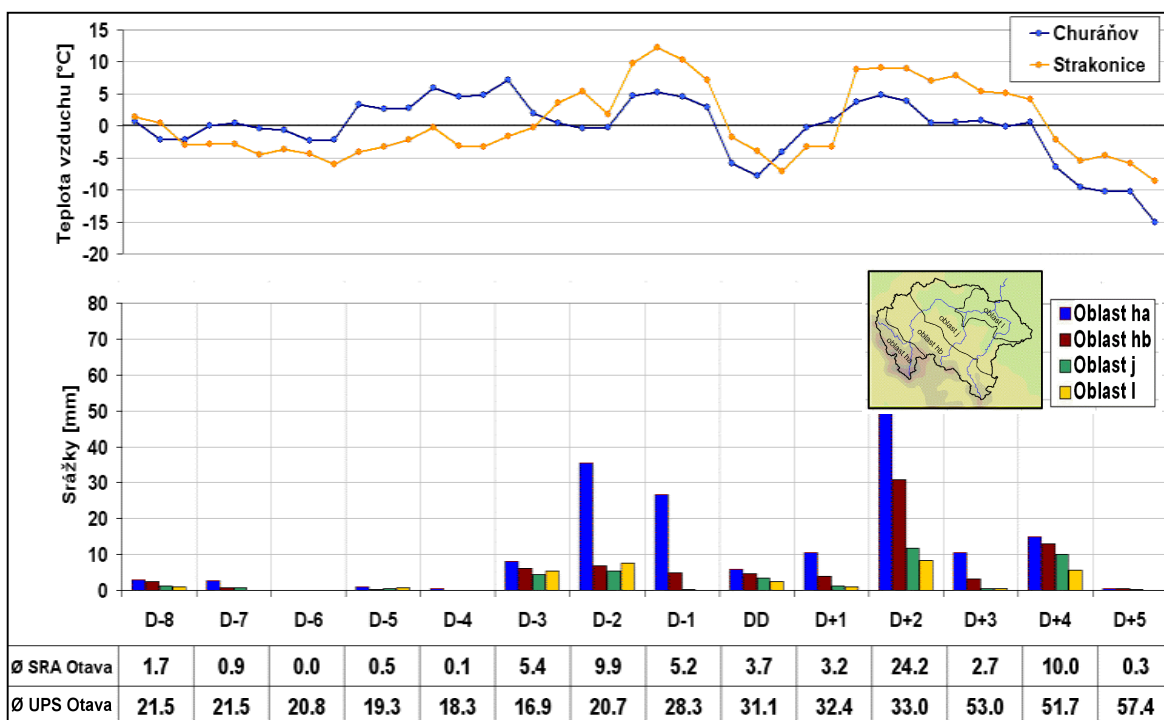
Povodeň se formovala převážně v horní části povodí Otavy po Sušici, kde se také vyskytly nejvyšší odtokové výšky kulminace. Na Moravě povodeň dosáhla 10leté doby opakování.

Povětrnostní situace

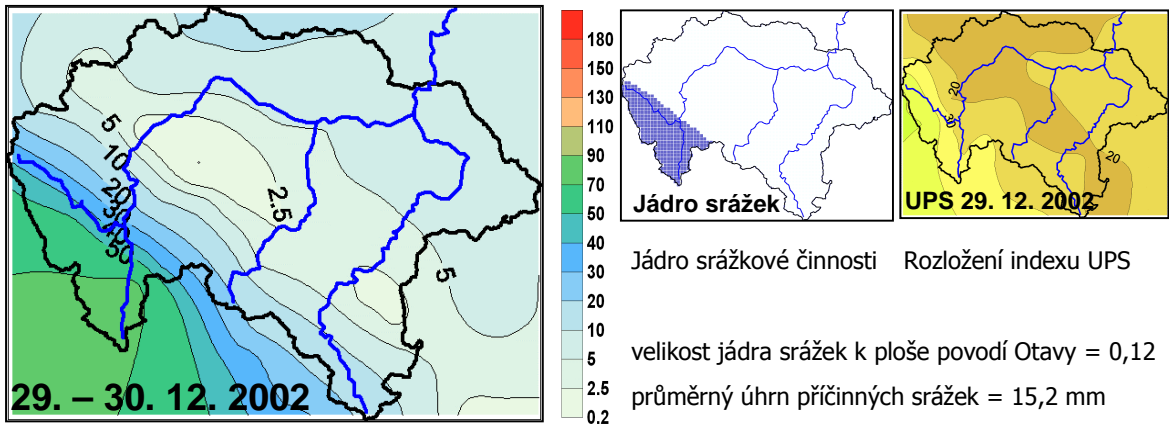
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	SWc2	SWc2	Bp	Bp	Vfz	Vfz	Ap3
Churáňov směr větru [°]	230	220	250	250	260	30	240
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,7	3,7	4,0	7,0	8,0	4,0	4,3



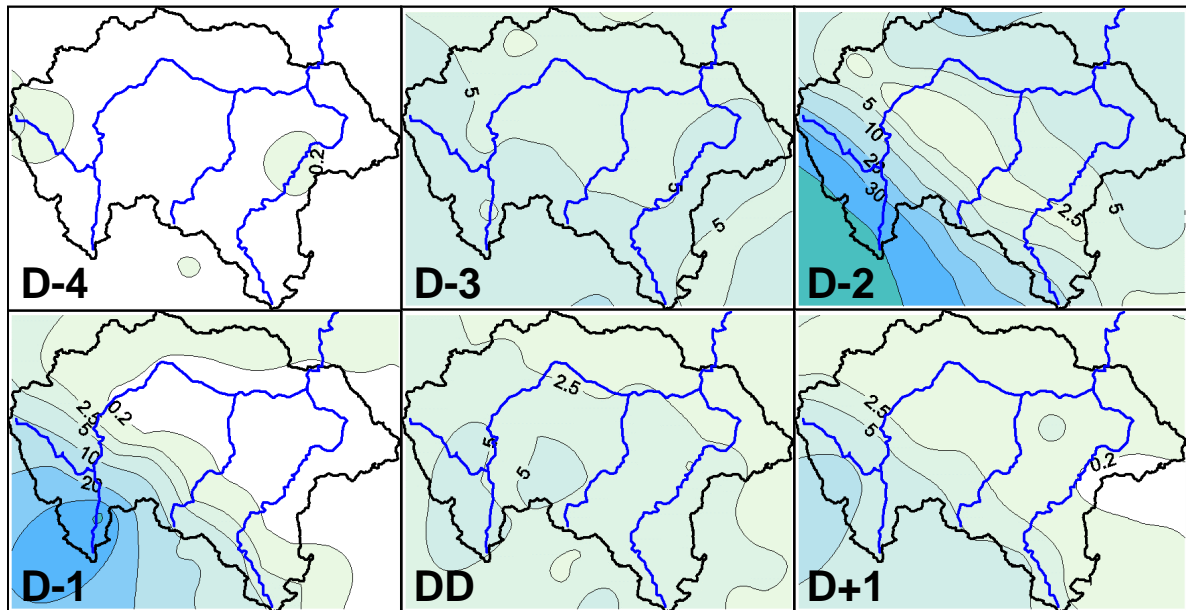
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



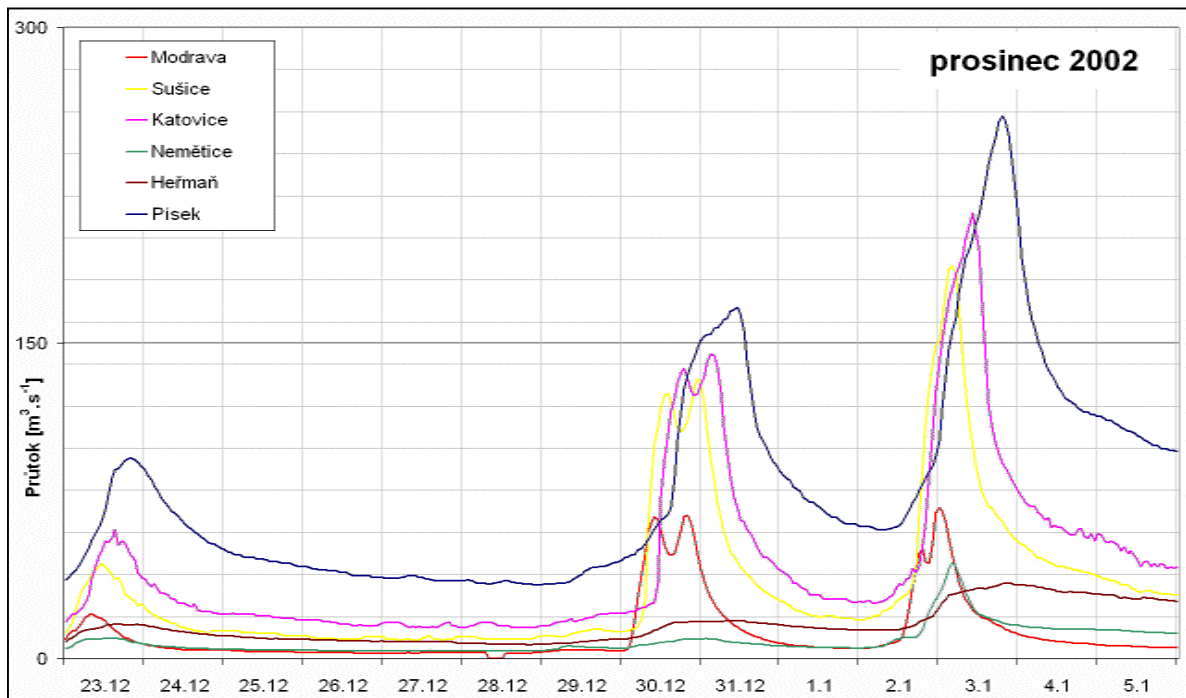
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD - 13.8.2002

20020813

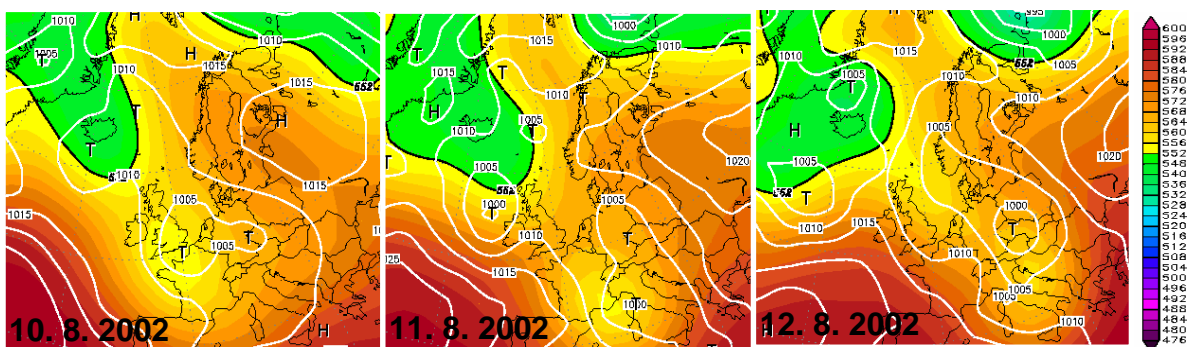
Opakováním povětrnostních situací, které s sebou ve sledu několika dní přinesly do oblasti střední Evropy extrémní srážky, vznikly podmínky, které vedly ke katastrofální povodni nejen na Otavě, ale v celém prostoru střední Evropy. Srážky cyklonálního původu byly spojené s přechodem tlakové níže středomořského původu po trajektorii vedoucí velmi blízko povodí Otavy. V důsledku silného proudění, severních až severozápadních směrů byly srážky orograficky zesílené zejména na úpatí Šumavy. Naměřené úhrny byly velmi vysoké, nicméně srovnatelné s povodněmi z let 1954 a 1890. Na katastrofální průběh povodně měla významný vliv vysoká nasycenost půdy, která byla příčinou malé retenční schopnosti krajiny. Maximální průtoky na celém povodí dosáhly hladin, které překonaly dosavadní maxima z doby přístrojového měření.

Kulminace a extremita povodně

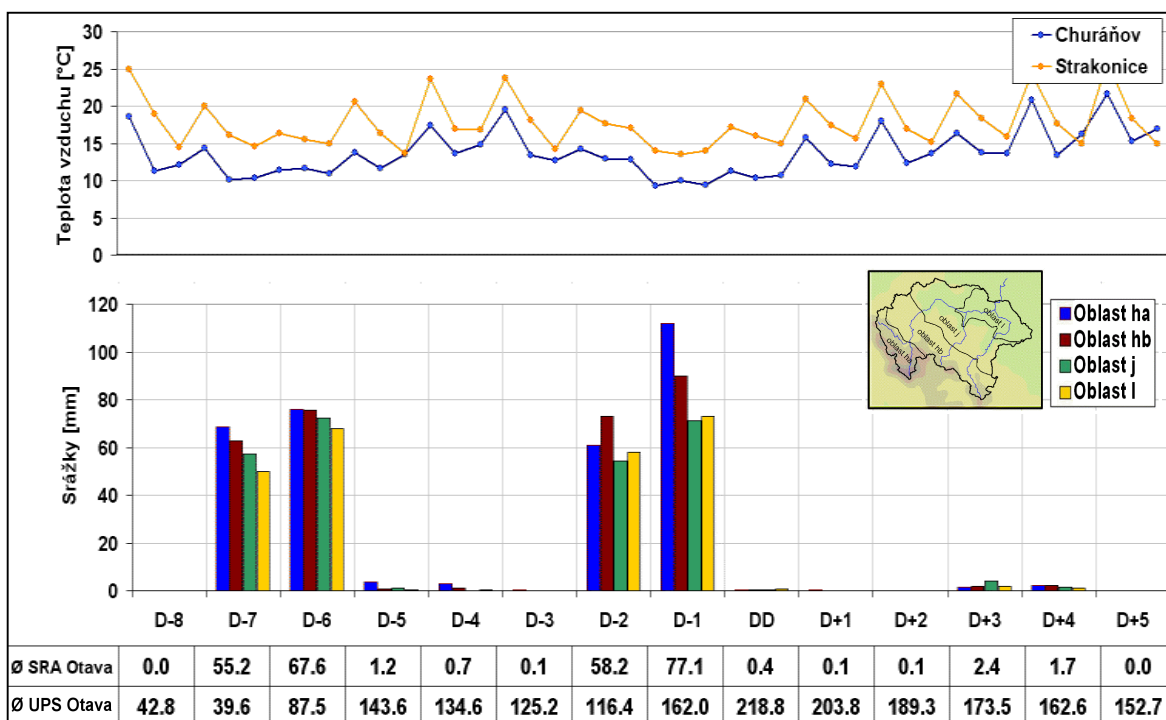
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	13.8.2002 11:00	1175	>Q100
Heřmaň	13.8.2002 01:00	443	>Q100
Katovice	13.8.2002 02:00	387	Q20-Q50
Sušice	12.8.2002 17:00	299	Q20-Q50

Povětrnostní situace

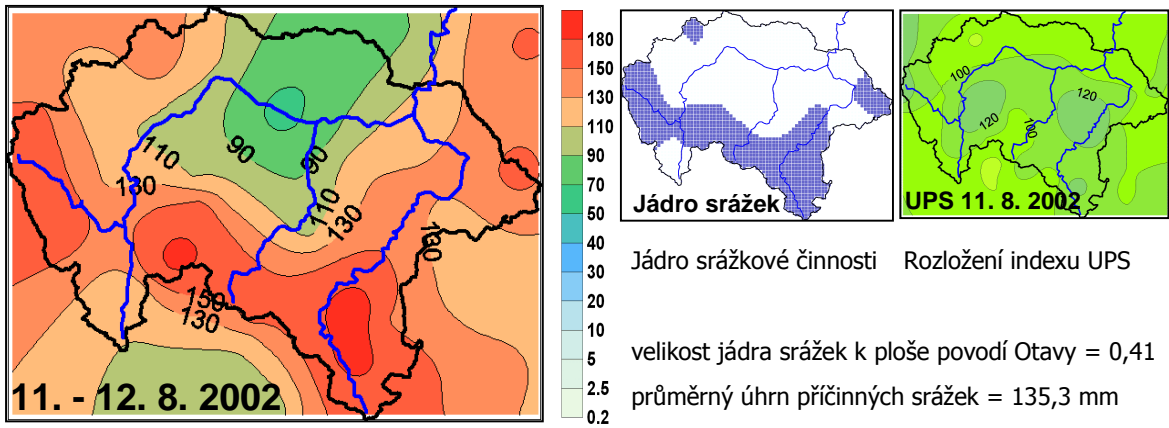
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	C	SEc	SEc	C	C	C	NEc
Churáňov směr větru [°]	250	120	40	360	300	280	310
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	1,7	1,0	1,3	1,7	6,3	6,0	3,0



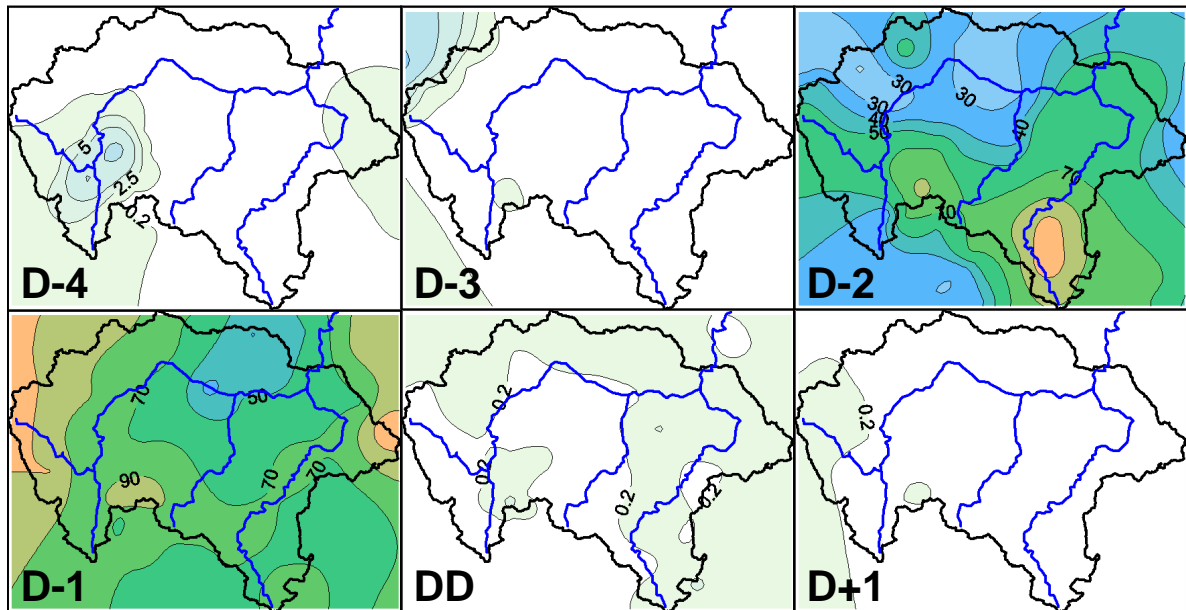
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



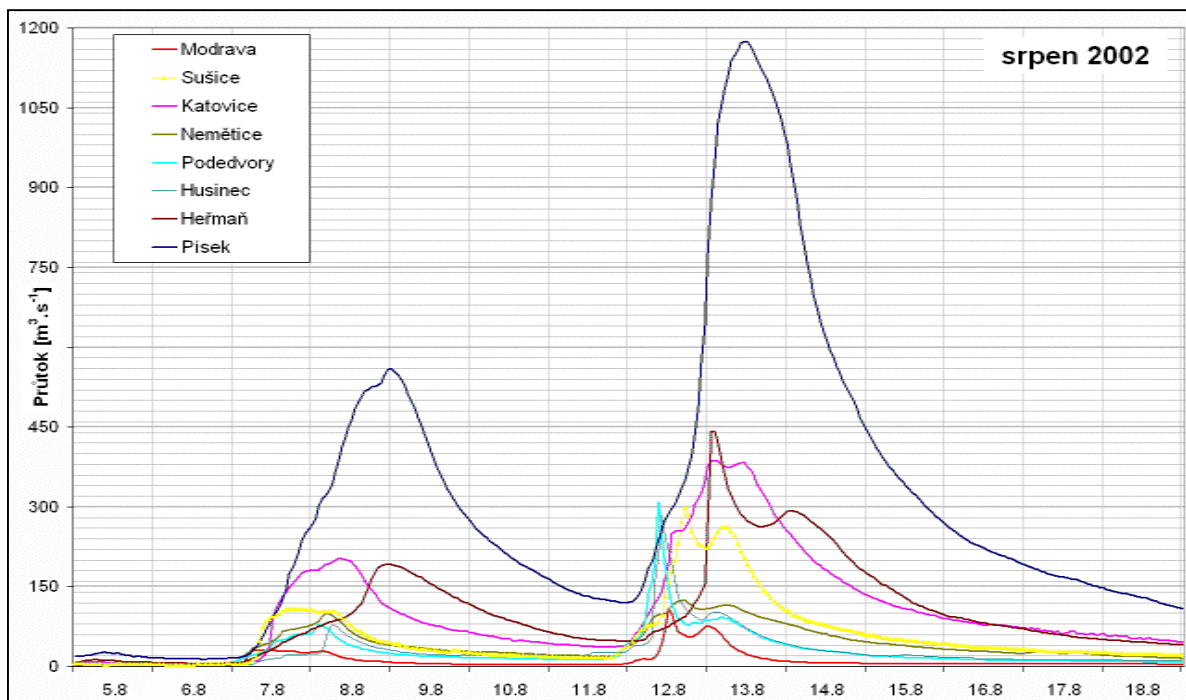
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD - 8.8.2002

20020808

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	8.8.2002 23:00	558	Q20-Q50
Heřmaň	8.8.2002 23:00	191	Q20-Q50
Katovice	8.8.2002 08:00	204	Q2-Q5
Sušice	7.8.2002 20:00	109	Q1

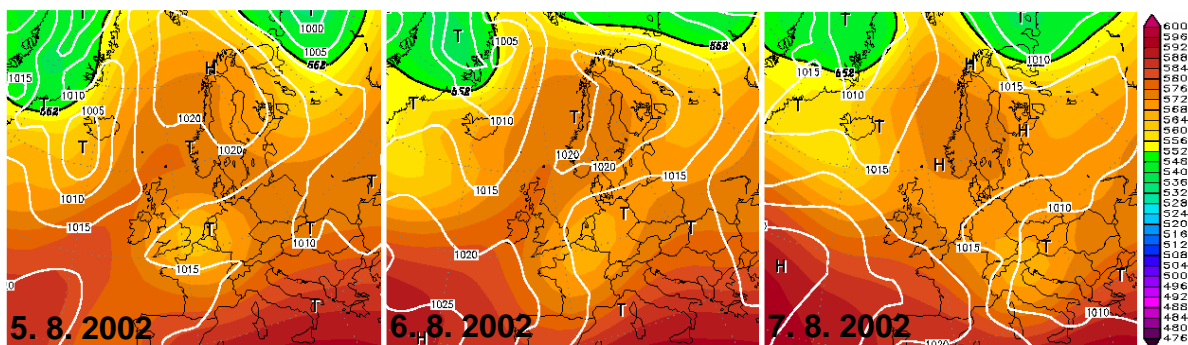
Povodeň je součástí jedné z největších povodňových katastrof v historii pozorování na území České republiky. První průtoková vlna srpnové povodně 2002 byla vyvolána silnými srážkami cyklonálního původu. Srážky vypadávaly v týlové části tlakové níže, která přecházela jihovýchodně od České republiky.

Rozložení úhrnů srážek bylo velmi rovnoměrné po celém povodí Otavy. Srážky nedosahovaly sice extrémních intenzit, ale byly velmi vytrvalé.

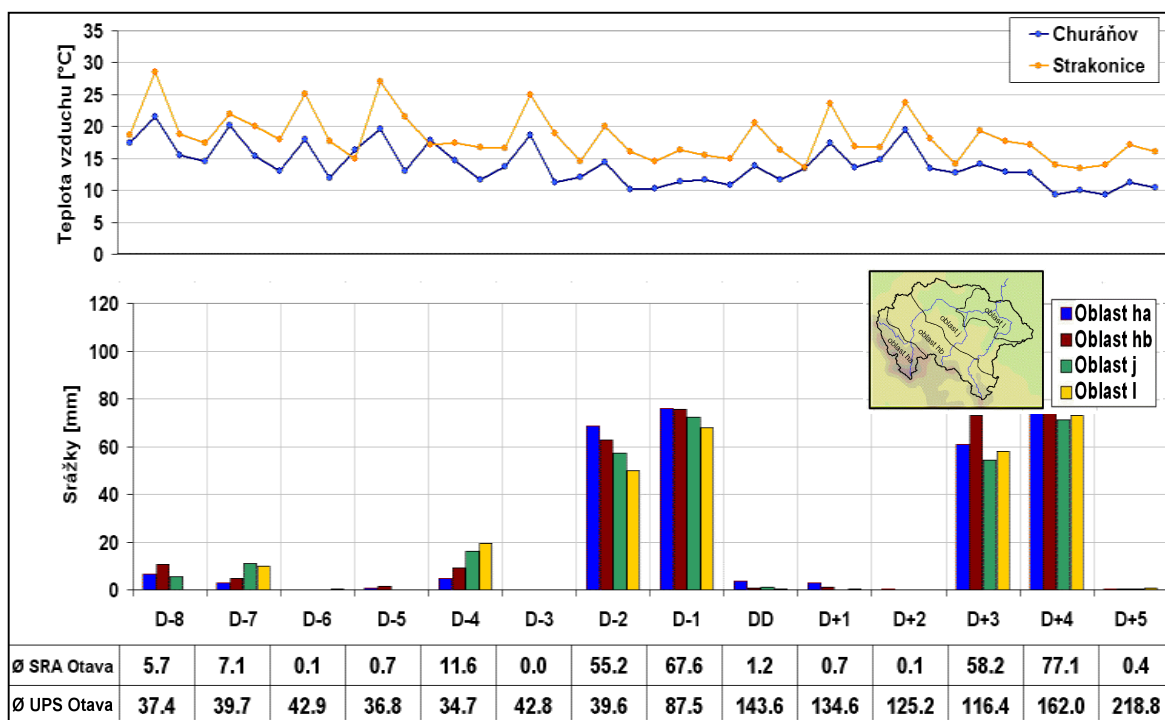
Následkem jejich plošného charakteru se vyskytly povodňové stavy prakticky ve všech vodoměrných profilech. Intenzita vzestupu hladin nebyla tak extrémní, v Písku mezi patou vlny a kulminací uběhlo téměř 40 hodin. Kulminace Otavy v Písku překročila 20letý průtok.

Povětrnostní situace

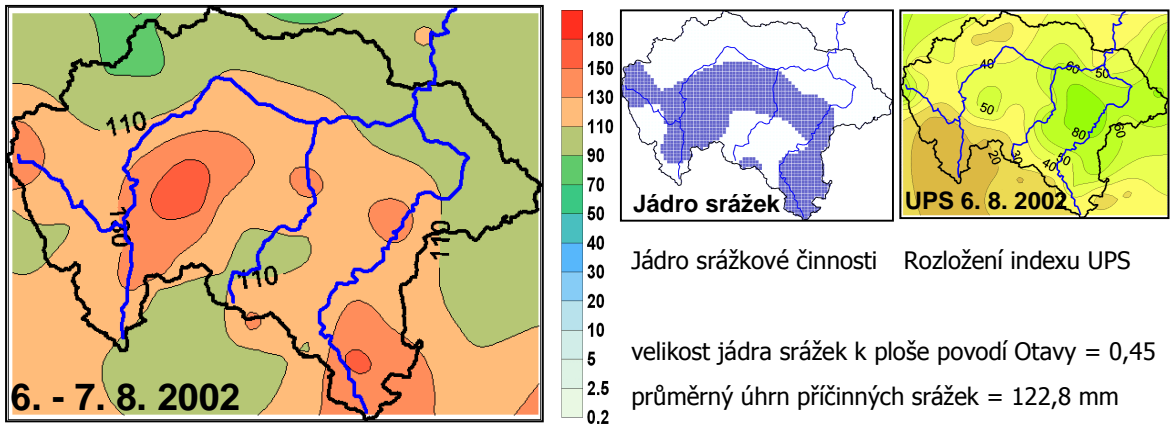
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	SWc3	SWc3	SWc3	C	C	C	SEc
Churáňov směr větru [°]	280	10	260	80	330	250	120
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	1,0	1,7	3,3	1,7	2,7	1,7	1,0



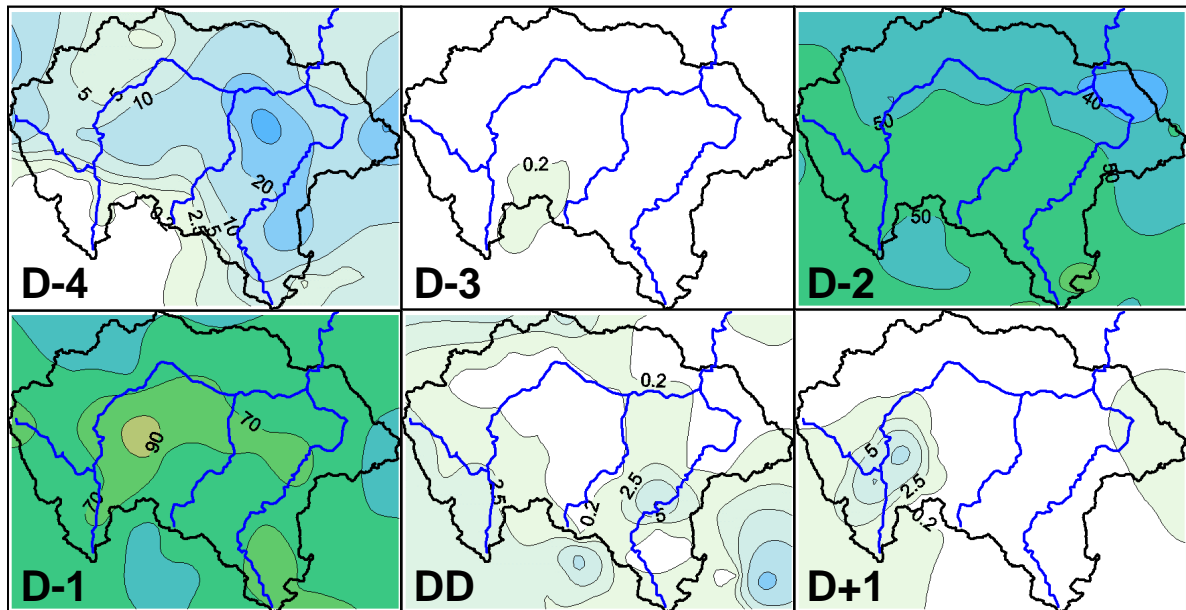
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



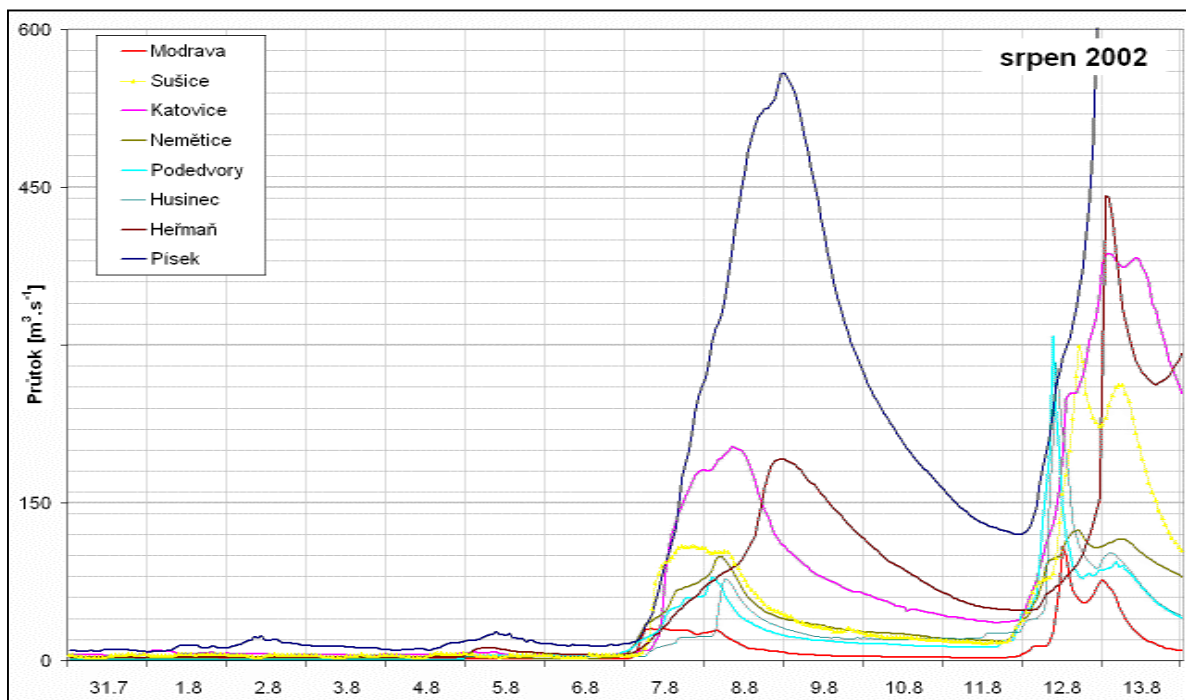
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD - 22.3.2002

20020322

Po ústupu tlakové výše se v druhé polovině března začaly do střední Evropa dostávat jednotlivé frontální systémy, které přinášely vlhký a teplý oceánský vzduch.

Sněhová pokrývka na Šumavě ležela v polovině března pouze v nadmořských výškách od 900 m n.m. Obsahovala ale poměrně velké množství vody. V nejvyšších polohách dosahovala její vodní hodnota přes 300 mm.

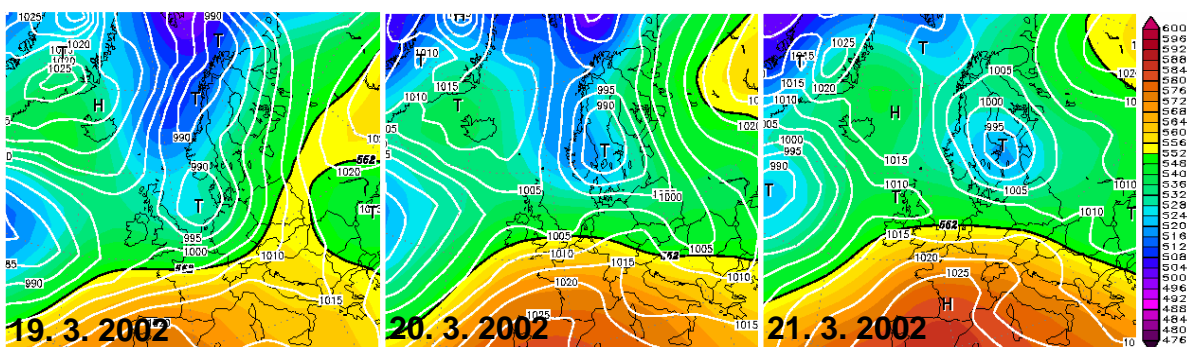
Na frontách se vyskytly vydatné srážky doprovázené silným větrem. Vítr v kombinaci s vlhkým vzduchem vyvolal intenzivní tání, které se spojilo s odtokem z dešťových srážek. Největších průtoků bylo dosaženo na horní Otavě a jejích přítocích, kde se projevil výrazně i vliv tání sněhu. Zvýšený odtok probíhal však také ze středních a dolních částí povodí, kde také přišlo. V Písku je tato povodeň největší jarní povodň za roky 1961 – 2006.

Kulminace a extremita povodně

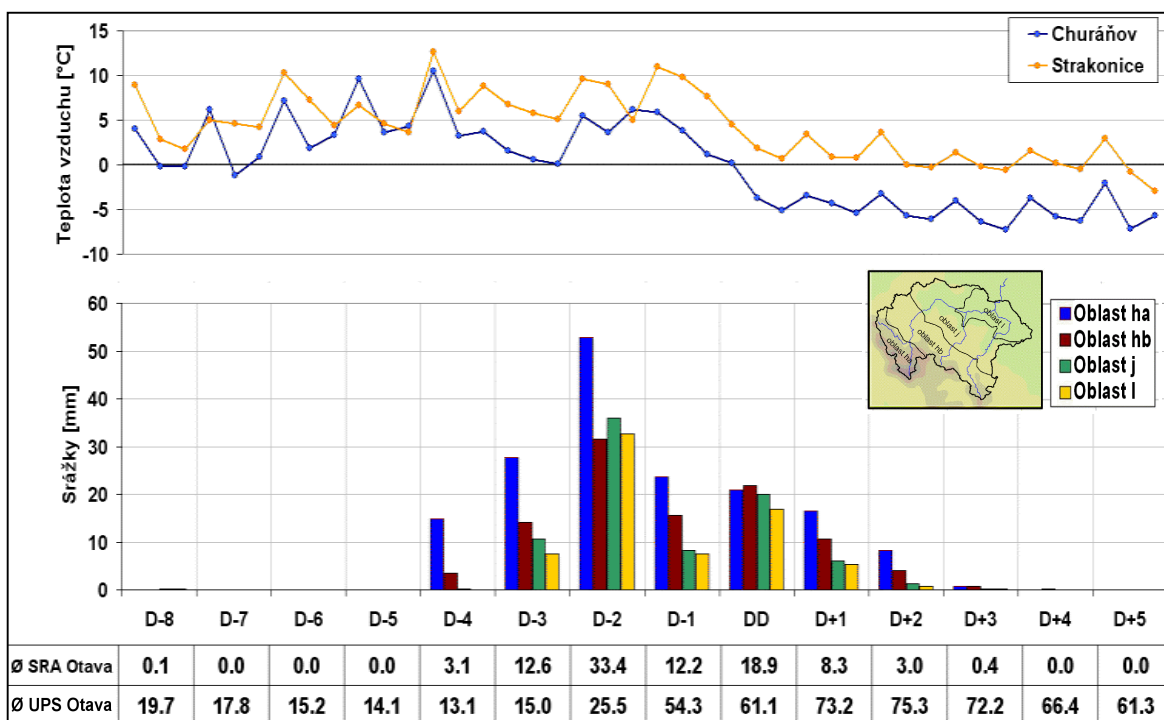
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	22.3.2002 09:00	267	Q2-Q5
Heřmaň	23.3.2002 06:00	34,6	Q1-Q2
Katovice	21.3.2002 23:00	207,4	Q2-Q5
Sušice	21.3.2002 16:00	180,6	Q5

Povětrnostní situace

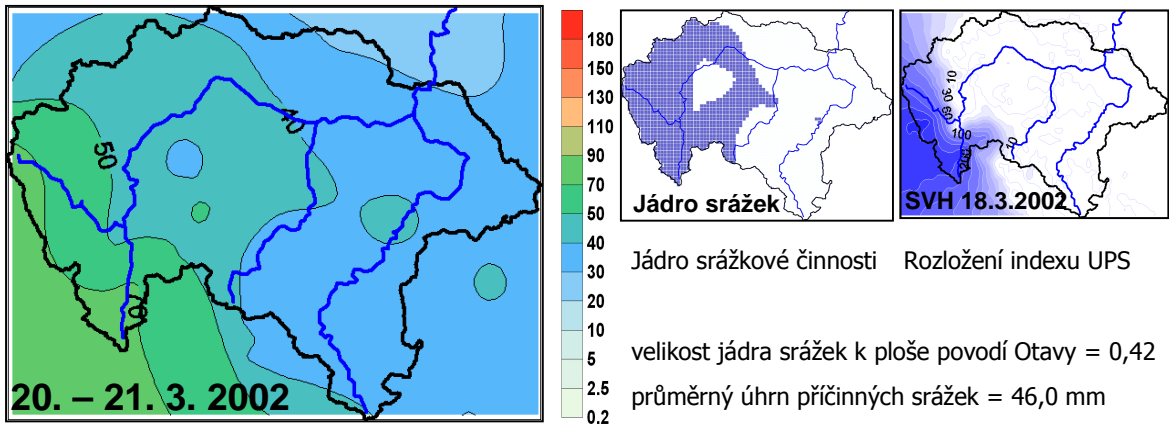
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	SEa	Wc	Wc	Wc	Vfz	Vfz	NEc
Churáňov směr větru [°]	20	290	260	270	280	290	350
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	1,7	2,3	6,0	5,7	5,7	5,0	4,0



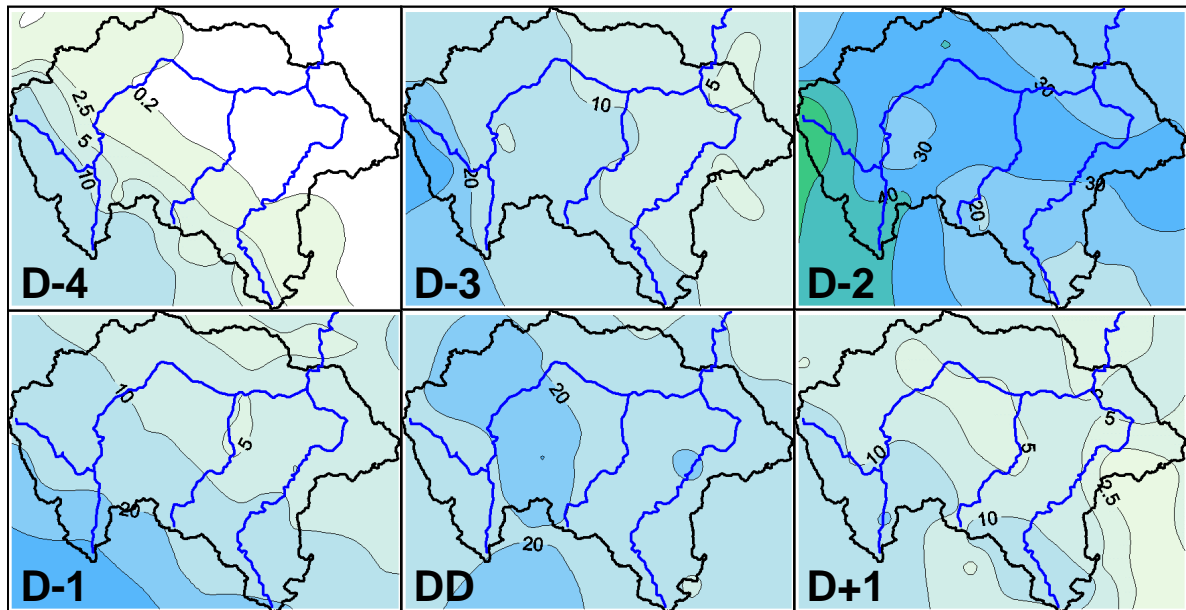
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



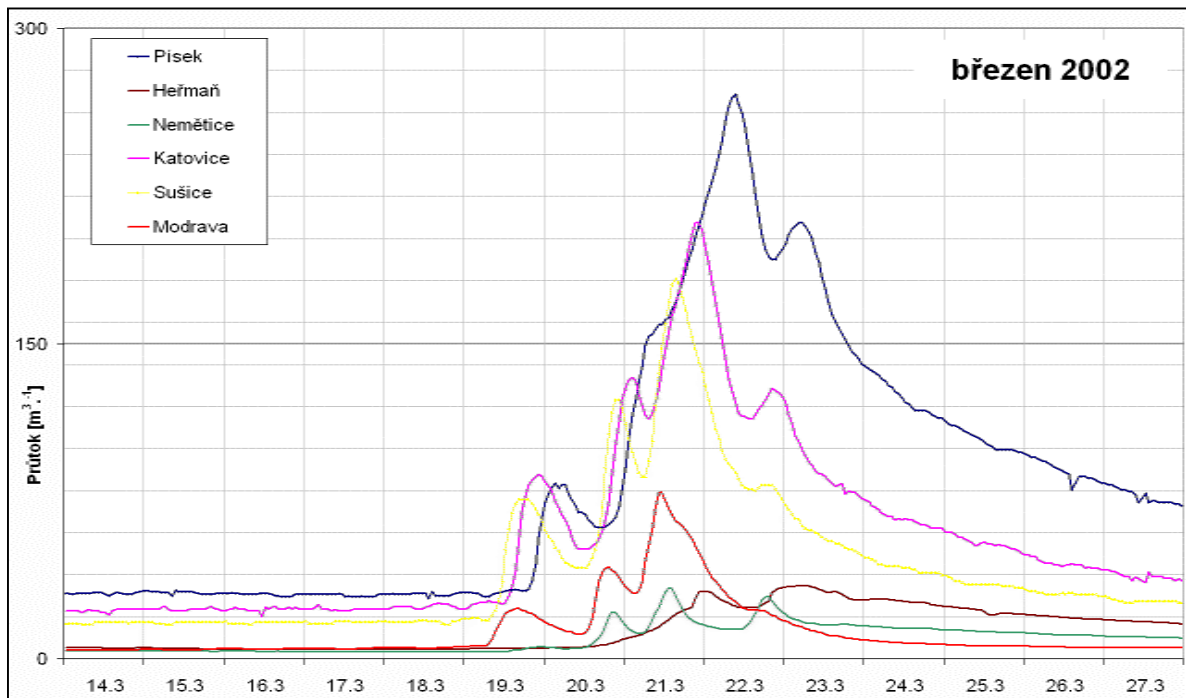
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 2.11.1998

19981102

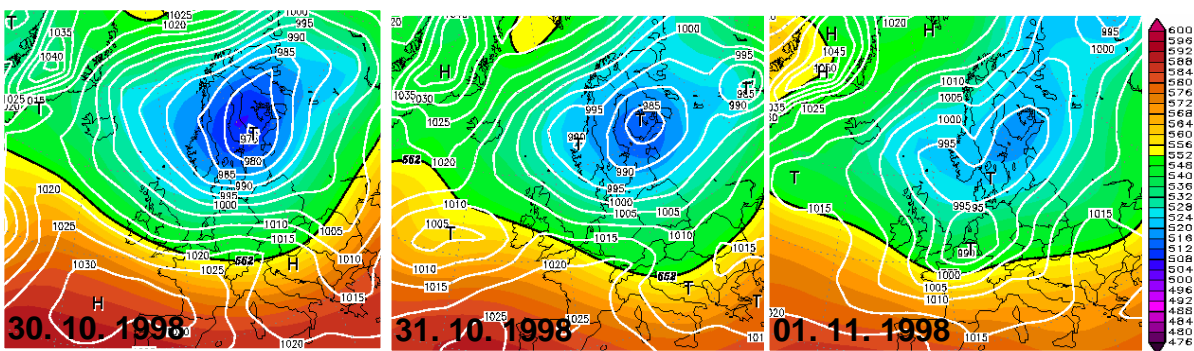
Oživení vzestupů hladin řek po povodní z konce října 1998 bylo způsobeno opakovaným přechodem frontálních systémů postupujících od západu k východu. Velmi podobné povětrnostní podmínky vyvolaly také téměř rovnoměrné rozložení srážek v povodí. Nejvyšší úhny napadly v centrální části Šumavy, směrem do podhůří množství srážek rychle klesalo. Objem příčných srážek byl sice menší než u předešlé epizody, ale vlivem vyšší nasycenosti povodí a také díky již naplněným korytům řek, přesáhly hladiny Otavy na většině sledovaných stanic maxima naměřená na konci října. Rozvodnění zasáhlo prakticky všechny řeky odvodňující Šumavu včetně povodí Berounky a horní Vltavy nad přehradní nádrží Lipno. Průběh odtokové odezvy a tvar povodňových vln byl u obou zmíněných povodní velmi podobný a signalizuje stejný mechanismus jejich vzniku.

Kulminace a extremita povodně

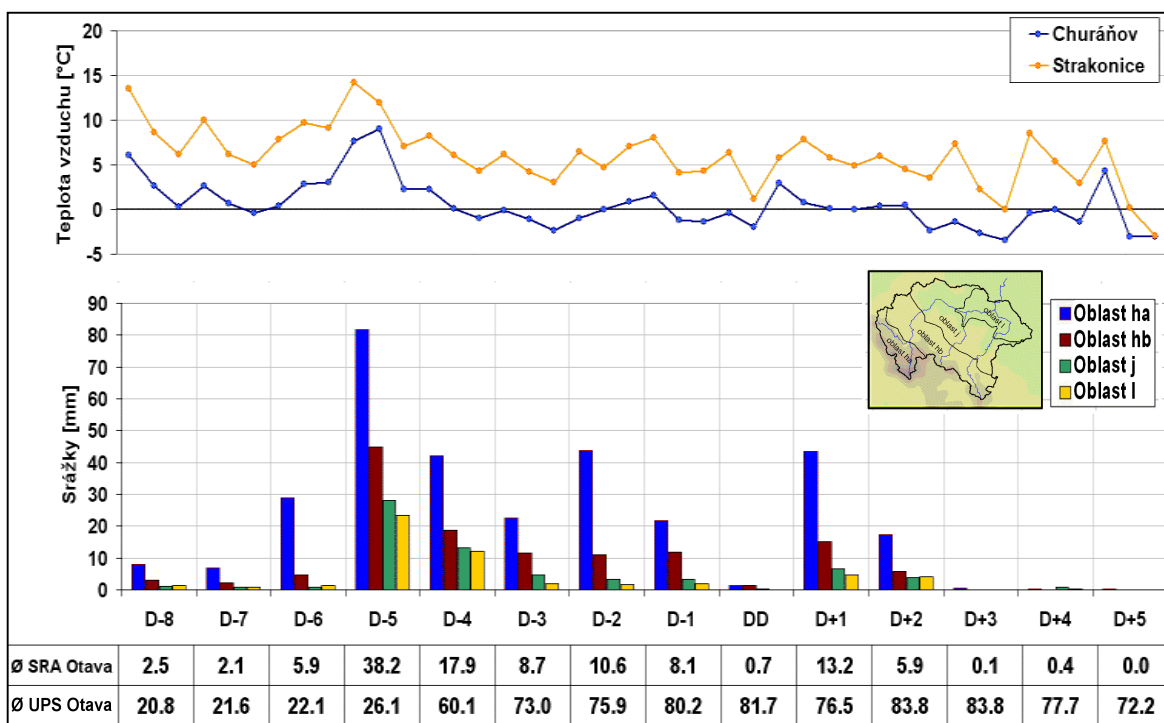
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	2.11.1998 11:00	211	Q2
Heřmaň	2.11.1998 14:00	13,4	<Q1
Katovice	1.11.1998 23:00	200	Q2-Q5
Sušice	1.11.1998 18:00	190	Q5

Povětrnostní situace

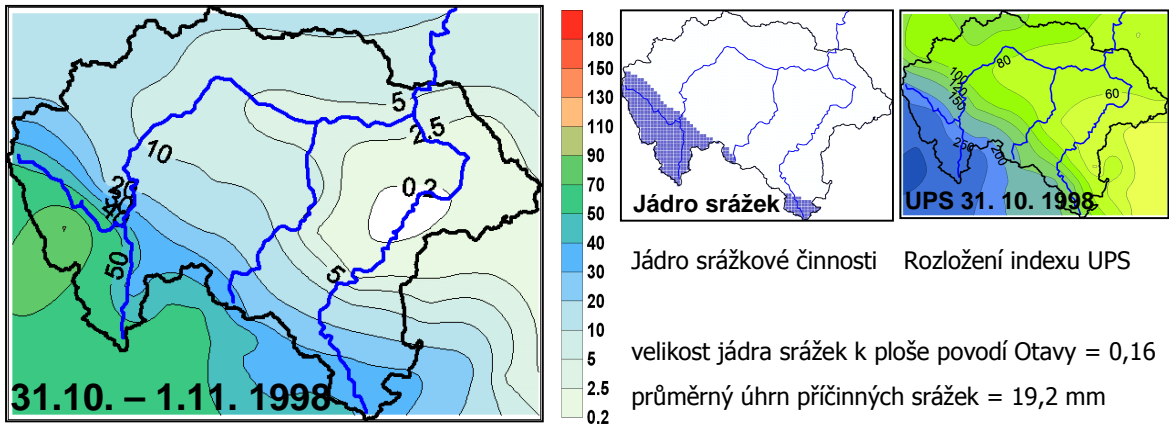
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wc	Wc	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	SWc3
Churáňov směr větru [°]	260	270	260	250	260	250	250
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	8,7	7,0	6,3	6,0	7,3	4,7	4,7



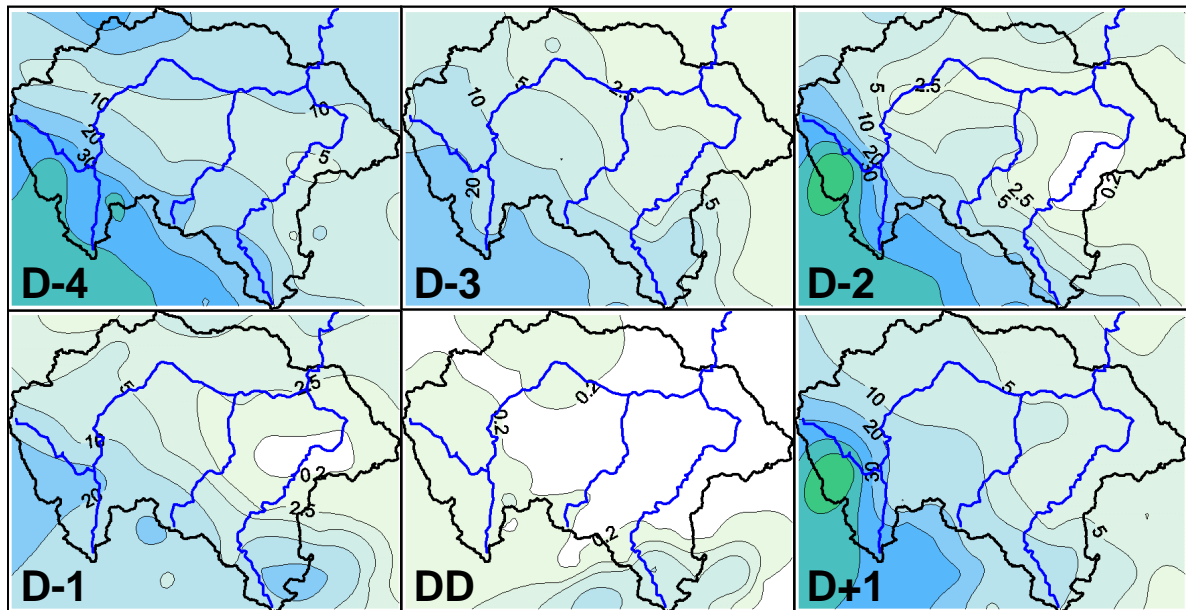
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



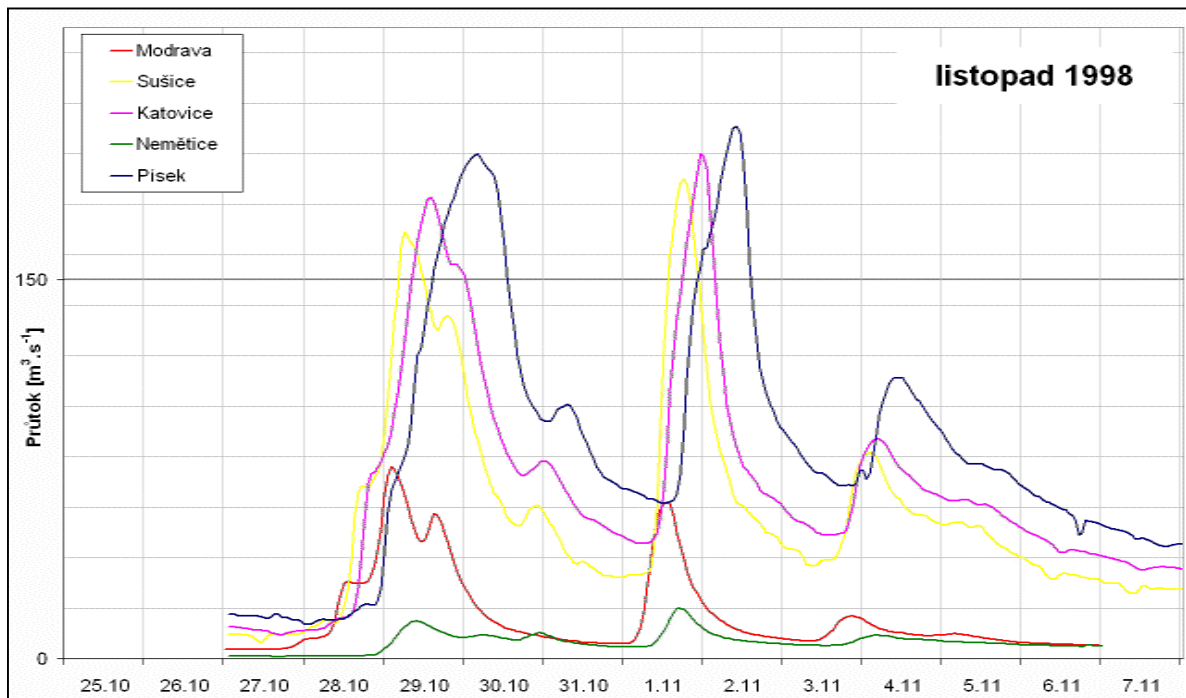
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 30.10.1998

19981030

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	30.10.1998 04:00	200	Q2
Heřmaň	30.10.1998 22:00	9,5	<Q1
Katovice	29.10.1998 14:00	183	Q2-Q5
Sušice	29.10.1998 06:00	169	Q2-Q5

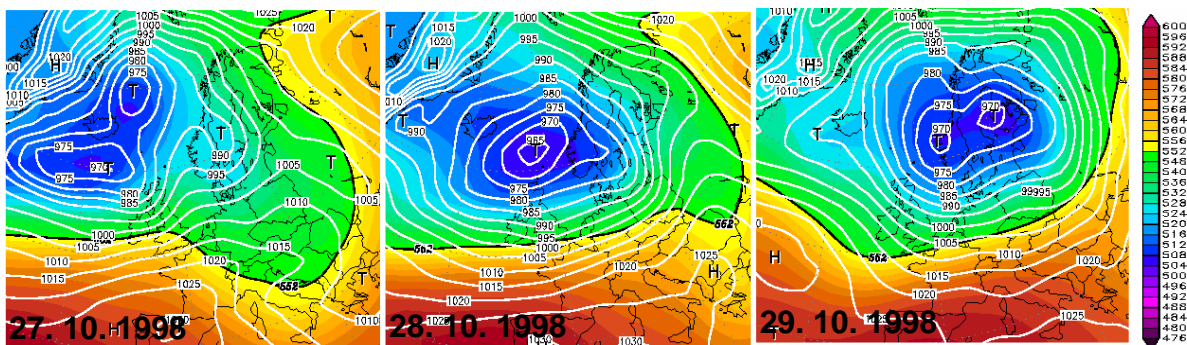
V druhé polovině října 1998 se Česká republika nacházela v silném západním proudění, které přinášelo srážky zejména do centrální části Šumavy. Tyto deště nebyly významné, ale vedly k celkové nasycenosti povodí. Vydáté dešťové srážky vpadávaly až v teplém sektoru frontálního systému, který přecházel 28. a 29. října. Intenzita srážek znovu vzrostla při přechodu studené fronty, což je dobře patrné z existence vedlejších vrcholů u průtokové vlny na Modravě.

Denní úhrny srážek ve vrcholové oblasti Šumavy překročily za 3 dny 100 mm, v centrální a severní části povodí Otavy byly výrazně menší.

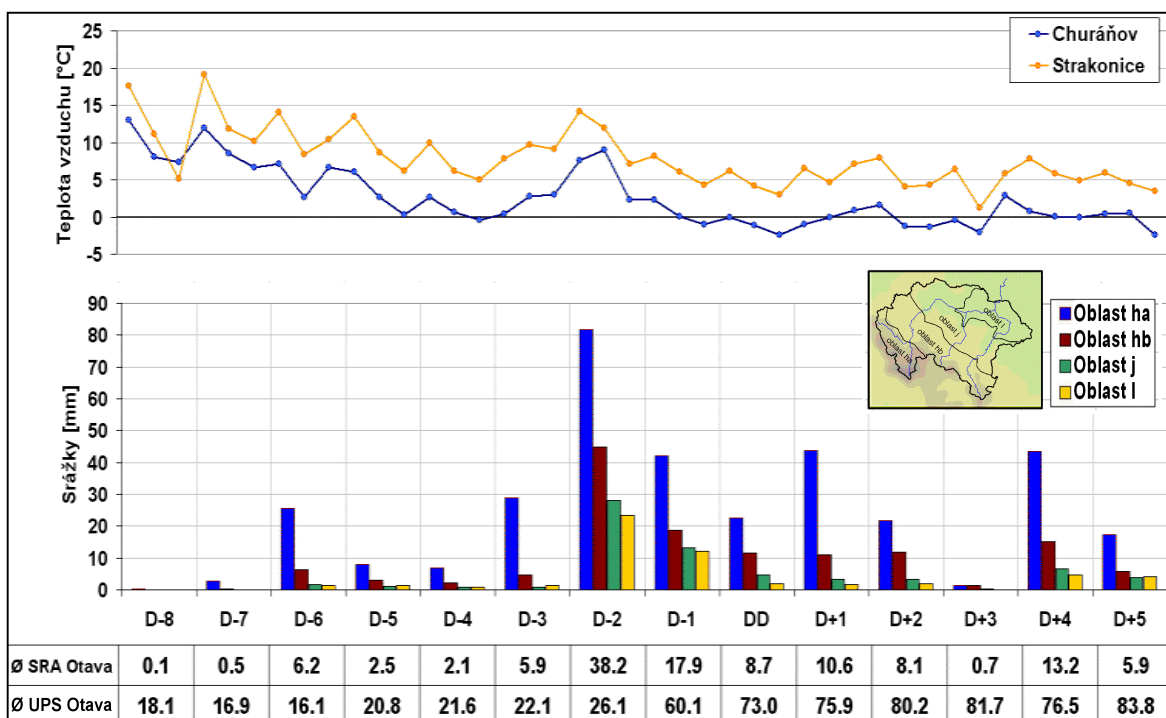
Odtoková odezva na Otavě se formovala převážně na jejím horním povodí po Sušici. Vydra na Modravě a Otava v Sušici také dosáhly výrazně větších extremit kulminací než Otava v Písku.

Povětrnostní situace

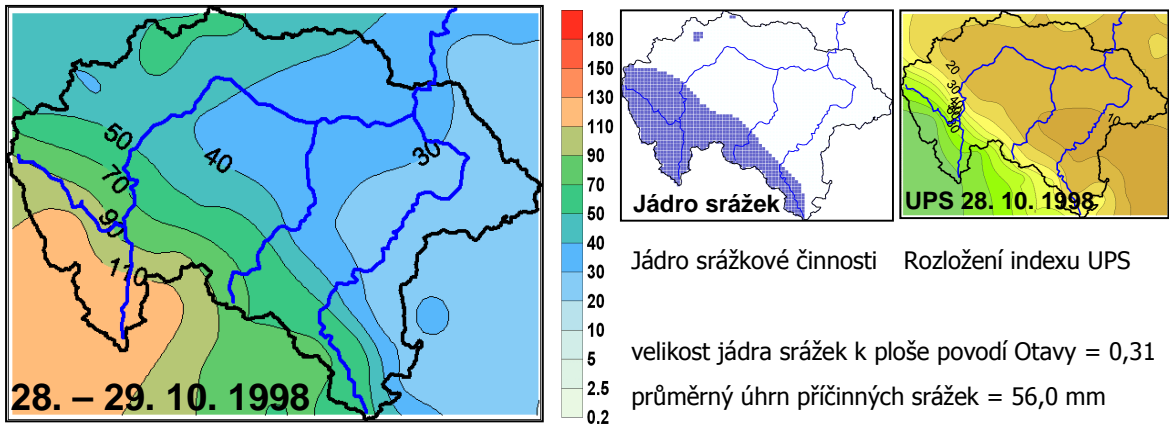
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wcs	Wcs	Wc	Wc	Wcs	Wcs	Wcs
Churáňov směr větru [°]	270	270	270	260	270	260	250
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	8,0	5,7	7,7	8,7	7,0	6,3	6,0



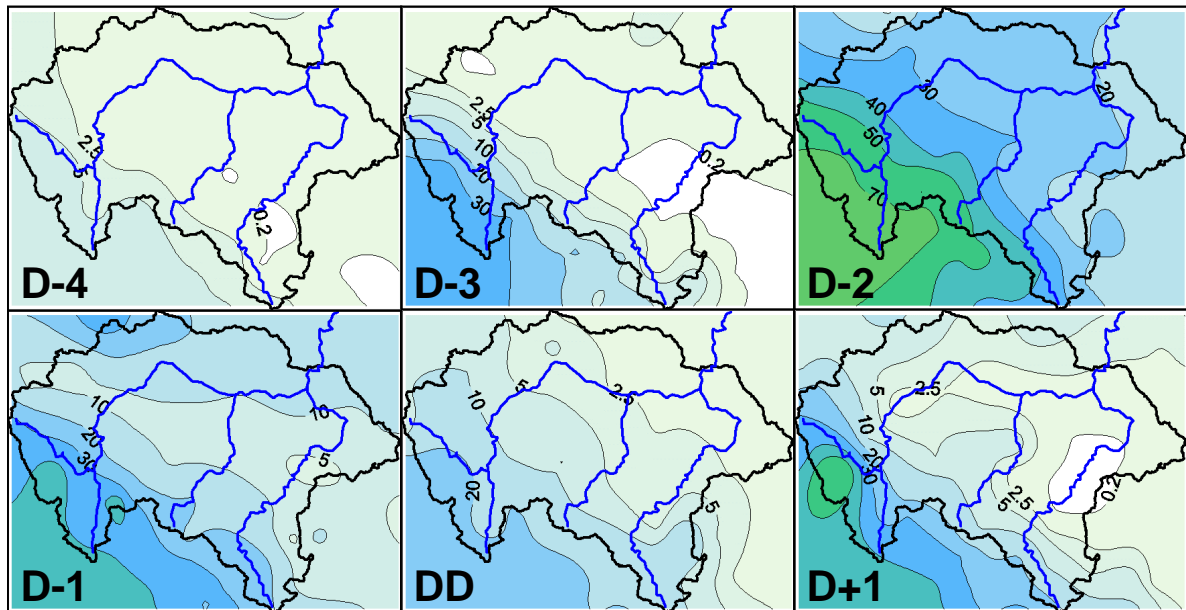
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



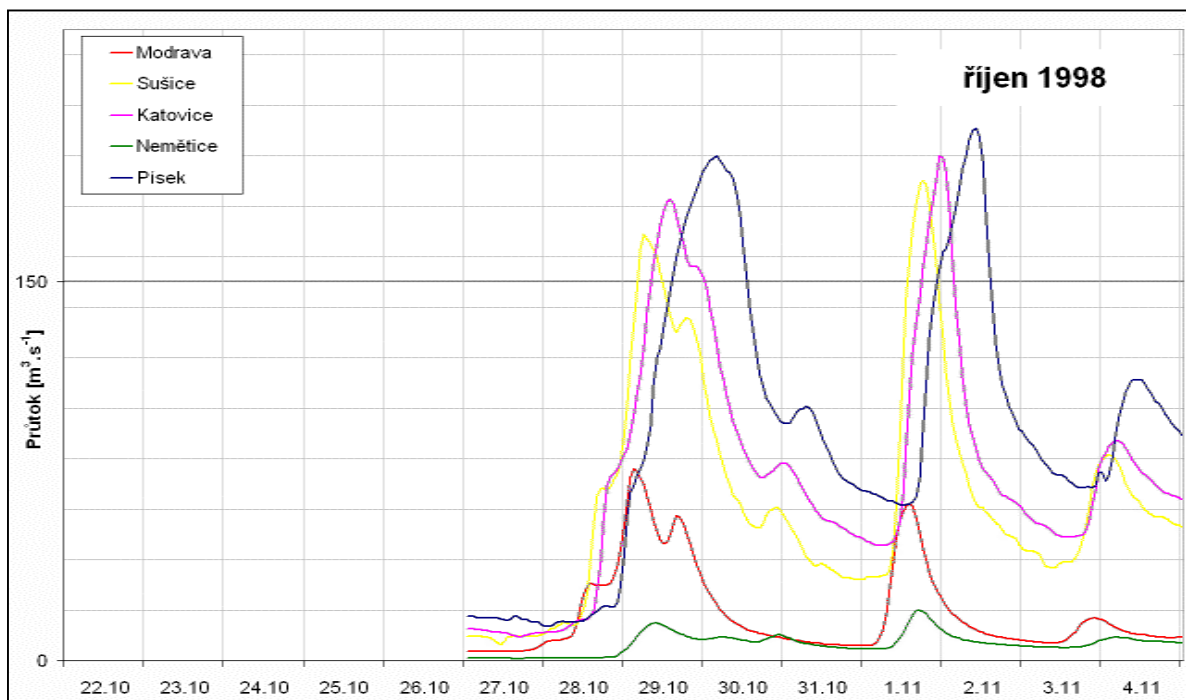
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 16.9.1998

19980916

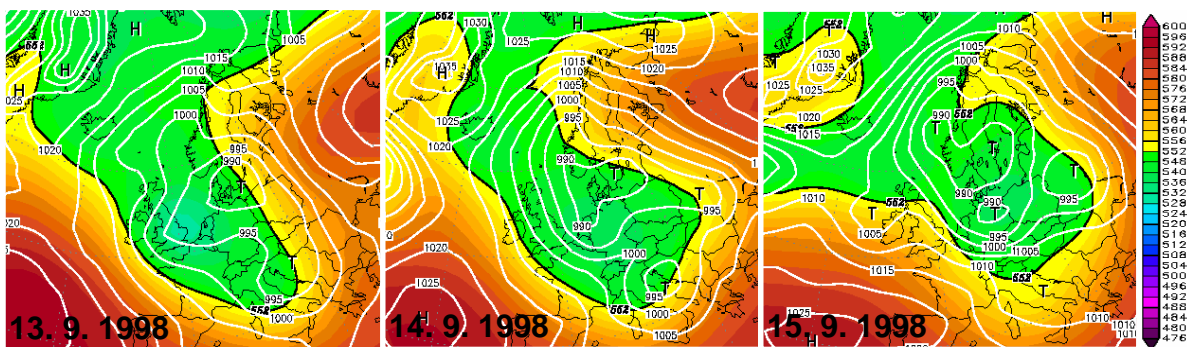
Ve dnech před povodní se nad střední Evropou udržovala rozsáhlá oblast nízkého tlaku vzduchu, ze které se postupně oddělila další tlaková níže, která se nacházela nejprve v den D-2 jižně, později spíše severozápadně ve vztahu k povodí Otavy. Proto také v kritických dnech docházelo v povodí Otavy k západnímu proudění, ačkoliv pro tento typ povětrnostní situace (C) je typický směr větru spíše ze severu nebo severovýchodu. Tomuto směru proudění odpovídá i rozložení srážek, které signalizuje silné orografické zesílení v centrální části Šumavy a výrazný srážkový stín v podhůří. Odtoková odezva je proto charakteristická velkým podílem odtoku z horního povodí Otavy, rychlými vzestupy hladin řek a poměrně malým objemem průtokových vln.

Kulminace a extremita povodně

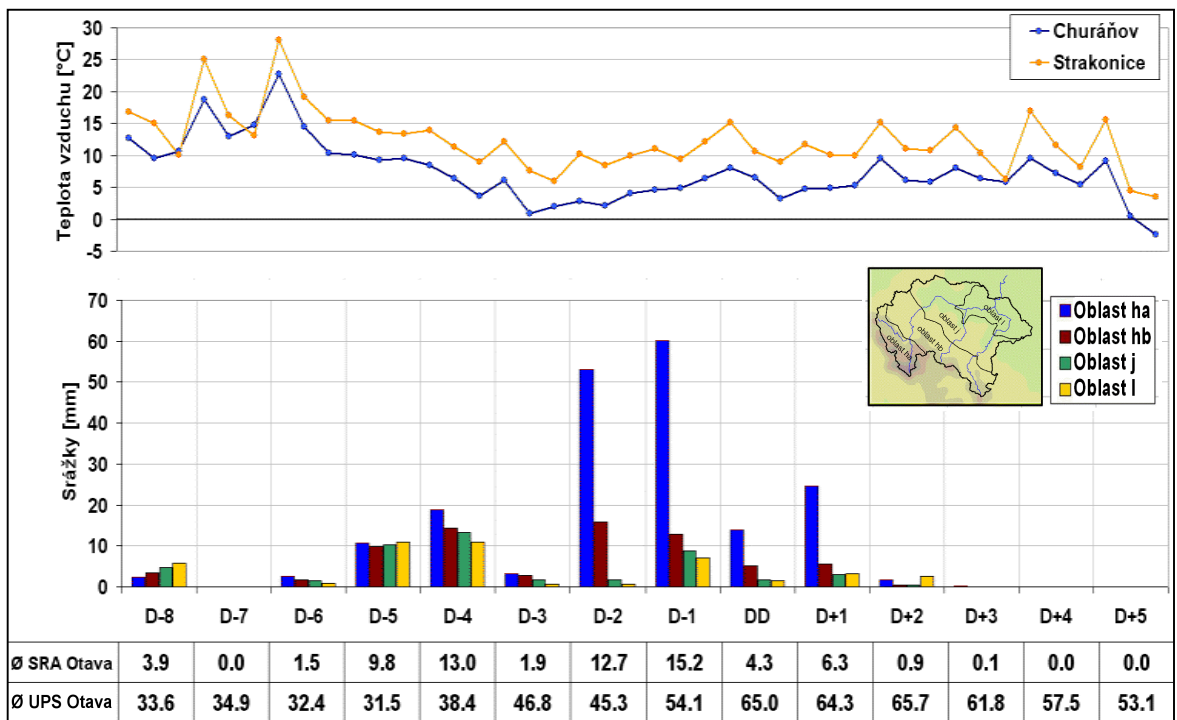
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	16.9.1998 11:00	154	Q1
Heřmaň	-	-	
Katovice	16.9.1998 04:00	153	Q1-Q2
Sušice	15.9.1998 23:00	147	Q2

Povětrnostní situace

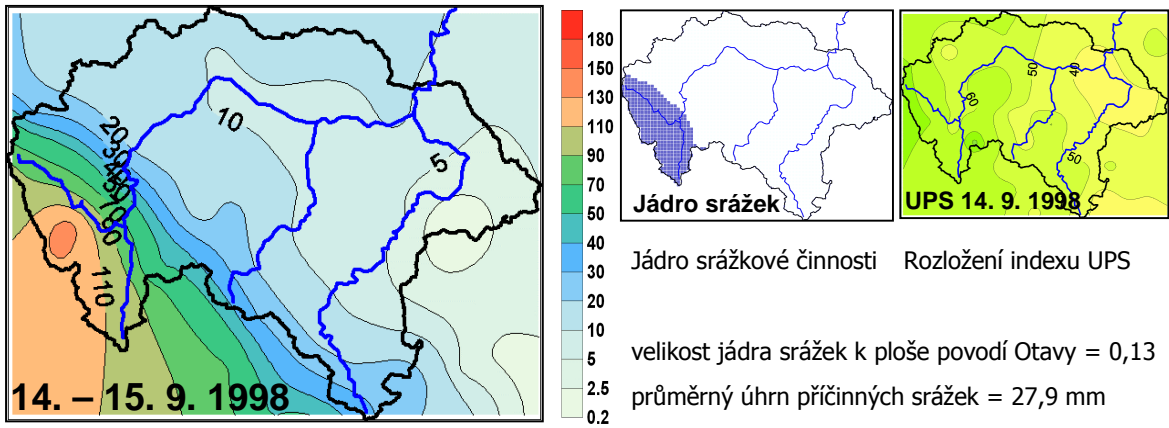
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	B	B	C	C	C	Bp	Bp
Churáňov směr větru [°]	310	320	270	260	260	270	270
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	3,0	3,3	3,7	7,0	8,3	5,3	6,0



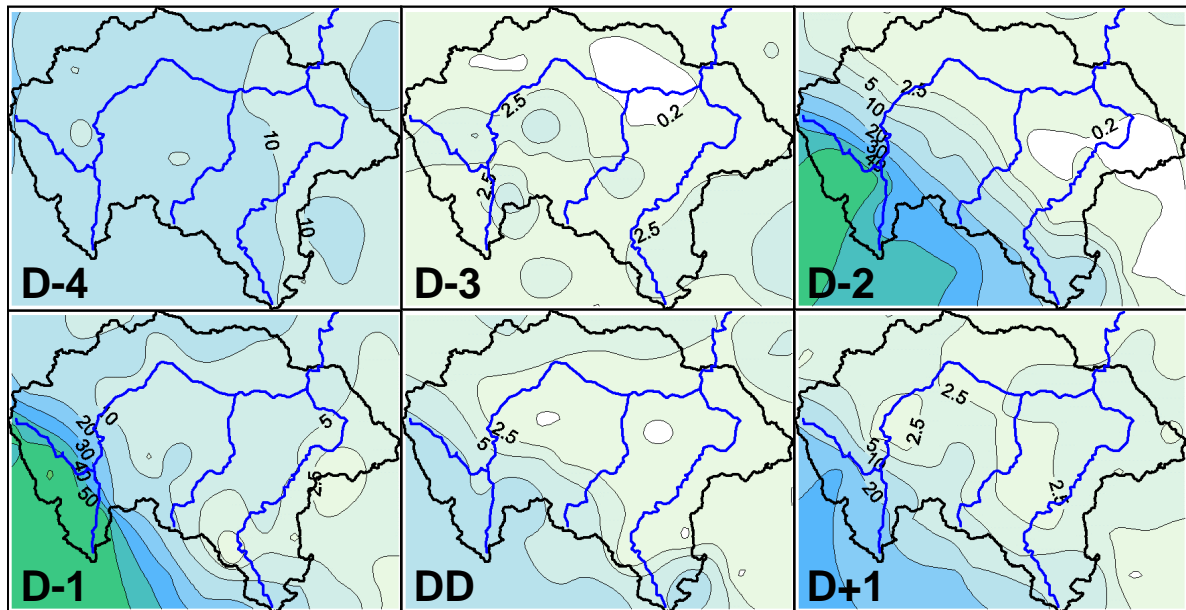
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



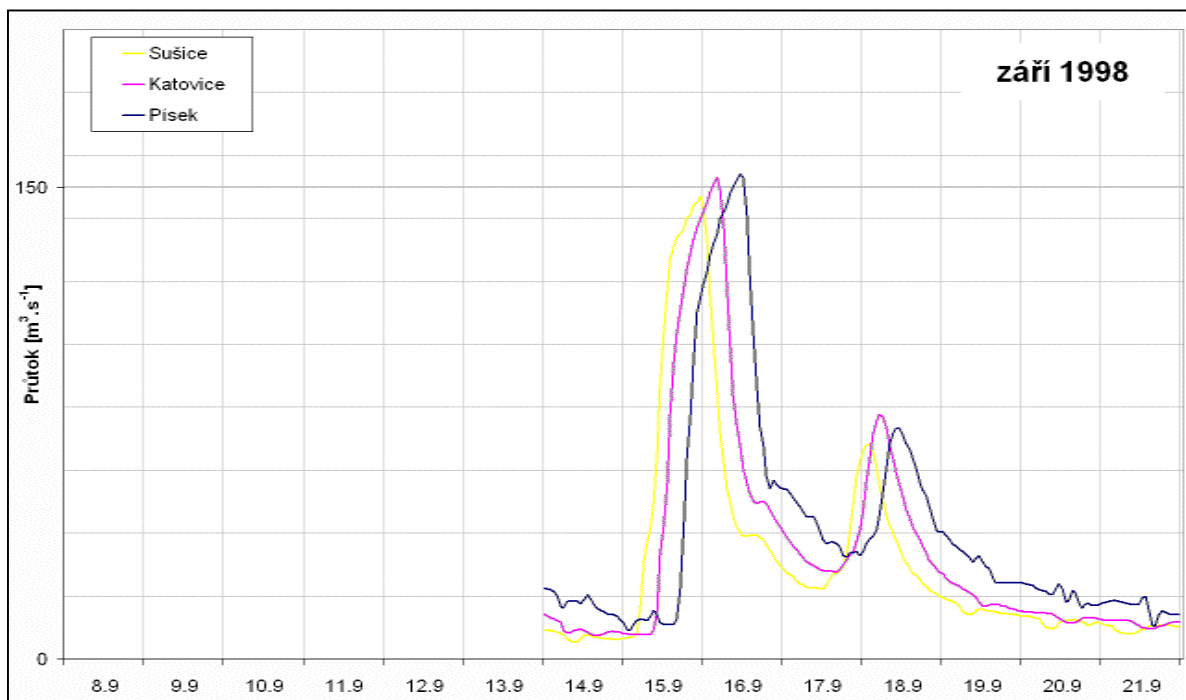
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 17.3.1997

19970317

Kulminace a extremita povodně

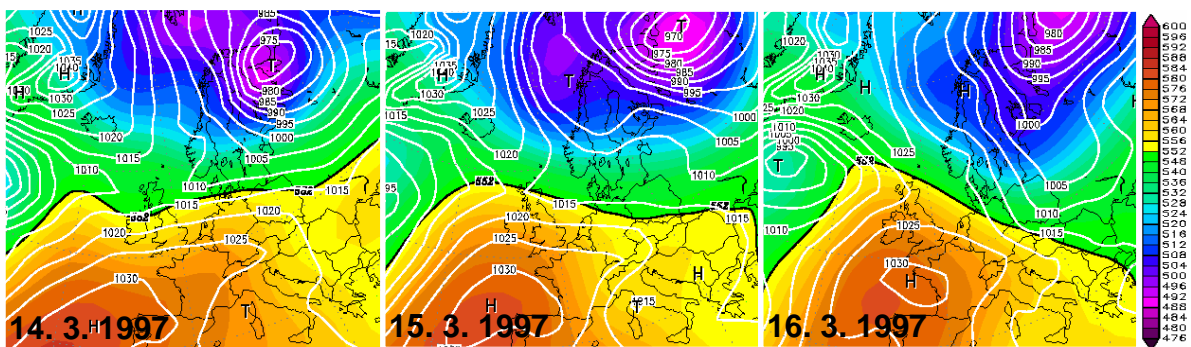
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	17.3.1997 19:00	169,4	Q1-Q2
Heřmaň	17.3.1997 11:00	31,8	Q1
Katovice	17.3.1997 12:00	110,6	<Q1
Sušice	17.3.1997 09:00	83,5	<Q1

Povodí bylo v této době už bez zásob sněhu. Průtok v Písku se udržoval stabilně kolem 35 m³.s⁻¹, což představovalo nasycenost povodí, která byla důsledkem předchozího tání srážek spojených s povodňovou situací 19970227. První tři dny sledovaného období trvalo anticyklonální počasí bez srážek, které v této části roku už nebývá spojeno s ochlazením. Teprve s nástupem západní cyklonální situace Wc se začínají obvykle objevovat srážky, nejprve nevýrazné v D-2 a výrazně pak zesilující v D-1.

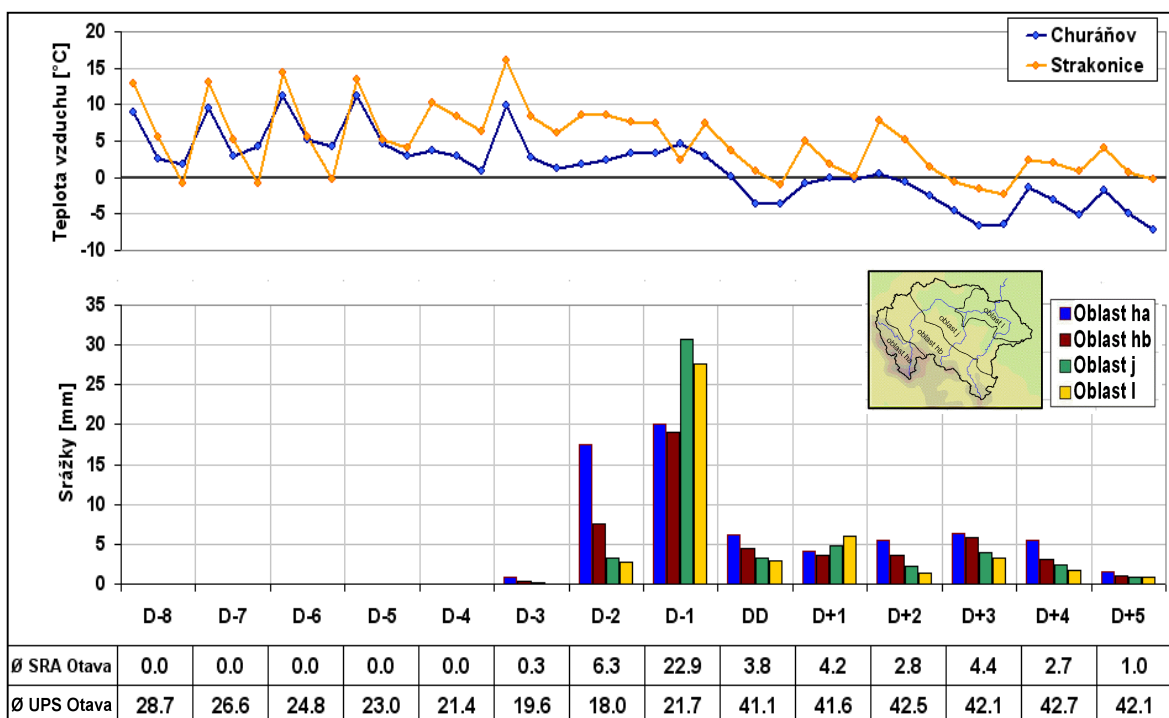
Vzestup průtokové vlny nebyl tak příkrý, jak by se dalo čekat z velikosti srážkového úhrnu. Důvodem mohla být poměrně malá intenzita deště spojená s nízkou oblačností, na kterou lze usuzovat z teplotní inverze v tento den a z výrazně vyšších srážkových úhrnů v podhůří než na horách.

Povětrnostní situace

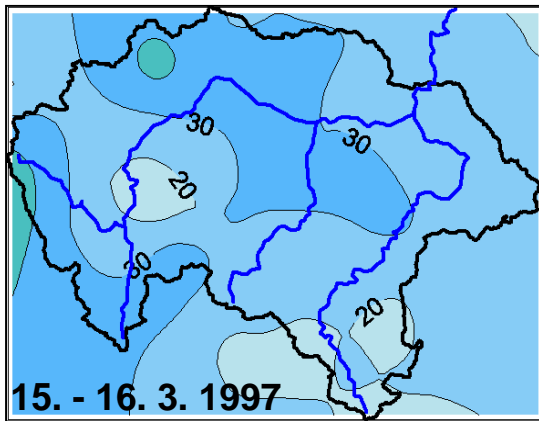
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	A	Wc	Wc	Wc	NWc	NWc	NWc
Churáňov směr větru [°]	20	270	260	260	290	320	310
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	3,3	3,7	4,3	6,3	7,0	4,3	2,7



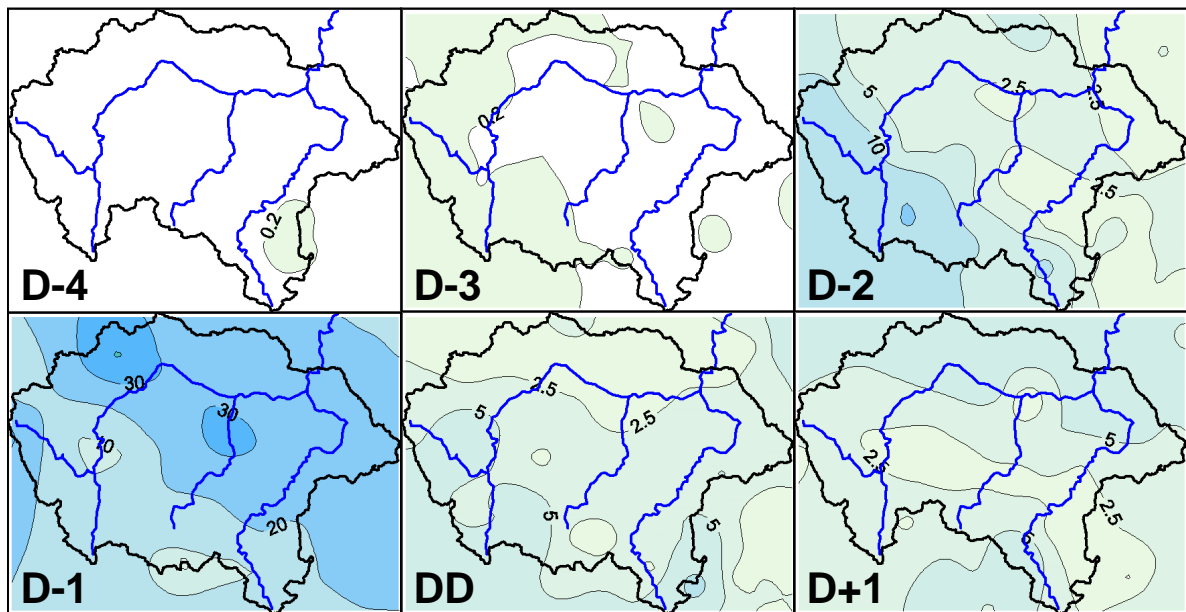
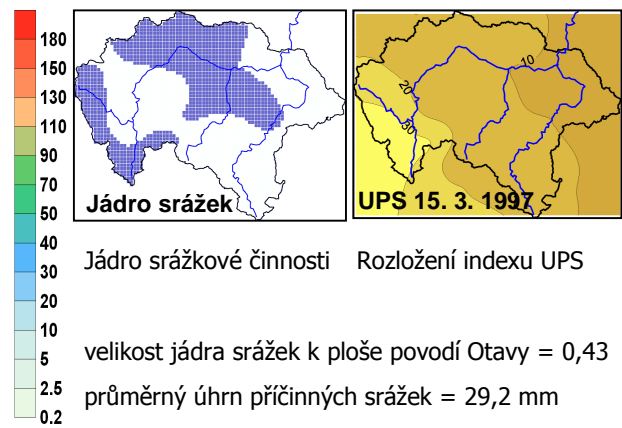
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



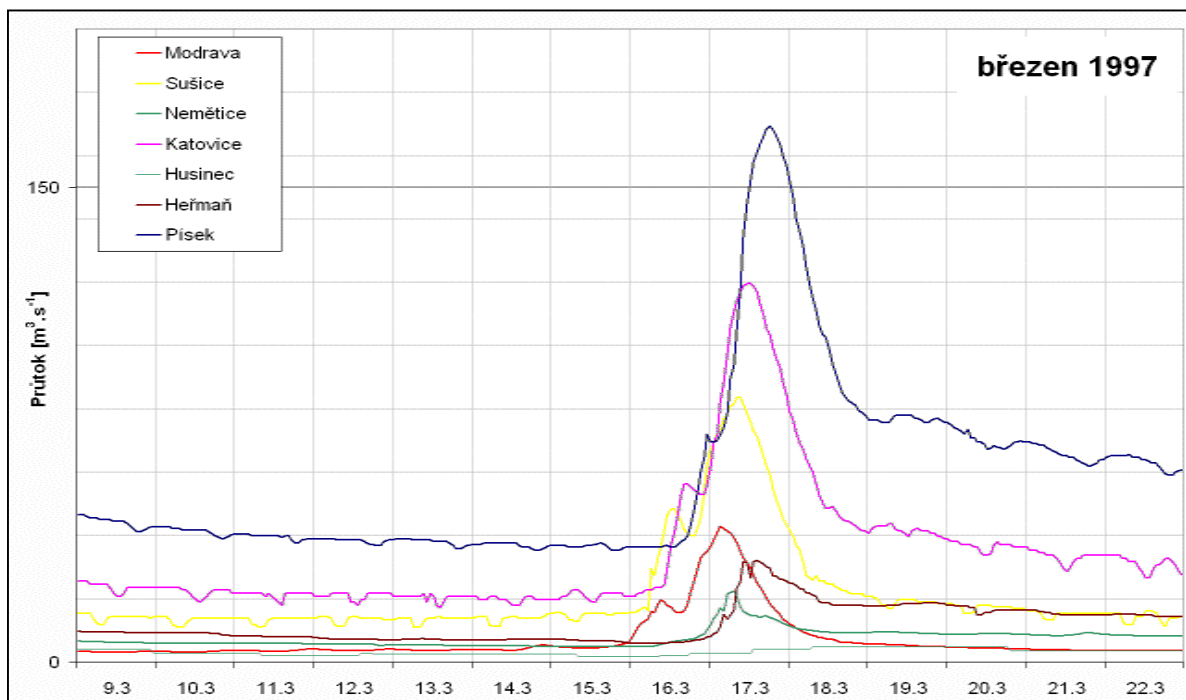
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 27.2.1997

19970227

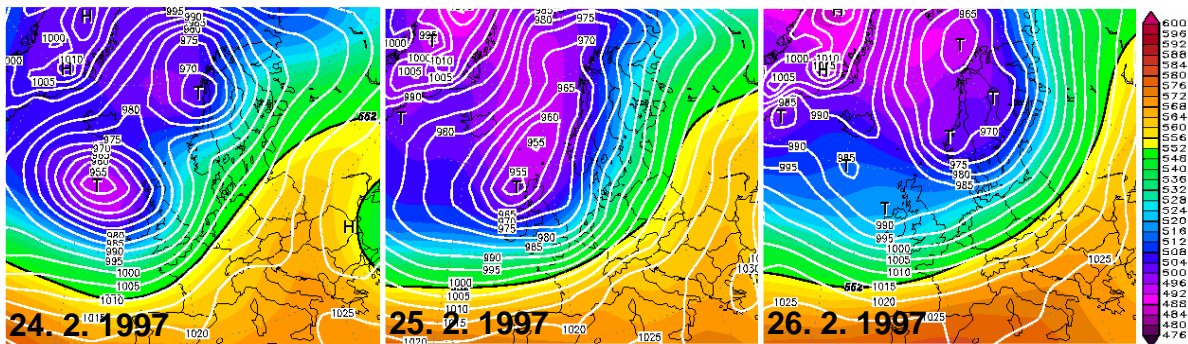
Na počátku sledované periody se sníh držel až nad nadmořskou výškou 600m, v nejvyšších partiích se výška sněhu blížila jednomu metru. První čtyři dni se nad většinou povodí udržovaly průměrné denní teploty nad 0°C. P ři trvale kladných teplotách se sněhová pokrývka postupně slehávala, ale ke zvýšenému odtoku nedocházelo, o čemž svědčí velikost průtoku v Písku, která se až do dne D-1 držela stabilně kolem 35 m³.s⁻¹. Den před nástupem dešťových srážek se proto ve vyšších partiích povodí udržoval těžký sníh s vysokou vodní hodnotou sněhu (Churáňov v D-3, vodní hodnota představovala - 41% objemu sněhu).
 Déšť vázaný na povětrnostní situace SWc₂ ve dnech D-2 a D-1 spadl do nasyceného sněhu, jehož retenční kapacita byla už velmi malá a dešťová voda společně s tavnou vodou začala odtékat z celé plochy pokryté sněhem.

Kulminace a extremita povodně

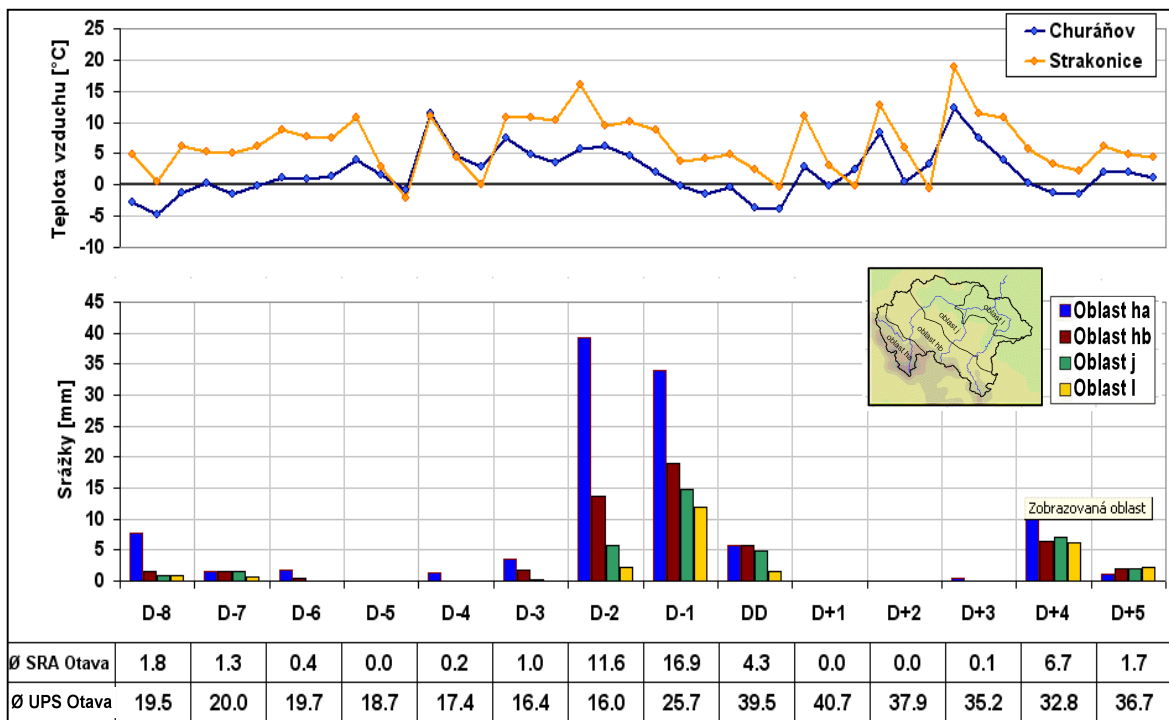
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	27.2.1997 07:00	184	Q1-Q2
Heřmaň	27.2.1997 14:00	17,5	<Q1
Katovice	26.2.1997 22:00	151	Q1-Q2
Sušice	26.2.1997 16:00	137,9	Q2

Povětrnostní situace

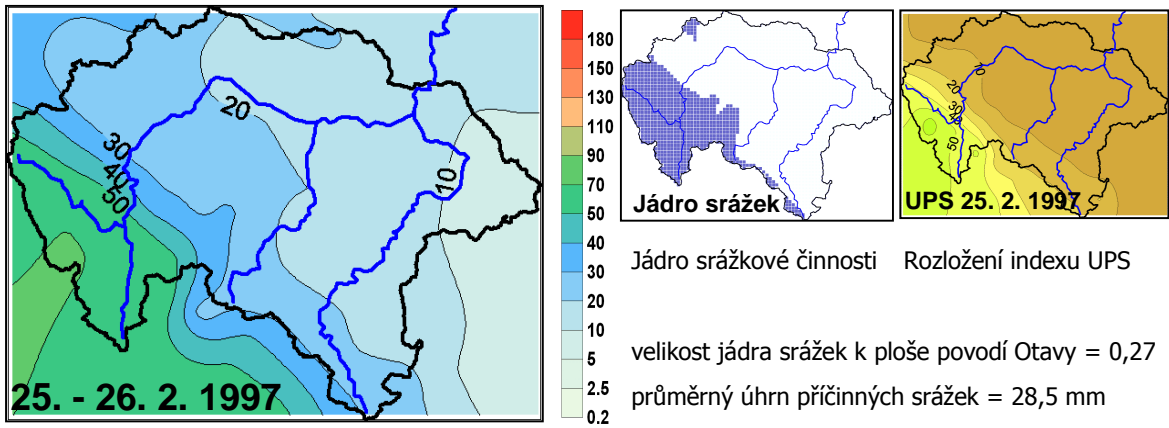
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	SWa	SWa	SWc2	SWc2	SWc2	Bp	Ap1
Churáňov směr větru [°]	260	240	250	250	260	300	250
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,7	4,0	4,0	9,7	8,7	4,3	4,0



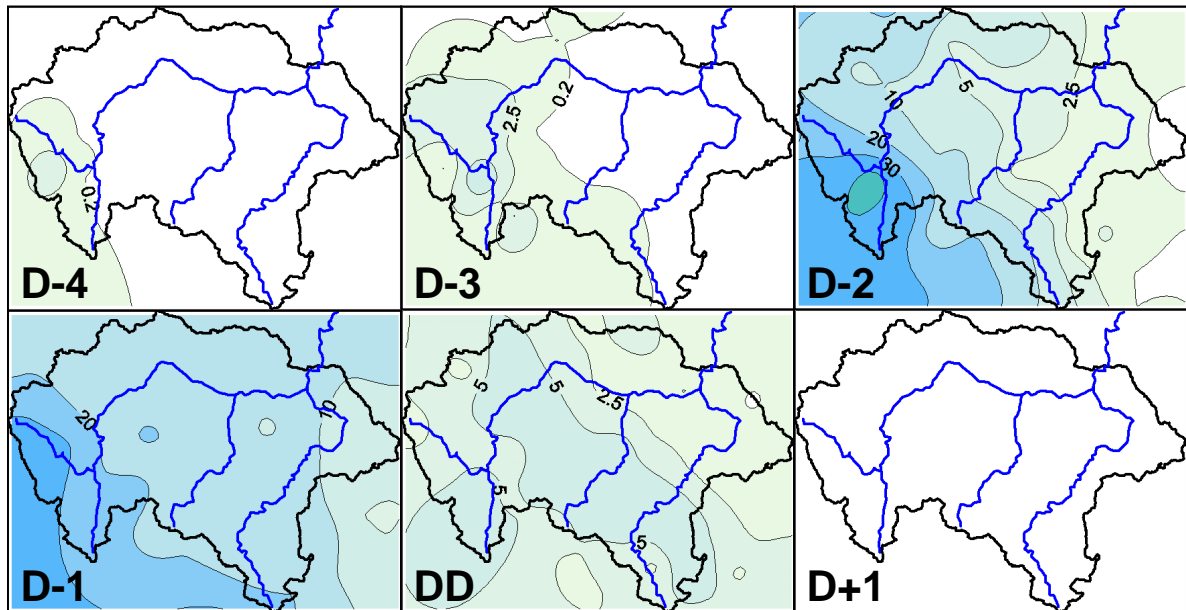
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



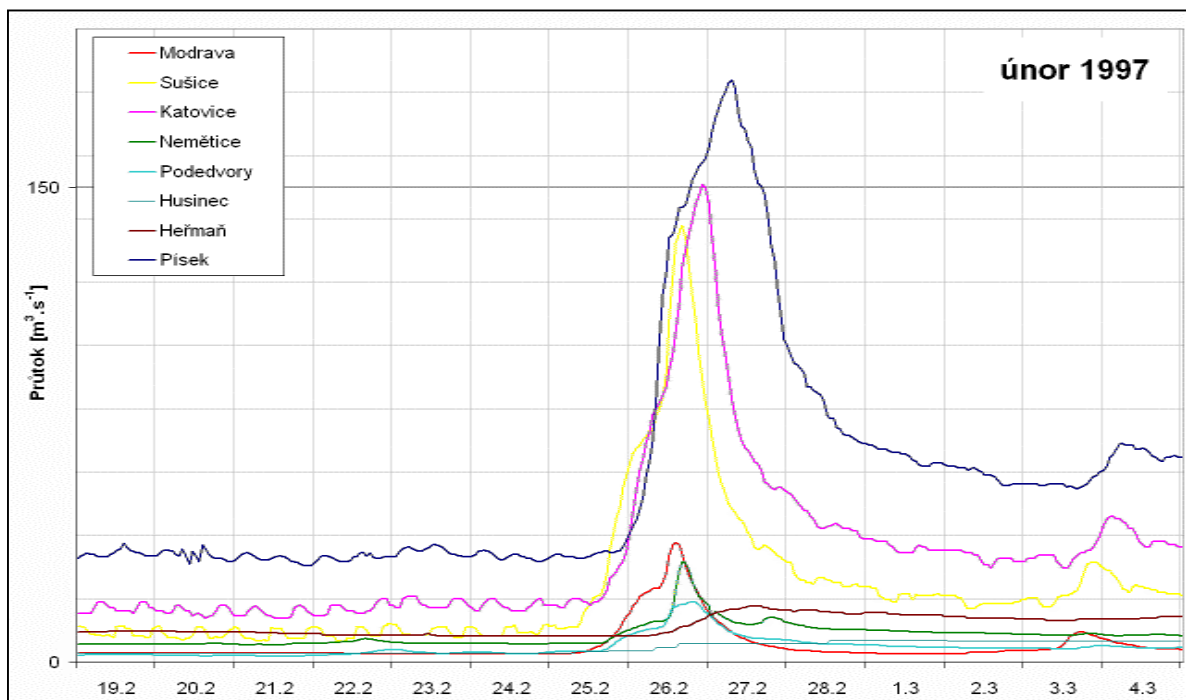
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 21.10.1996

19961021

Nad střední Evropou se udržovalo nevýrazné tlakové pole. Změnu přineslo až sílí západní proudění spojené s pohybem tlakové níže v severním Atlantiku.

V průběhu dnů D-2 a D-1 přecházel zvolna přes povodí Otavy frontální systém, který přinesl srážky, které spadly zejména v dolní části povodí. Denní úhrny srážek se pohybovaly maximálně do 50 mm, přesto průtoky na Otavě překročily stupně povodňové aktivity.

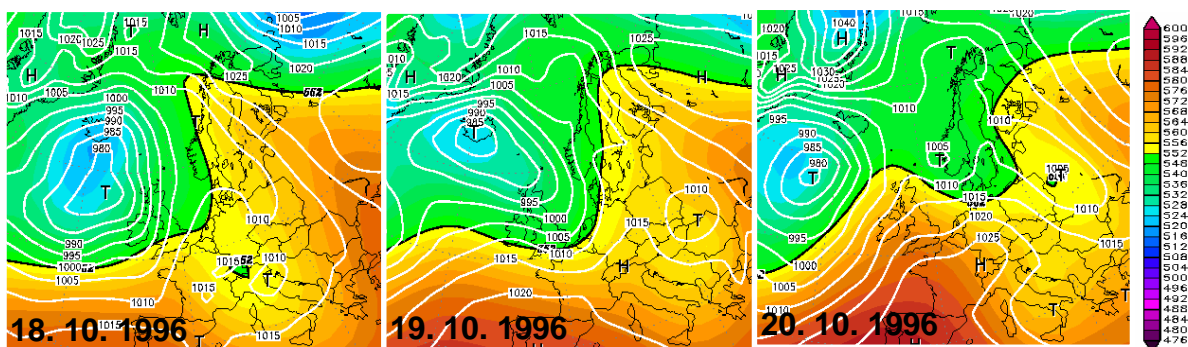
Nasycenost vyjádřená indexem UPS byla vyšší, ale na tvar a velikost odtokové odezvy v Písku měla větší vliv interference průtokových vln Otavy a Blanice. K tomuto jevu dochází u otavských povodní spíše výjimečně. V tomto případě byl způsoben zřejmě pozvolným postupem srážek směrem po toku a lokalizací jádra srážek na střední a dolní Blanici.

Kulminace a extremita povodně

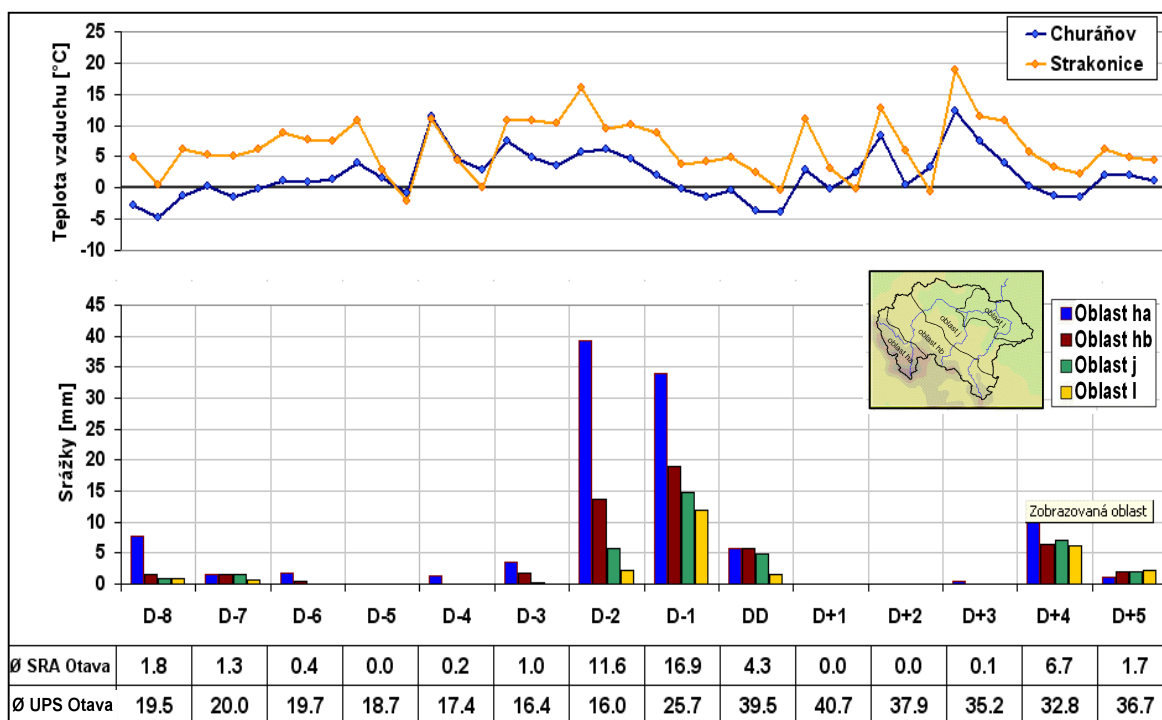
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	21.10.1996 20:00	176	Q1-Q2
Heřmaň	22.10.1996 05:00	42,7	Q2
Katovice	21.10.1996 15:00	90,7	<Q1
Sušice	21.10.1996 10:00	73,1	<Q1

Povětrnostní situace

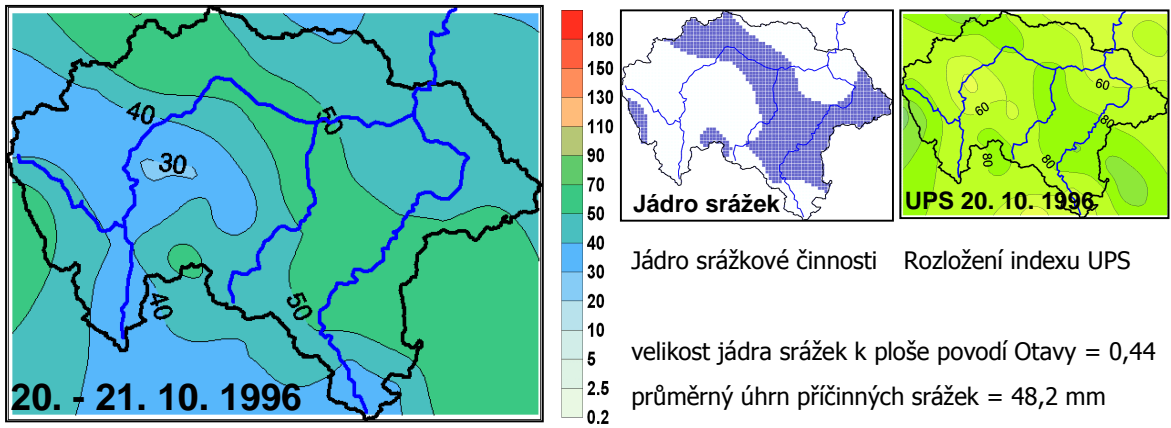
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Sec	Sec	SEc	Wc	Wc	Wc	Wc
Churáňov směr větru [°]	290	240	250	260	240	270	290
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	2,3	1,0	3,3	4,3	5,0	4,3	3,0



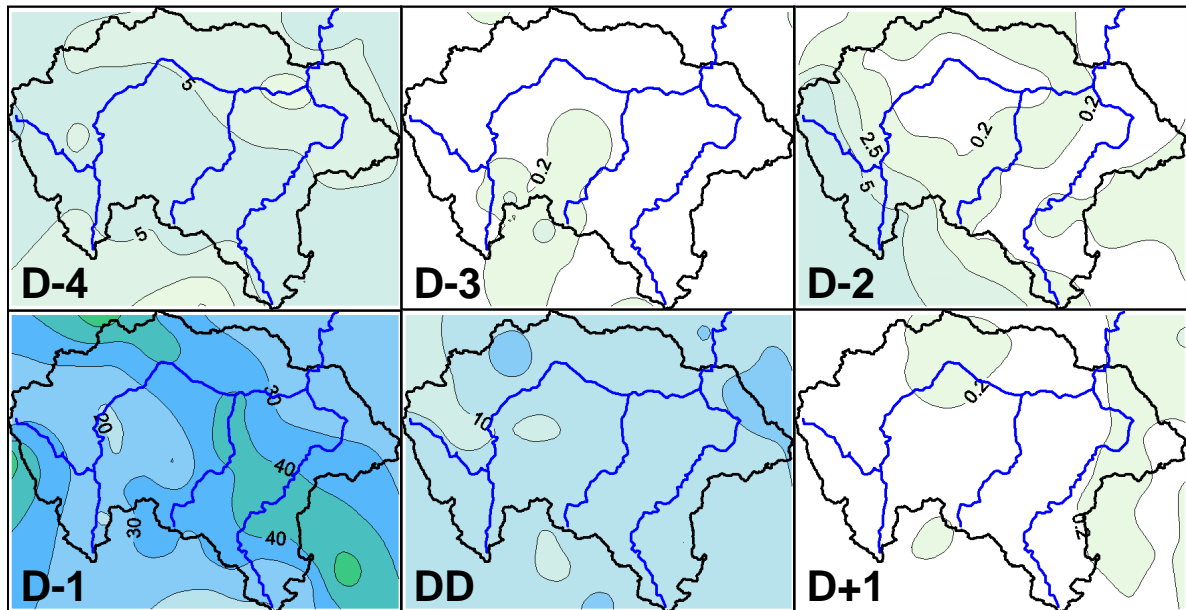
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



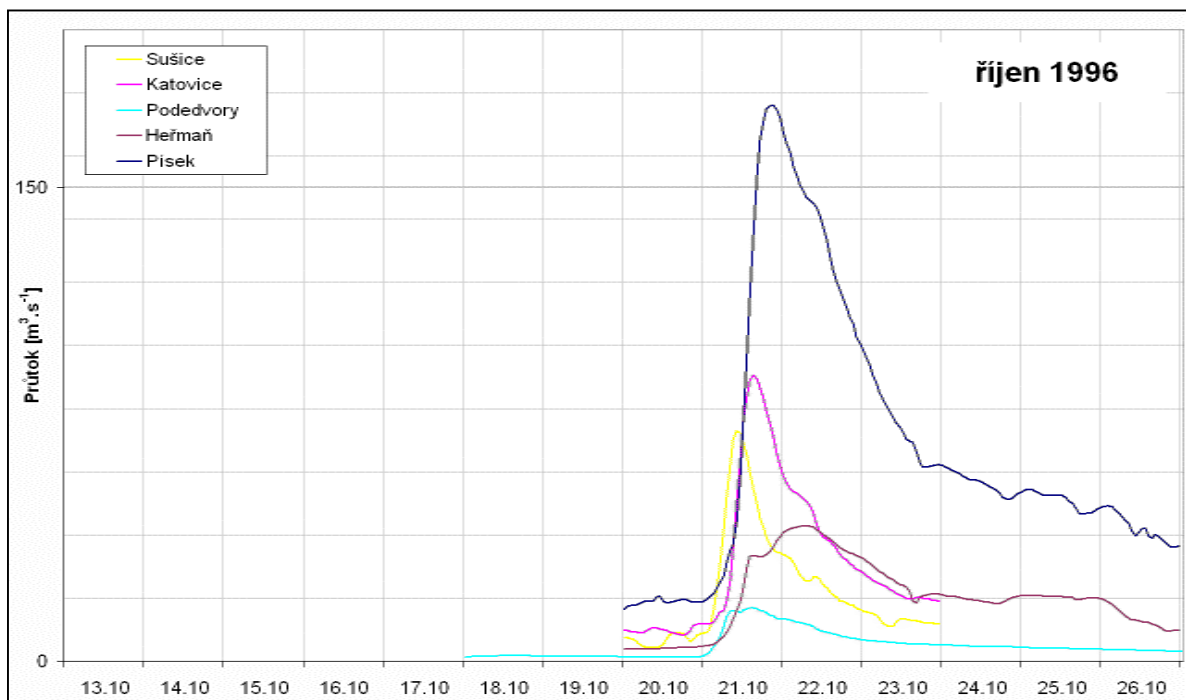
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 2.9.1995

19950902

Kulminace a extremita povodně

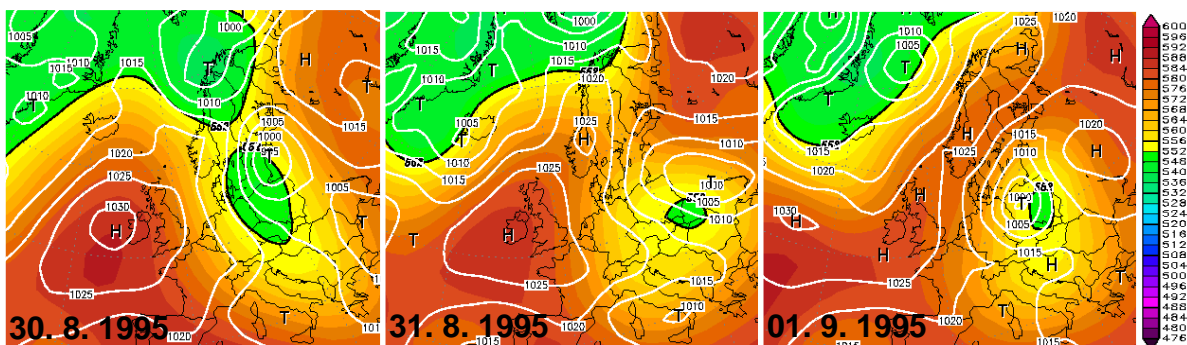
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	2.9.1995 09:00	168	Q1-Q2
Heřmaň	2.9.1995 11:00	13,8	<Q1
Katovice	2.9.1995 02:00	120	<Q1
Sušice	1.9.1995 19:00	110	Q1-Q2

Tlaková níže, která v den D-3 měla střed v oblasti pobaltských států se začala přesouvat k jihu a v den D-1 v důsledku své polohy už nad Polskem začala významně ovlivňovat počasí v České republice. Srážky na ní vázané se dostávaly do povodí Otavy v severozápadním proudění a padaly zprvu rovnoměrně na celém území, v den D-1 byly nejsilnější v západní části povodí a v pramenné oblasti Otavy.

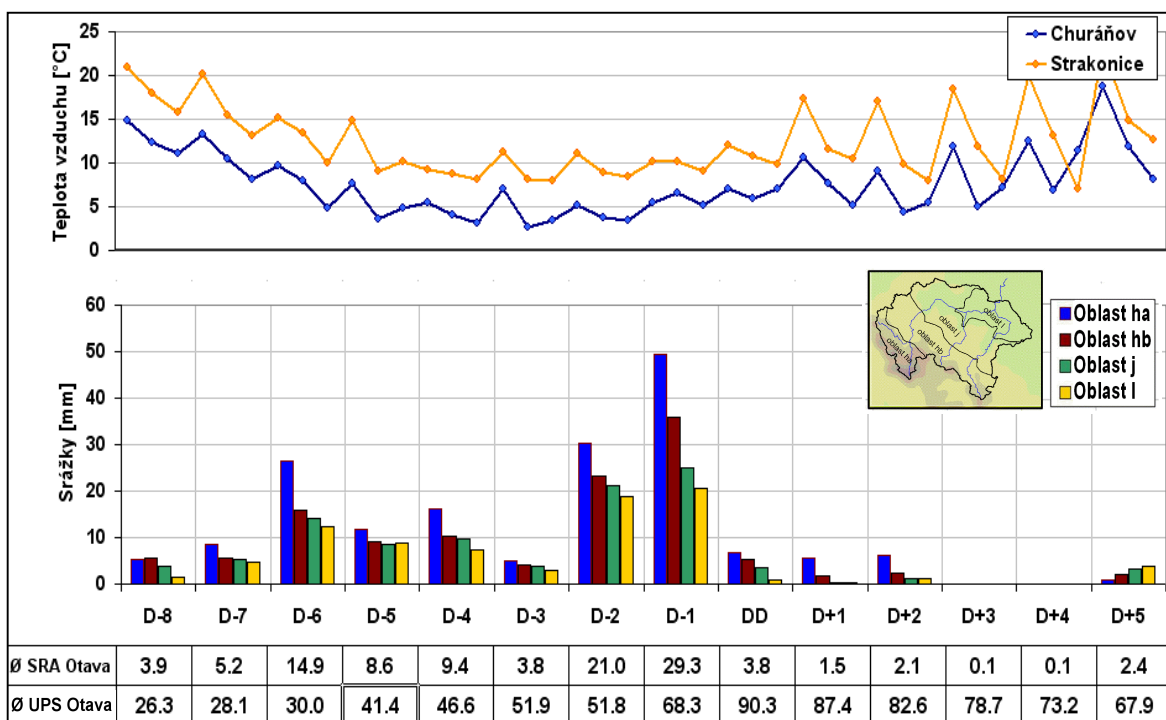
Nasyčenost povodí před povodní byla mírně nadprůměrná vlivem přecházejících srážek. Povodňová vlna se formovala z větší části na horní Otavě, přítoky z dolní části povodí, Volyňky a Blanice neměly na tvar průtokové vlny Otavy v Písku zásadní vliv.

Povětrnostní situace

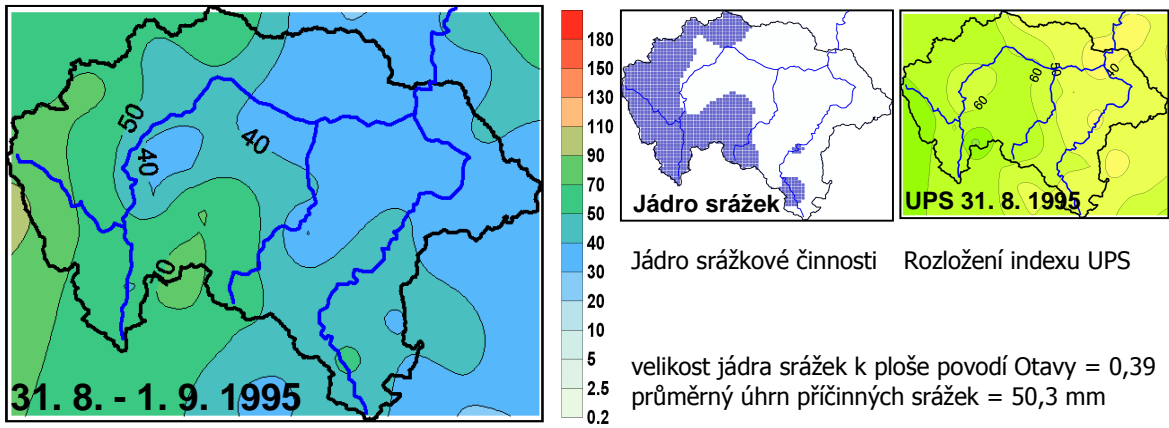
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Nc	Nc	NEc	NEc	C	C	C
Churáňov směr větru [°]	290	290	300	280	290	260	250
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	5,0	5,7	2,3	4,0	8,3	3,7	5,0



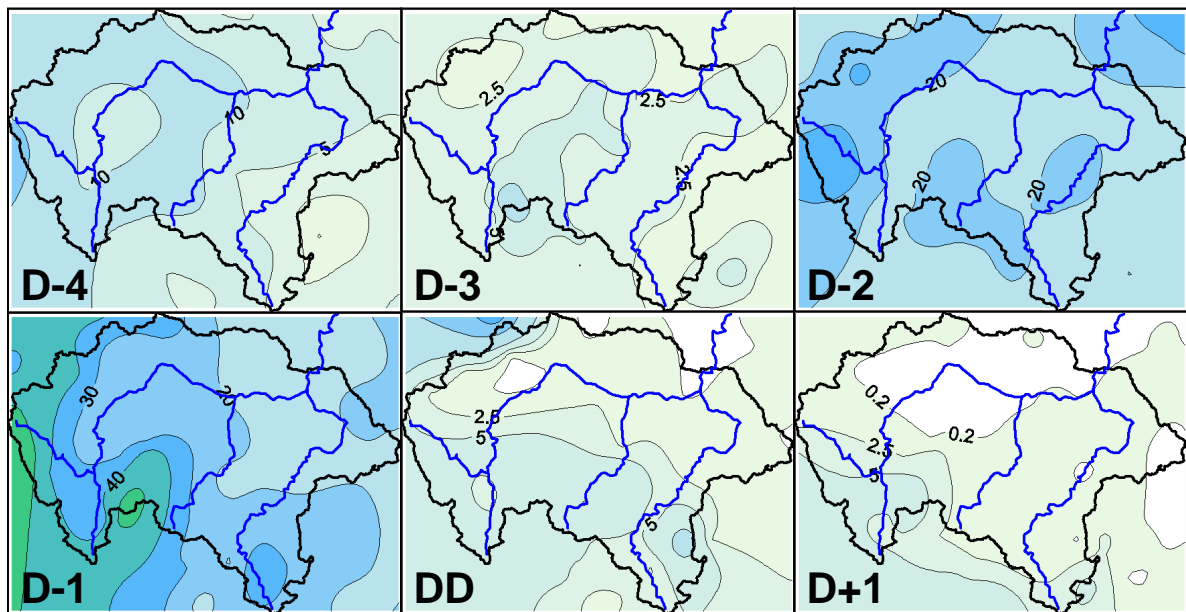
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



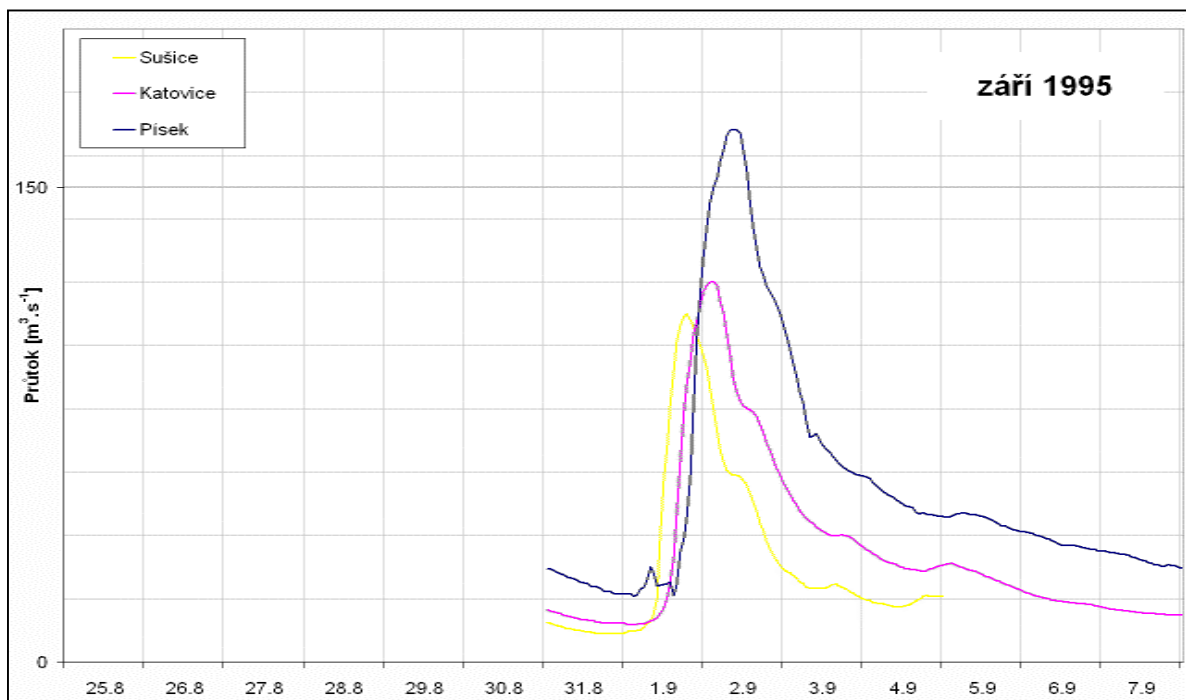
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 27.6.1995

19950627

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	27.6.1995 00:00	178	Q1-Q2
Heřmaň	27.6.1995 00:00		Q2-Q5
Katovice	26.6.1995 15:00	180	Q2
Sušice	26.6.1995 08:00	152	Q2-Q5

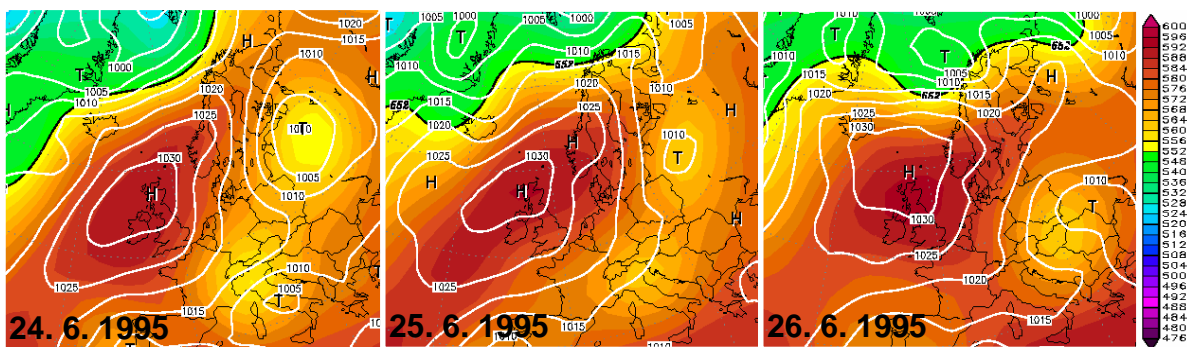
Až do dne D-3 bylo území České republiky spíše pod vlivem hřebenu vysokého tlaku vzduchu, který vybíhal z tlakové výše ležící nad Velkou Británií. Tento hřeben rozrušila až tlaková níže postupující z Běloruska k jihu. Vliv této tlakové níže se projevil zvýšenou labilitou vzduchu.

U srážek postupujících ze severu lze pro jejich ostré ohraničení usuzovat na jejich konvektivní původ. Zasáhly relativně velkou oblast rovnoměrnými srážkovými úhrny, které se pohybovaly od 50 do 70 mm za 24 hodin.

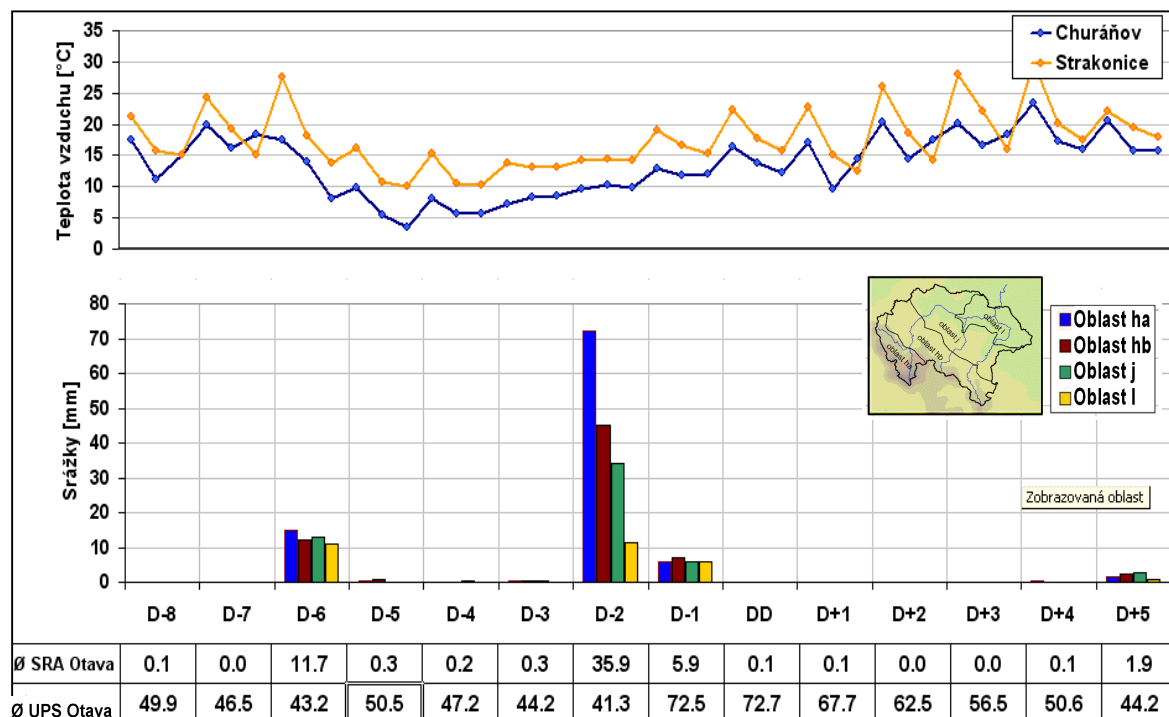
Odtoková odezva je charakteristická velmi rychlým nárůstem vodních stavů na vzestupné větvi povodňové vlny. Díky lokalizaci srážek má povodeň tvar blízký povodním vznikajících jako následek západních situací, tedy s výrazným podílem odtoku z povodí horní Otavy na celkovém objemu průtokové vlny v Písku.

Povětrnostní situace

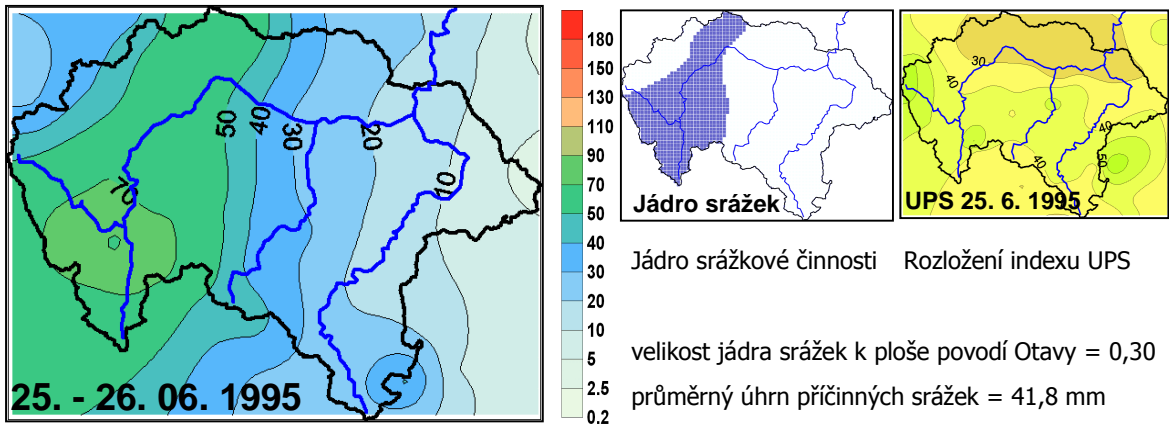
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Nc	Nc	NEc	NEc	NEc	NEc	NWa
Churáňov směr větru [°]	320	0	30	340	350	30	40
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	3,0	2,0	1,7	2,0	2,3	2,7	2,0



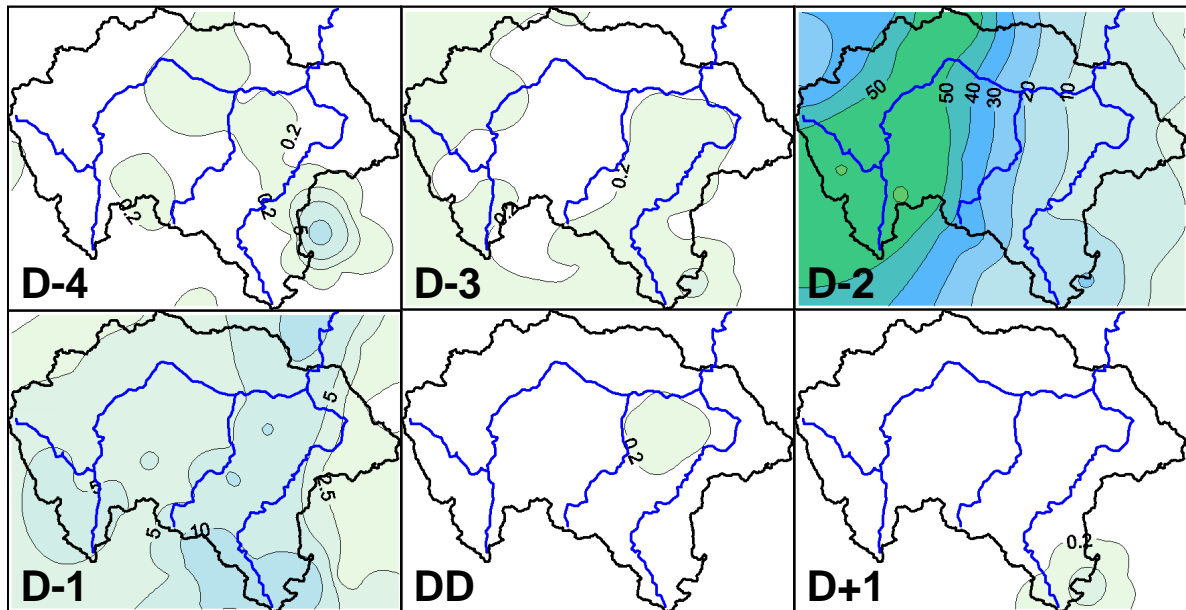
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



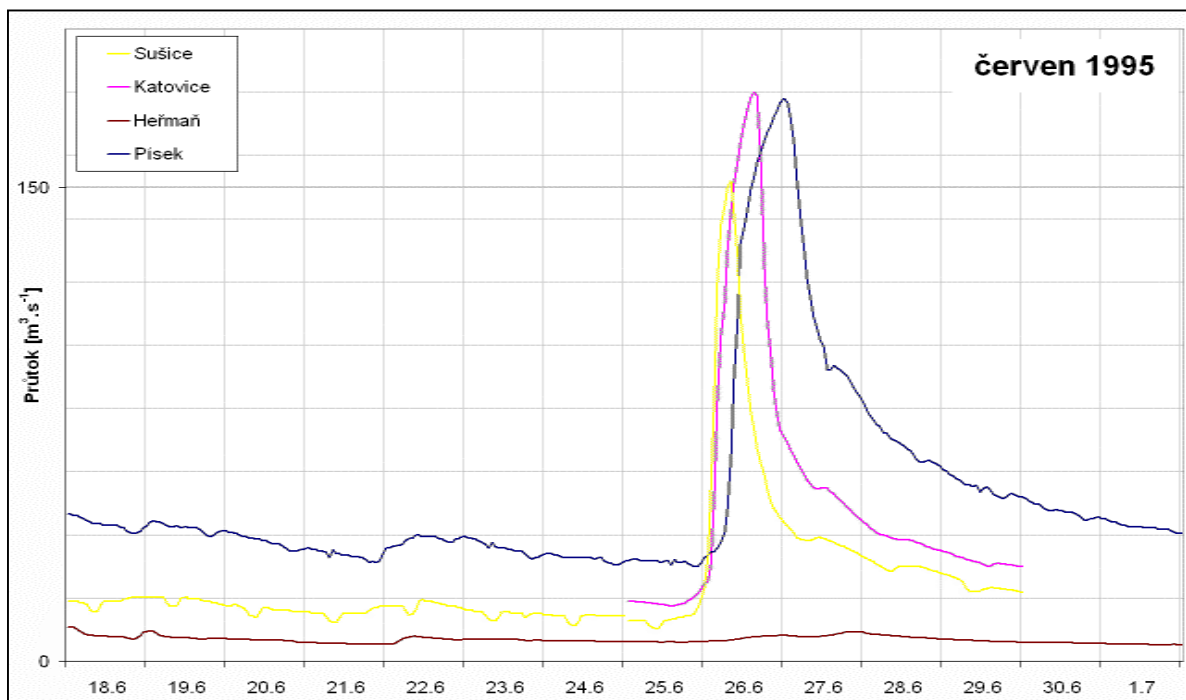
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 2.6.1995

19950602

Kulminace a extremita povodně

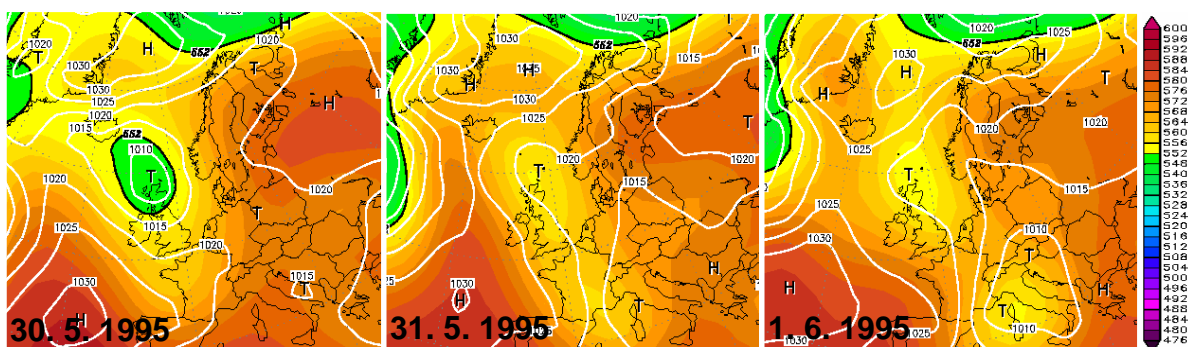
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	2.6.1995 18:00	180,4	Q1-Q2
Heřmaň	2.6.1995 16:00	63,8	Q2-Q5
Katovice	2.6.1995 12:00	100	<Q1
Sušice	2.6.1995 07:00	78	<Q1

Nevýrazné tlakové pole a labilní vzduch nad střední Evropou vyvolával vznik lokálních bouřek, které zasáhly i Otavu ve dnech D-4 až D-2. Pro vznik povodně bylo však důležitější až zformování tlakové níže v severním Středomoří, po jejímž severním okraji začal do střední Evropy pronikat vlhký vzduch. S jeho příchodem se vyskytly v povodí Otavy srážky trvalejšího charakteru. Ty zasáhly rovnoměrně celé povodí, o něco silnější úhrny se vyskytovaly v pramenné oblasti.

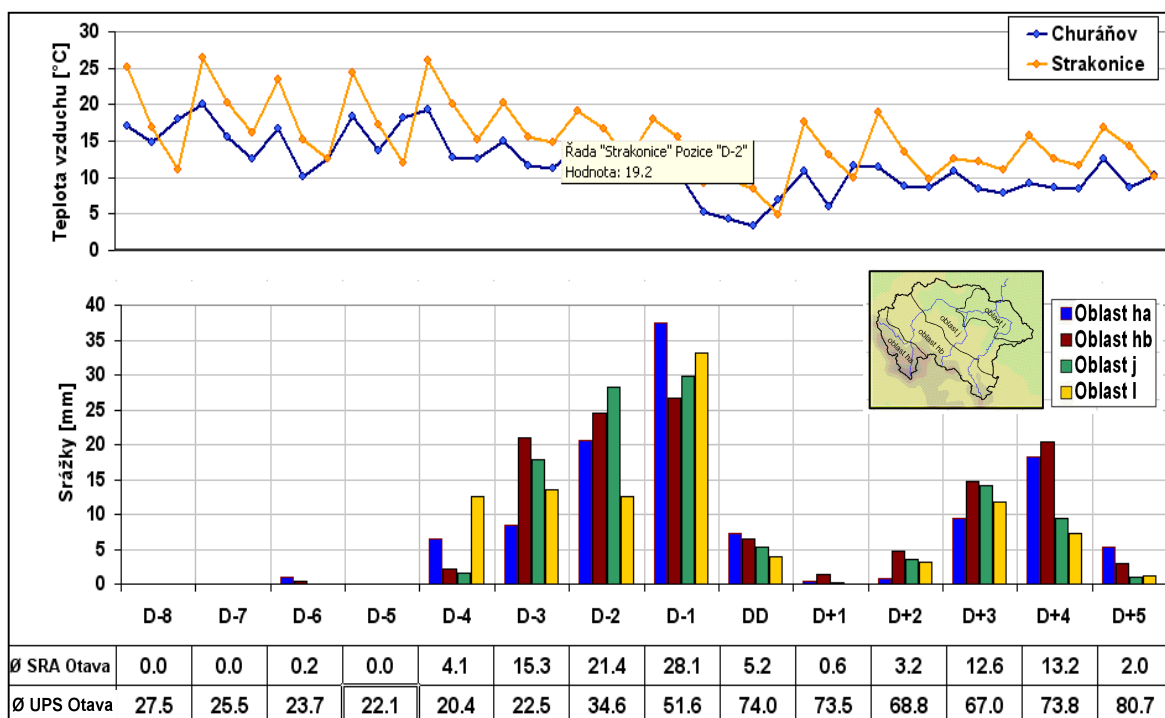
Bouřky, místy dosti intenzivní, způsobily nejprve krátkodobé vzestupy na Otavě a jejich přítocích ve dnech D-3 až D-1. Rozhodující část povodňové vlny přitékala z povodí horní Otavy, ale významný podíl na kulminacích měla i Blanice. Ta kulminovala následkem bouřek v průběhu D-2 a srážek v dolní části povodí v D-1 tak, že došlo ke střetu průtokových maxim Otavy a Blanice na jejich soutoku a k nárůstu kulminace Otavy v Písku.

Povětrnostní situace

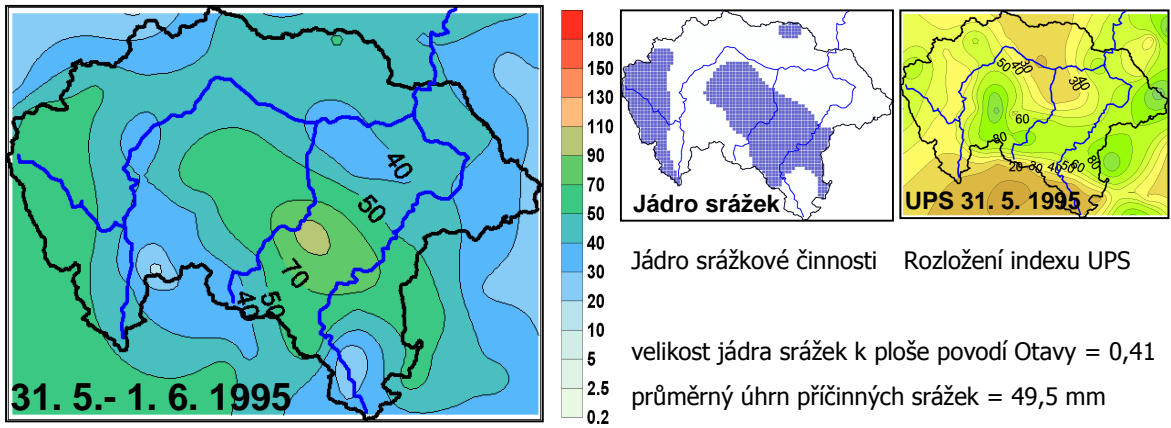
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	SWc1	SWc1	B	B	B	B	Ap2
Churáňov směr větru [°]	60	30	340	50	40	300	330
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	2,3	1,0	0,7	1,7	2,0	1,7	0,7



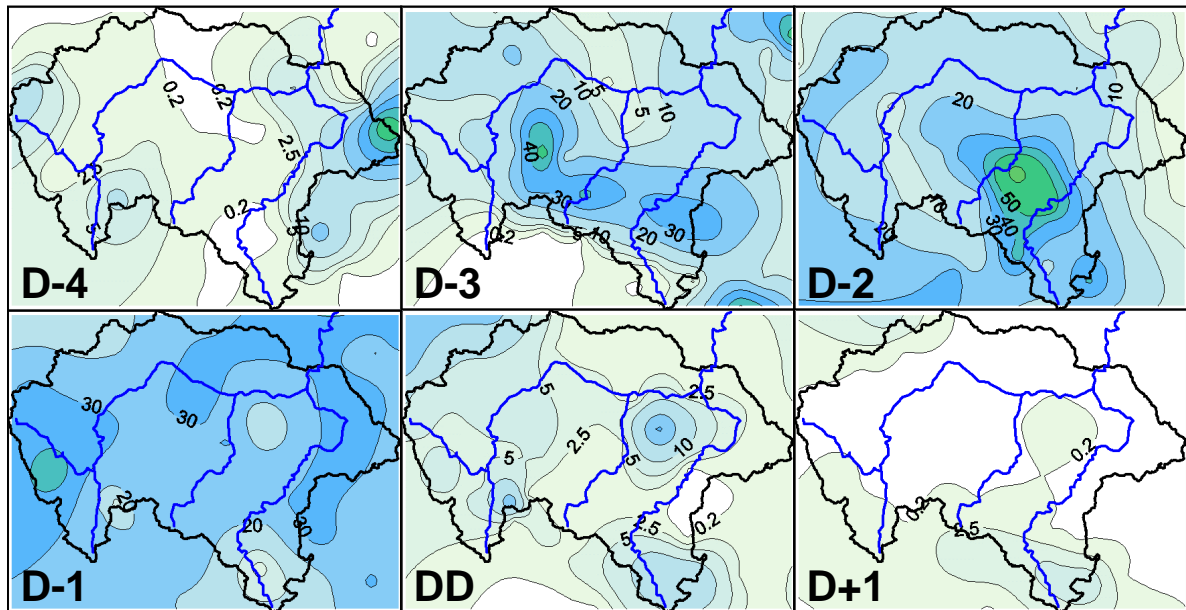
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



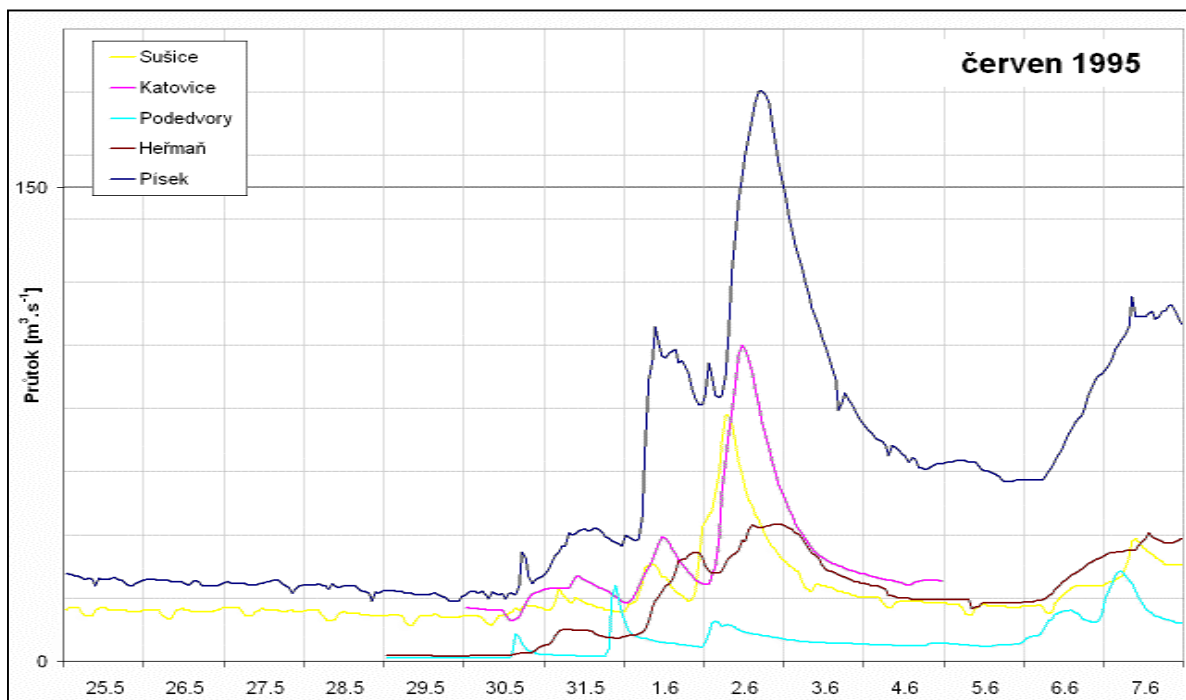
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 27.1.1995

19950127

Kulminace a extremita povodně

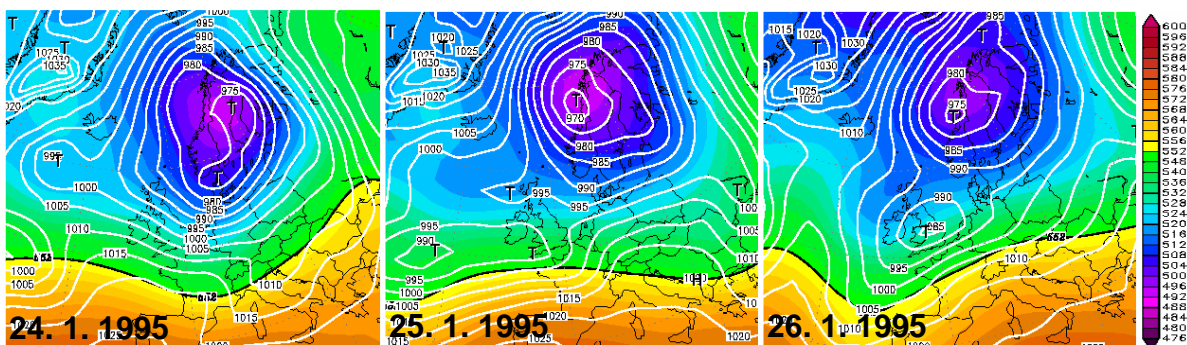
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	27.1.1995 03:00	174,4	Q1-Q2
Heřmaň	27.1.1995 11:00	13,9	<Q1
Katovice	26.1.1995 17:00	154,8	Q1-Q2
Sušice	26.1.1995 10:00	150	Q2-Q5

Ještě v den D-6 se sníh držel na celém povodí, přičemž i v podhůří se pohybovala výška sněhu kolem 10 centimetrů. Následující den se výrazně oteplilo a sníh během jednoho dne zmizel z celého podhůří. S oteplením spadla do povodí také poměrně silná, orograficky zesílená srážka, což se následující den projevilo rychlým vzestupem průtoků v Písku s kulminací mírně nad hodnotou 100 m³.s⁻¹. Srážky pak na dva dny oslabily a stav sněhové pokrývky se neměnil. Impulsem pro další vzestup průtoků byla dešťová srážka v den D-2, kdy spadlo na plochu povodí průměrně 21 mm, v horách ovšem naměřené úhrny překročily 70 mm.

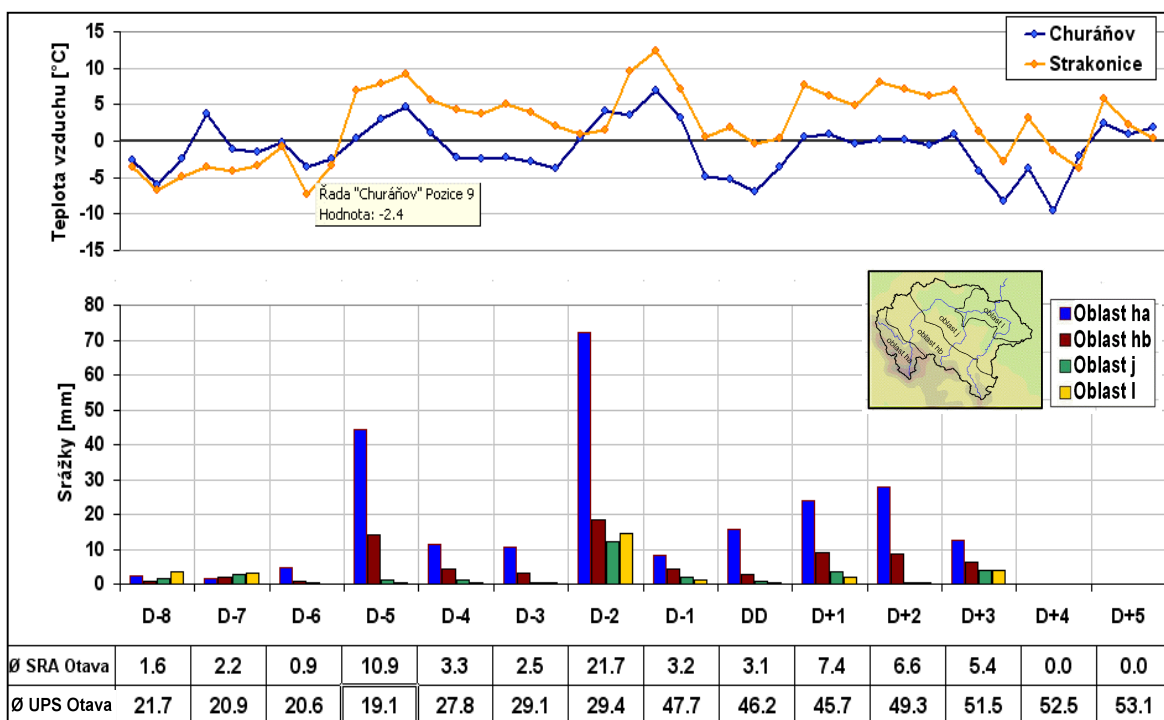
Průtoky Otavy v Písku nejprve velmi prudce, později zvolna vzrůstaly až ke kulminaci 179 m³.s⁻¹ a pak následoval jejich rychlý pokles.

Povětrnostní situace

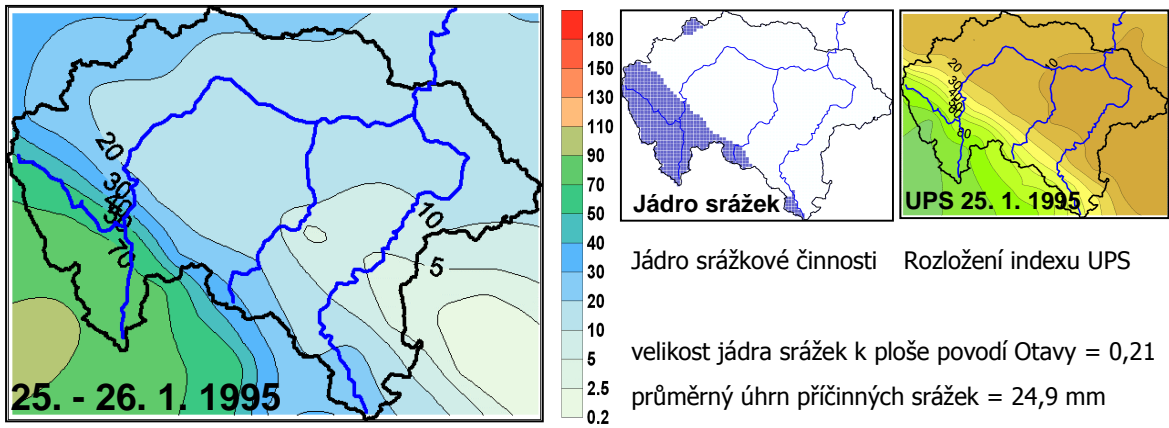
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	SWc2	SWc2	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc
Churáňov směr větru [°]	250	250	250	230	240	260	240
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	11,7	11,0	8,7	8,0	5,3	7,3	11,3



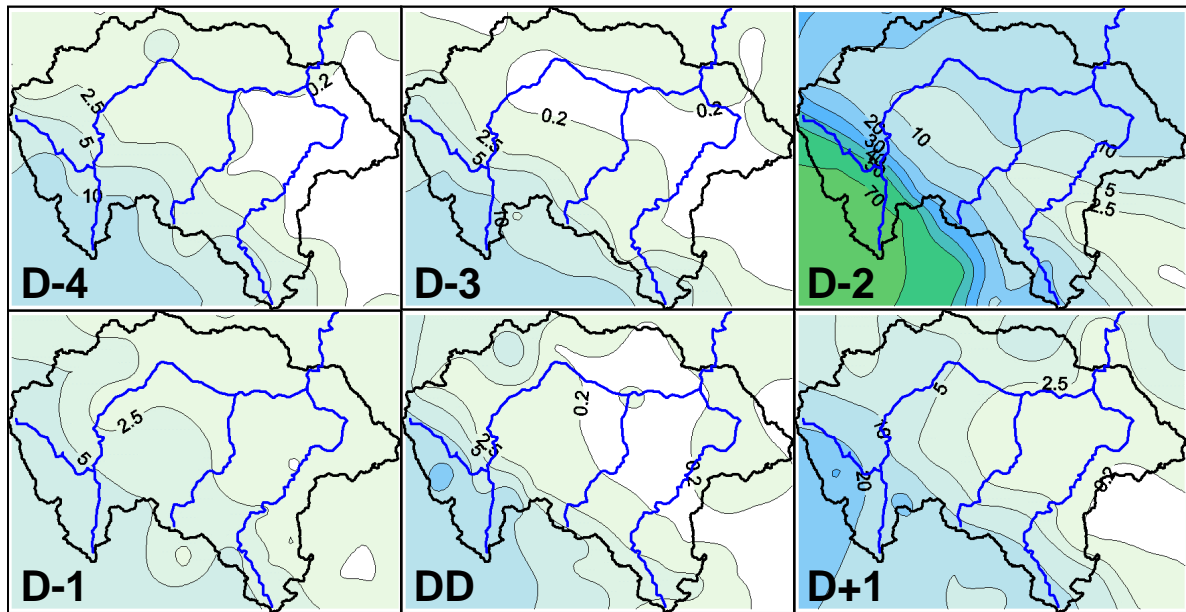
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



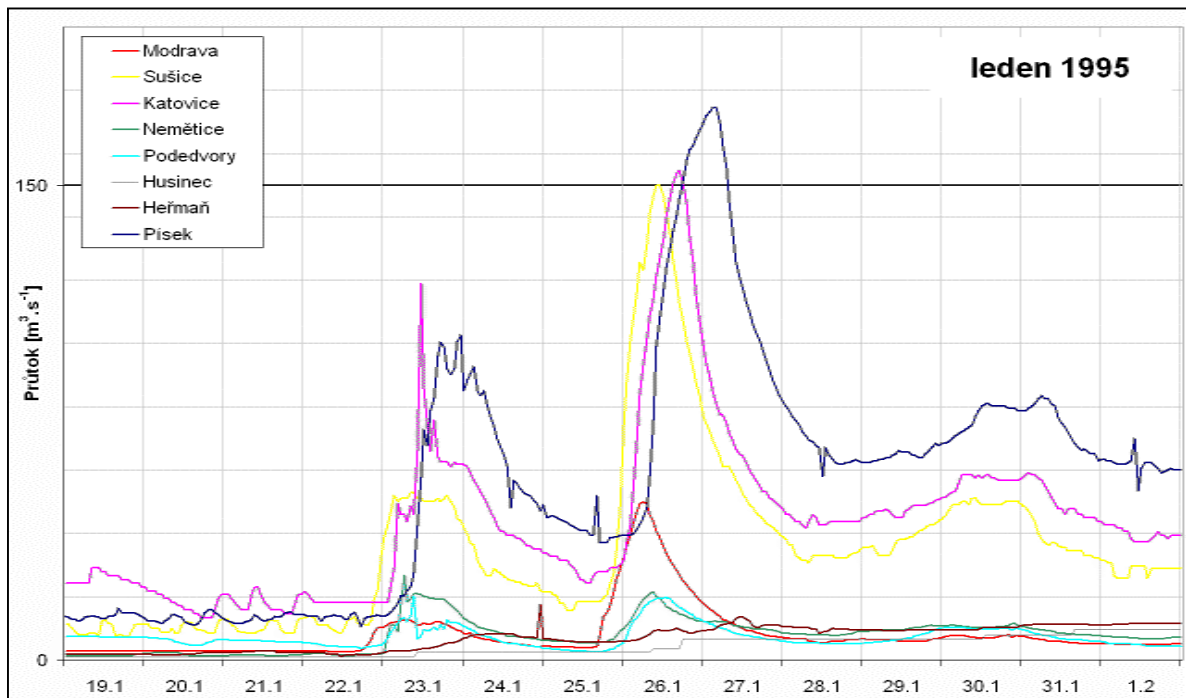
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 22.12.1993

19931222

Tato povodeň byla okrajovou součástí rozsáhlé povodňové katastrofy, která zasáhla tehdy povodí Rýna (až 100leté průtoky).

Zásoby sněhu byly v povodí Otavy na toto roční období relativně velké, jejich vliv na vznik povodně nebyl však tím nejdůležitějším faktorem.

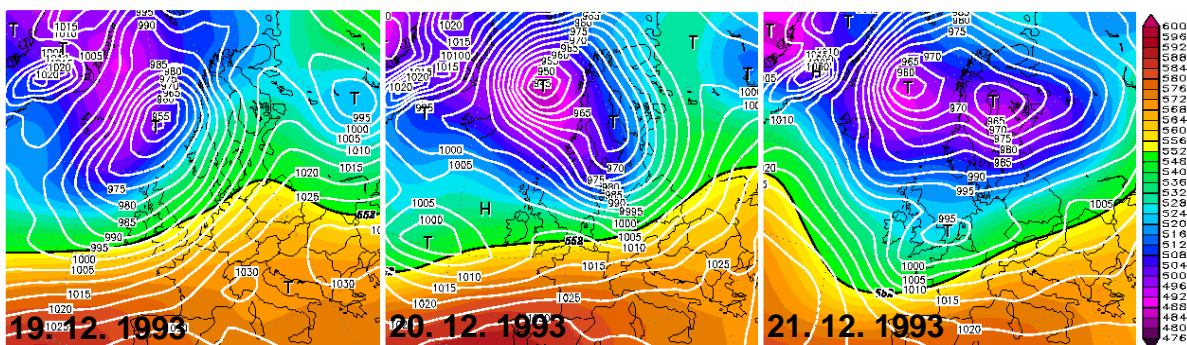
Průtok začal prudce stoupat již v průběhu D-2 následkem středně silných srážek ve dni předchozím, kdy jich spadlo na horách mezi 20 a 40 mm v podobě deště. Dešťové srážky ze dne D-2 pokračovaly i během D-1 a jejich intenzita se zvětšovala až na úroveň letních bouřek. Naprostá většina srážkoměrných stanic v povodí zaznamenala denní úhrny srážek přes 40 mm. Na Šumavě v Prášílech ten den bylo naměřeno 80 mm a na Kvildě dokonce **94 mm** srážek. Objemem srážek stejně jako extremitou průtokové odezvy tato povodeň výrazně převyšuje ostatní zimní povodně.

Kulminace a extremita povodně

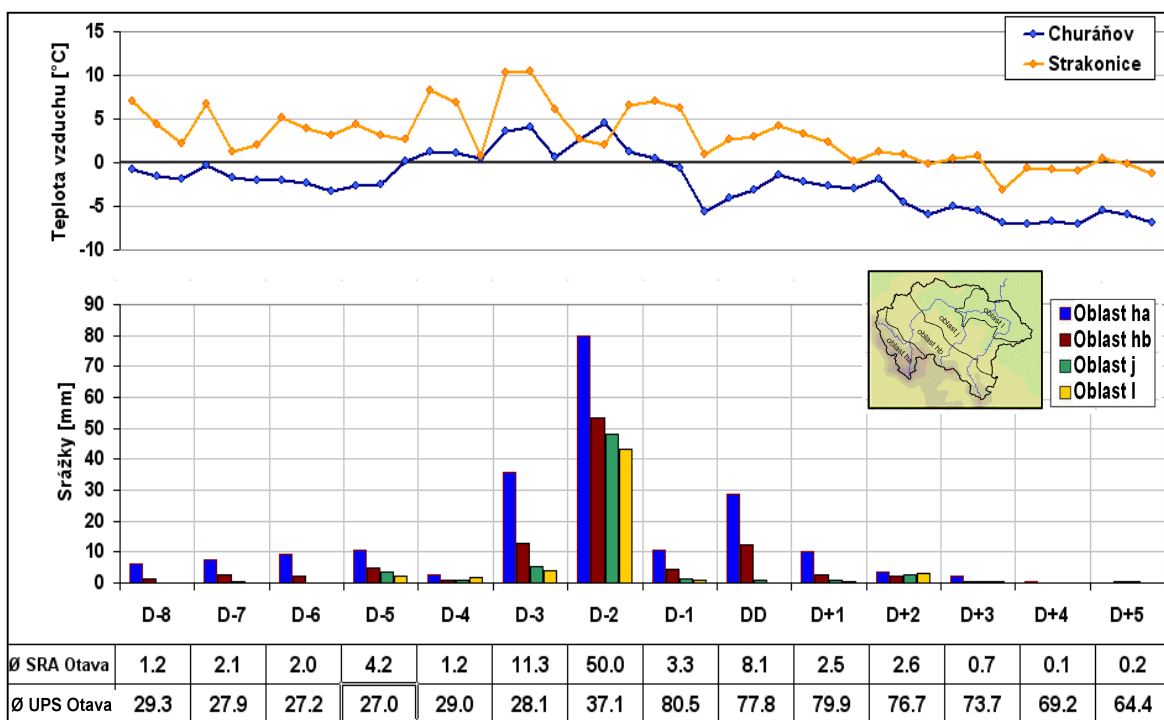
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	22.12.1993 00:00	518	Q20
Heřmaň	22.12.1993 05:00	48,1	Q2
Katovice	21.12.1993 16:00	290	Q10
Sušice	21.12.1993 09:00	266	Q20

Povětrnostní situace

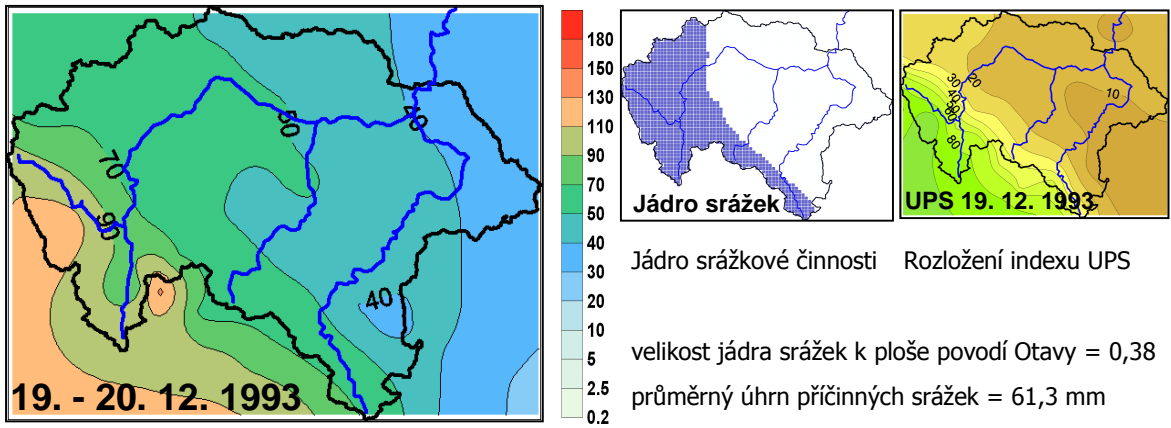
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wcs	Wcs	Wc	Wc	Wc	Wc	C
Churáňov směr větru [°]	250	240	220	270	270	250	250
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	7,3	6,0	12,3	5,3	8,7	8,3	9,0



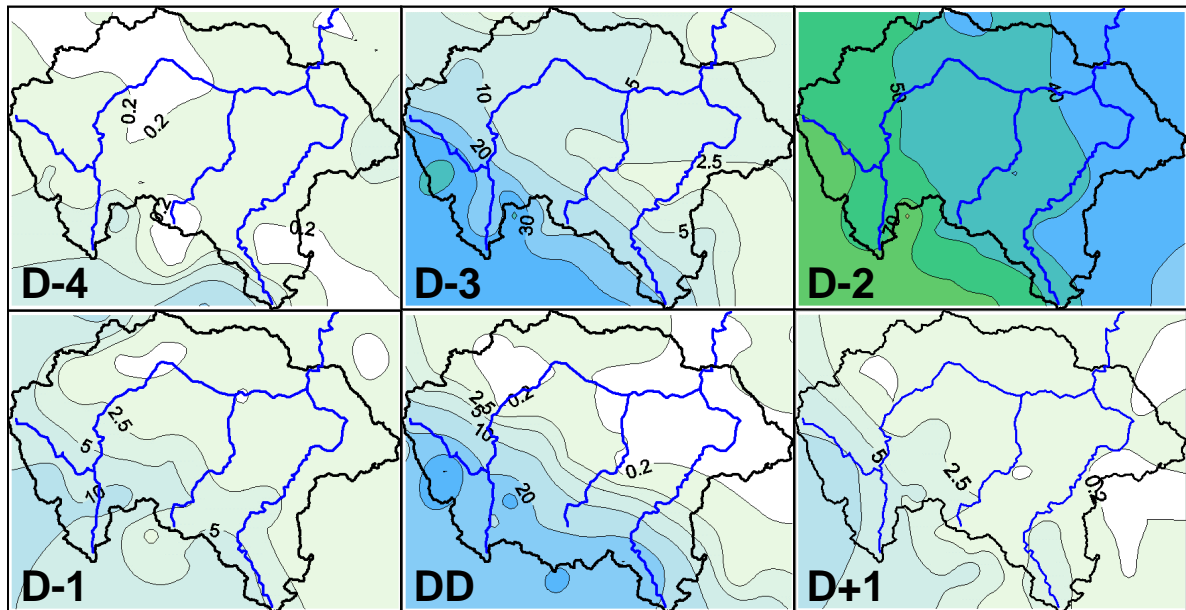
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



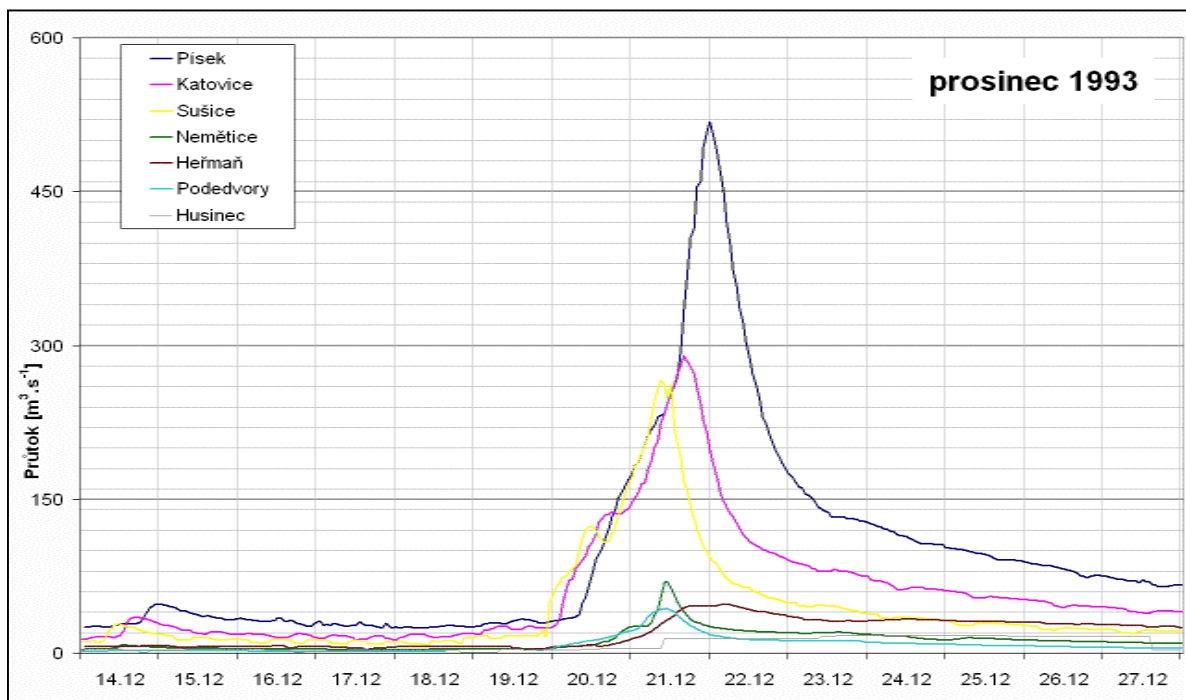
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 3.8.1991

19910803

Kulminace a extremita povodně

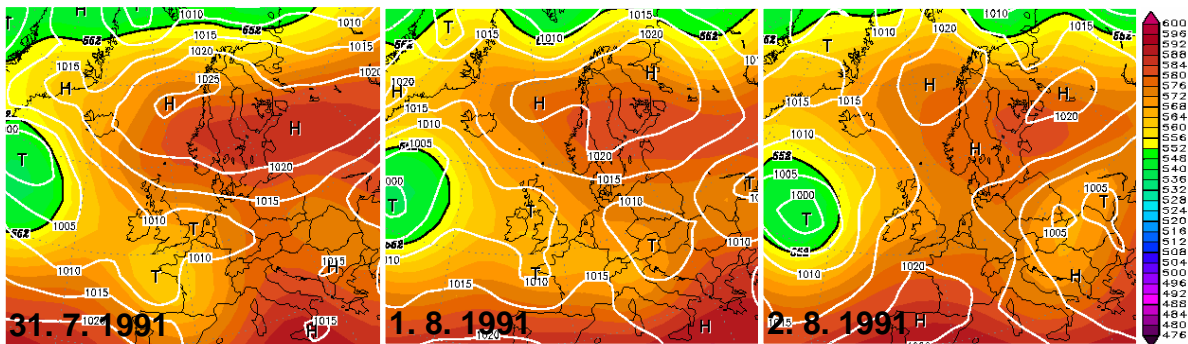
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	3.8.1991 17:00	247,2	Q2-Q5
Heřmaň	3.8.1991 12:00	28,8	Q1
Katovice	2.8.1991 13:00	203	Q2-Q5
Sušice	2.8.1991 05:00	159,9	Q2-Q5

Ve dnech D-3 až DD se nad střední Evropou udržovala oblast nízkého tlaku vzduchu, která se jen zvolna přesunovala směrem k východu. Po její severní straně se do Evropy dostával vlhký vzduch, ve kterém pomalu přecházely přes povodí Otavy jednotlivá srážková pásma.

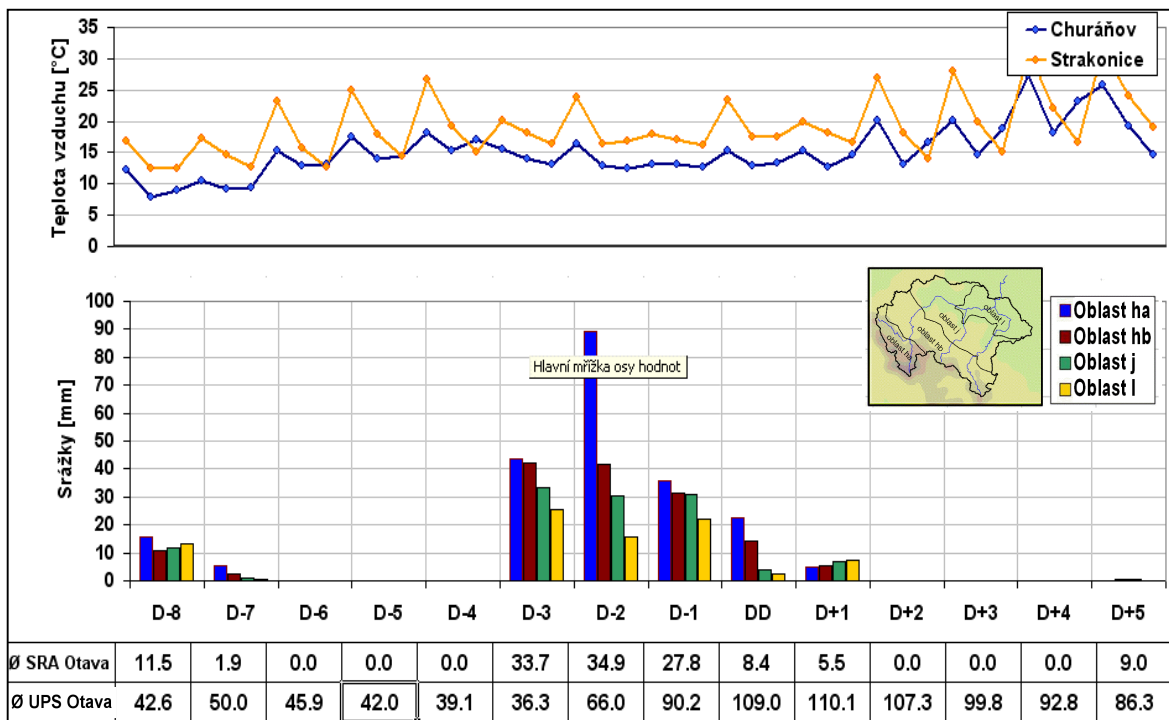
Srážky se vyskytly ve třech vlnách, které zasáhly nejprve oblast rozvodí mezi Otavou a Volyňkou, pak pramennou oblast Otavy a Ostružné a poslední vlna zasáhla rovnoměrně celé povodí. Z rozdělení odtokové odezvy do tří samostatných vln v Sušici a Katovicích je zřejmé, že srážky měly krátkou dobu trvání a byly velmi intenzivní. Na Ostružné v Kolinci byl překročen průtok 80m³.s⁻¹, což je více než 100 letá povodeň! Odtoková odezva Otavy je pozoruhodná také spojením samostatných průtokových vln již v Katovicích do jedné vlny v Písku se skoseným vrcholem.

Povětrnostní situace

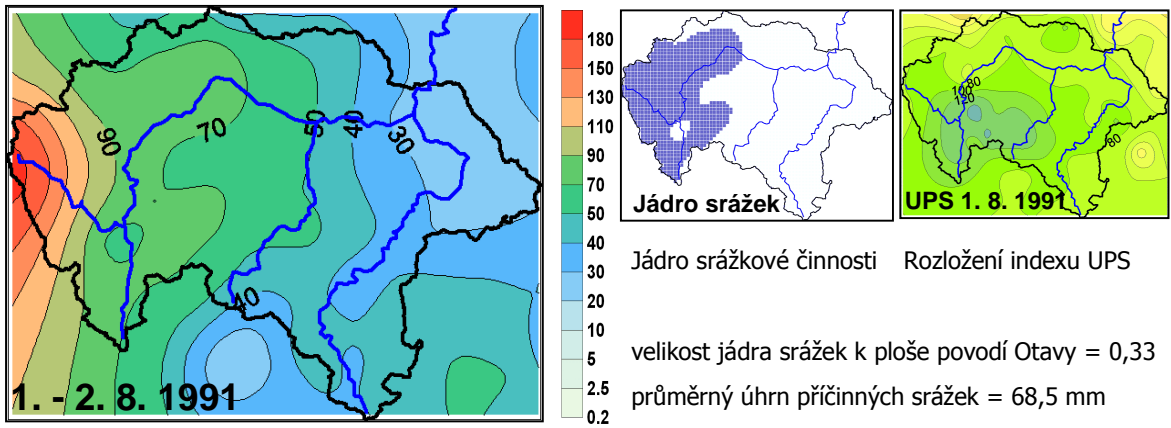
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	NEa	NEa	Vfz	Vfz	Vfz	Ec	Ec
Churáňov směr větru [°]	50	80	80	340	330	320	350
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	2,0	2,0	1,0	0,3	3,3	2,0	2,0



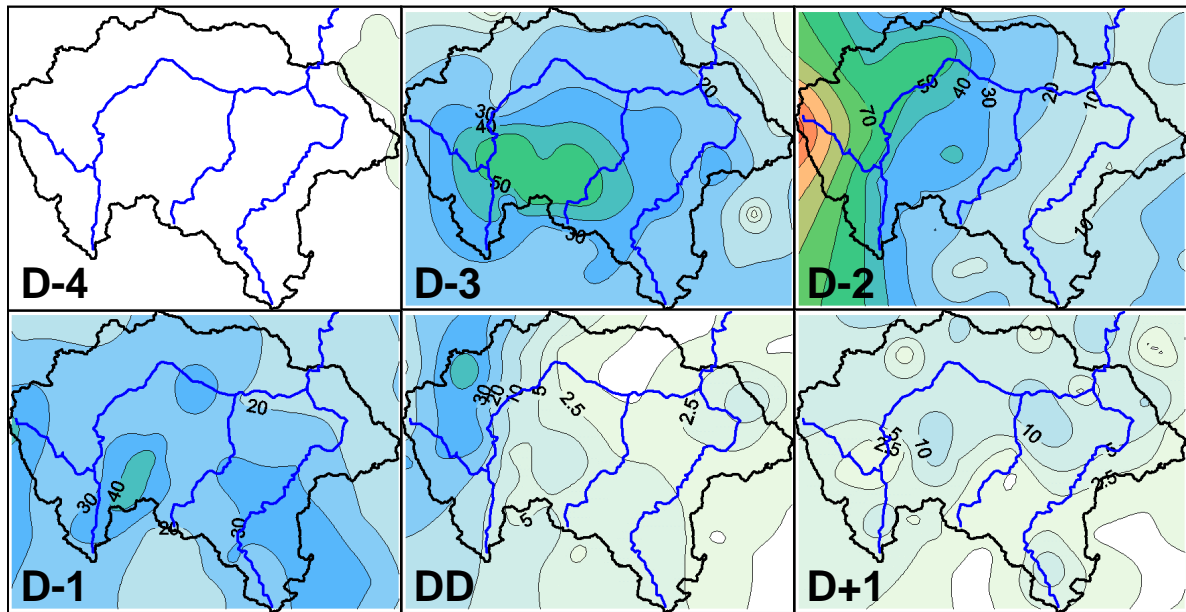
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



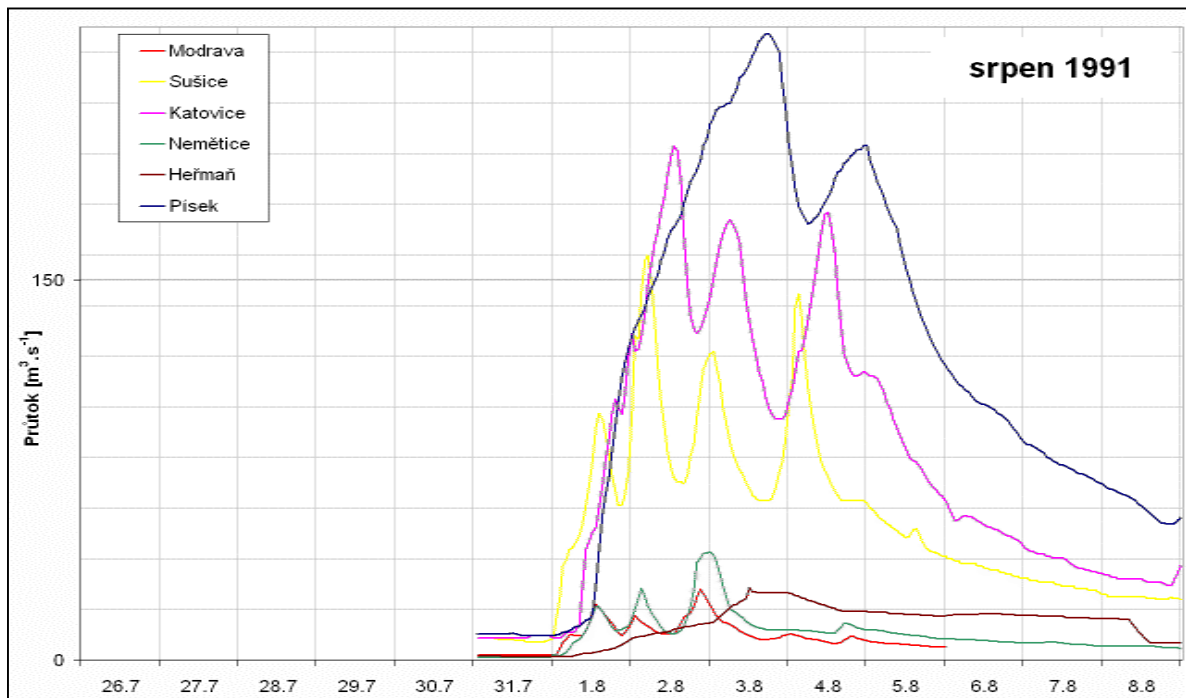
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 16.12.1989

19891216

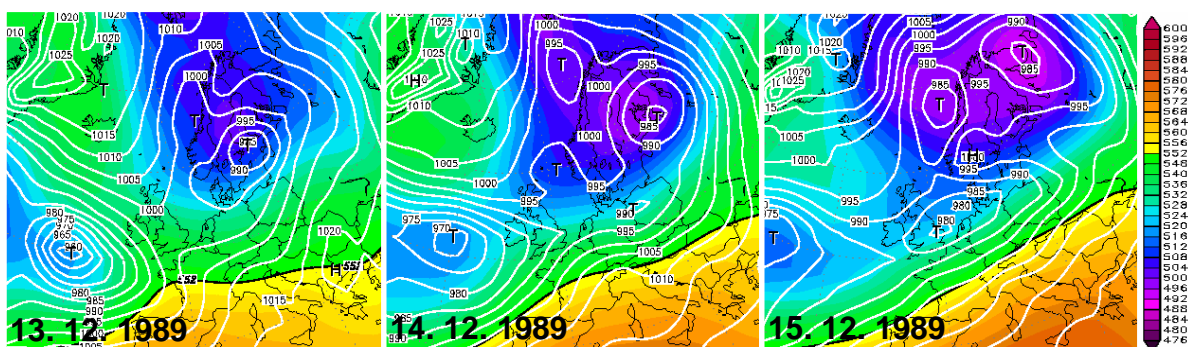
Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	16.12.1989 05:00	153	Q1
Heřmaň		10,4	<Q1
Katovice			
Sušice			

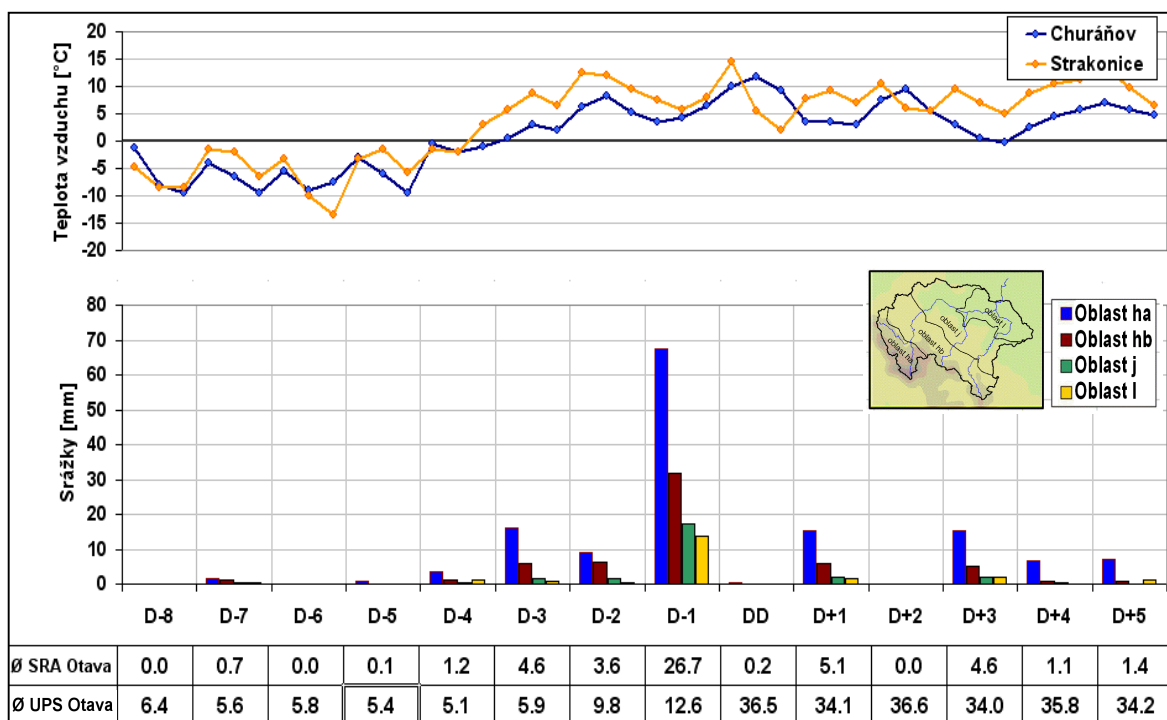
Nová sněhová pokrývka ležela v den D-7 nad vrstevnicí 600 m n. m. a během dalších čtyř dnů, kdy se vlivem mírného sněžení rozšiřovala i do nižších poloh. Nejprve výrazně záporné teploty v prvních dvou dnech se přestavbou povětrnostní situace Nc na Nwc a později na Wc začaly zvyšovat a v den D-3 už převažoval kladný denní průměr na celé ploše povodí. S oteplením se dostavila i srážková činnost, která vyvrcholila den před kulminací deštěm s průměrným úhrnem na povodí 26 mm. Ještě ten den se srážka projevila v Písku na průtocích, které po velmi mírném vzestupu vlivem deště a tání v předchozích dnech, během několika hodin narostly nad hranici 140 m³.s⁻¹. Přestože sníh během sledovaného období zmizel téměř z celé plochy povodí, je z porovnání objemu srážek a vodní hodnoty sněhu zřejmé, že vliv deště byl i v tomto případě dominantní.

Povětrnostní situace

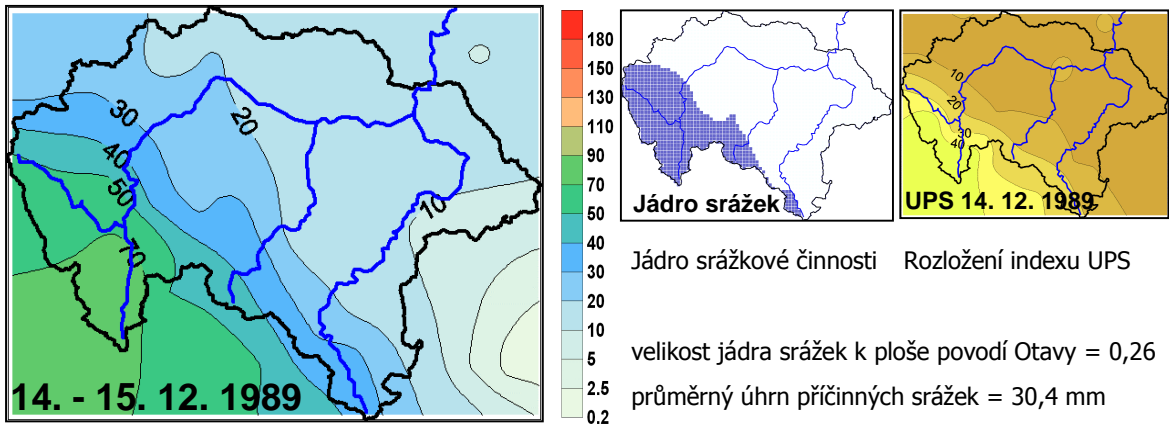
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	NWc	NWc	Wc	Wc	Wc	SWc3	SWc3
Churáňov směr větru [°]	210	210	220	230	220	330	200
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	5,0	6,3	8,3	11,0	9,7	7,7	5,3



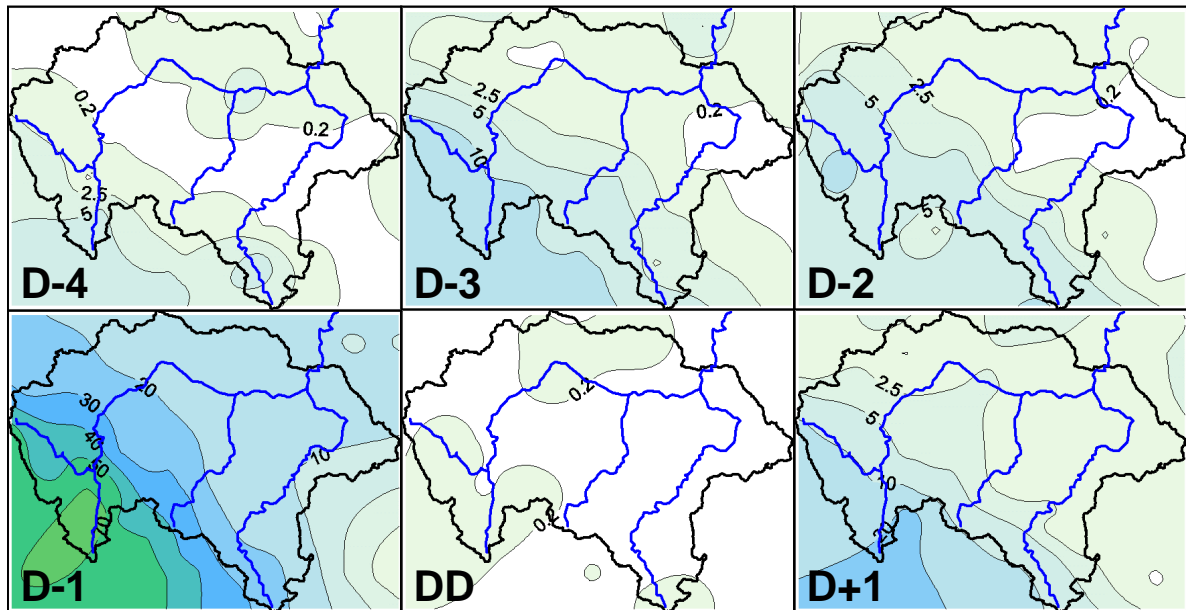
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



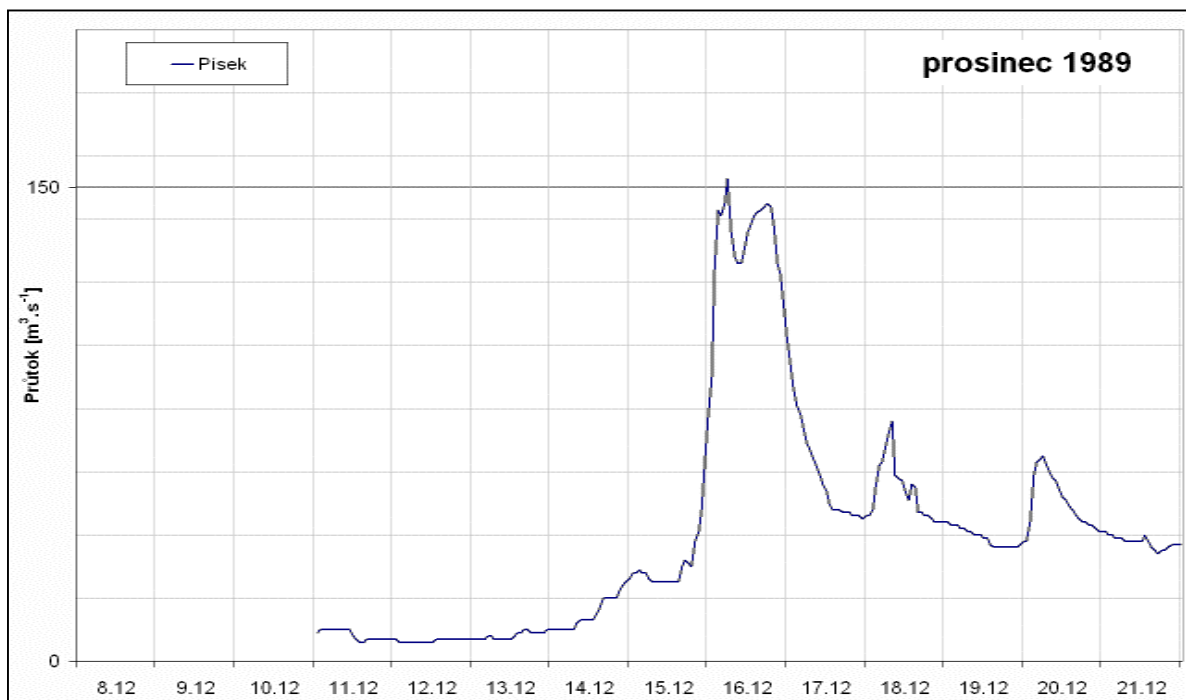
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 26.3.1988

19880326

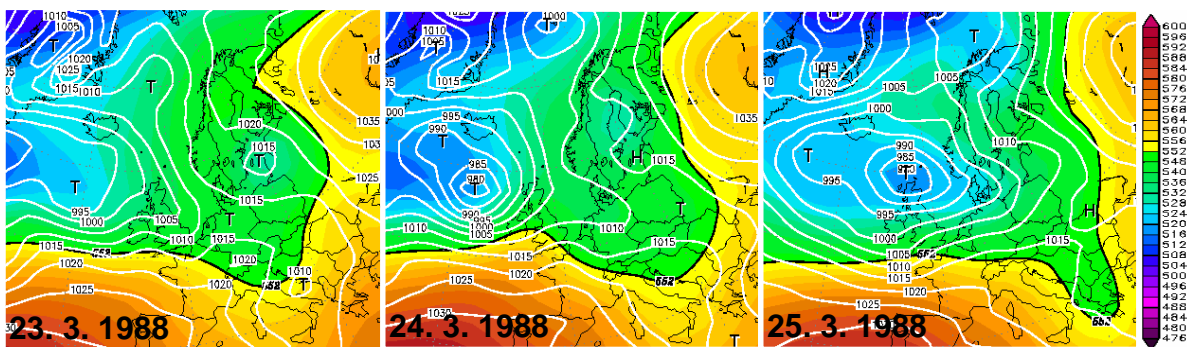
V povodí ležely značné zásoby sněhu. Na Churáňově byla v den D-7 naměřena výška sněhové pokrývky 181 cm, její vodní hodnota se rovnala 376 mm. Podhůří bylo v této době bez sněhu. Trvale kladné teploty ve středních nadmořských výškách způsobovaly neustálé odtávání sněhu. Teplota vzduchu nebyla tak vysoká, aby se to odrazilo v narůstání intenzity tání a v nárůstu průtoků v Písku, proto až do večerních hodin dne D-3 si průtoky udržovaly setrvalou tendenci. Tento a následující den spadla do povodí orograficky poměrně málo zesílená srážka, jejíž úhrn se pohyboval v obou dnech okolo 10 mm. Srážky padaly na celém povodí ve formě deště. Především v nižších polohách, už ve dni D-2 způsobily nárůst průtoků na kulminační hodnotu 165 m³.s⁻¹ v Písku, která se po dalších srážkách na Otavě v Písku opakovala.

Kulminace a extremita povodně

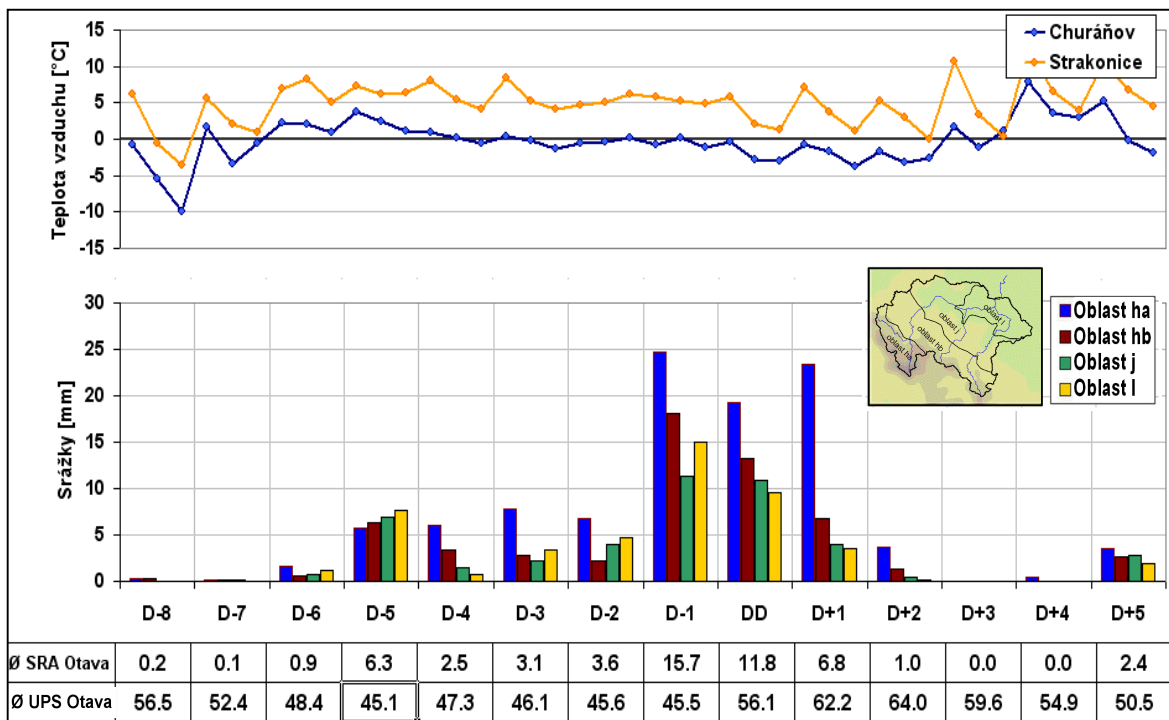
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	26.3.1988 17:00	166	Q1-Q2
Heřmaň	28.3.1988 11:00	36,7	Q1-Q2
Katovice	26.3.1988 12:00	99,2	<Q1
Sušice	26.3.1988 06:00	44,3	<Q1

Povětrnostní situace

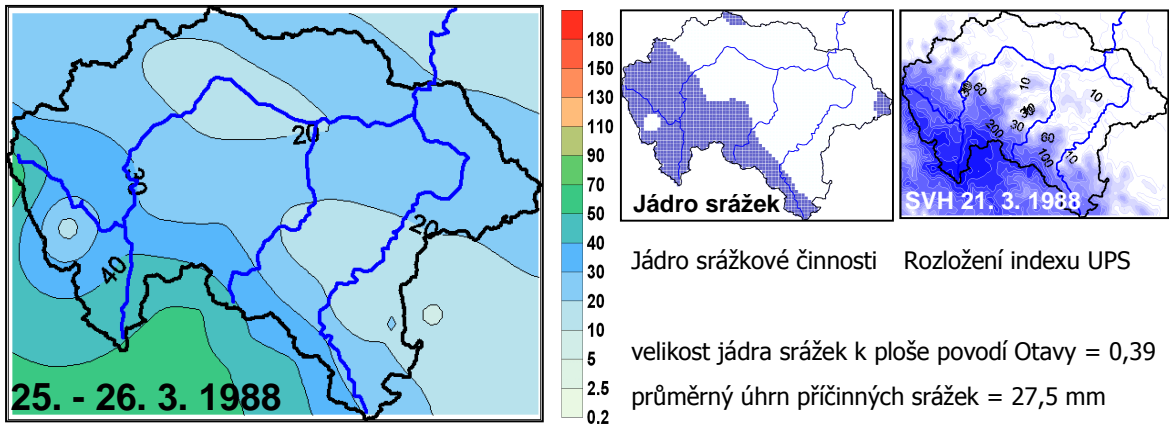
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Vfz	Vfz	Wc	Wc	Wc	Wcs	Wcs
Churáňov směr větru [°]	220	260	240	240	230	260	260
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	2,0	4,0	6,3	5,7	6,7	5,7	6,3



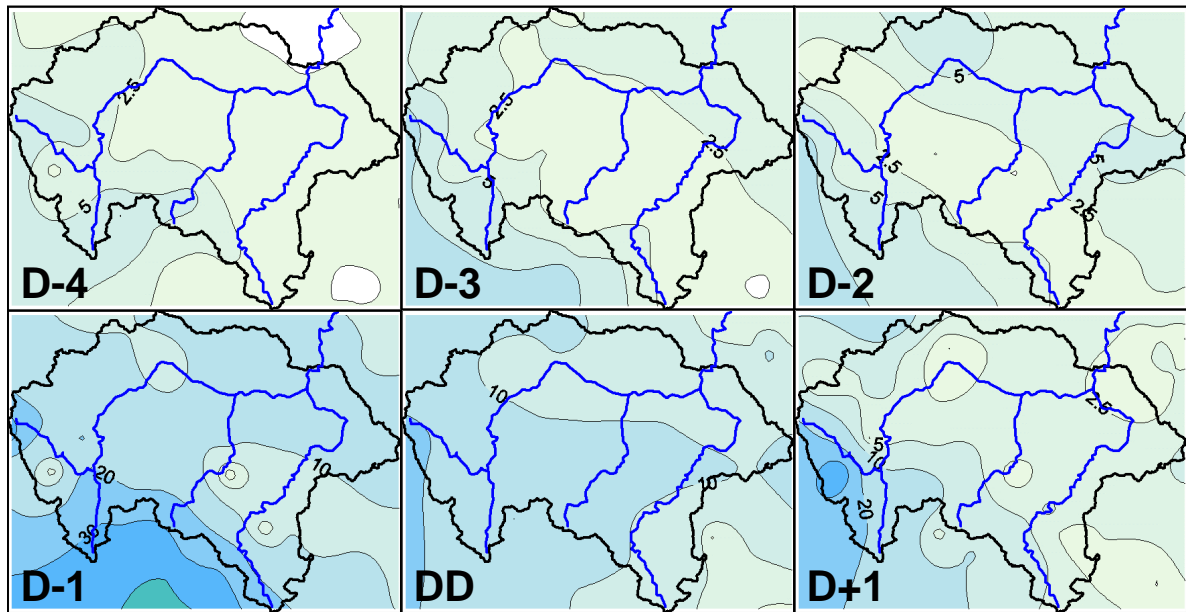
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



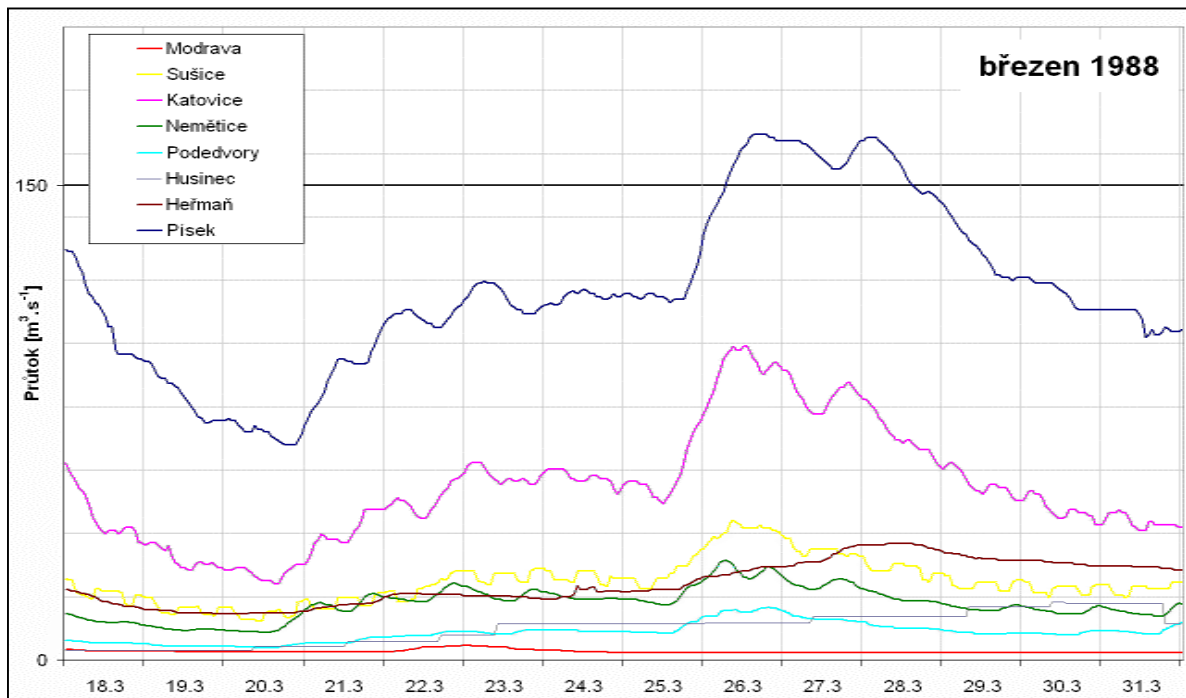
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 20.12.1987

19871220

Povodí bylo bez výrazných sněhových zásob. První tři dny se udržovalo anticyklonální počasí bez srážek s výrazně zápornými teplotami. Příčinou vzestupu průtoku byly silné srážky spadlé ve dnech D-3 a D-2.

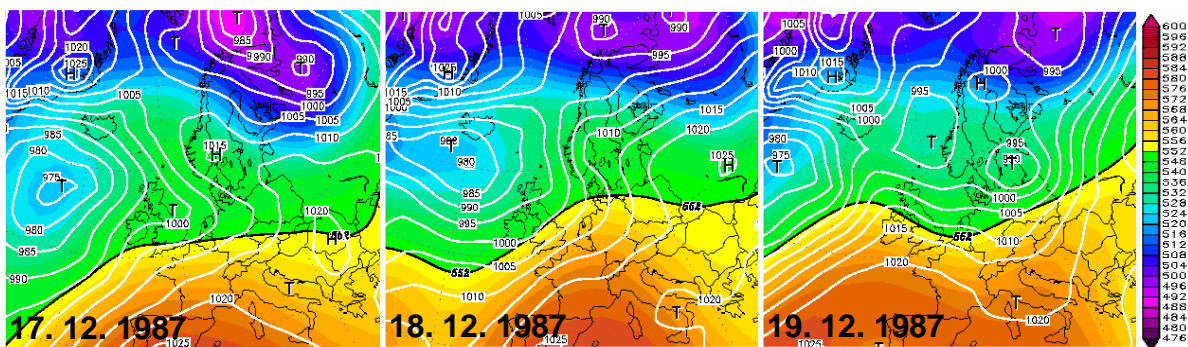
Srážky způsobily prudký nárůst průtoku, který vrcholil v Písku hodnotou $274 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Přestože za dva kritické dny spadlo na povodí téměř 40 mm deště, byla odtoková odezva při porovnání se srážkově jen o málo chudšími situacemi velmi silná. Důvodem mohly být právě záporné teploty na počátku periody, které při absenci sněhu měly nepochybně vliv na zamrznutí půdy, tím i na snížení možnosti infiltrace.

Kulminace a extremita povodně

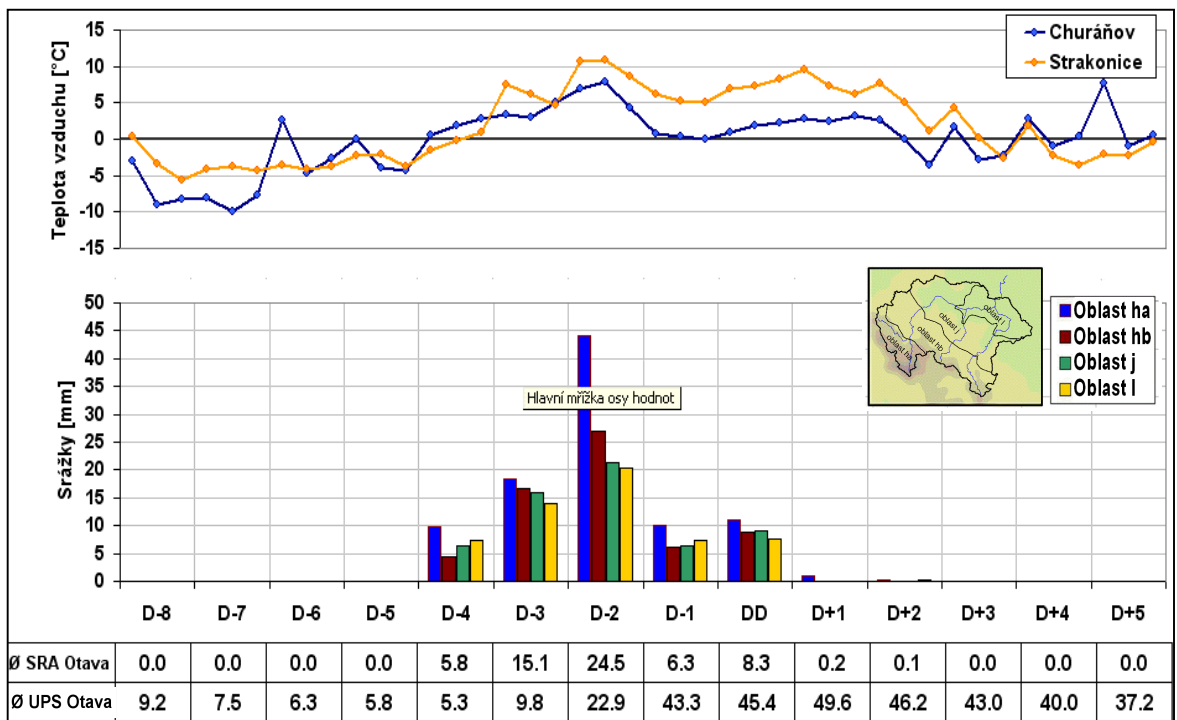
	Datum a čas kulminace	Kulminace [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Extremita
Písek	20.12.1987 01:00	274,4	Q2-Q5
Heřmaň	20.12.1987 06:00	15,4	<Q1
Katovice	19.12.1987 15:00	199,5	Q2-Q5
Sušice	19.12.1987 12:00	165,8	Q2-Q5

Povětrnostní situace

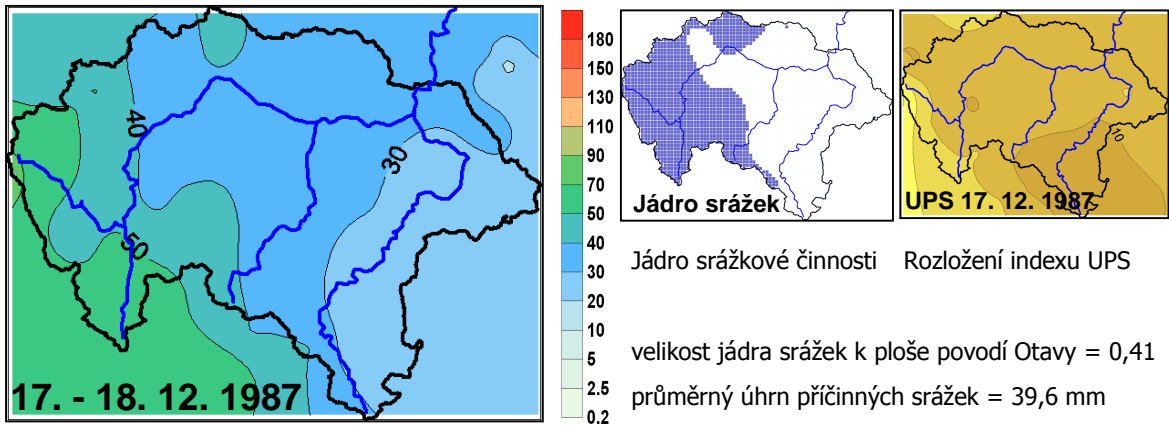
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Ea	SWc2	SWc2	SWc2	Wc	Wc	Wc
Churáňov směr větru [°]	270	240	260	250	270	250	280
Churáňov rychl. větru [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	2,3	5,7	5,3	6,3	6,7	6,7	3,7



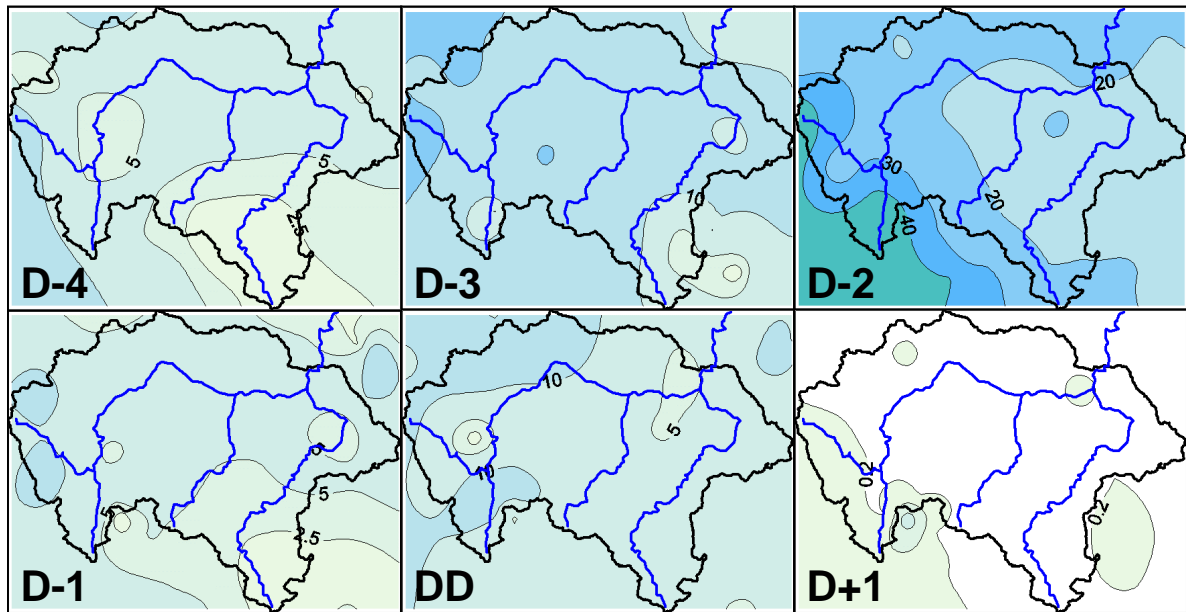
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



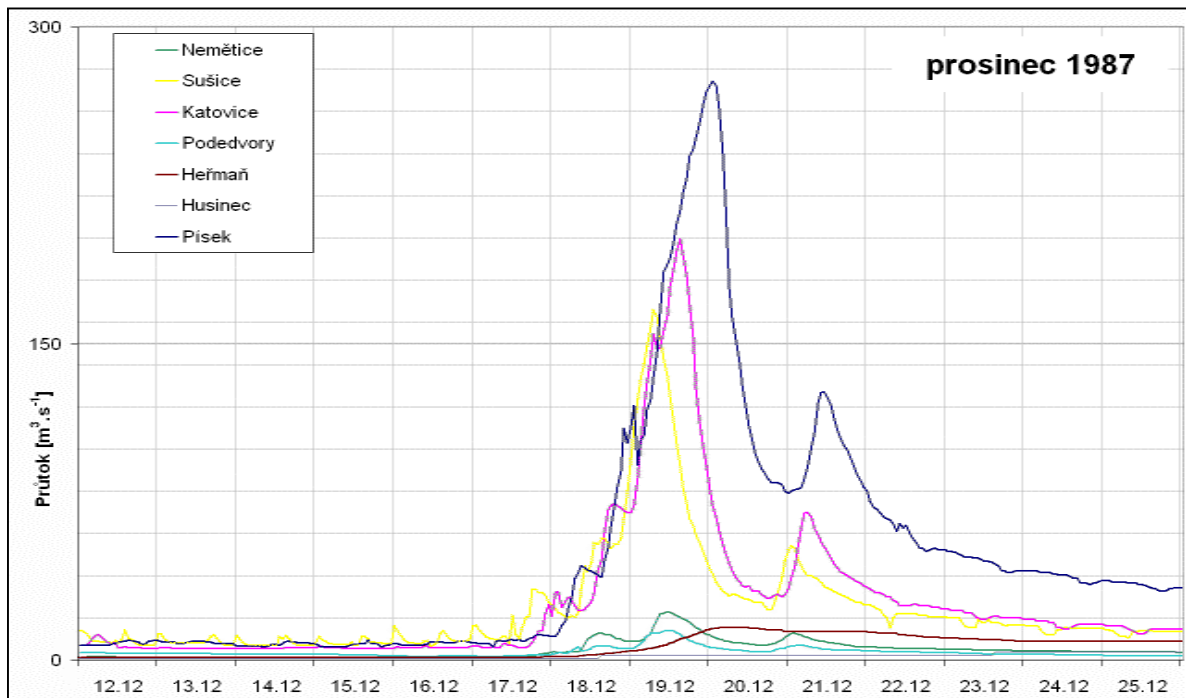
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 2.7.1987

19870702

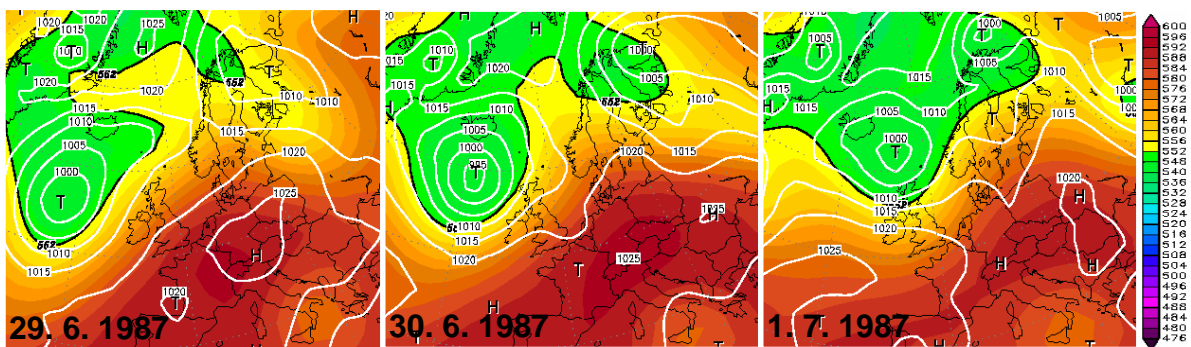
Až do dne D-2 se nad střední Evropou udržovala oblast vysokého tlaku vzduchu. K mírnému oživení cirkulace došlo až v D-1 vlivem přiblížení tlakové níže přecházející přes severní Atlantik. Z nevýrazného tlakového pole a z rozložení srážek lze usuzovat na jejich konvektivní charakter. Nasyčenost povodí byla malá a také úhrny spadlých srážek nepatřily do kategorie srážkových extrémů. Vznik povodně však zřejmě ovlivnily další faktory. Z rychlosti narůstání průtoků Otavy v Sušici a v Katovicích lze usuzovat na vysokou intenzitu srážek a s ní spojených vysokých odtokových koeficientů. Podle směru proudění se zdá, že první bylo zasaženo povodí dolní Blanice, a teprve později střední Otavy. V důsledku delších postupových dob průtoků na Blanici tak mohlo dojít k střetu její průtokové vlny s rostoucími vrcholovými průtoky Otavy.

Kulminace a extremita povodně

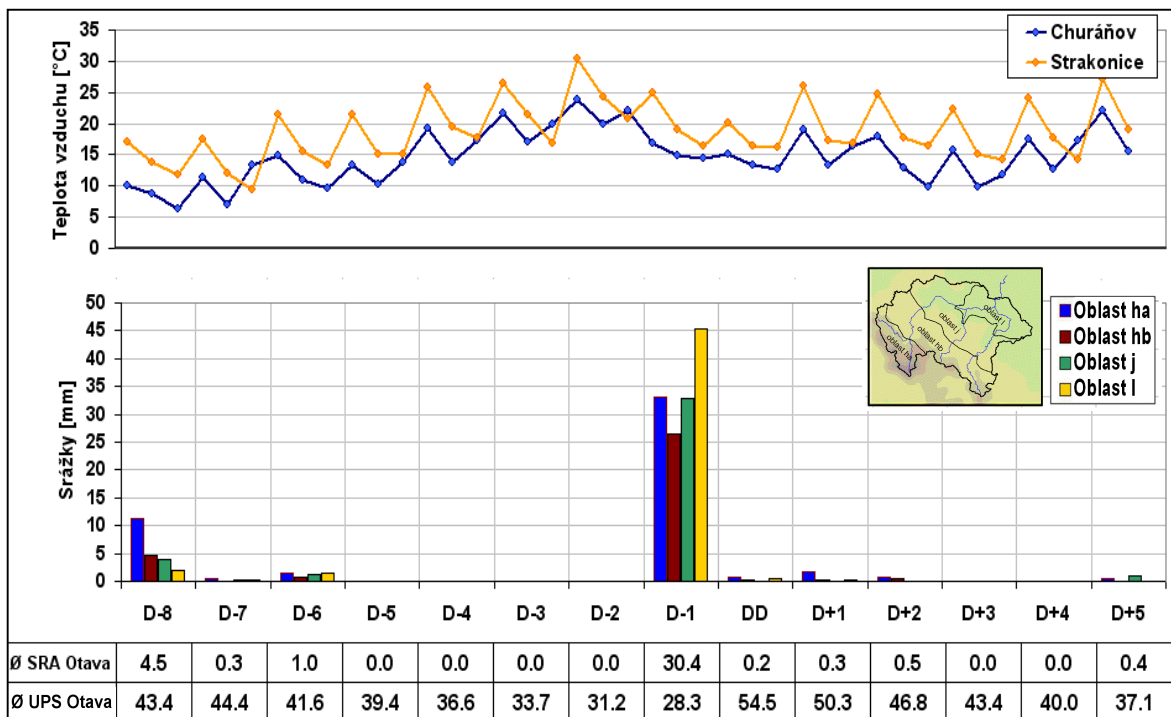
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	2.7.1987 11:00	188,8	Q2
Heřmaň		53,7	Q2
Katovice	2.7.1987 01:00		
Sušice	2.7.1987 01:00	60,2	<Q1

Povětrnostní situace

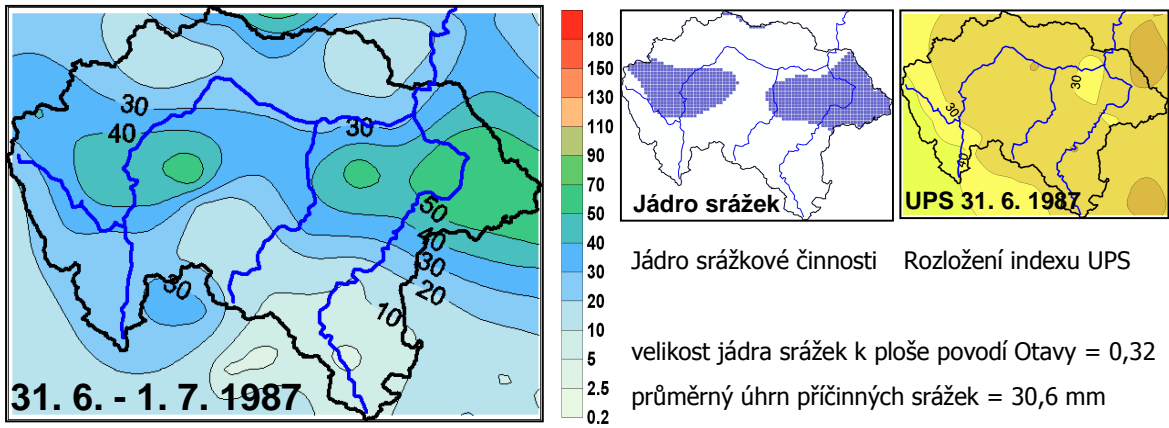
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wc	Ap1	A	A	Wc	Wc	A
Churáňov směr větru [°]	280	280	120	100	340	70	90
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	1,0	3,0	1,3	0,7	0,7	2,0	2,0



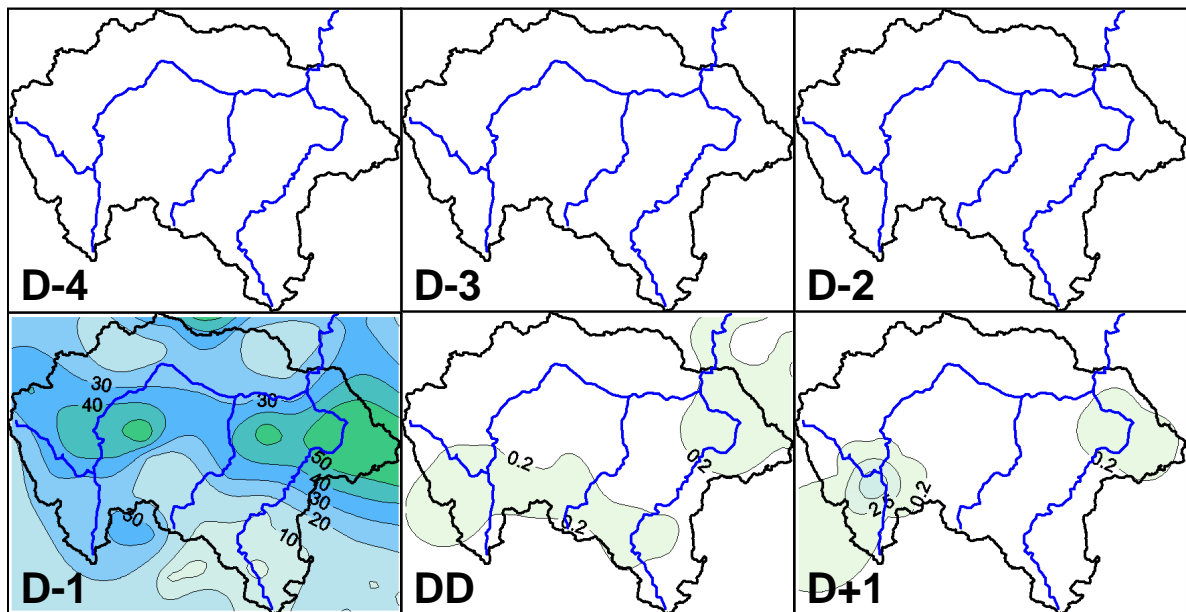
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



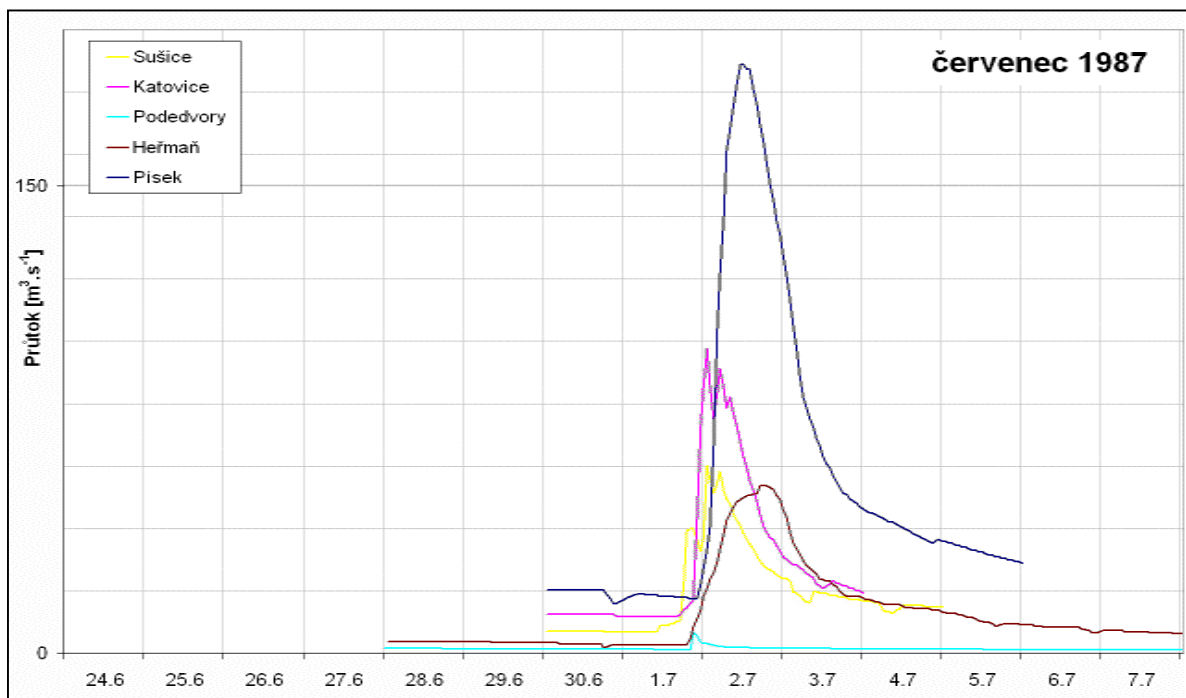
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 29.3.1987

19870329

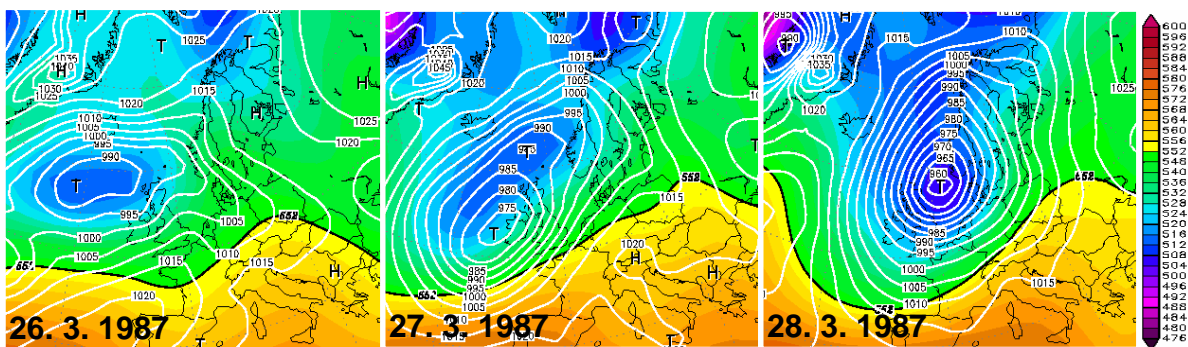
Už oteplení během prvních dvou dní způsobilo odtávání sněhu z nejnižších poloh a následný mírný nárůst průtoků Otavy v Písku. Následující dny při působení západně cyklonálního proudění (typ Wc později SWc2) se teploty držely výrazně nad nulou i v horských polohách, kde byly značné zásoby sněhu (Churáňov, vodní hodnota sněhu = 305 mm). Narůstající intenzita tání způsobovala postupné zvětšování průtokových vrcholů u denních cyklů na vzestupné části vlny. Mírný pokles kladných teplot o dva stupně průměrné denní teploty v den D-3 způsobil přechodné zmenšení podružného vrcholu vlny, po němž následoval prudký vzestup průtoků s kulminací 179 m³.s⁻¹. Příčinou náhlého růstu průtoků bylo jednak nové oteplení při změně atmosférické cirkulace na situaci B a zároveň mírná dešťová srážka (na horách s úhny kolem 10 mm), která se během dnů D-2 a D-1 postupně přesouvala na východ.

Kulminace a extremita povodně

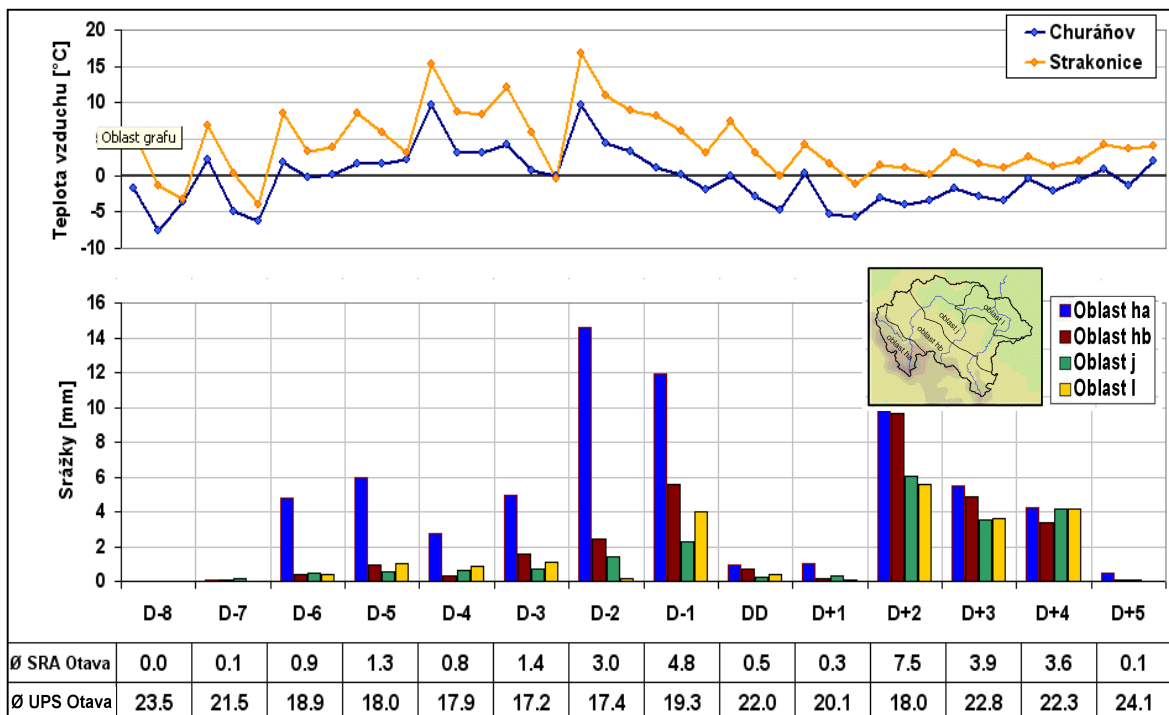
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	29.3.1987 05:00	180,8	Q1-Q2
Heřmaň	29.3.1987 16:00	34,5	Q1-Q2
Katovice	28.3.1987 23:00	81	<Q1
Sušice	28.3.1987 20:00	56,6	<Q1

Povětrnostní situace

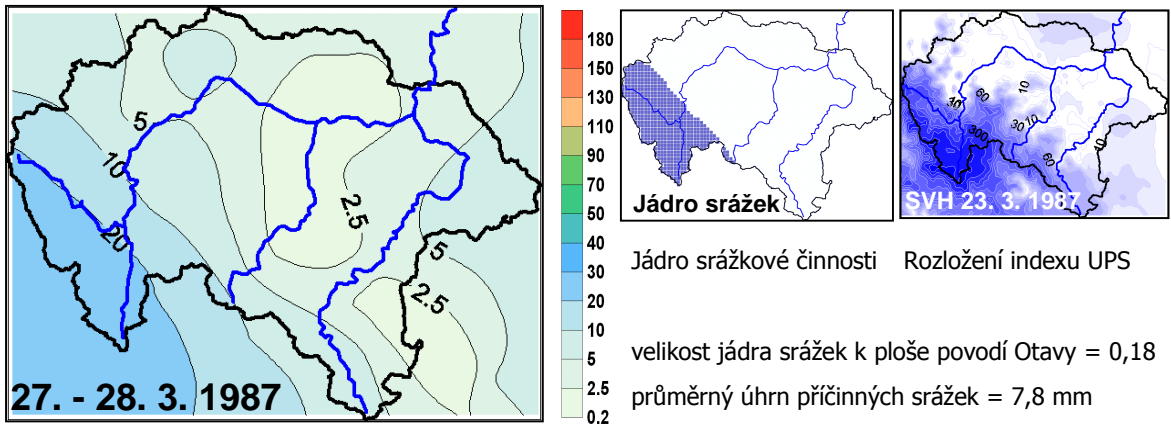
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wc	SWc2	SWc2	SWc2	B	B	B
Churáňov směr větru [°]	270	260	290	260	280	340	0
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	7,7	5,7	3,3	5,7	7,7	2,3	3,0



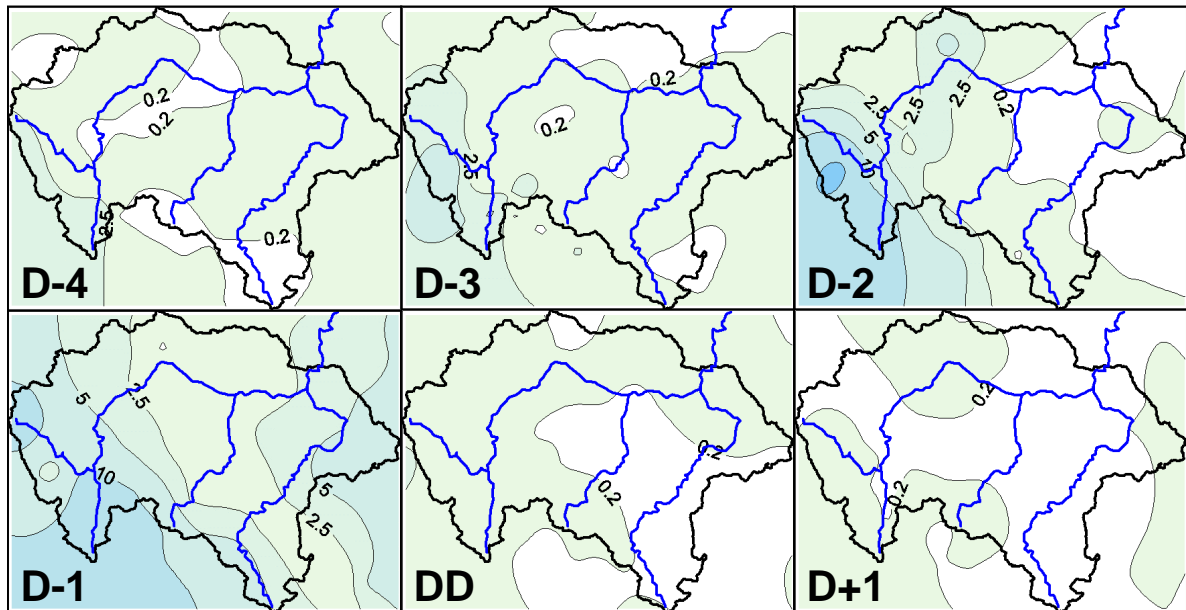
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



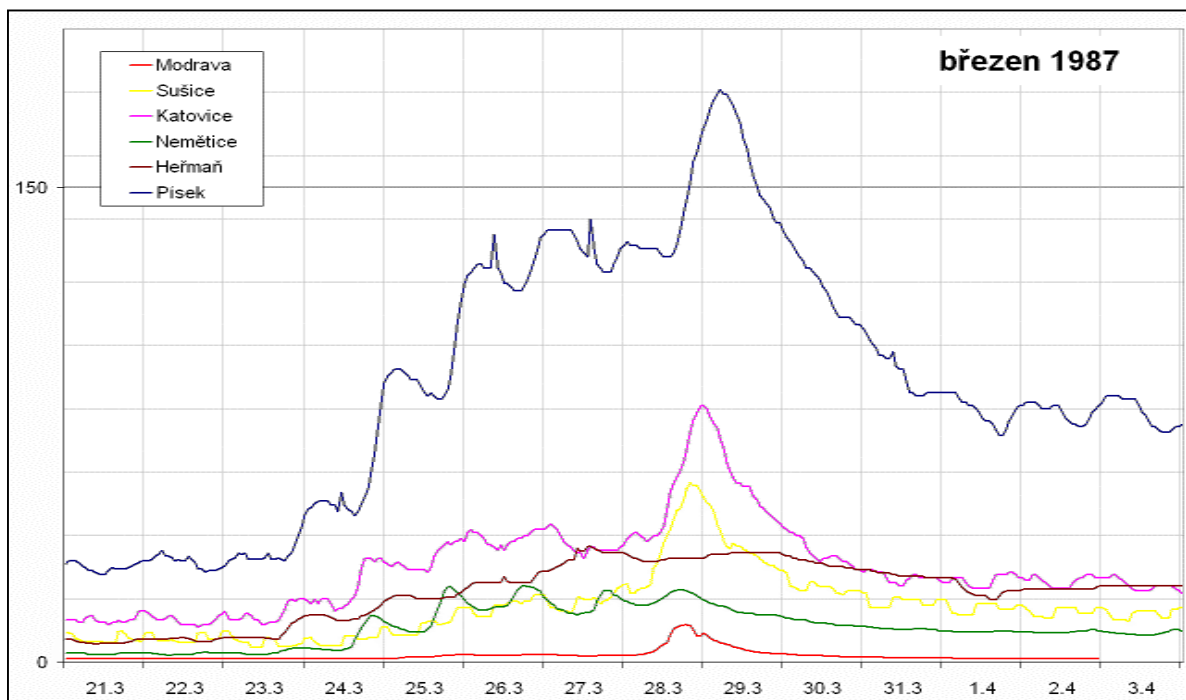
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 23.10.1986

19861023

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	23.10.1986 20:00	160,8	Q1-Q2
Heřmaň	24.10.1986 12:00	2,3	<Q1
Katovice	23.10.1986 14:00	168	Q2
Sušice	23.10.1986 07:00	166	Q2-Q5

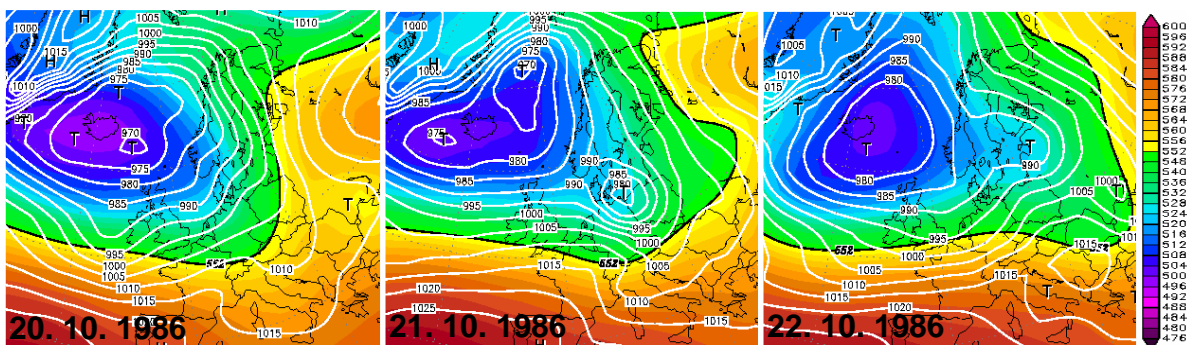
Z rozsáhlé oblasti s nízkým tlakem, která se vyskytovala nad severním Atlantikem, se v den D-2 oddělila tlaková níže, která se přesouvala přes severní Německo k jihozápadu. Česká republika se nacházela na jižním okraji této cyklóny ve velmi silném západním proudění. V něm přecházelo několik frontálních systémů.

Srážky na nich byly silně orograficky zesílené na hřebeni Šumavy a v závětrří Šumavy se tvořil srážkový stín. Silný déšť se vyskytl nejprve na studené frontě v den D-3, pak v teplém sektoru dalšího systému v D-2 a nejvíce na studené frontě v den D-1.

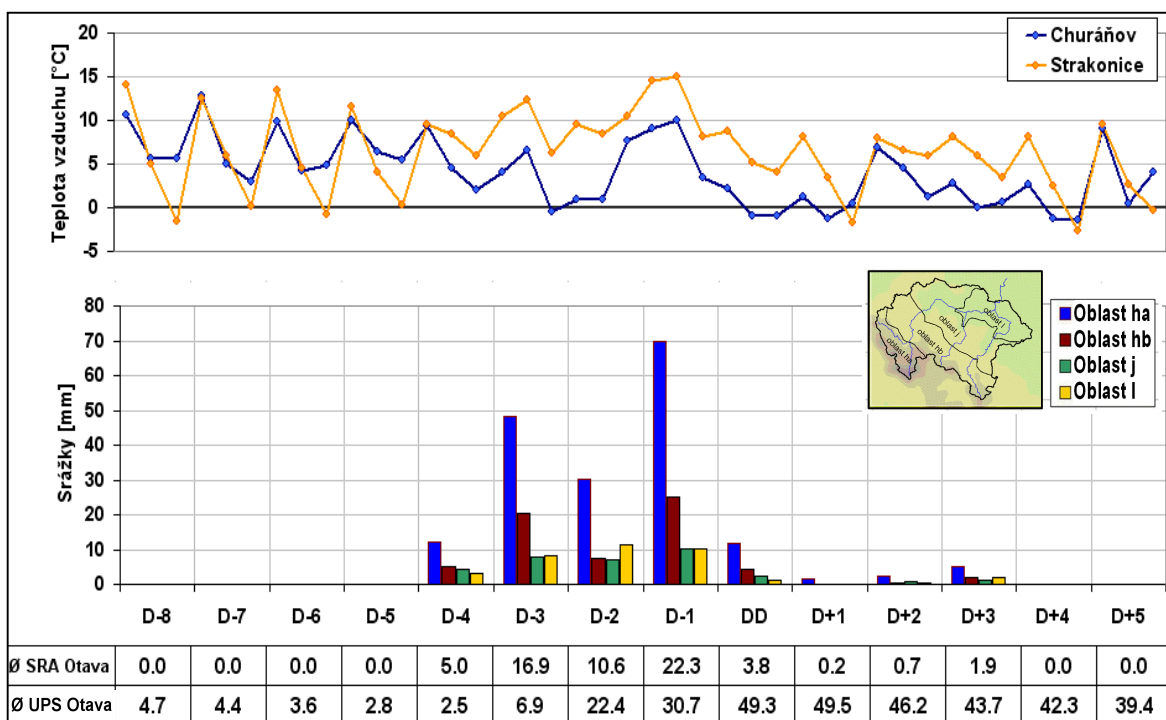
Jednotlivým vlnám srážek odpovídají i podružné vrcholy na vzestupných větvích průtokových vln. Největších extrémů dosáhla povodeň na zdrojnicích Otavy. Přítoky Otavy pod Sušicí už na průběh povodně prakticky neměly žádný vliv.

Povětrnostní situace

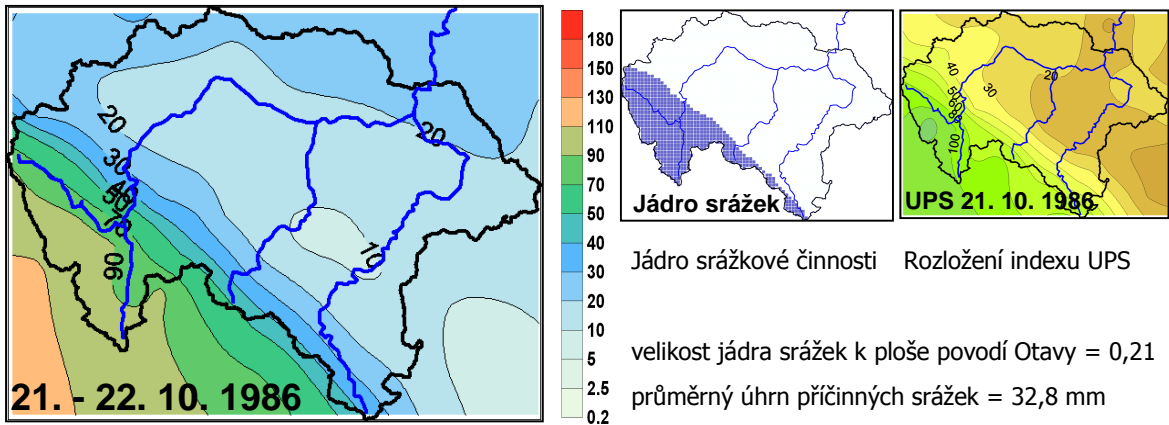
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Ap2	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc
Churáňov směr větru [°]	110	210	210	230	210	240	340
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,7	6,0	11,0	9,3	11,3	10,0	4,7



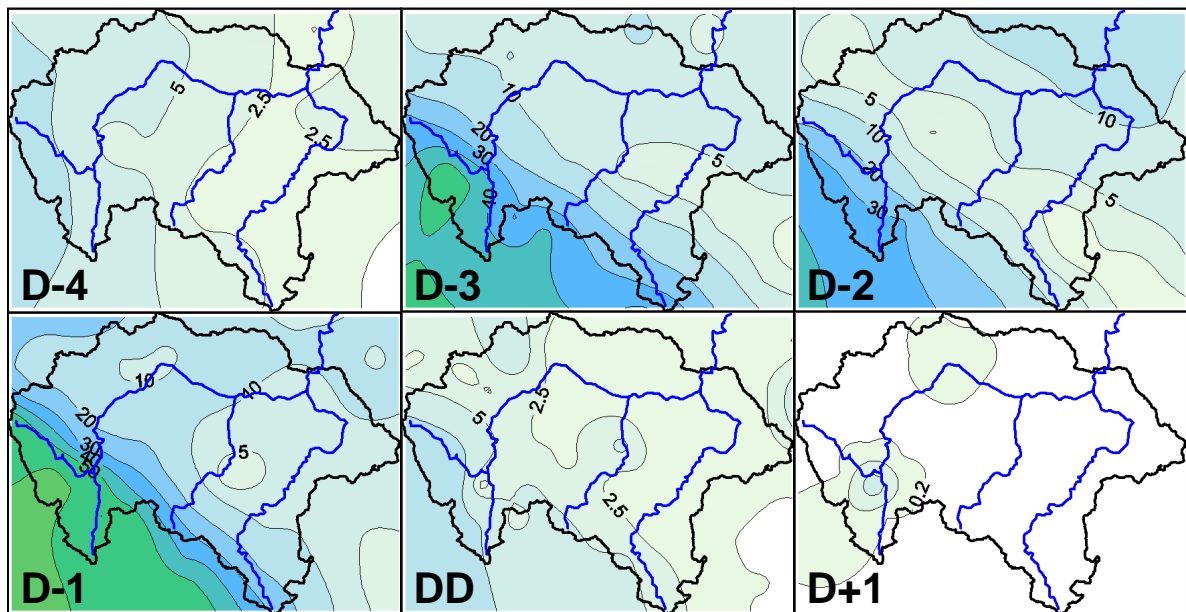
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



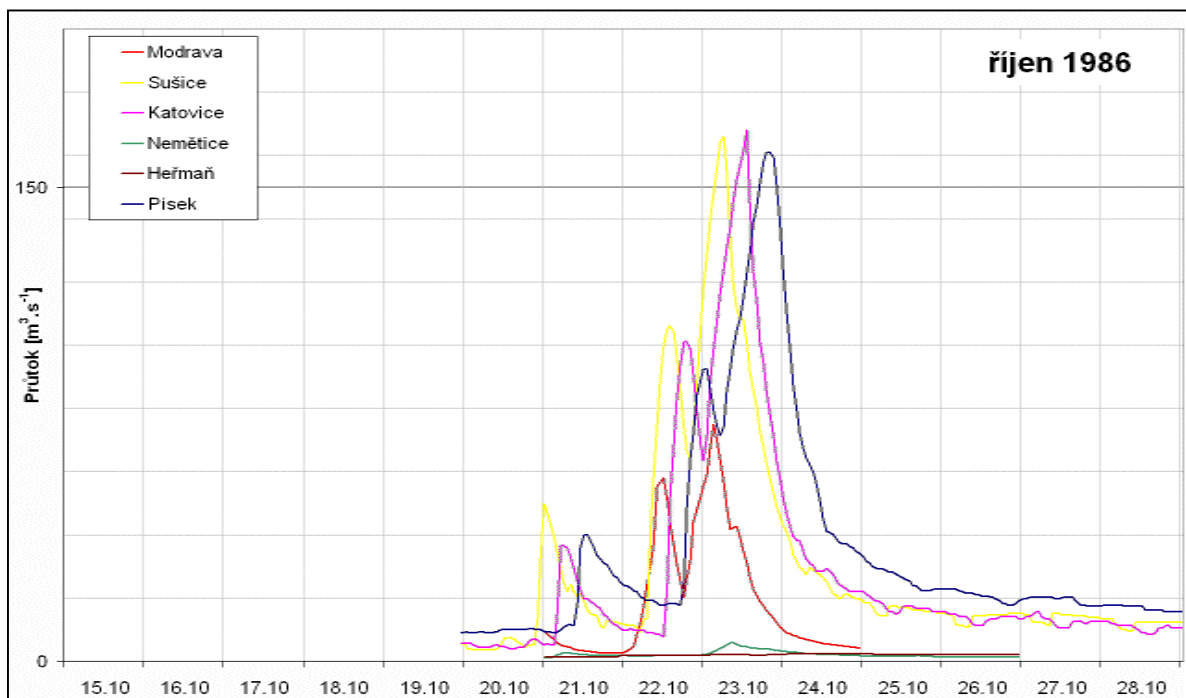
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 13.6.1986

19860613

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	13.6.1986 19:00	228,4	Q2-Q5
Heřmaň	13.6.1986 13:00	42,5	Q2
Katovice	13.6.1986 13:00	104	<Q1
Sušice	13.6.1986 09:00	49	<Q1

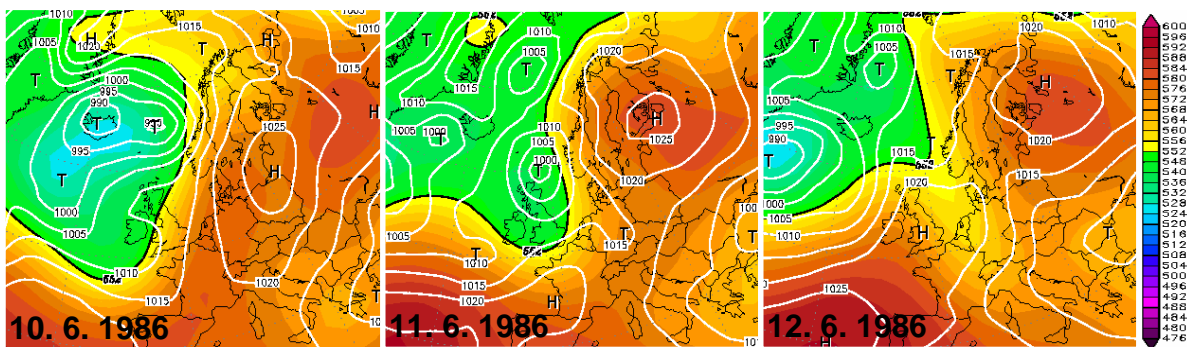
Hřeben vysokého tlaku vzduchu vystřídal ve dnech D-2 před povodní brázdu, která vybíhala z tlakové níže nad Černým mořem. Po okraji této brázdy se do České republiky dostával od severu vlhký vzduch.

V severním proudění se vytvářely plošné trvalé srážky, které se od severu postupně rozšířily na celé povodí Otavy. Největší úhrny byly naměřeny v dolní části povodí.

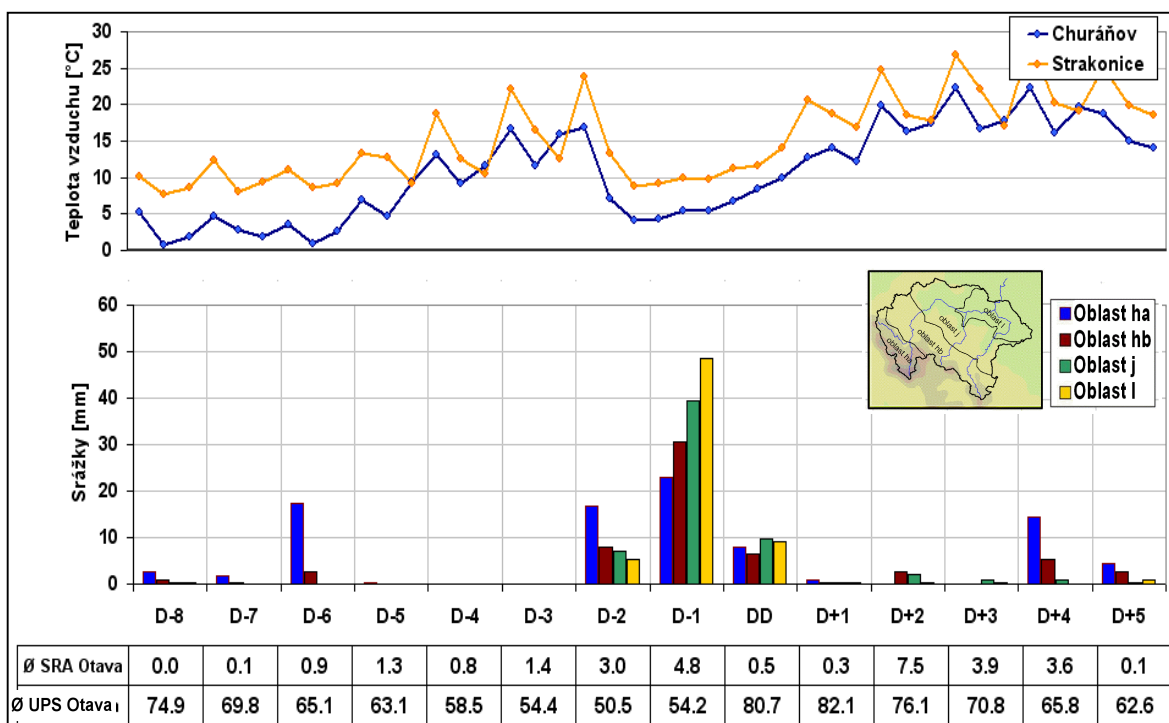
Z důvodu pohybu srážek proti toku, a dále protože byly zasaženy dolní části povodí s relativně málo sklonitým terénem, byl vzestup hladin Otavy v Písku pozvolnější a objem průtokové vlny byl spíše větší. Na kulminaci se podílely rovnoměrně všechny části povodí. Vlivem pohybu srážek došlo k synergickému nárůstu průtoku vlivem interference maximálních průtoků na Otavě a Blanici.

Povětrnostní situace

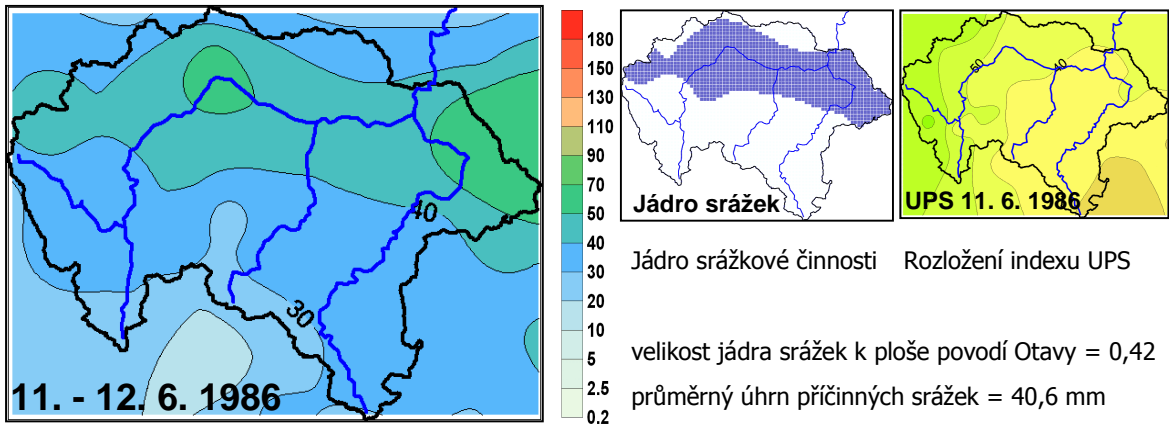
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	B	Ap1	Ap1	Bp	Bp	Ac	Ac
Churáňov směr větru [°]	240	350	100	330	350	350	0
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,0	1,7	3,7	2,3	4,7	2,7	3,3



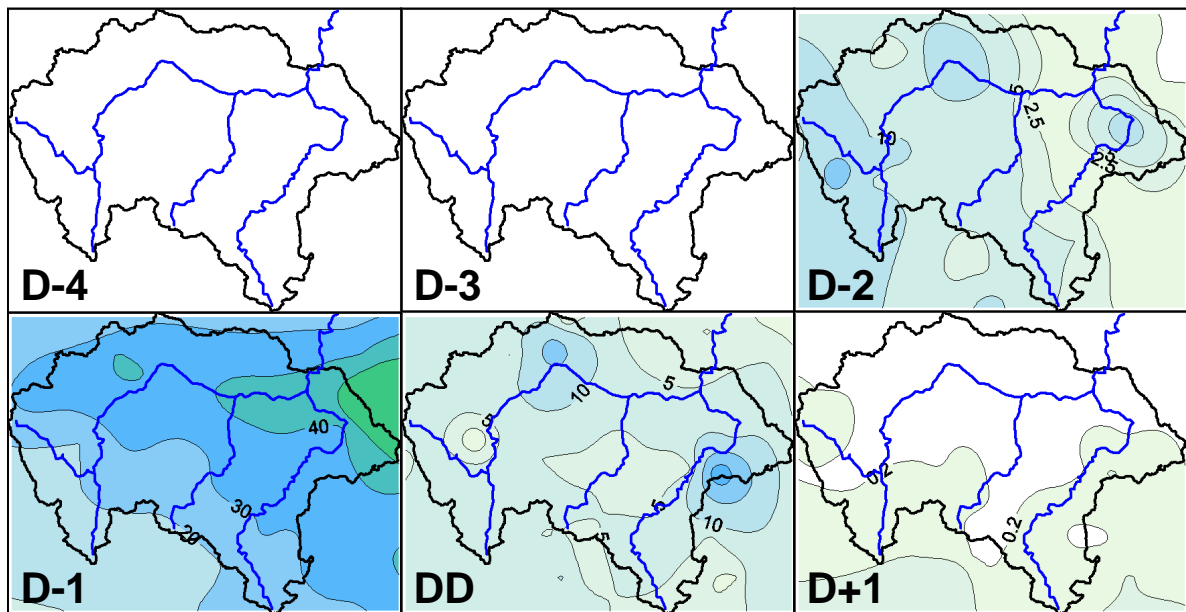
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



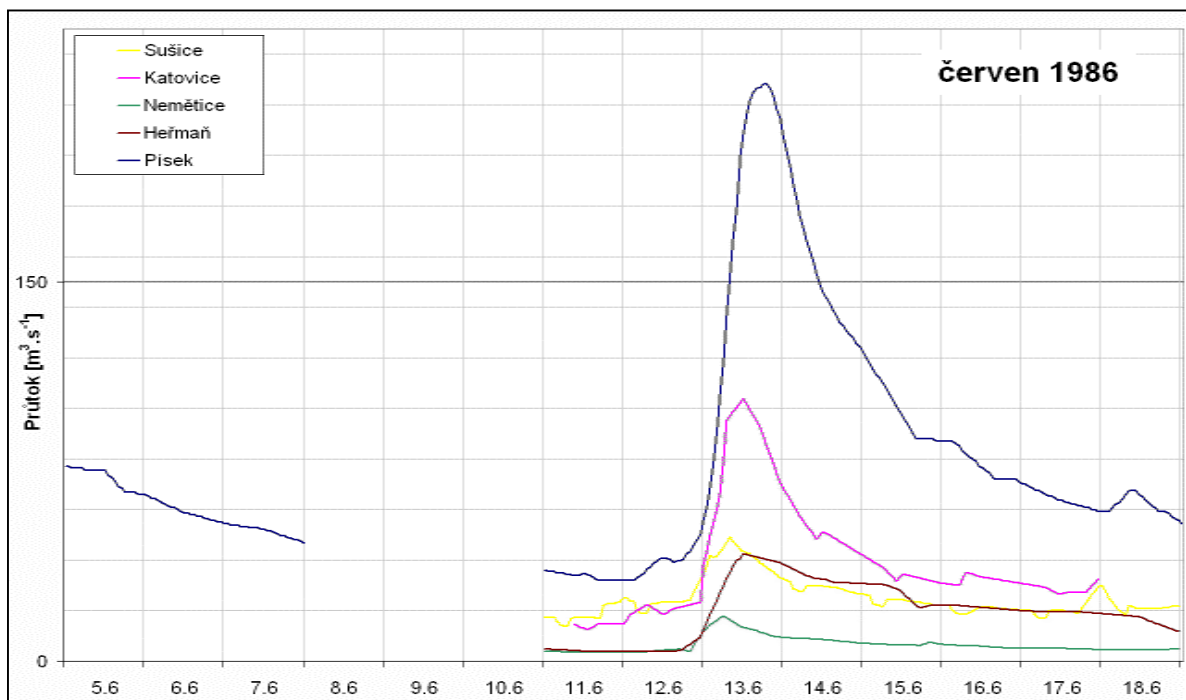
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 30.5.1986

19860530

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	30.5.1986 18:00	269	Q2-Q5
Heřmaň	30.5.1986 15:00	30,1	Q1
Katovice	30.5.1986 08:00	153	Q1-Q2
Sušice	30.5.1986 03:00	73	<Q1

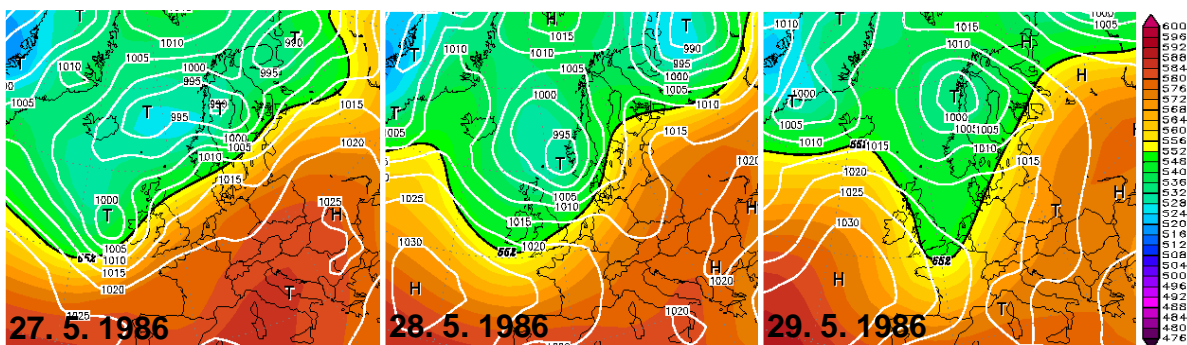
Jihozápadní proudění, doprovázející výskyt synoptického typu SWc2 přineslo do střední Evropy vlhký vzduch, z něhož vypadávaly srážky. Tvorbu srážkové činnosti podpořila výšková brázda nízkého tlaku, které se přesouvala zvolna přes střední Evropu.

Srážky, které spadly na povodí Otavy, měly charakter trvalého deště s nevýraznými intenzitami. Nejvyšší úhrny byly naměřeny v severozápadní části povodí.

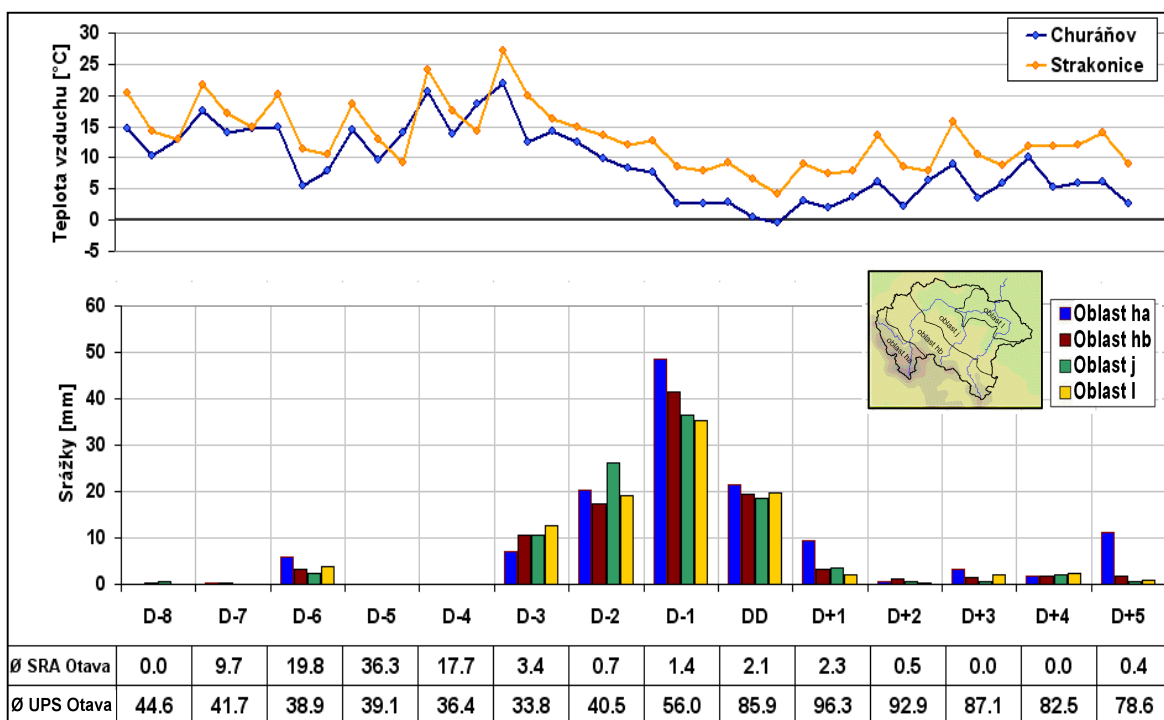
Protože déšť se vyskytoval již během dní D-3 až DD, odteklo poměrně velké množství vody, o čemž svědčí velký objem povodňové vlny. Vývoj povodně však nebyl tak náhlý, jako při jiných povodňových situacích vznikajících na Šumavě. Poměrně velkým podílem se na jejím vzniku podílelo mezipovodí mezi Sušicí, Němčicemi a Heřmaní.

Povětrnostní situace

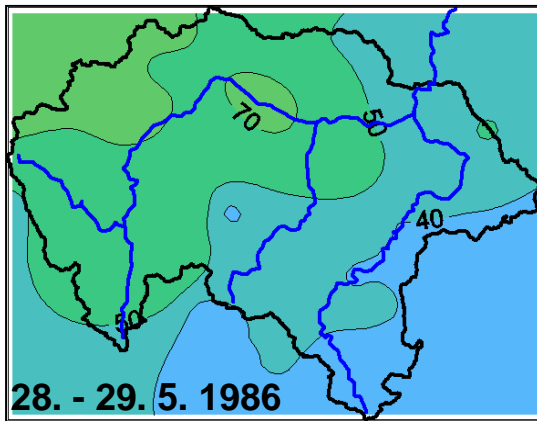
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Ap2	Ap2	SWc2	SWc2	B	B	B
Churáňov směr větru [°]	0	30	320	290	340	330	310
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	1,3	3,7	5,7	2,0	3,3	4,0	3,0



Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]

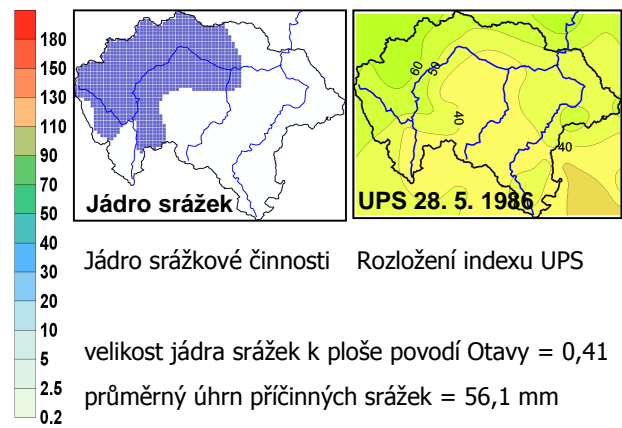


Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



28. - 29. 5. 1986

Příčinná dvoudenní srážka



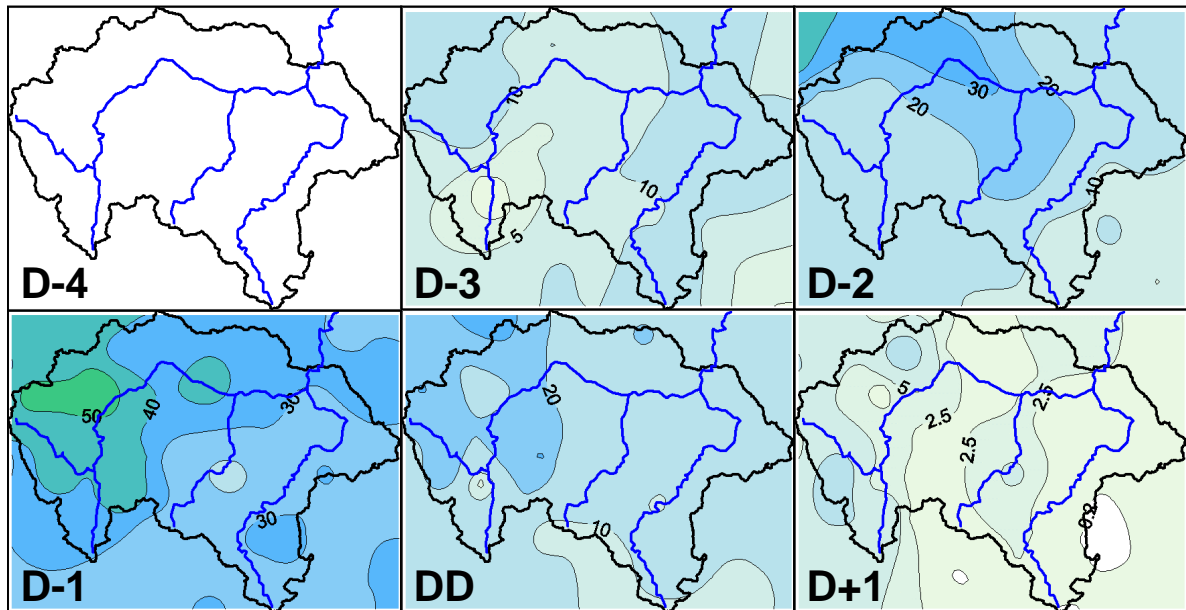
Jádro srážek

UPS 28. 5. 1986

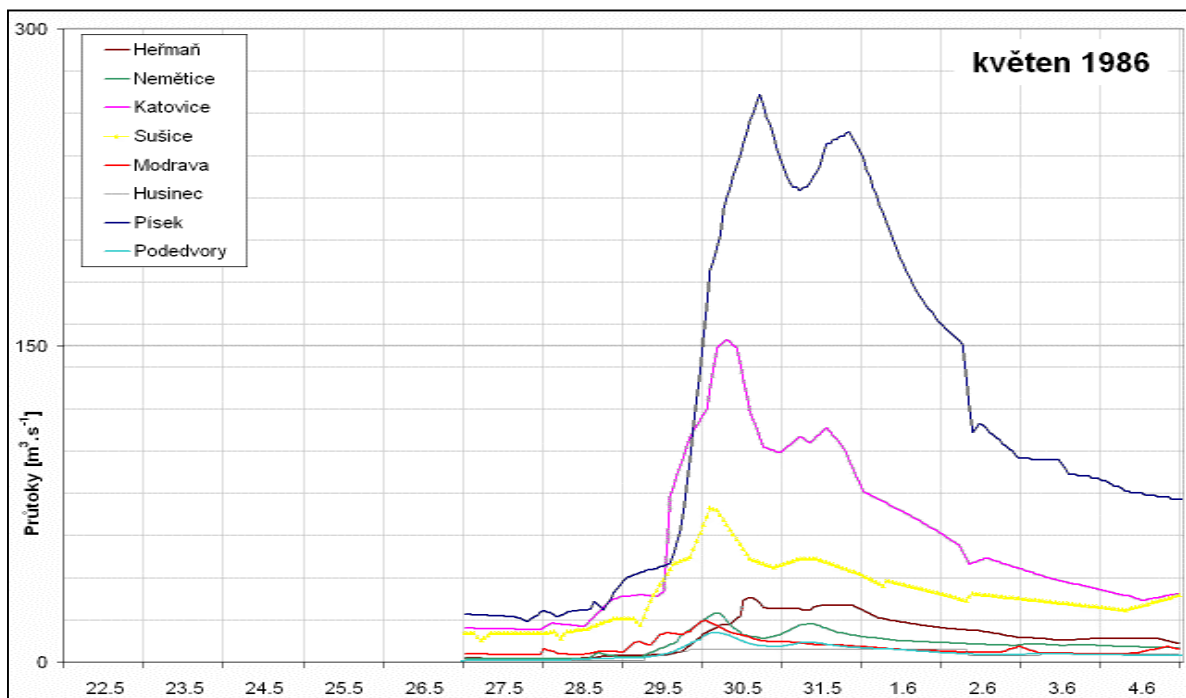
Jádro srážkové činnosti Rozložení indexu UPS

velikost jádra srážek k ploše povodí Otavy = 0,41

průměrný úhrn příčných srážek = 56,1 mm



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 17.9.1984

19840917

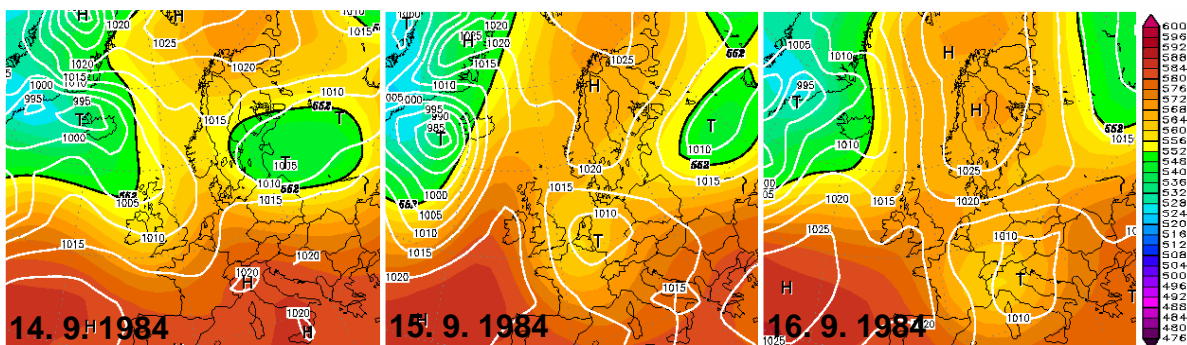
Povodní předcházela situace, při které ve dnech D-8 a D-7 spadly významné srážky v oblasti centrální Šumavy a způsobily vzestupy hladin, zejména na horní Otavě. Tlaková níže, které postoupila přes západní Evropu do severního Středomoří, a odtud přes střední Evropu k východu, přinesla jiný charakter srážkové činnosti. Pršelo nejprve v jižní, později východní části povodí, v den D pak nejvíce v severní části na dolní Otavě. Díky tomuto pohybu srážek, který byl dostatečně pozvolný, aby kopíroval dobřehovou rychlost vody v povodí, došlo k navýšení odtoku v závěrečném profilu. Tak i relativně malá srážka vedla na Otavě v Písku k překročení průtokové kulminace $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Kulminace a extremita povodně

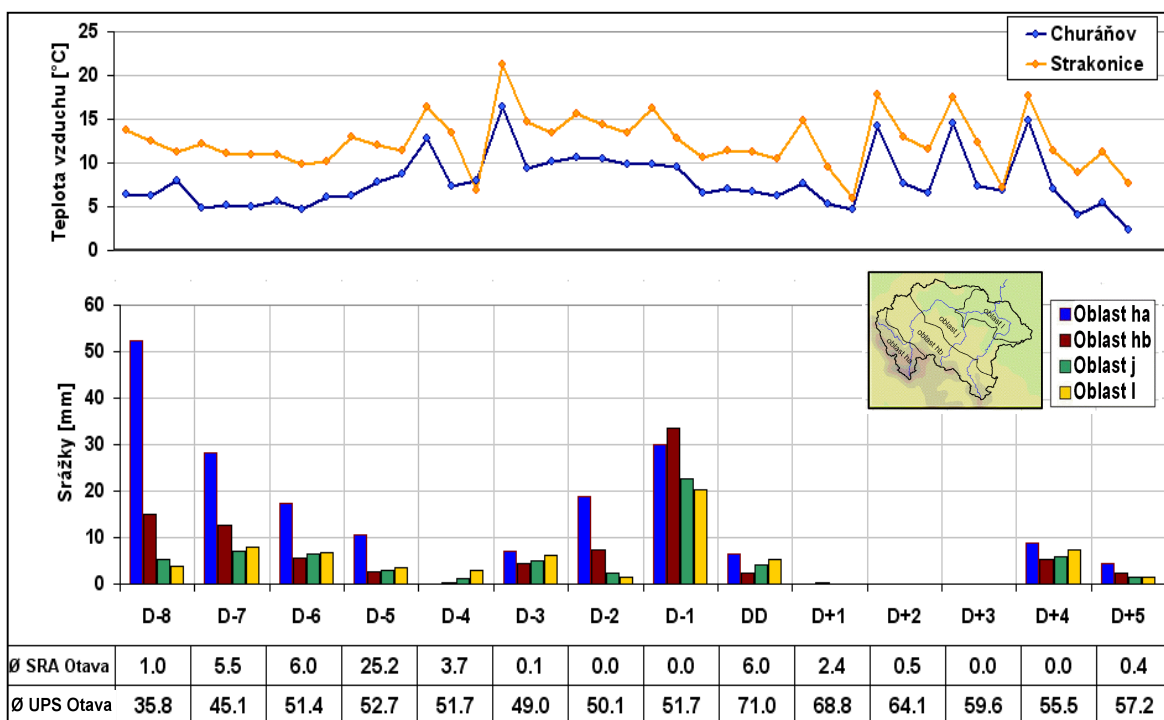
	Datum a čas kulminace	Kulminace [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Extremita
Písek	17.9.1984 15:00	161	Q1-Q2
Heřmaň	18.9.1984 06:00	19,9	<Q1
Katovice	17.9.1984 10:00		
Sušice	17.9.1984 05:00	63	<Q1

Povětrnostní situace

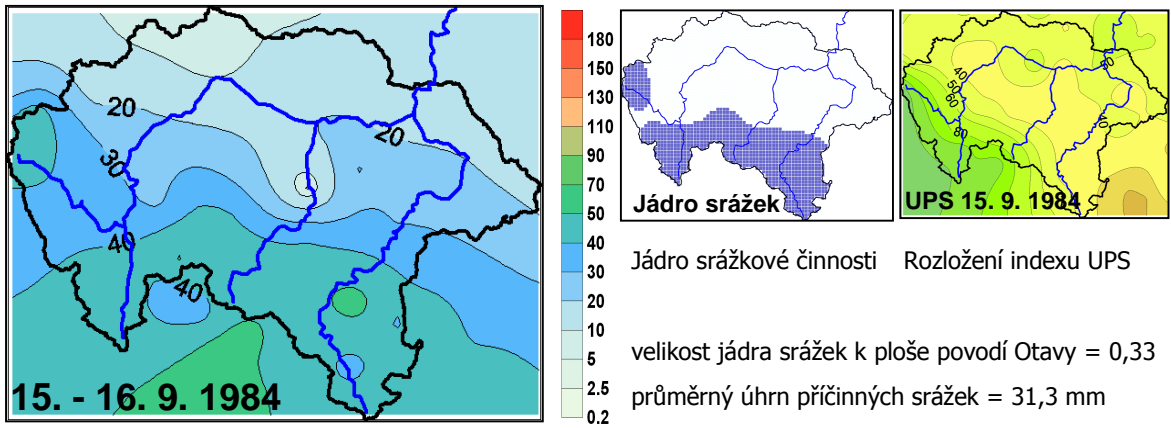
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	NWc	Wc	Wc	C	C	C	C
Churáňov směr větru [°]	230	220	320	130	30	280	90
Churáňov rychl. větru [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	7,3	4,0	2,0	1,7	4,7	2,0	2,0



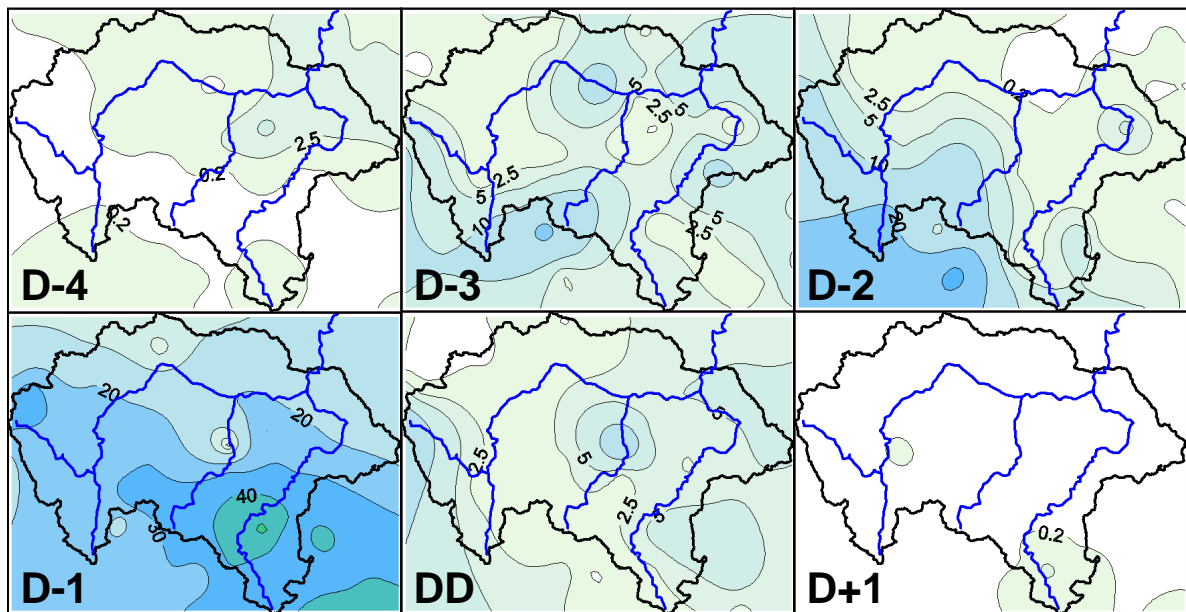
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



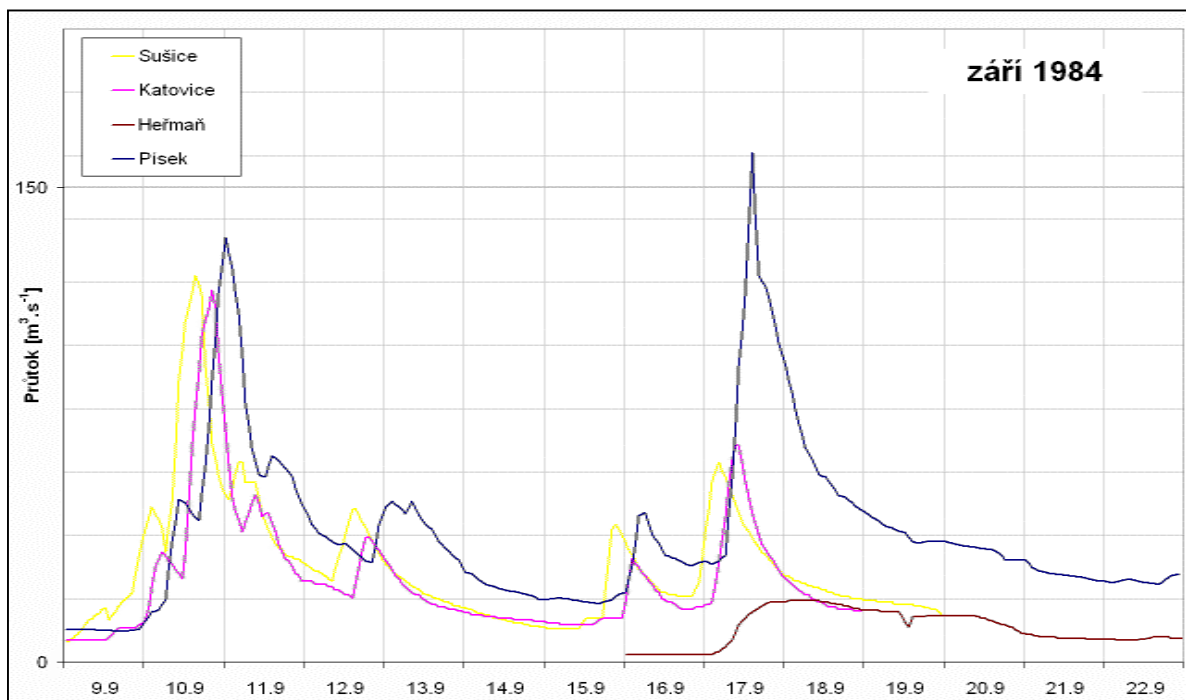
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 31.1.1982

19820131

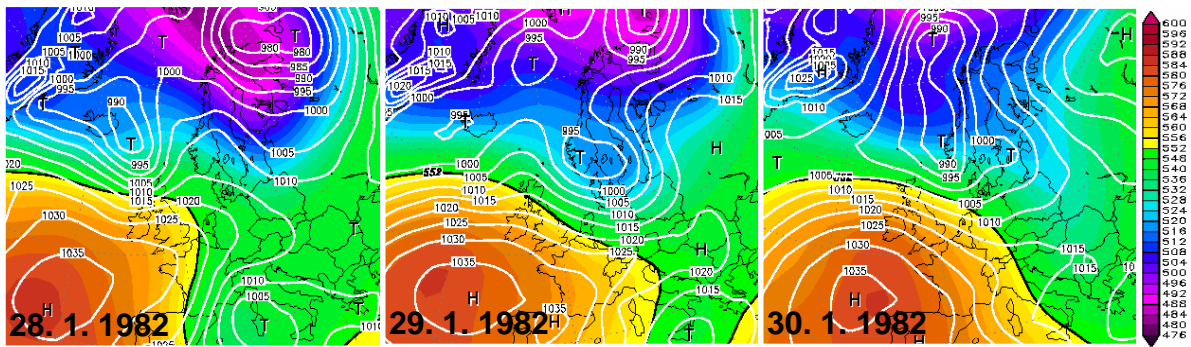
Sníh se udržoval po celé ploše povodí včetně nejnižších poloh. Nástup silnějšího oteplení byl spojený s přestavbou povětrnostní situace B (brázda) na severozápadní cyklonální typ (NWc). Sníh začal tavit až poslední den před kulminací, kdy se nejvíce oteplilo a zároveň spadlo zhruba 10 mm dešťových srážek. Horské oblasti, kde se výrazně kladné teploty udržovaly pouze v den D-, se při velikosti jejich sněhových zásob a možné retenci rozptáté vody do odtokového procesu zřejmě vůbec nezapojily. Přestože tedy byla aktivní pravděpodobně pouze dolní část povodí, kde srážková činnost byla poměrně malá, byl nárůst průtoku v Písku neobyčejně prudký a dosáhl téměř 100 m³.s⁻¹ za jediný den. Důvodem mohlo být rychlé uvolnění velkého množství vody z tajícího sněhu z dolních partií povodí, i když hodnoty průměrné denní teploty ani úhrny srážek tento vývoj dominantně neovlivňovaly.

Kulminace a extremita povodně

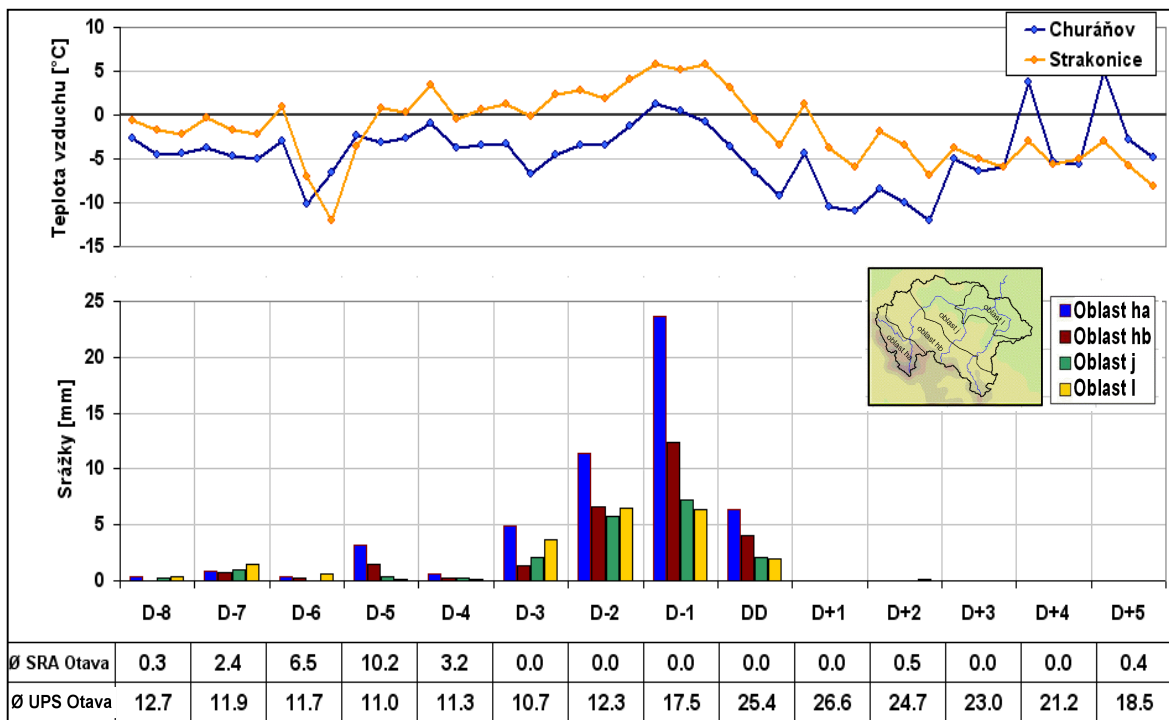
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	31.1.1982 22:00	199	Q2
Protivín	31.1.1982 10:00	10,8	<Q1
Katovice	31.1.1982 09:00	126	Q1
Sušice			

Povětrnostní situace

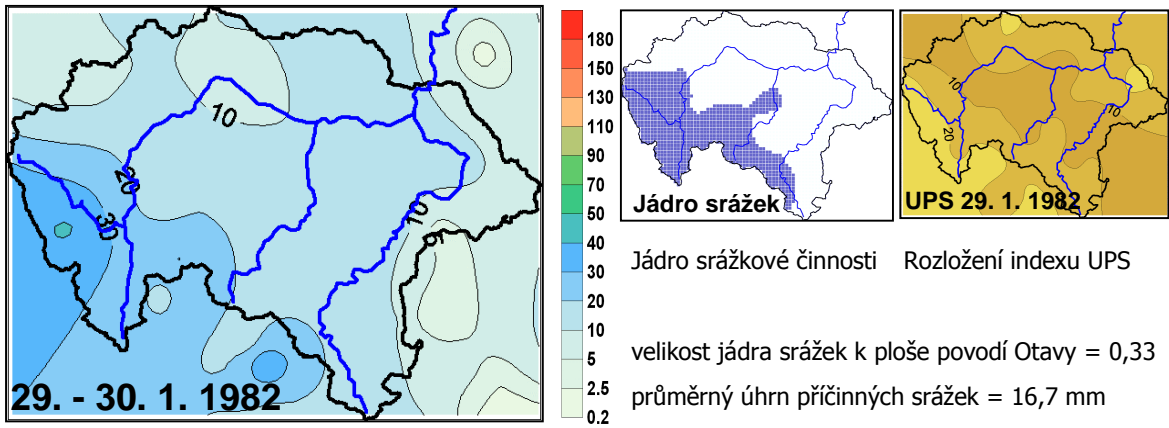
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Bp	B	B	NWc	NWc	NWc	NEc
Churáňov směr větru [°]	230	270	280	250	240	290	310
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	10	1,3	5,0	8,0	9,7	8,7	3,3



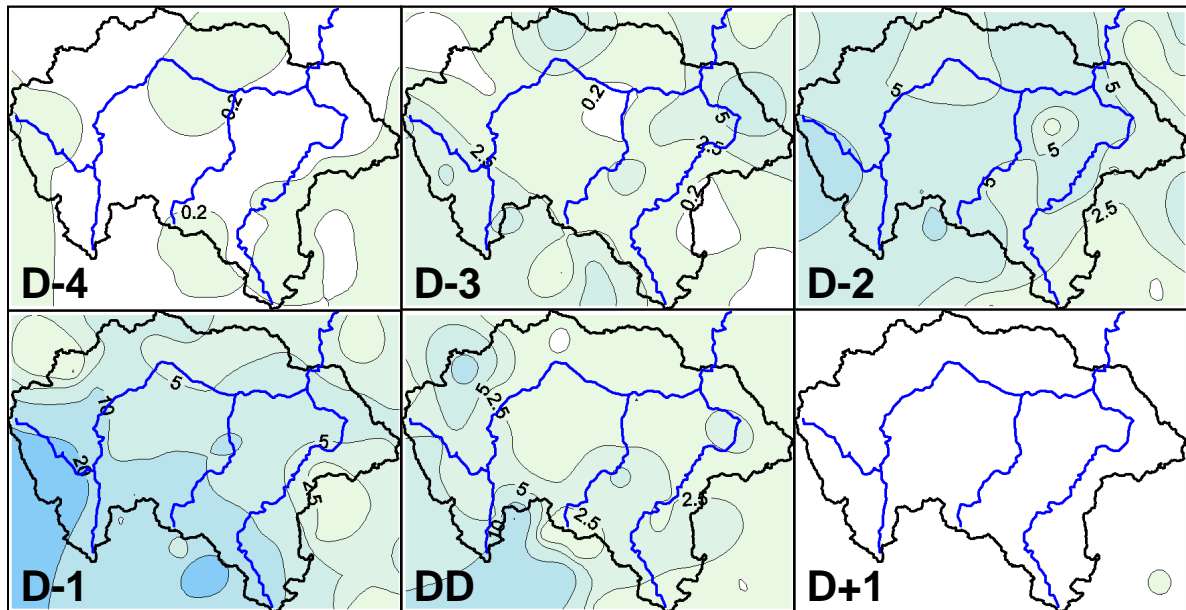
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



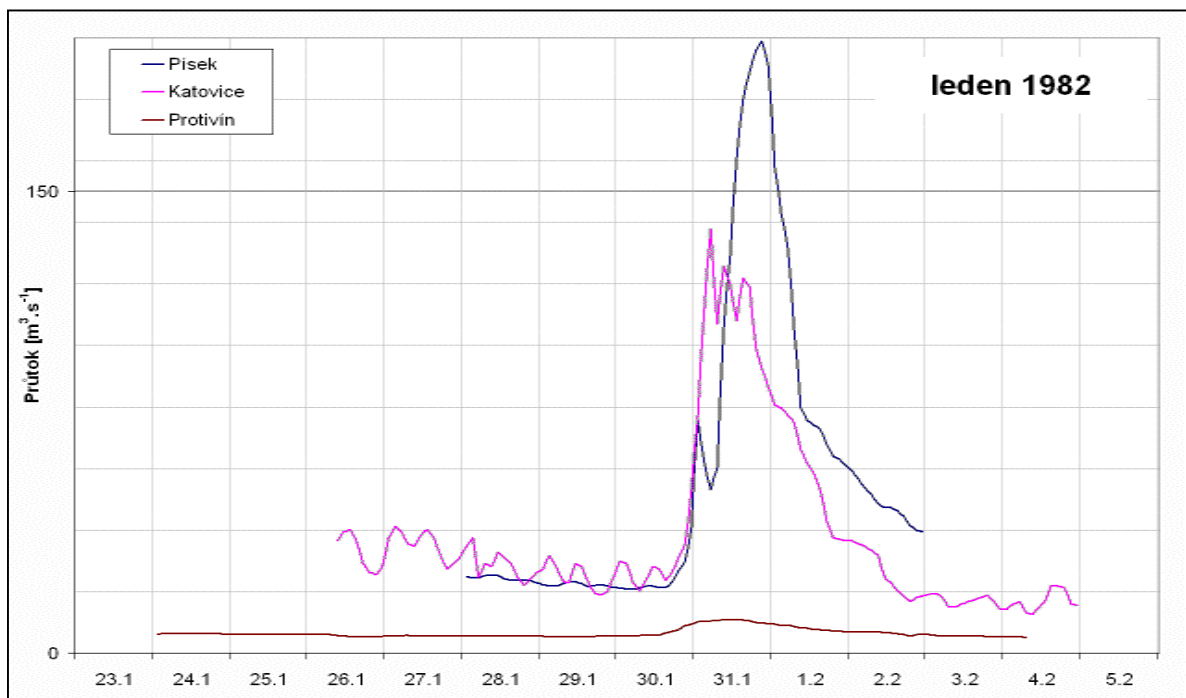
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 6.1.1982

19820106

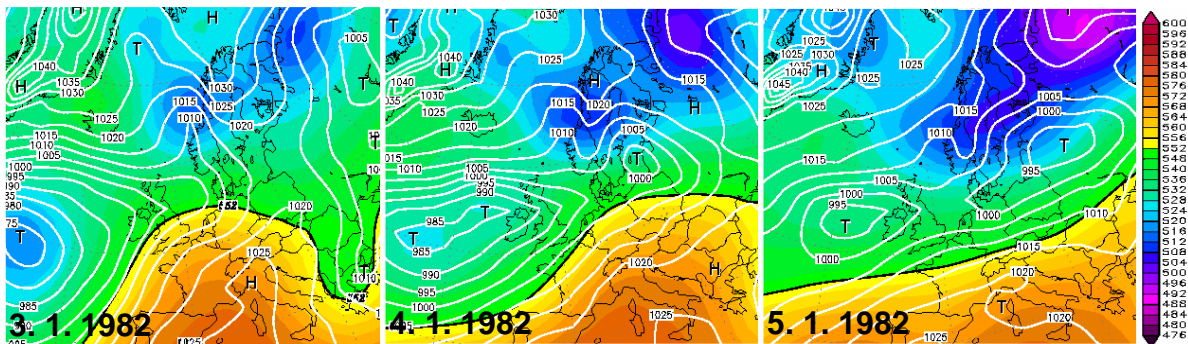
Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	6.1.1982 17:00	199	Q2
Protivín	6.1.1982 19:00	12,5	<Q1
Katovice	6.1.1982 13:00	123	<Q1
Sušice			

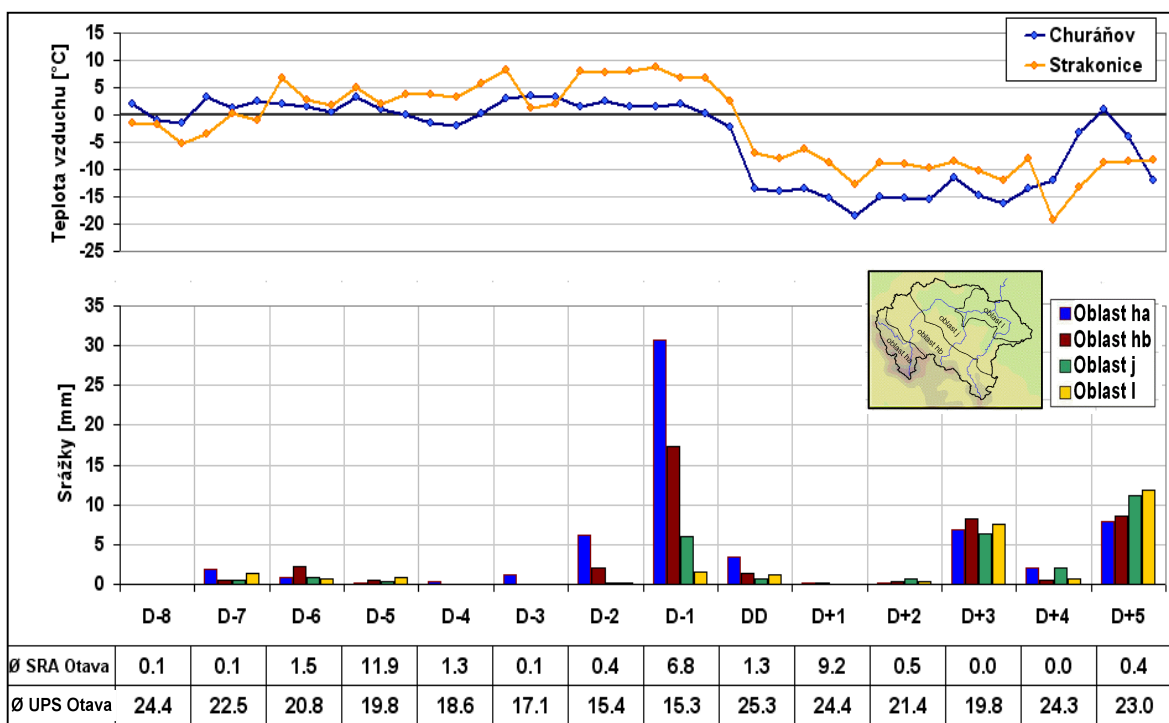
V povodí ležely značné zásoby sněhu a to i přesto, že byl teprve začátek ledna. Oteplení ve dnech D-6 a D-5 vlivem nástupu situace Wc se projevilo snižováním výšky sněhu na horách a pozvolným odtáváním sněhové pokrývky v podhůří. Následující dny se teploty v důsledku přestavby situace na SWc2 neustále zvyšovaly, hranice sněhové pokrývky se posunovala do vyšších pásem a průtok Otavy v Písku zvolna stoupal. Velmi pomalý vzestup průtoků se prudce změnil až v dopoledních hodinách dne D. Náhlý vzestup průtoků byl zapříčiněn srážkami, které v poslední den před kulminací zasáhly celé povodí, nejvíce však opět horské hraniční pásmo. Déšť, spojený s opětovným nástupem situace Wc, padal do vodou nasycené sněhové pokrývky a bez výrazného zdržení odtékal do říční sítě. Přírůstek průtoků v Písku dosáhl během několika hodin hodnoty 100 m³.s⁻¹.

Povětrnostní situace

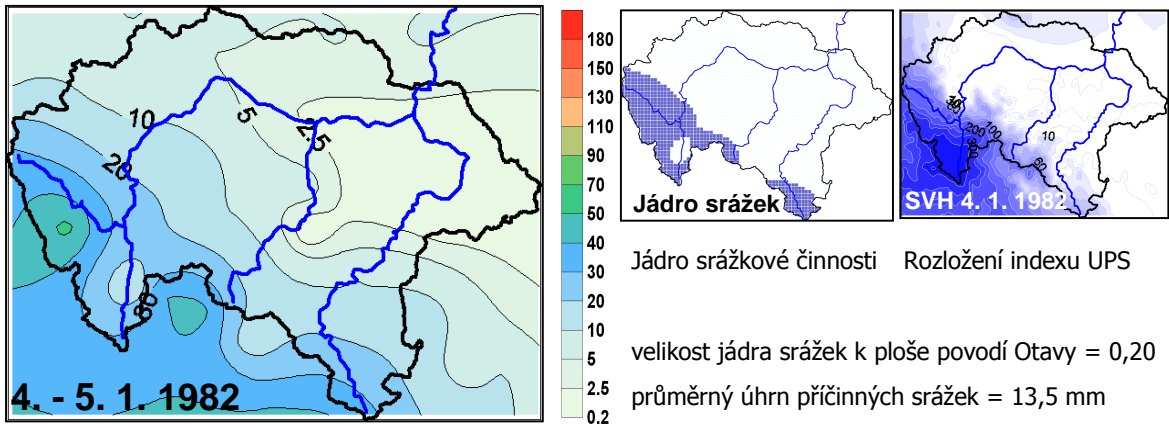
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	SWc2	SWc2	SWc2	SWc2	Wc	Wc	Nc
Churáňov směr větru [°]	250	250	230	240	240	260	300
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	3,0	4,3	8,3	9,3	8,3	7,7	4,7



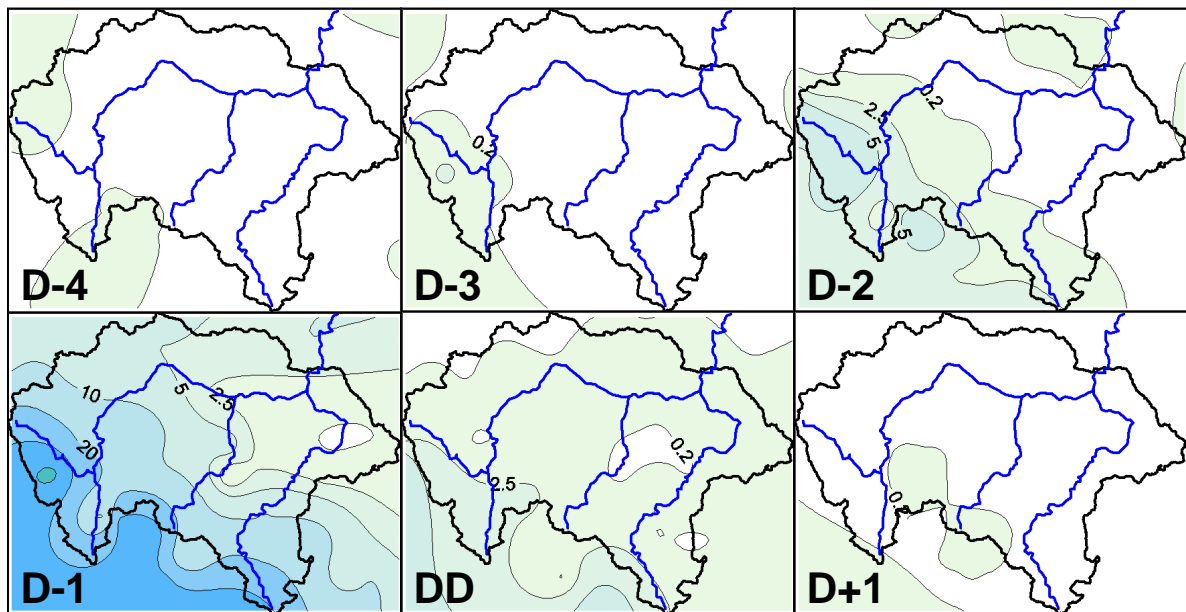
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



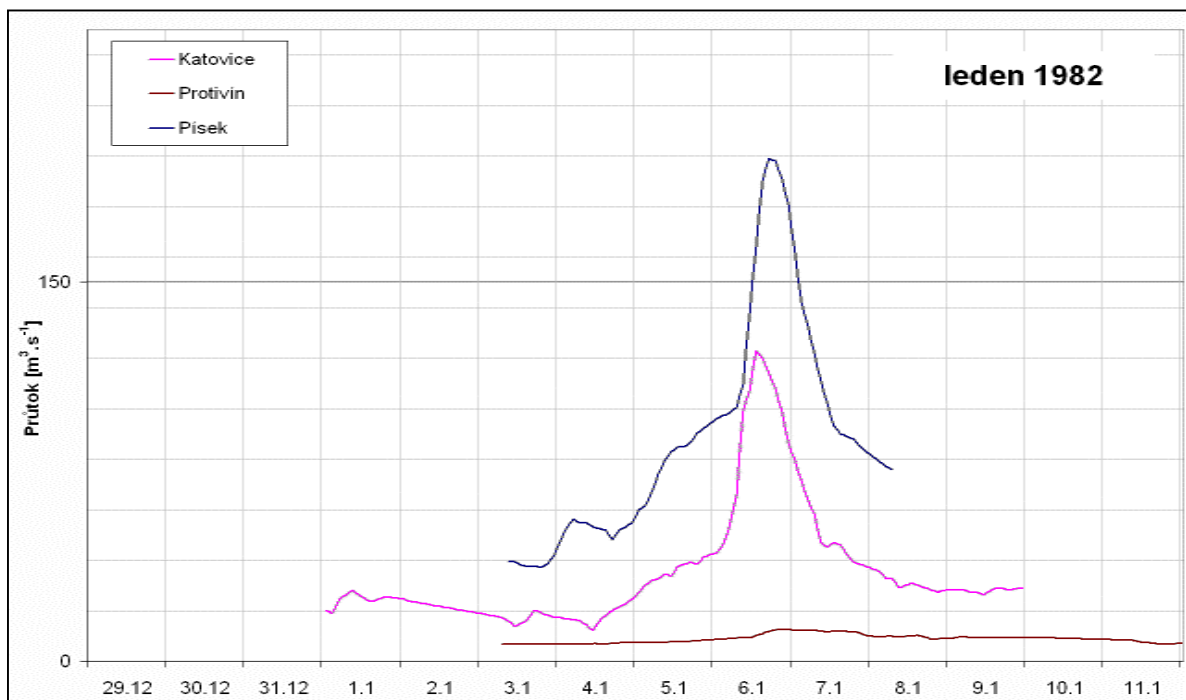
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 16.10.1981

19811016

Povodeň tvoří pomyslnou dvojici k povodni 19811012, která jí předcházela. Obě byly způsobeny podobnými povětrnostními podmínkami, u této povodně se však příčná tlaková níže nacházela severněji a také proudění vzduchu nad povodím Otavy se vyznačovalo výraznější západní složkou.

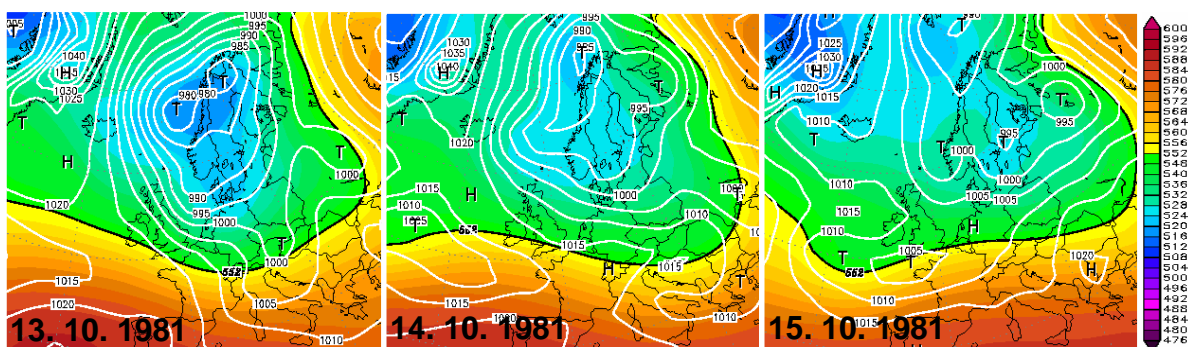
Srážky nebyly tak orograficky zesílené a spadly i v severní a centrální části povodí. Na zvýšený odtok z pramenné oblasti Otavy měla vliv zvýšená nasycenost, protože i výrazně menší srážky než u epizody 19811012 způsobily v Sušici srovnatelnou vlnu. U této povodně byl však vlivem jiného rozložení srážek významný také přítok ze střední a dolní části povodí.

Kulminace a extremita povodně

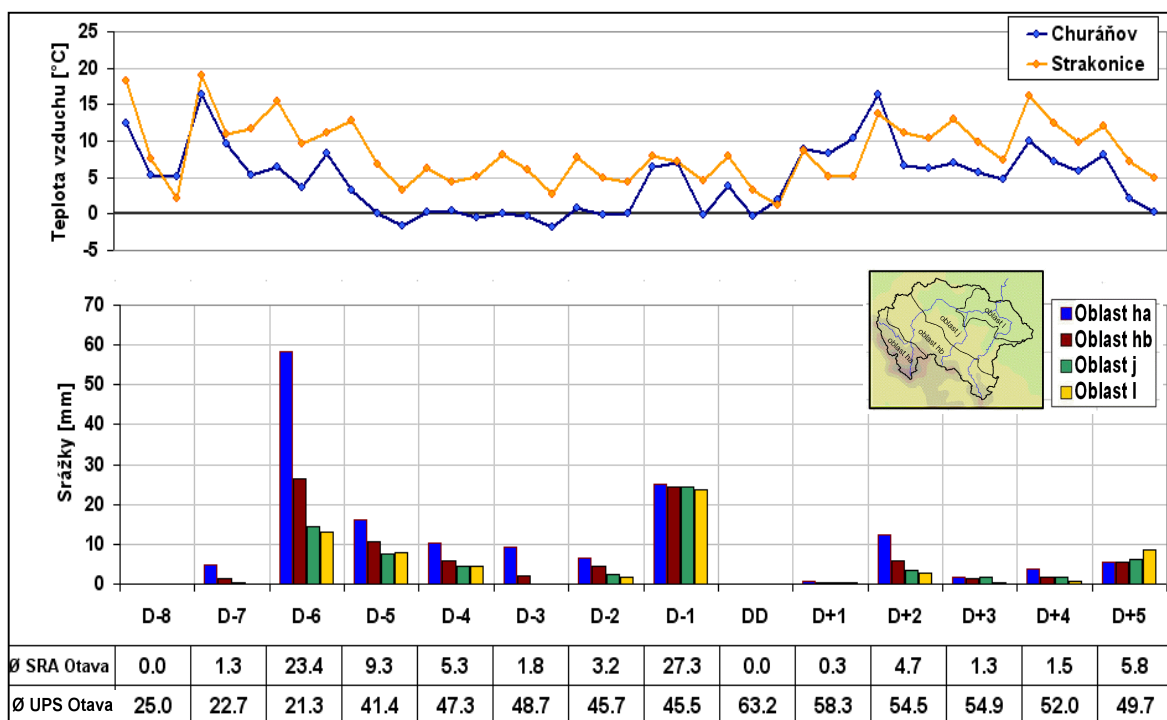
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	16.10.198110:00	192	Q2
Heřmaň		22,1	<Q1
Katovice	16.10.198104:00		
Sušice	15.10.198122:00	113,4	Q1-Q2

Povětrnostní situace

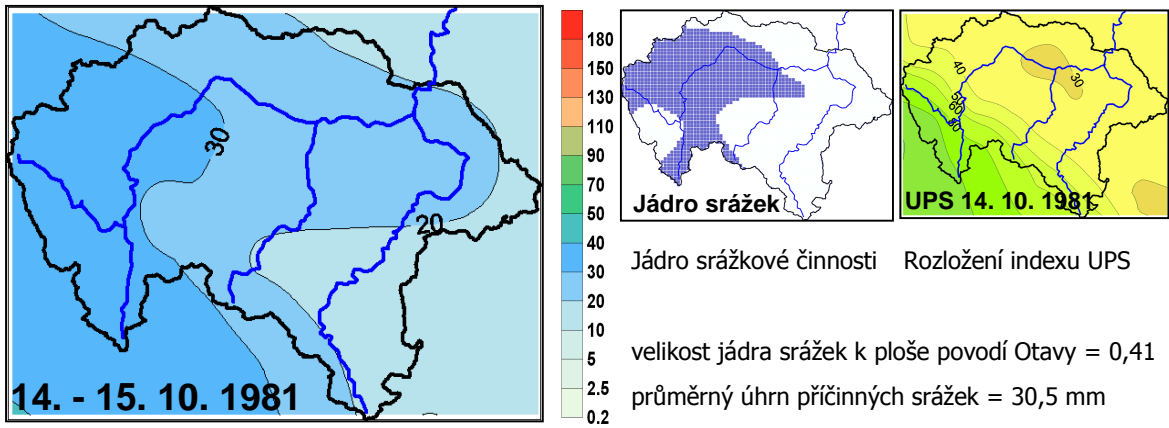
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	SWc2
Churáňov směr větru [°]	240	340	250	240	220	290	220
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	9,3	5,3	7,7	5,0	5,0	1,0	3,7



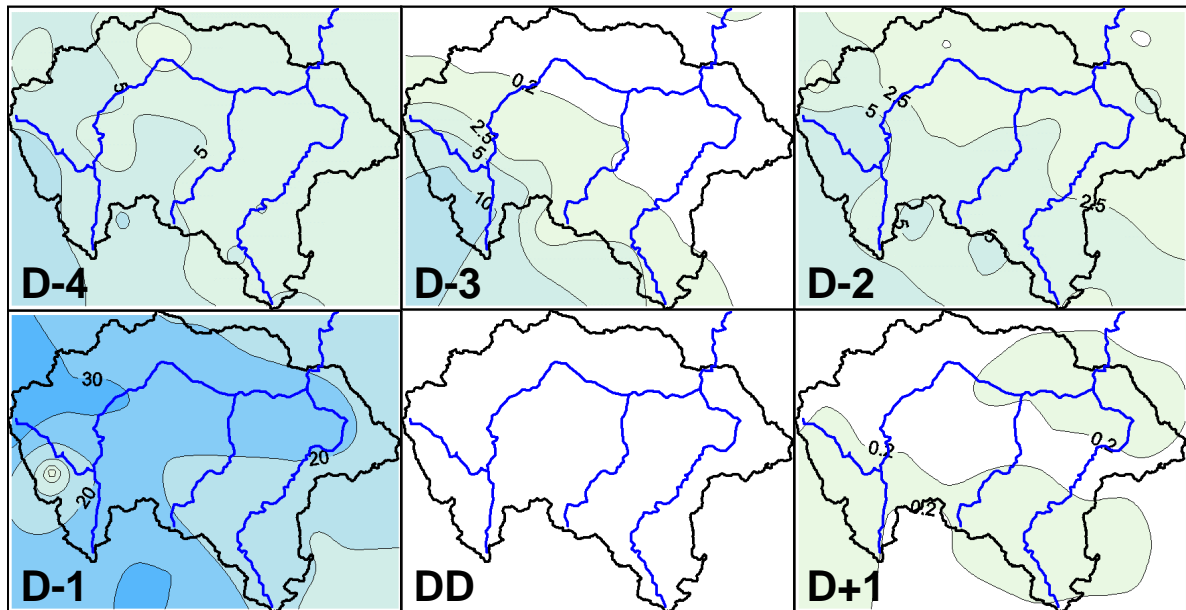
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



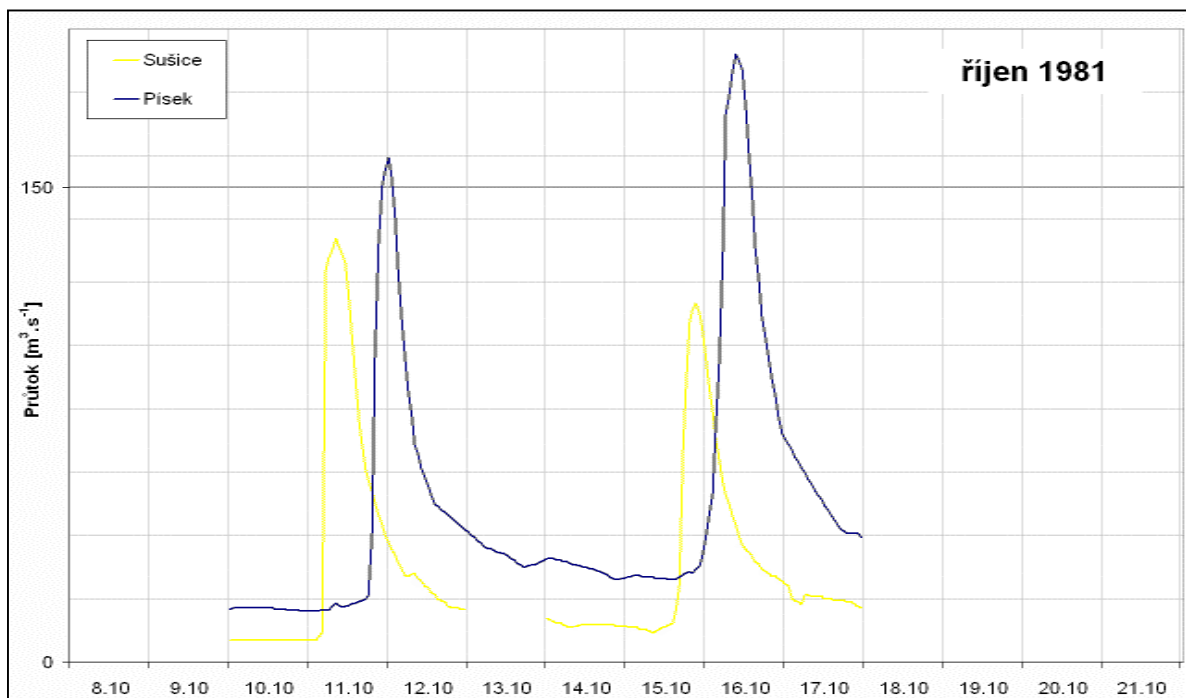
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 12.10.1981

19811012

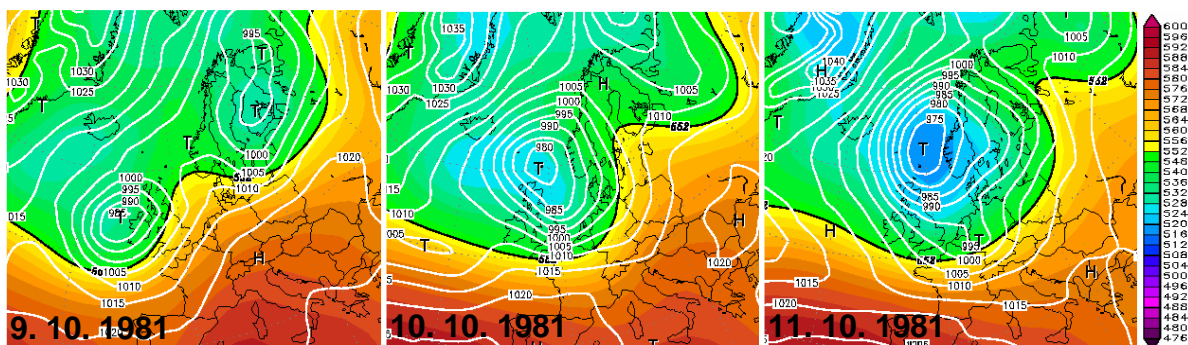
V silném západním proudění, které se vyskytovalo na jižním okraji tlakové níže nad Severním mořem přecházel přes střední Evropu frontální systém. Významné srážky, na něj vázané, spadly především na hlavním hřebenu Šumavy, kde byly výrazně orograficky zesílené oproti několikanásobně menším úhrnům z dolní části povodí. Nasyčenost povodí nebyla příliš velká, přesto spadlé množství srážek stačilo na intenzivní vzestup hladiny Otavy v Sušici. Tato povodňová vlna se pak na dolním toku již pouze přesouvala směrem k závěrovému profilu Otavy a přítoky z Volyně, Blanice a dolního mezipovodí již vývoj průtokové situace příliš neovlivnily.

Kulminace a extremita povodně

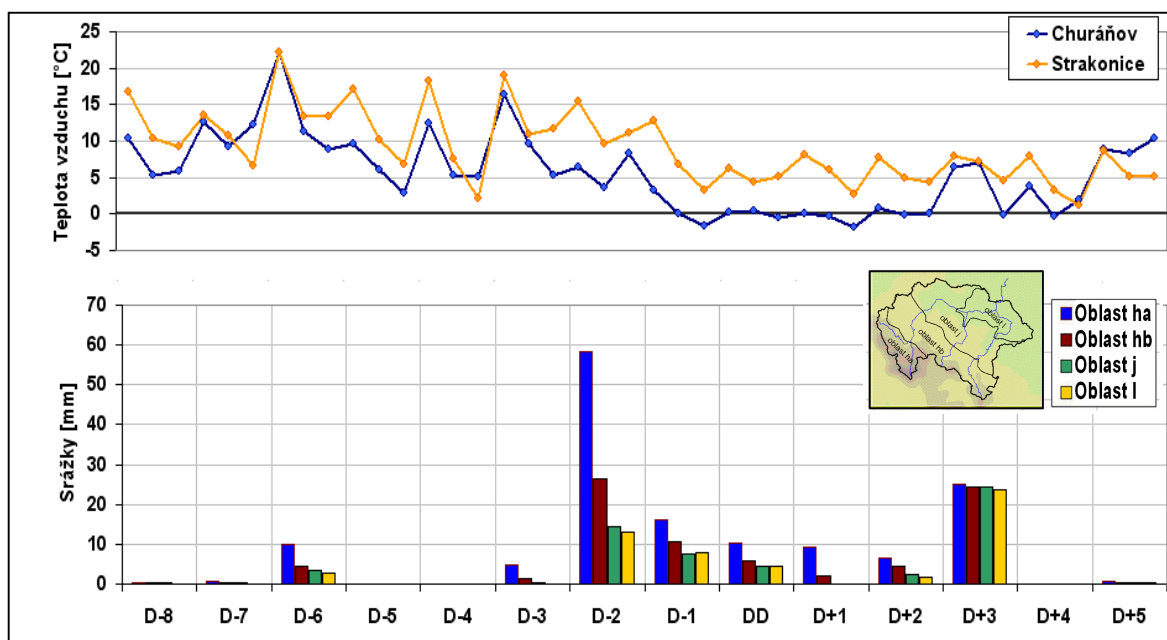
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	12.10.1981 01:00	159,5	Q1-Q2
Heřmaň			
Katovice	12.10.1981 17:00		
Sušice	11.10.1981 09:00	134	Q2

Povětrnostní situace

Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	SWc2	Ap1	Ap1	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs
Churáňov směr větru [°]	230	220	200	240	240	340	250
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	6,7	4,3	5,0	8,0	9,3	5,3	7,7

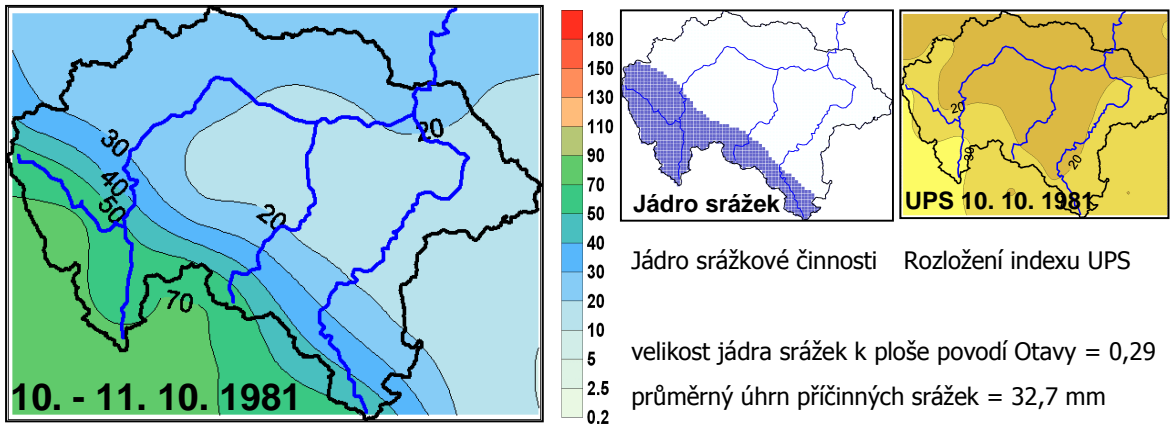


Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]

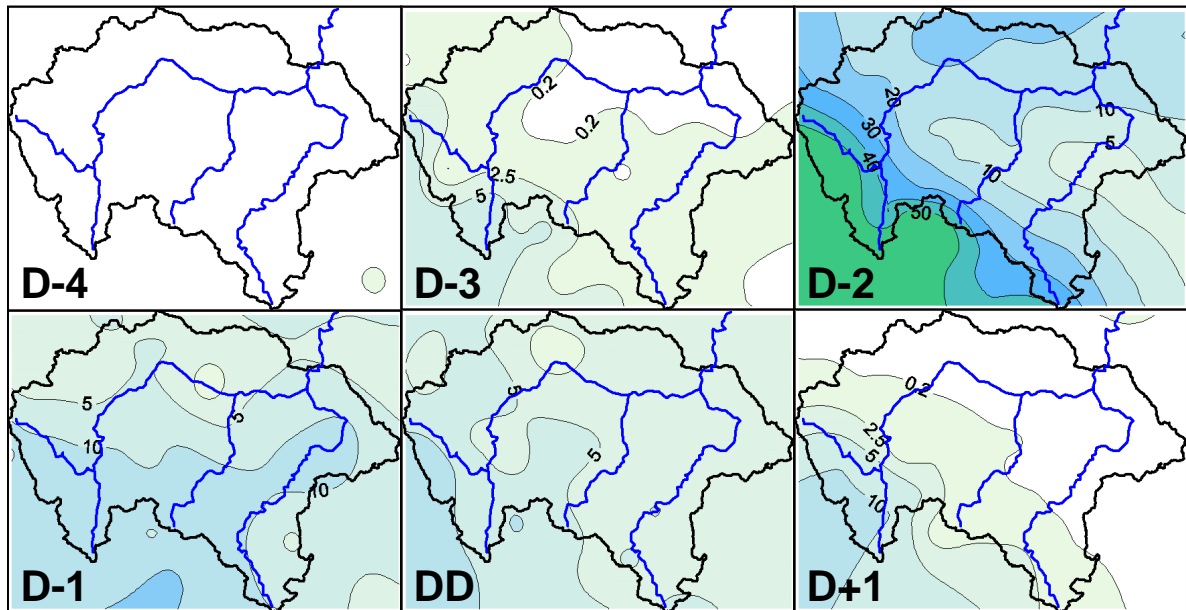


Ø SRA Otava	0.2	0.3	4.1	0.0	0.0	1.3	23.4	9.3	5.3	1.8	3.2	23.1	0.0	0.3
Ø UPS Otava	27.7	25.9	24.4	26.9	25.0	22.7	21.3	41.4	47.3	48.7	45.7	45.5	63.2	58.3

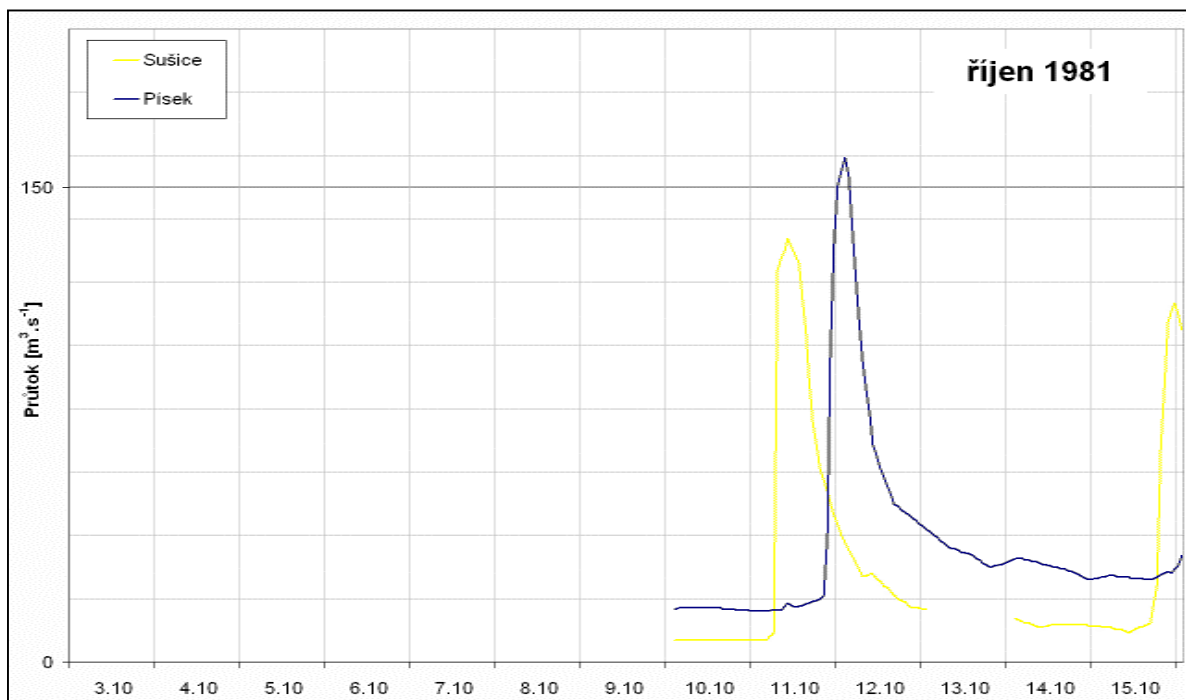
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 21.7.1981

19810721

Kulminace a extremita povodně

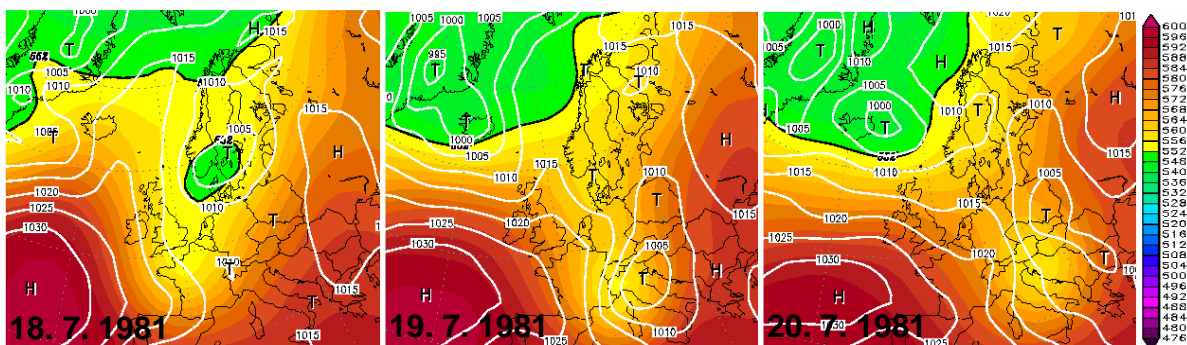
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	21.7.198106:00	500	Q20
Heřmaň	21.7.198107:00	67,2	Q2-Q5
Katovice	20.7.198119:00	273	Q10
Sušice	20.7.198104:00	163	Q2-Q5

Atmosférické podmínky, předcházející této velké povodni, kdy v Písku byl překročen 10letý průtok, jsou pro velké otavské povodně velmi typické. V chladném západním proudění vznikla v závětrí Alp tlaková níže, která se v den D-2 velmi prohloubila a postupovala po trajektorii dráhy „Vb“ směrem k severovýchodu.

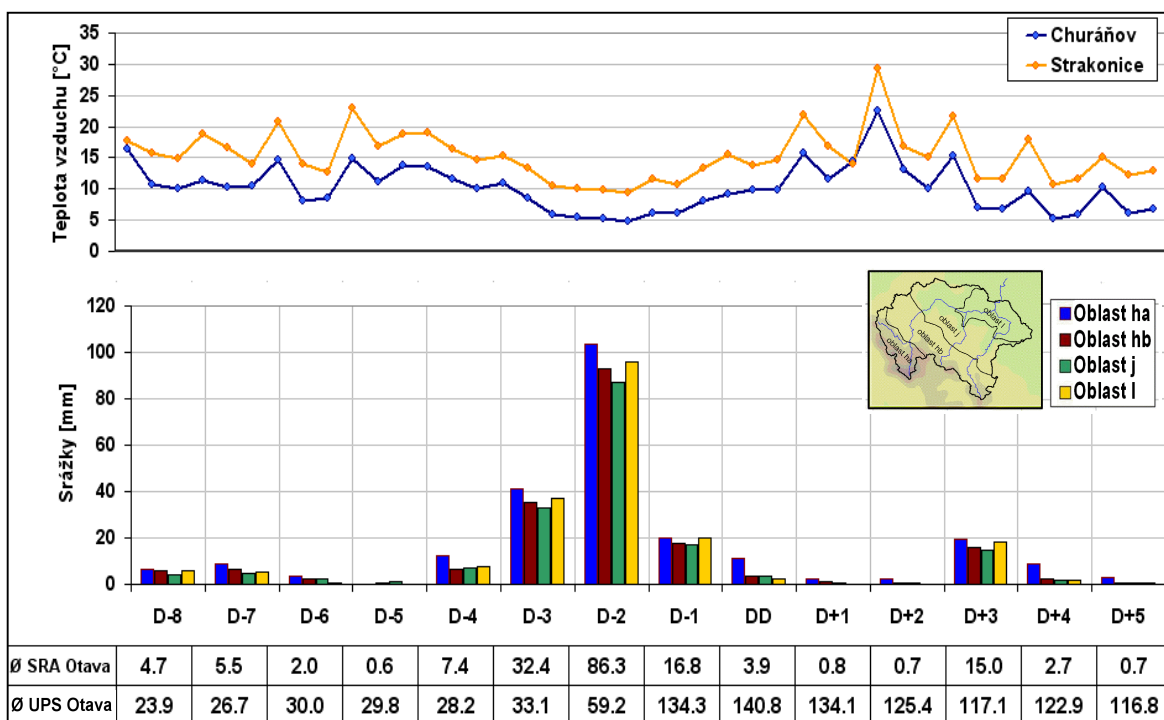
Srážky přicházely do Čech nejprve po severní straně cyklón z východu a později v její týlové části, kdy zároveň zesílilo severozápadní proudění. Úhrny srážek spadlé ve dnech D-3 až D-2 byly významné na celém povodí Otavy. Nejvíce srážek bylo zaznamenáno na úpatí Šumavy, o něco méně vykazovalo povodí Blanice. Vzestup průtoků na Otavě trval téměř dva dny a podílely se na něm velmi rovnoměrně všechny části povodí.

Povětrnostní situace

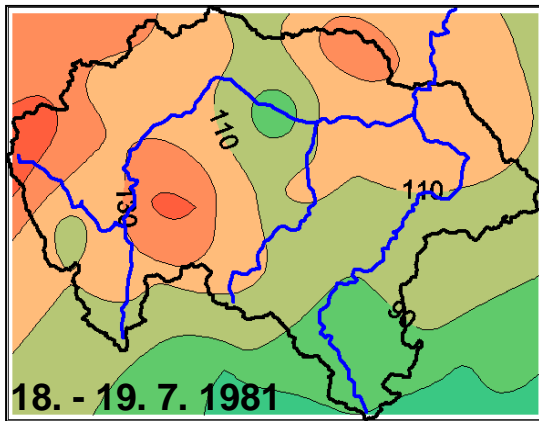
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wc	Wc	B	B	B	B	B
Churáňov směr větru [°]	210	330	40	350	270	250	340
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,3	3,3	4,7	5,7	6,3	6,0	5,3



Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]

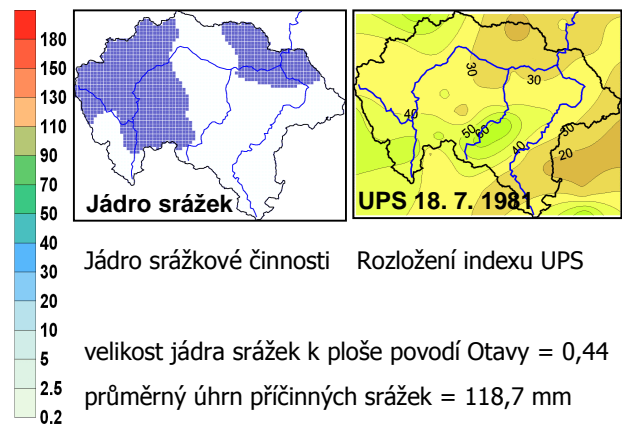


Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



18. - 19. 7. 1981

Příčinná dvoudenní srážka



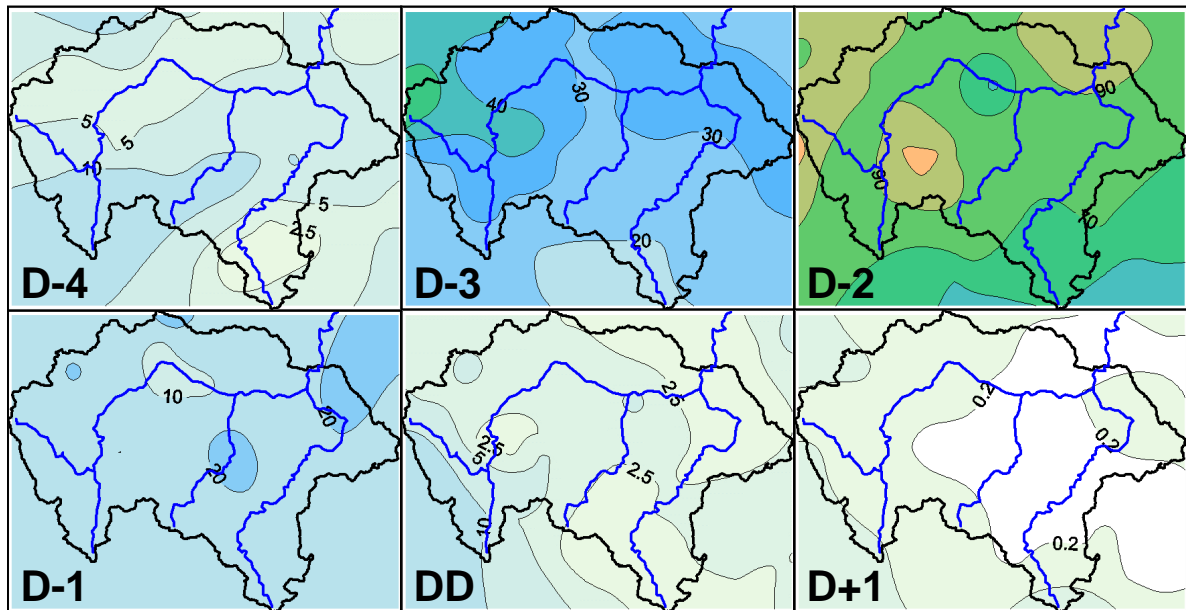
Jádro srážek

UPS 18. 7. 1981

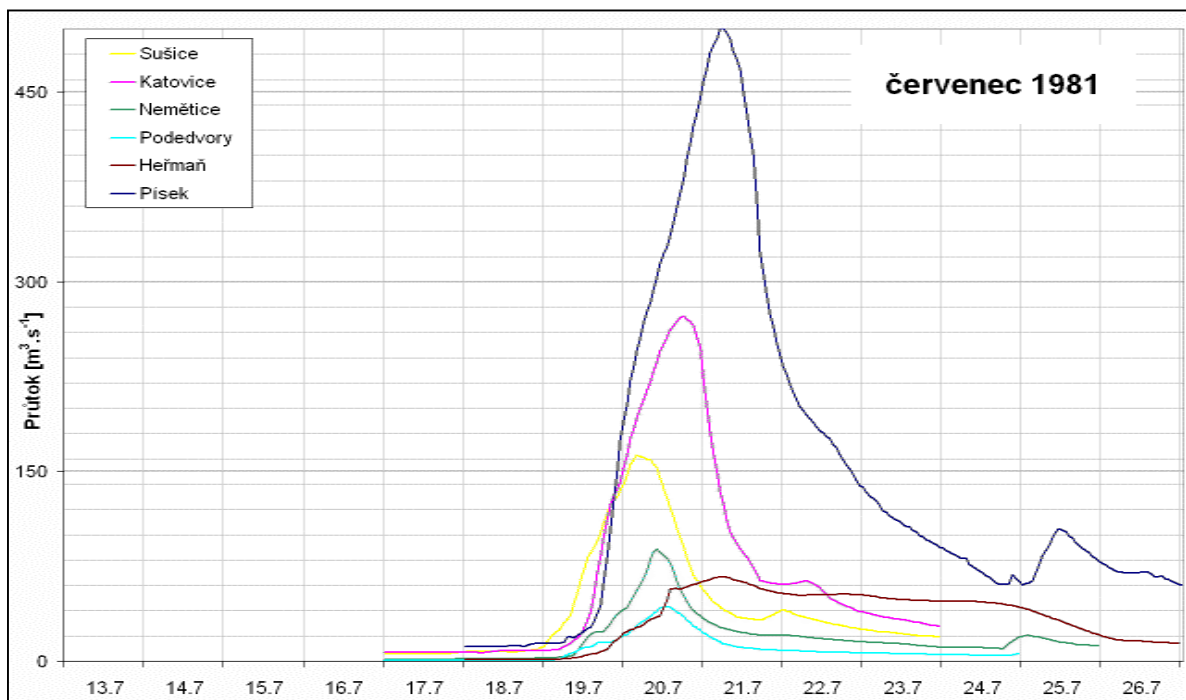
Jádro srážkové činnosti Rozložení indexu UPS

velikost jádra srážek k ploše povodí Otavy = 0,44

průměrný úhrn příčných srážek = 118,7 mm



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



červenec 1981

Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 12.3.1981

19810312

První dny sledovaného období se na části povodí držela průměrná denní teplota pod bodem mrazu, ale už v den D-5 se silně oteplilo v souvislosti s nástupem situace Wc. Nevýrazná sněhová pokrývka v podhůří okamžitě odtála, ale sníh se stále držel ještě na zhruba polovině plochy povodí a v horách. Zásoby vody ve sněhové pokrývce byly značné a nasycenost sněhu vodou byla vysoká (na Churáňově v den D-3 při výšce sněhu 60 cm byla SVH= 292 mm). Stálé oteplování spojené s mírným deštěm způsobilo rychlé odtávání a odtok vody.

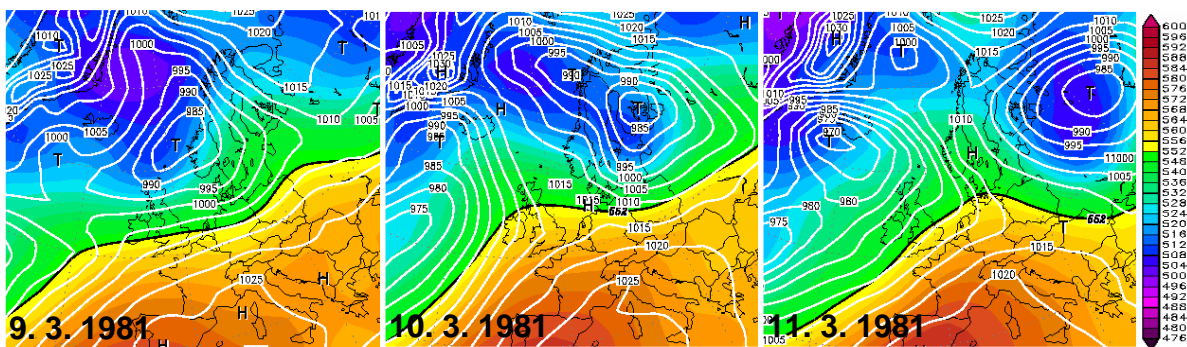
Kulminující průtoky Otavy v Písku souvisejí s největším oteplením v den D-1, kdy i ve vyšších polohách než 1000 m n. m. se pohybovala průměrná denní teplota mezi pěti a osmi stupni Celsia. Srážková činnost v povodí sice byla zaznamenána, ale vzhledem k jejímu objemu byl vliv srážek na průběh odtoku druhotný.

Kulminace a extremita povodně

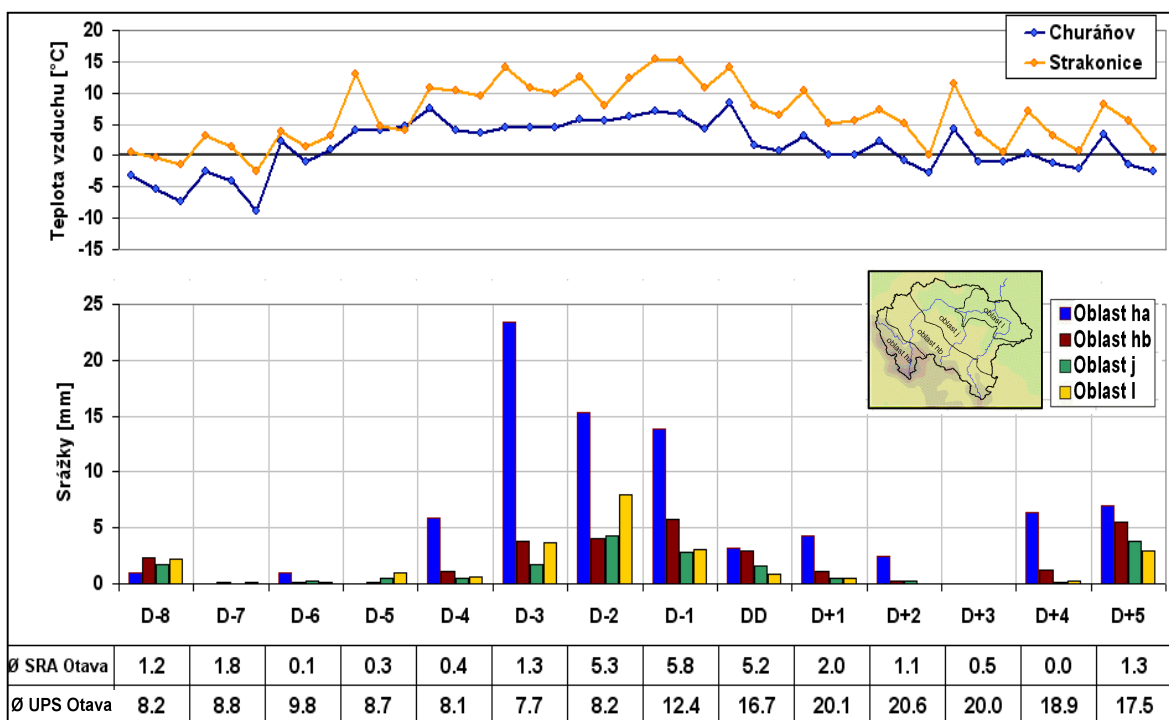
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	12.3.1981 20:00	213,2	Q2
Protivín	13.3.1981 07:00	9,41	<Q1
Katovice	12.3.1981 13:00	149	Q1-Q2
Sušice			

Povětrnostní situace

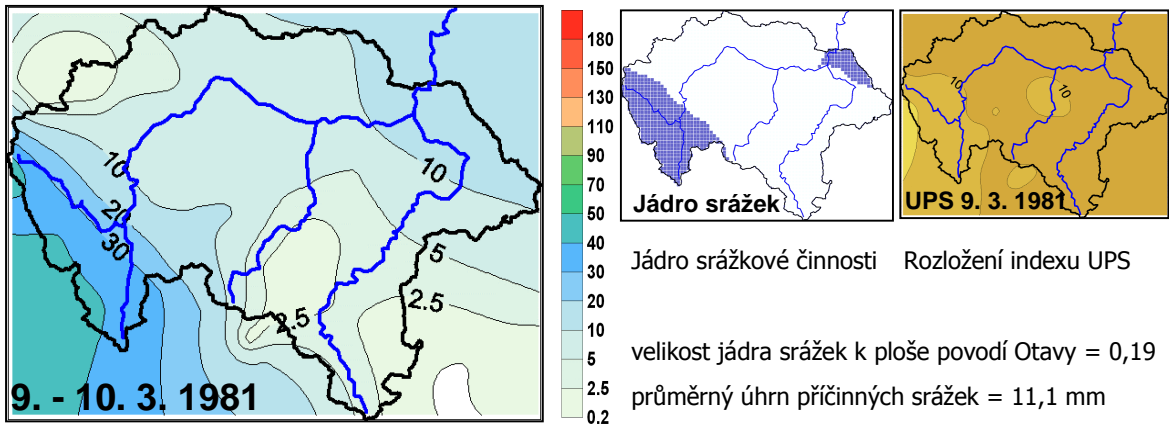
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wc	Wc	SWc2	SWc2	SWc2	SWc2	Wc
Churáňov směr větru [°]	210	310	210	250	260	260	260
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	7,7	7,7	7,7	6,0	11,0	8,3	4,3



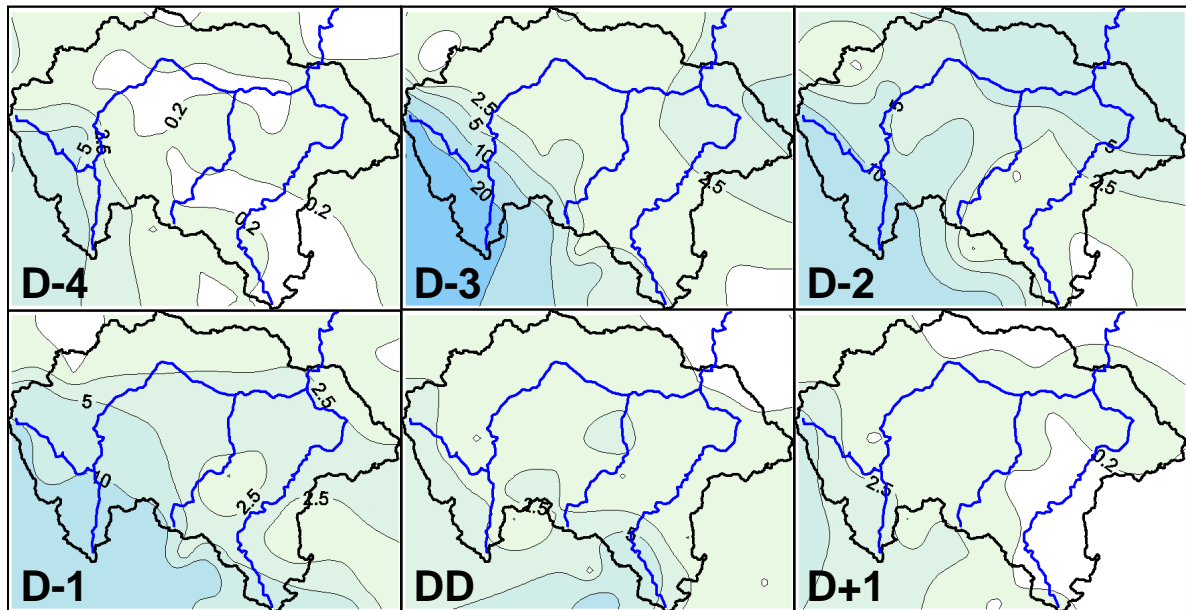
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



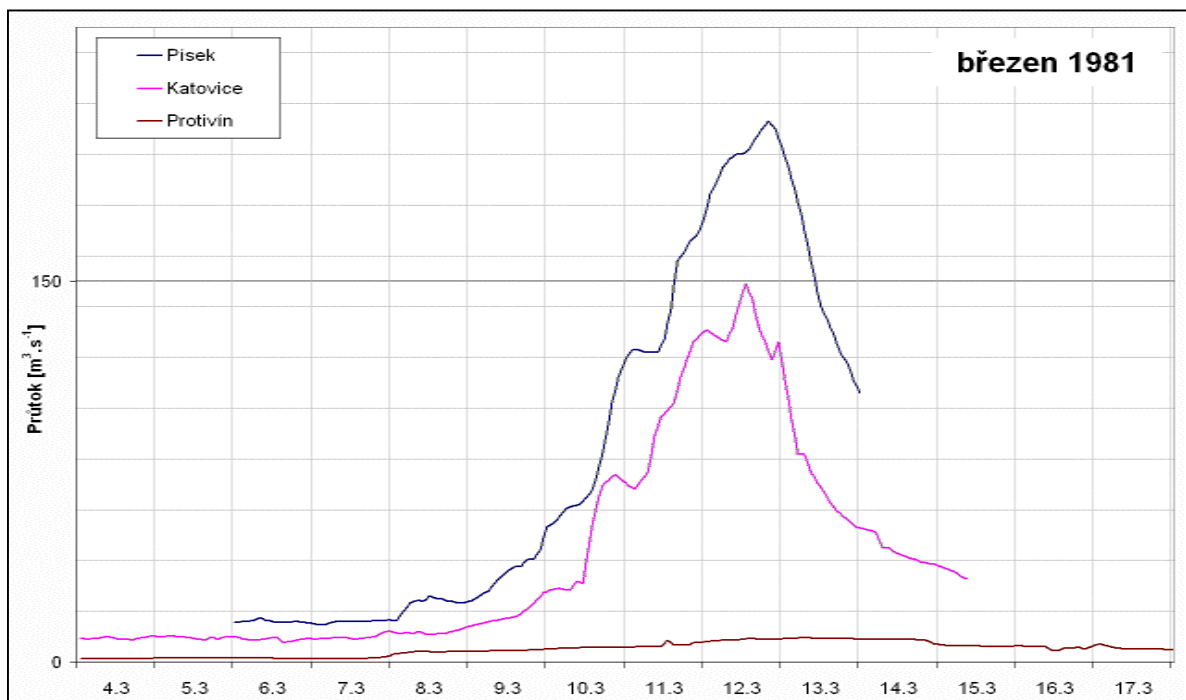
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 23.7.1980

19800723

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	23.7.1980 10:00	338	Q5-Q10
Heřmaň	23.7.1980 05:00	32,3	Q1
Katovice	22.7.1980 21:00	286	Q10
Sušice	22.7.1980 13:00	190	Q5

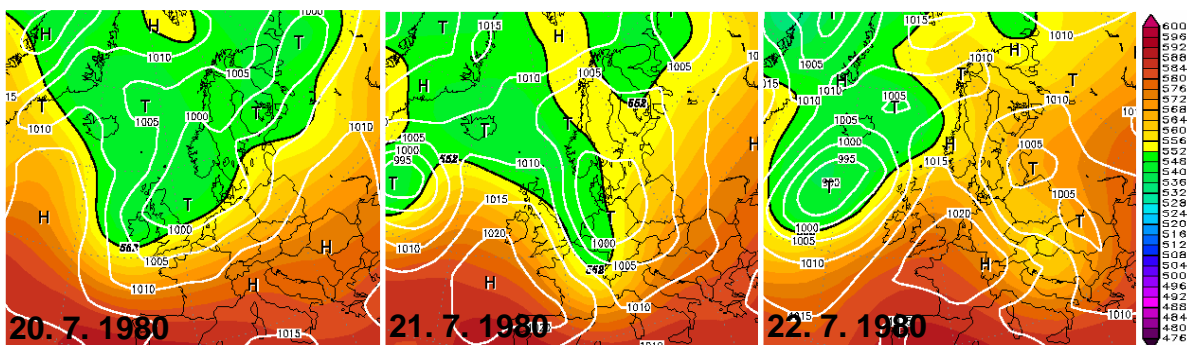
Ve dnech D-5 až D-3 se nad střední Evropou udržovalo jihozápadní proudění kolem oblasti nízkého tlaku nad Britskými ostrovy. V tomto proudění se oddělila výšková tlaková níže, která se ve dnech D-2 až D+1 přesunovala severně od České republiky směrem k východu.

Srážky, které se vyskytly na jižním okraji této cyklóny, zasáhly povodí Otavy ve dnech D-2 až D-1. Byly rozloženy poměrně rovnoměrně na celé území Otavy, nejvyšší úhrny byly naměřeny v pramenné oblasti Křemelné a na Prachaticku. V povodí byla zvýšená nasycenost, zejména v oblasti Šumavy. V říční síti se udržoval na tuto dobu nadprůměrný průtok.

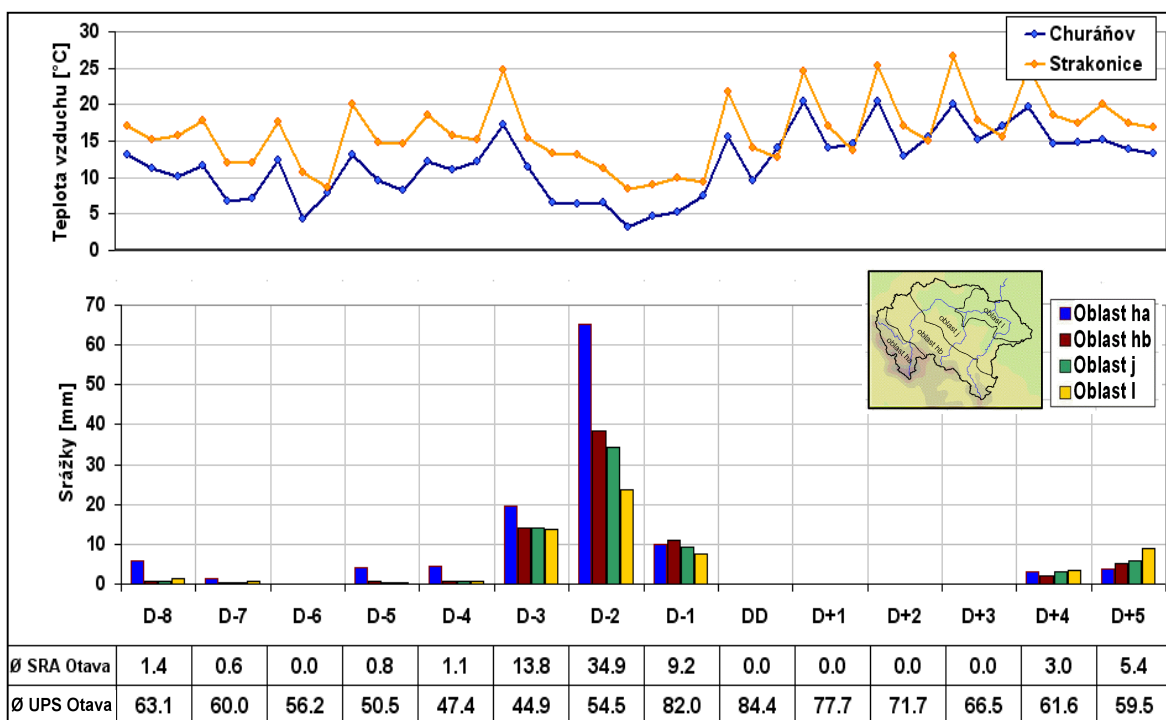
Průtok Otavy v Písku byl z větší části vytvořen odtokem z dílčího povodí nad profilem Katovice. Kulminace povodňové vlny přesáhla v Písku 300 m³.s⁻¹, což odpovídá povodni s dobou opakování 5 až 10 let.

Povětrnostní situace

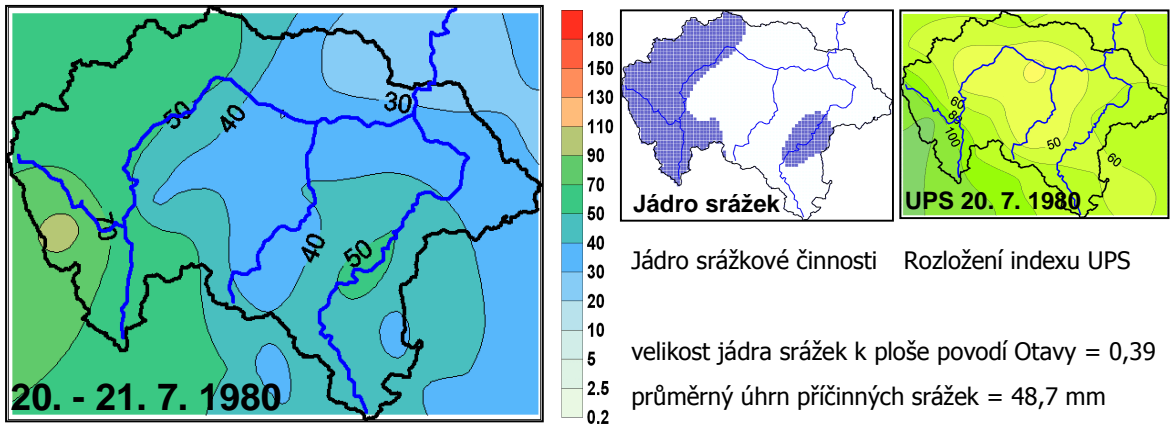
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wc	Wc	Wc	Cv	Cv	NEc	NEc
Churáňov směr větru [°]	200	220	200	240	230	80	310
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	5,0	6,0	4,7	8,0	6,0	0,7	3,0



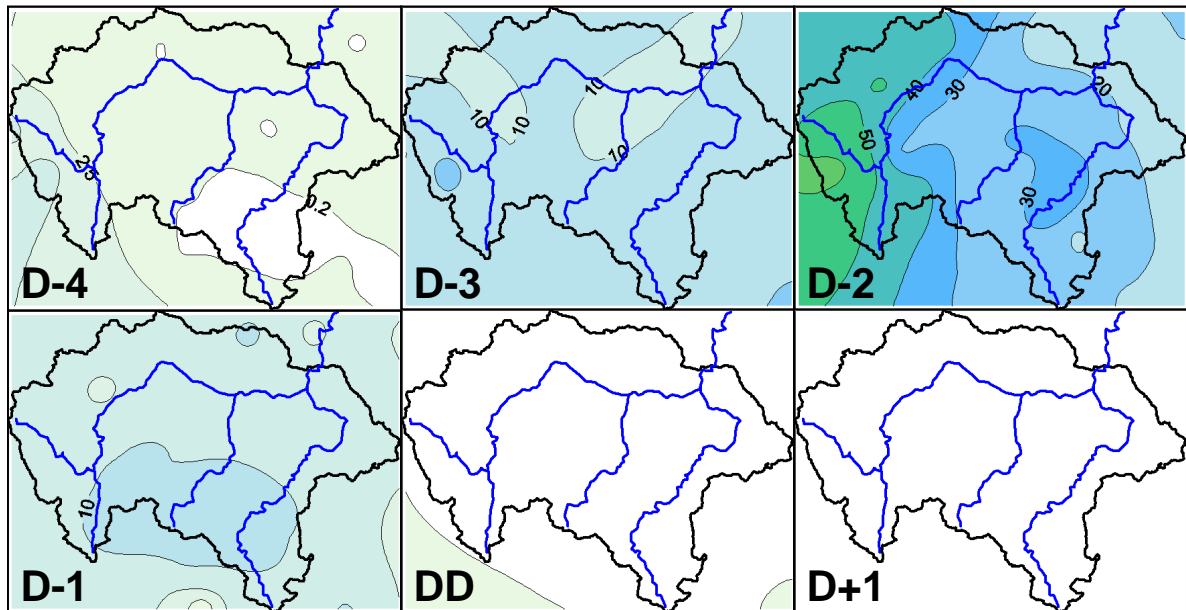
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



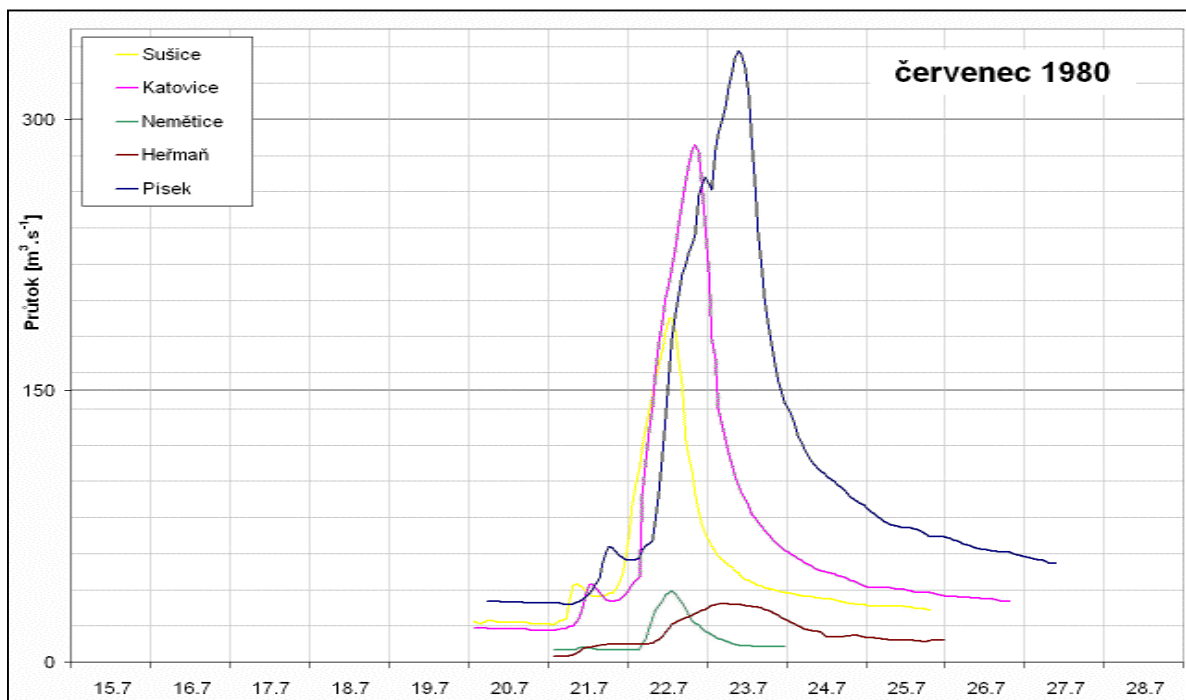
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 12.12.1979

19791212

Kulminace a extremita povodně

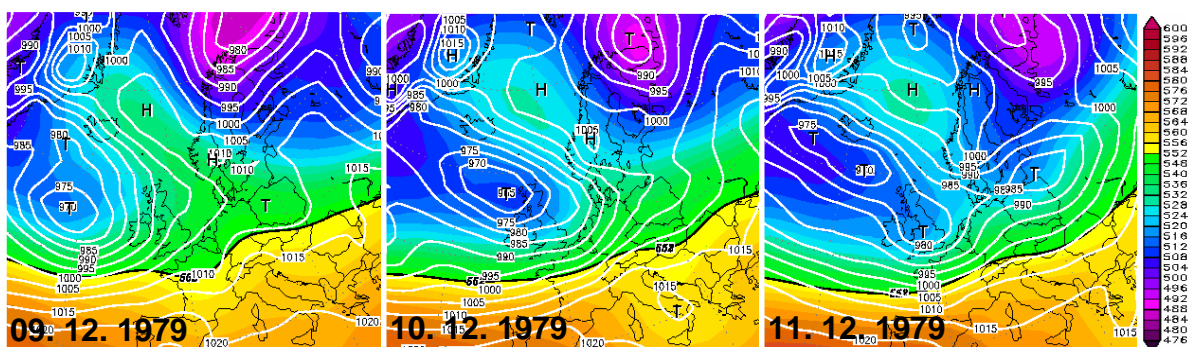
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	12.12.1979 01:00	204,8	Q2
Heřmaň		19	<Q1
Katovice			
Sušice			

Záznamy o existenci minimální sněhové pokrývky se během sedmi dnů před kulminací vyskytly jen výjimečně v některých horských srážkoměrných stanicích. Povodí bylo průměrně nasyceno (průtok v Písku 42 m³.s⁻¹). Silný déšť se vyskytl až dva dny před kulminací a byl výrazně orograficky zesílen, což je typické pro srážkovou činnost, spojenou s povětrnostní situací Wcs. Další den srážky pokračovaly a jejich úhrny byly v průměru totožné s vydatností předchozích dešťů. Tentokrát ale mnohem silněji zasáhly oblast podhůří.

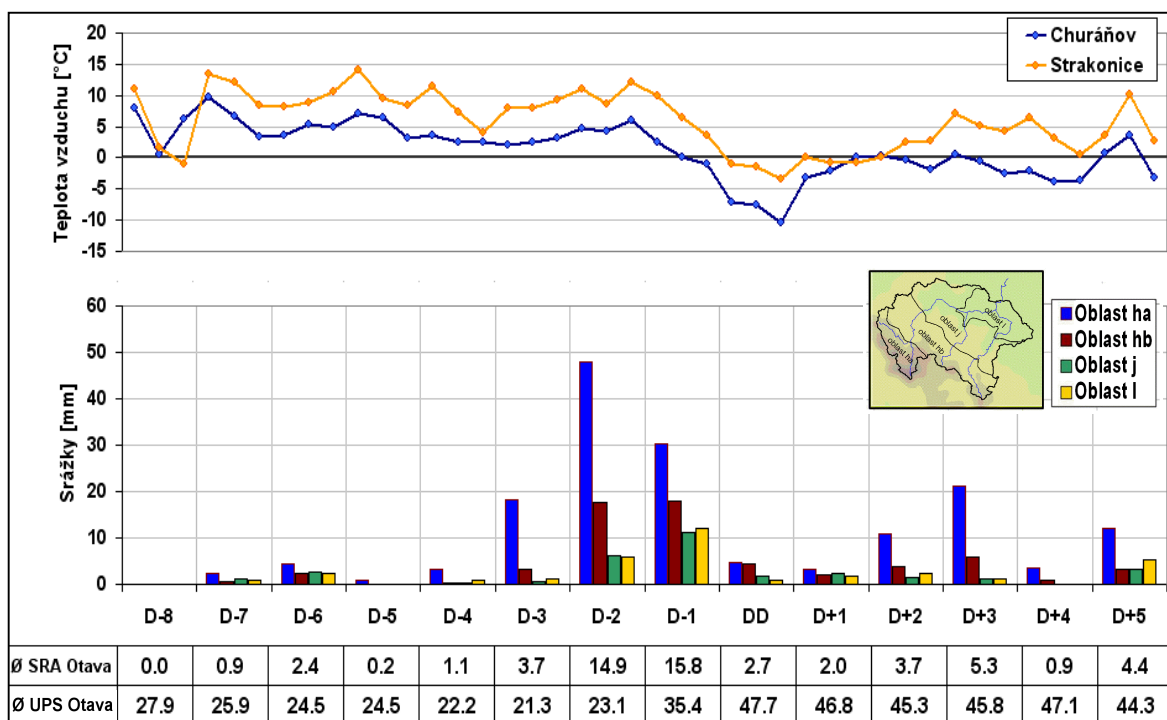
Vzestup průtoků nastal na počátku dne D-1 a byl poměrně prudký. Dá se předpokládat, že na vzrůstu průtoků se podílely srážky v horské oblasti ze dne D-2 společně se srážkami v podhůří ze dne D-1, které spadly v dolních partiích povodí s kratší doběhovou dobou odtoku do závěrečného profilu.

Povětrnostní situace

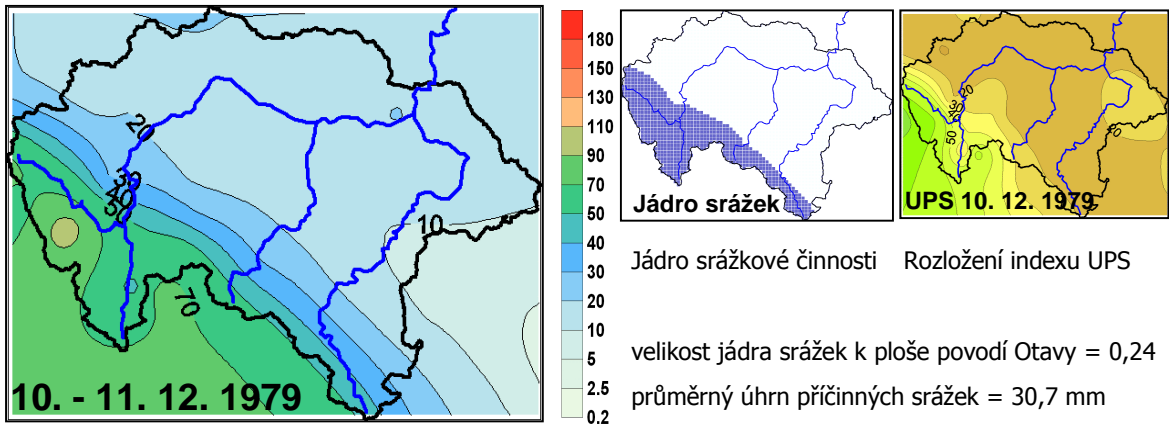
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wc	Wc	Wcs	Wcs	Wcs	Nc	Nc
Churáňov směr větru [°]	240	220	210	210	210	280	210
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	7,0	7,0	8,0	11,3	12,7	5,7	2,7



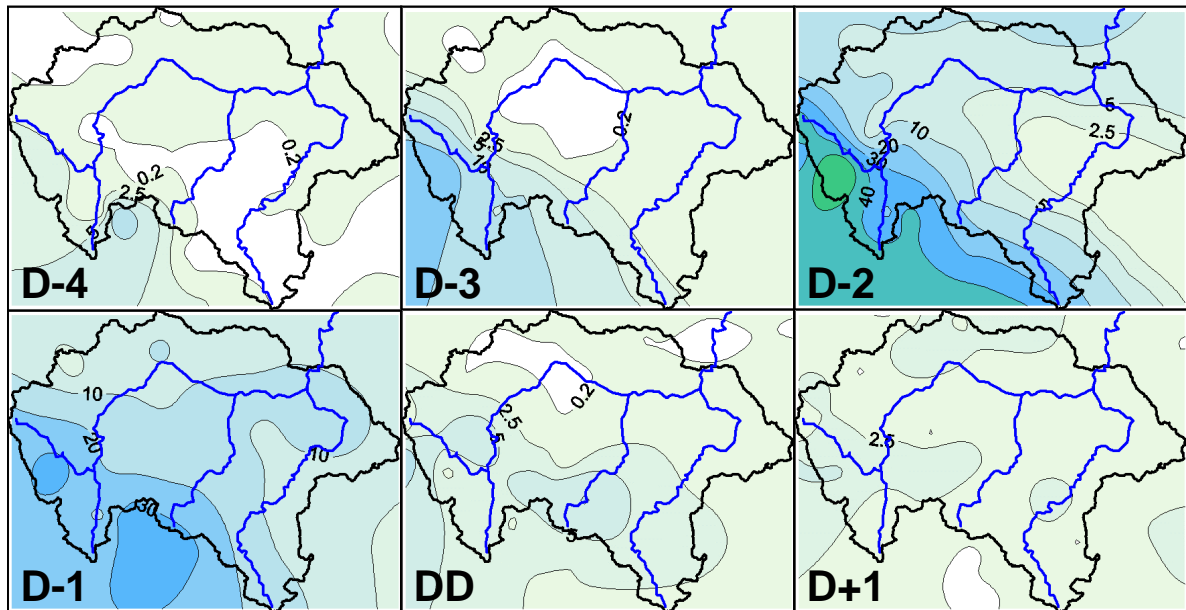
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



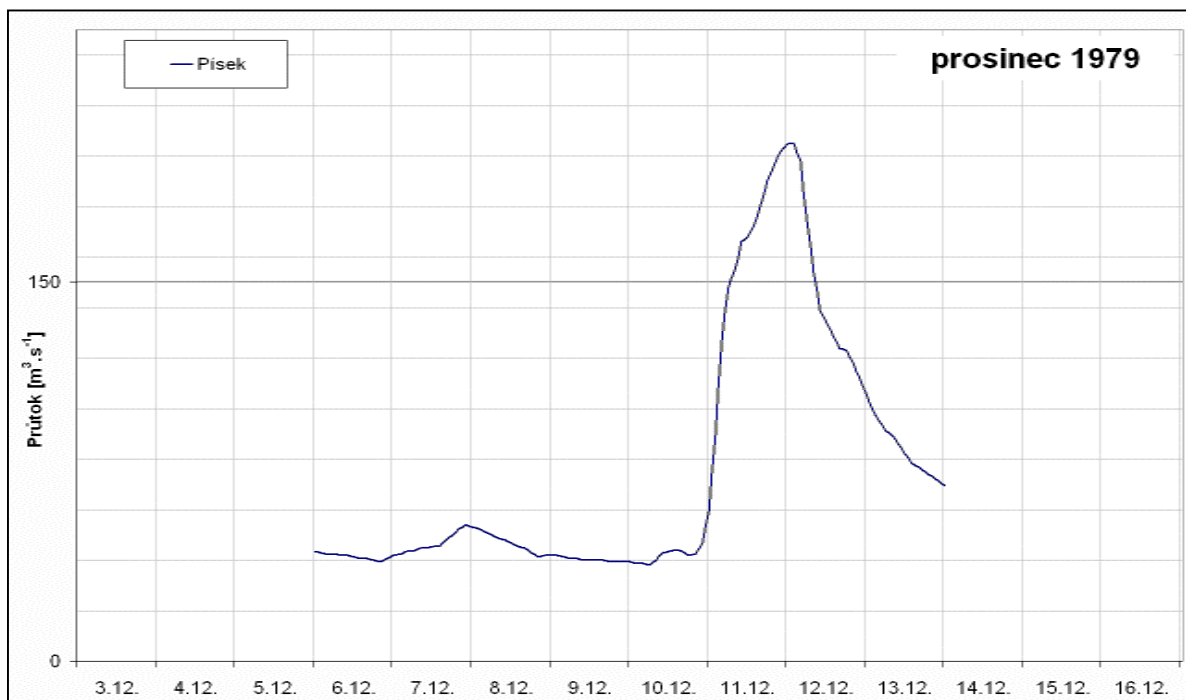
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 13.3.1979

19790313

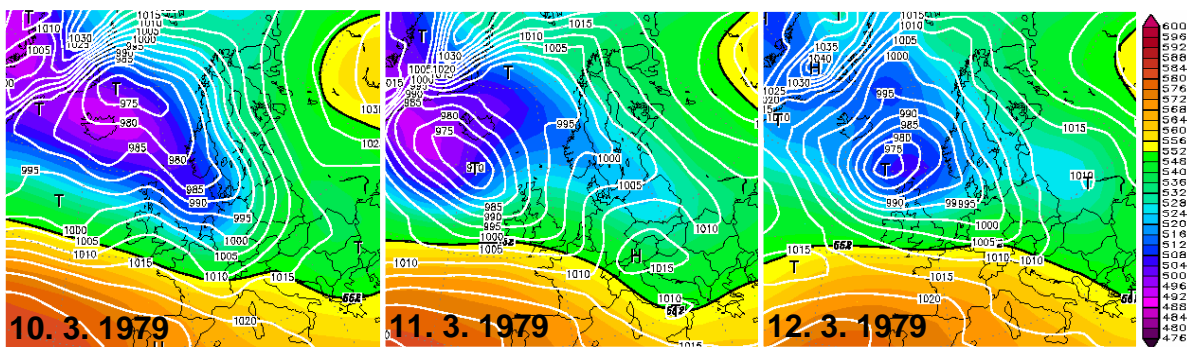
Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	13.3.1979 04:00	155	Q1
Heřmaň			
Katovice			
Sušice			

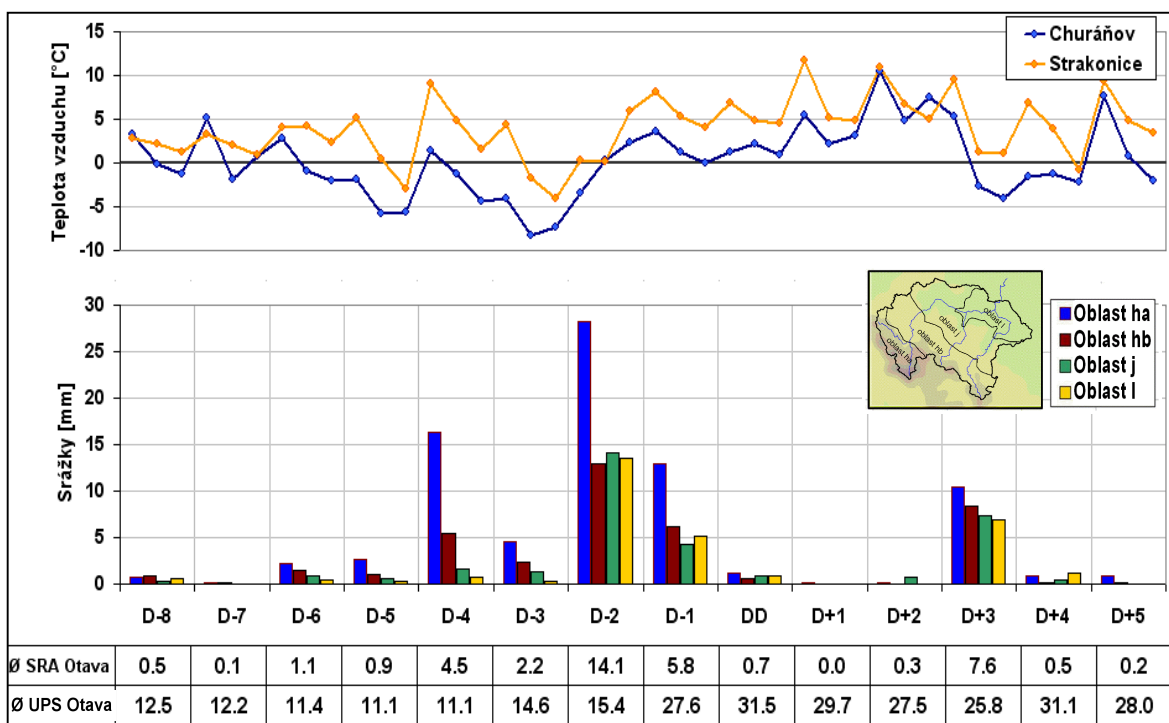
Sníh se udržoval během všech sledovaných dní na území s nadmořskou výškou zhruba nad 700 m n. m. a jeho vysoká vodní hodnota odpovídala polovině března. Teploty vzduchu se ve vyšších polohách držely pod bodem mrazu a pro tání nebyly významné. Příčinná dešťová srážka spadla během teplejší části dne D-2, jehož denní průměr teploty se pohyboval i v podhůří mezi 0 až -1°C. Srážky byly poměrně málo orograficky zesílené. V horských polohách se teploty držely pod bodem mrazu a srážky zde vypadávaly spíše ve formě sněhu. Na vzestupu průtoků se rozhodujícím způsobem podílely úhrny srážek, spadlých především v podhůří Šumavy a v dolní části povodí. Oteplení v následujících dnech způsobilo tání sněhu, které se projevilo až v poklesové části vzniklé povodňové vlny.

Povětrnostní situace

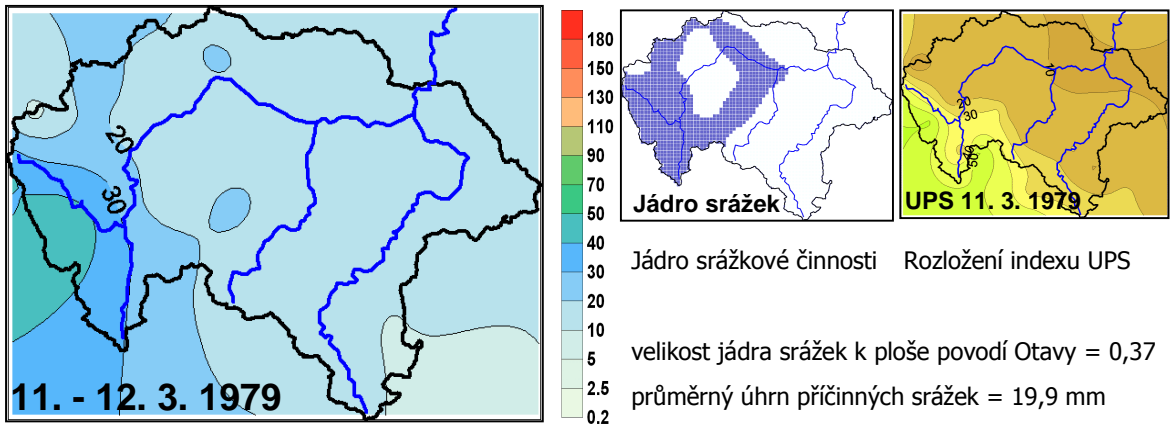
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Ap2	Ap2	B	B	B	SWc2	SWc2
Churáňov směr větru [°]	280	260	260	230	270	270	0
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,3	8,7	6,0	5,0	6,3	5,7	3,0



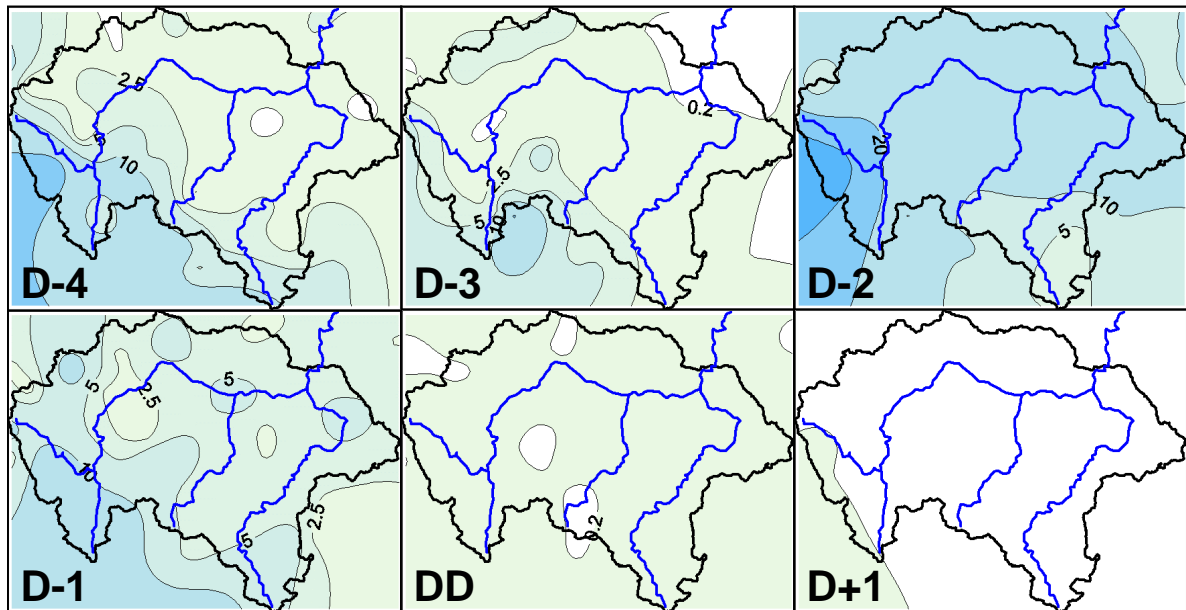
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



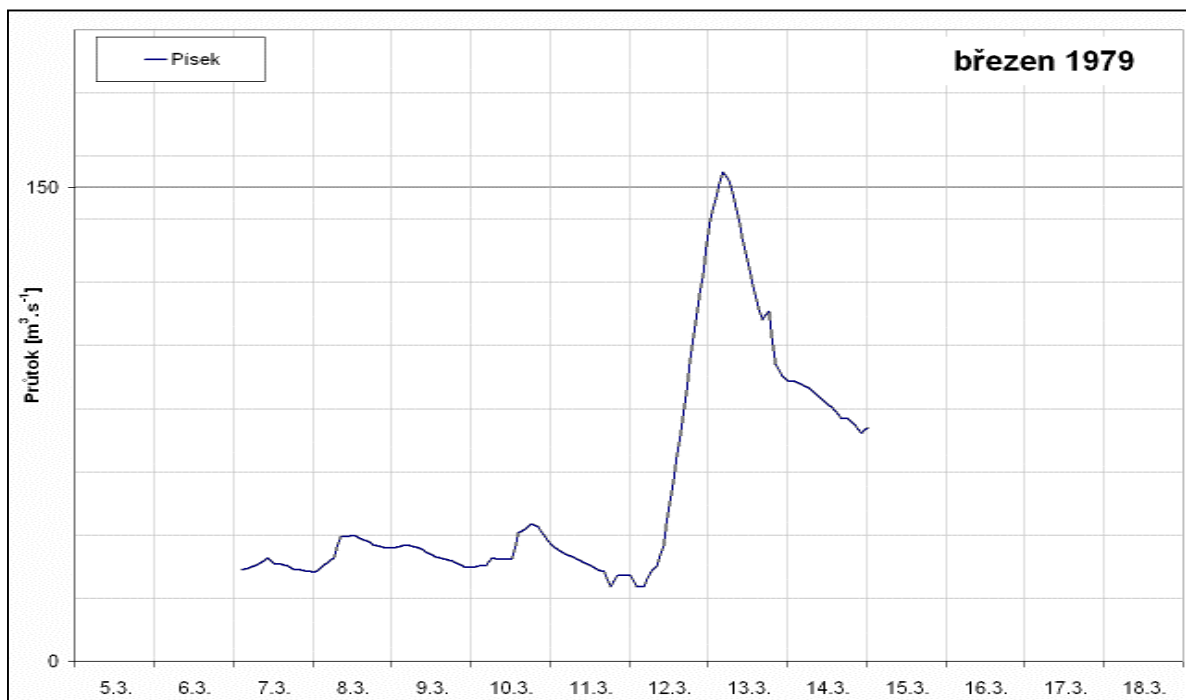
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 23.8.1977

19770823

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	23.8.1977 16:00	308	Q5
Heřmaň	23.8.1977 14:00	73,2	Q5
Katovice	23.8.1977 13:00	113	<Q1
Sušice			

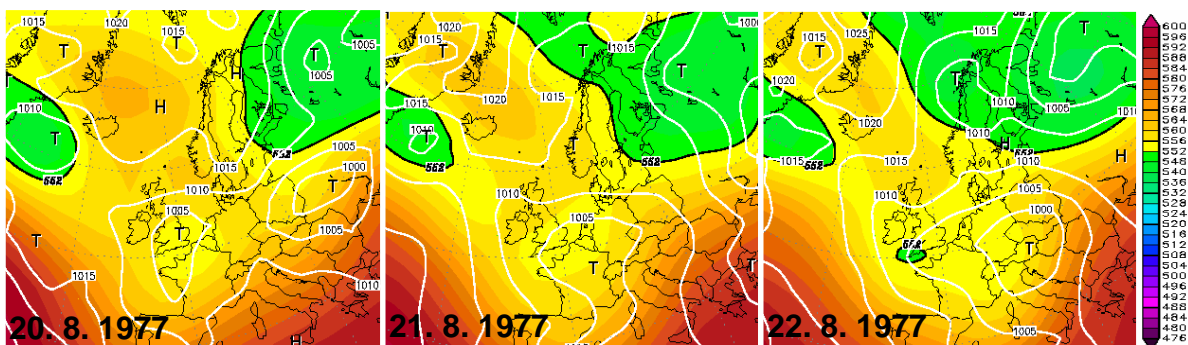
Povětrnostní situace je u dní, přecházejících povodni, sice klasifikovaná jako SWc₃, tedy jihozápadní cyklonální, ale z rozložení tlakového pole je zřetelný vliv tlakové níže nad střední Evropou. Její poloha a vlivu odpovídají i směry proudění vzduchu ve stanici Churáňov.

Nasycenost povodí před příčinnou srážkou, která spadla ve dnech D-2 a D-1 byla výrazně nadprůměrná, a to jednak následkem srážek, spadlých před povodni 19770801 a jednak v důsledku srážek, spadlých v den D-5. Příčinné srážky vypadávaly při slabém severovýchodním až severním proudění nejvíce do střední a dolní části povodí.

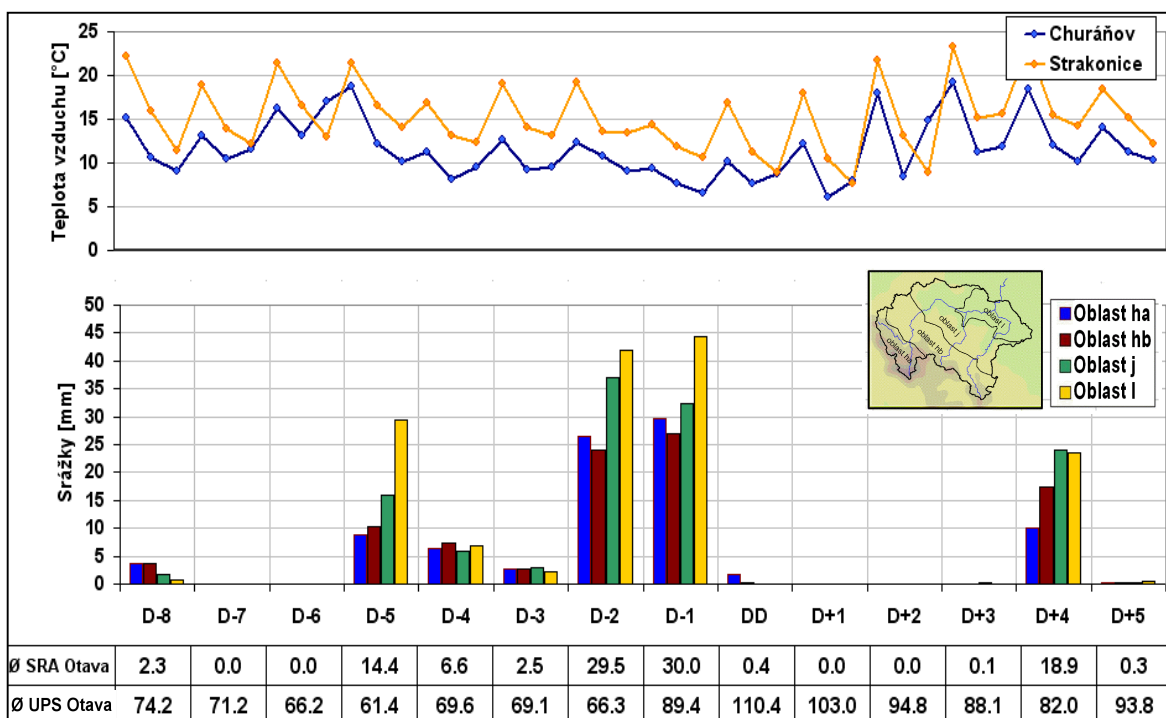
Do odtokové odezvy se nejprve zapojil odtok ze srážek z dolní části povodí, které způsobily prudký vzestup průtoků a teprve později dobíhala voda ze střední a horní části povodí. Na kulminaci Otavy v Písku se relativně velkou měrou podílela Blanice.

Povětrnostní situace

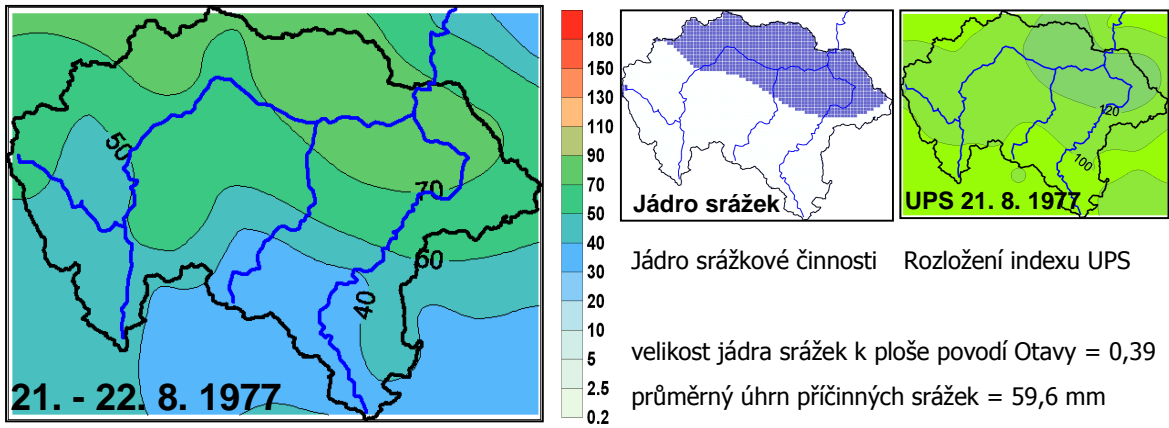
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	SWc3	SWc3	SWc3	SWc3	SWc3	SWc3	Ap2
Churáňov směr větru [°]	320	290		70	300	0	350
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	3,7	5,3	0	1,3	4,3	1,7	1,7



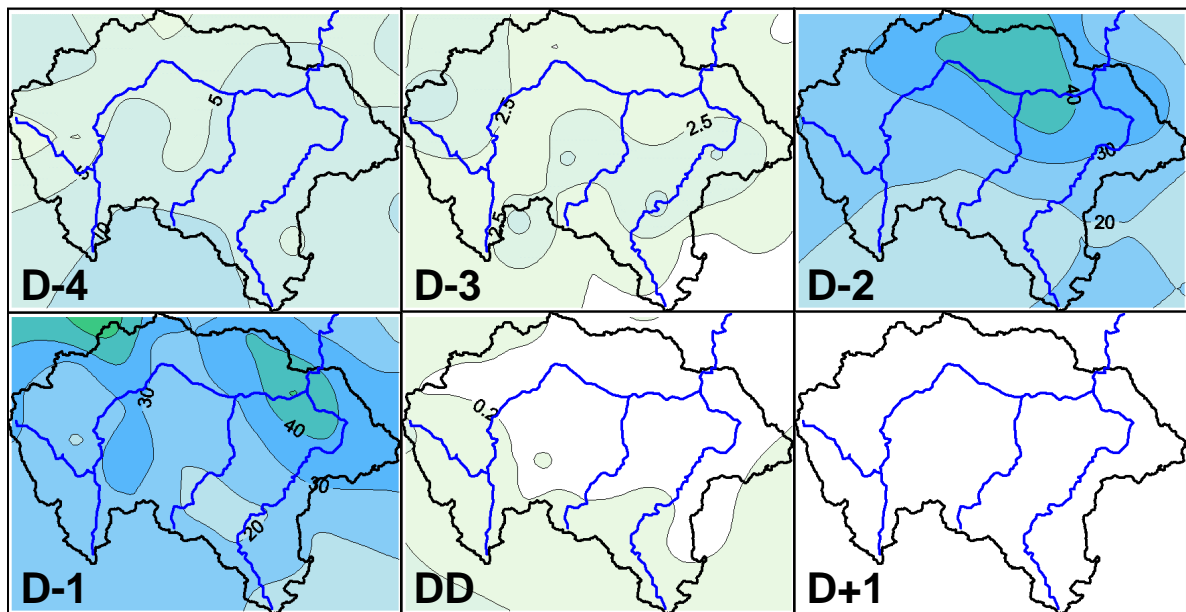
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



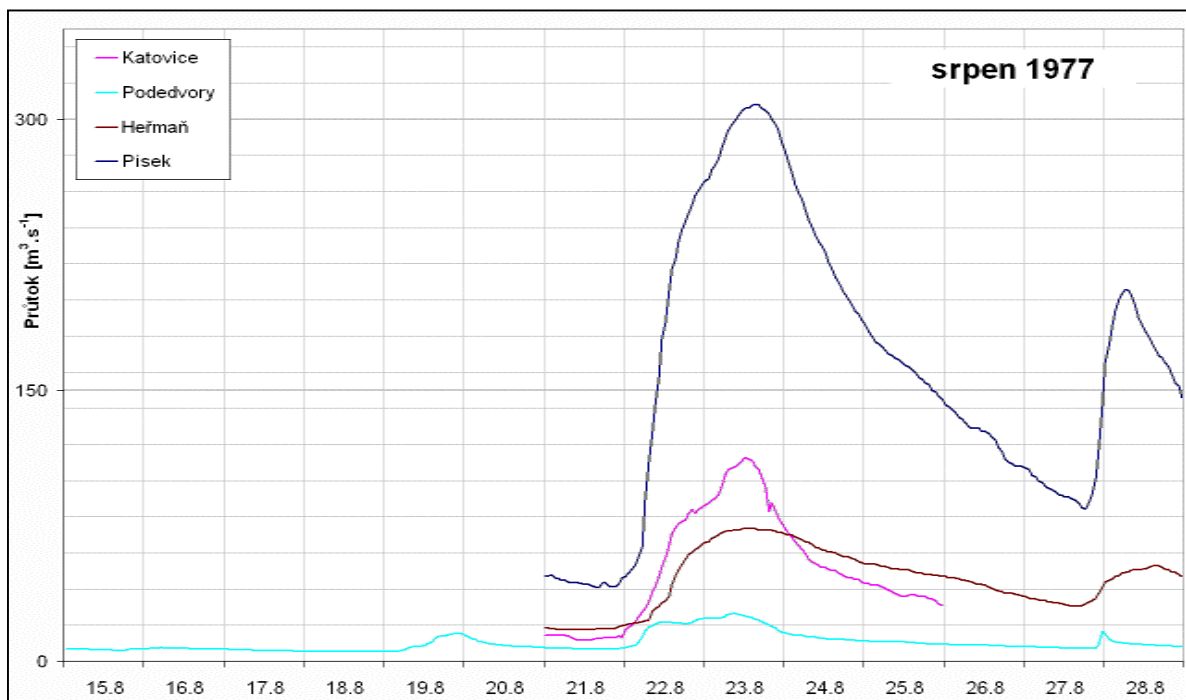
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 1.8.1977

19770801

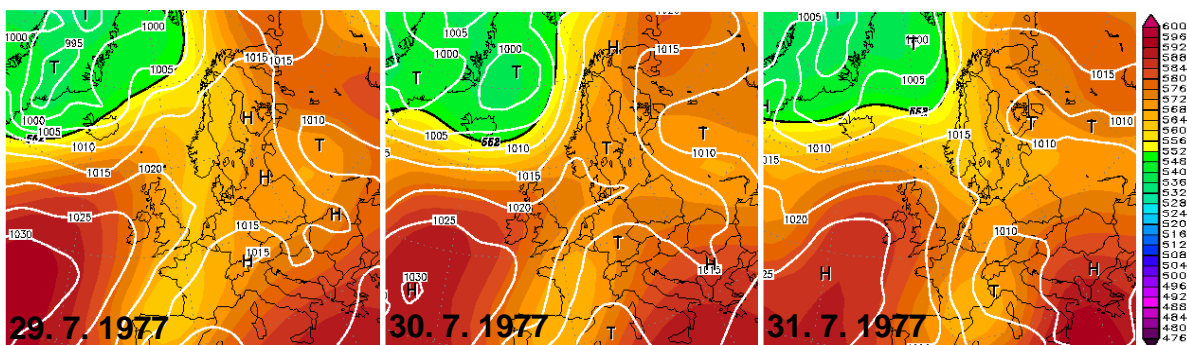
Tlaková níže, které se vytvořila nad centrálním Středomořím, se přesunula do střední Evropy a začala ovlivňovat počasí od dne D-2. Severovýchodní proudění s ní spojené přineslo do povodí Otavy ochlazení a velmi silné srážky. Déšť padal naštěstí do málo nasyceného povodí a tak úhrny srážek, které na mnoha místech v denním kroku přesáhly 100 mm, nevyvolaly tak velkou povodeň, jak by se dalo očekávat. Rozložení srážek vykazovalo typické znaky, jaké jsou u velkých povodní, tzn. výskyt nejvyšších úhrnů v okolí Kašperských Hor a na Prachaticku. Intenzita srážek byla zřejmě vysoká, protože vzestupy hladiny na řekách byly příkré, na Volyňce došlo k překročení 10letého průtoku. Na Otavě v Písku dosáhla kulminace pouze hodnoty 5letého průtoku.

Kulminace a extremita povodně

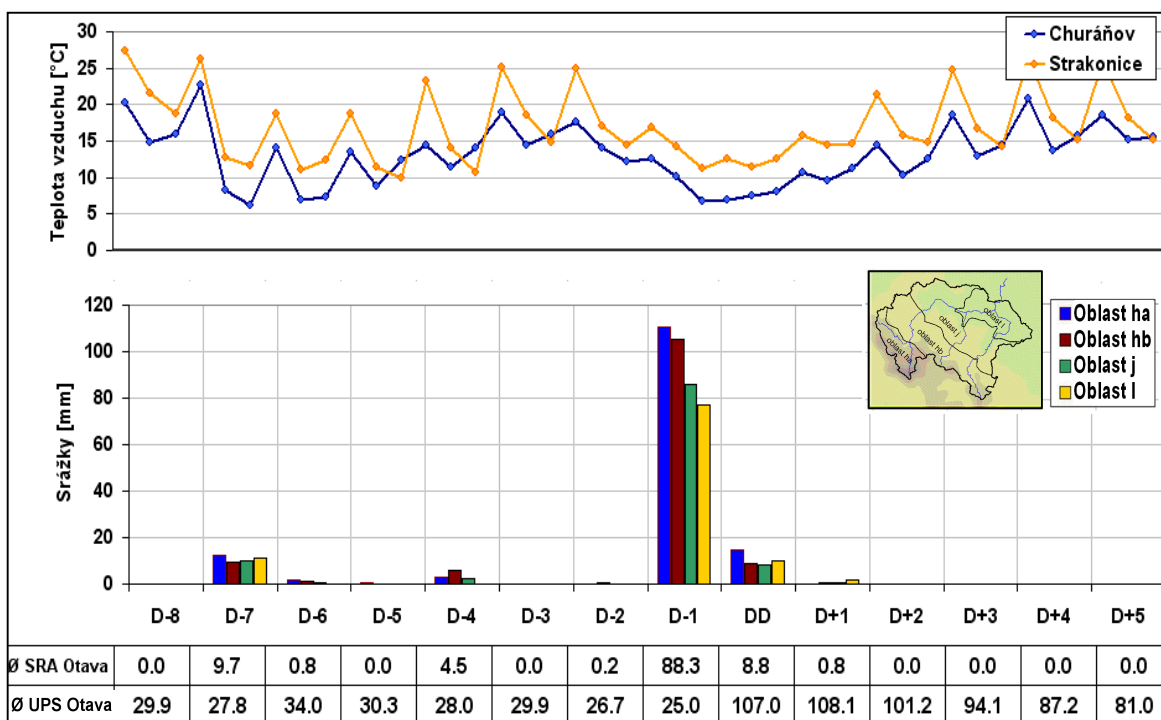
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	1.8.1977 23:00	300	Q5
Heřmaň	2.8.1977 04:00	55,7	Q2-Q5
Katovice	1.8.1977 13:00	204	Q2-Q5
Sušice	1.8.1977 05:00	135,2	Q2

Povětrnostní situace

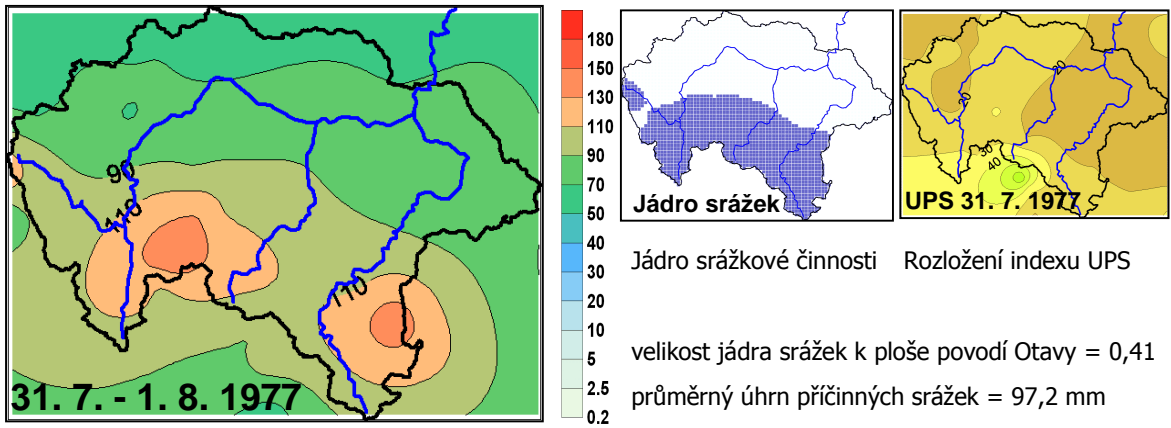
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Bp	SEa	SEa	SEc	SEc	C	C
Churáňov směr větru [°]	310	140	120	110	40	310	340
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,3	2,3	3,0	2,3	7,3	7,0	6,0



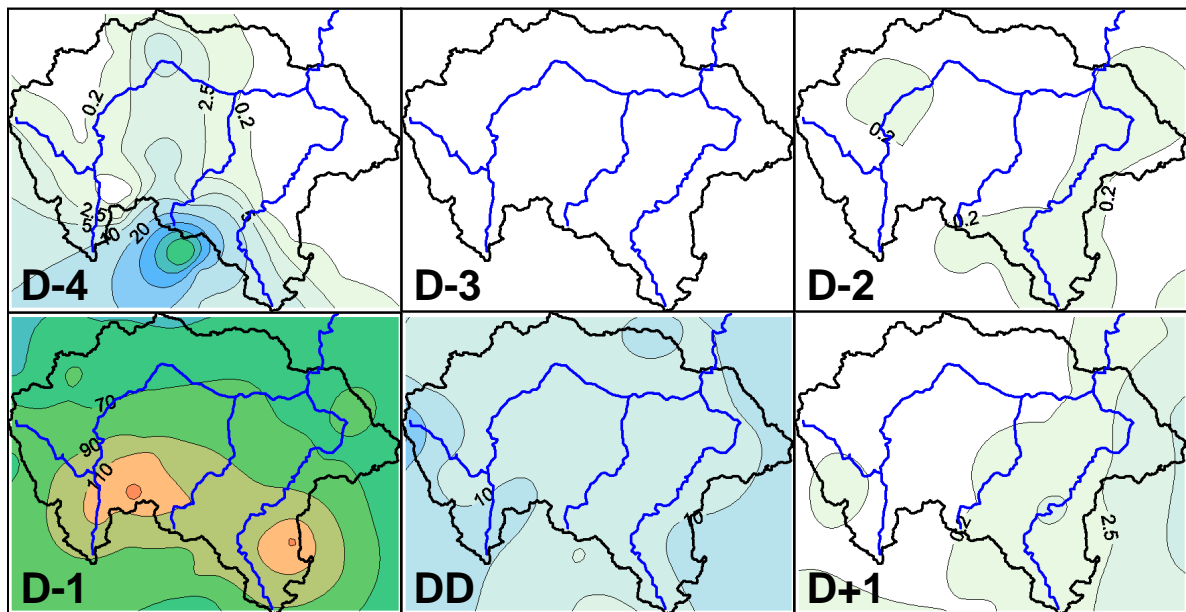
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



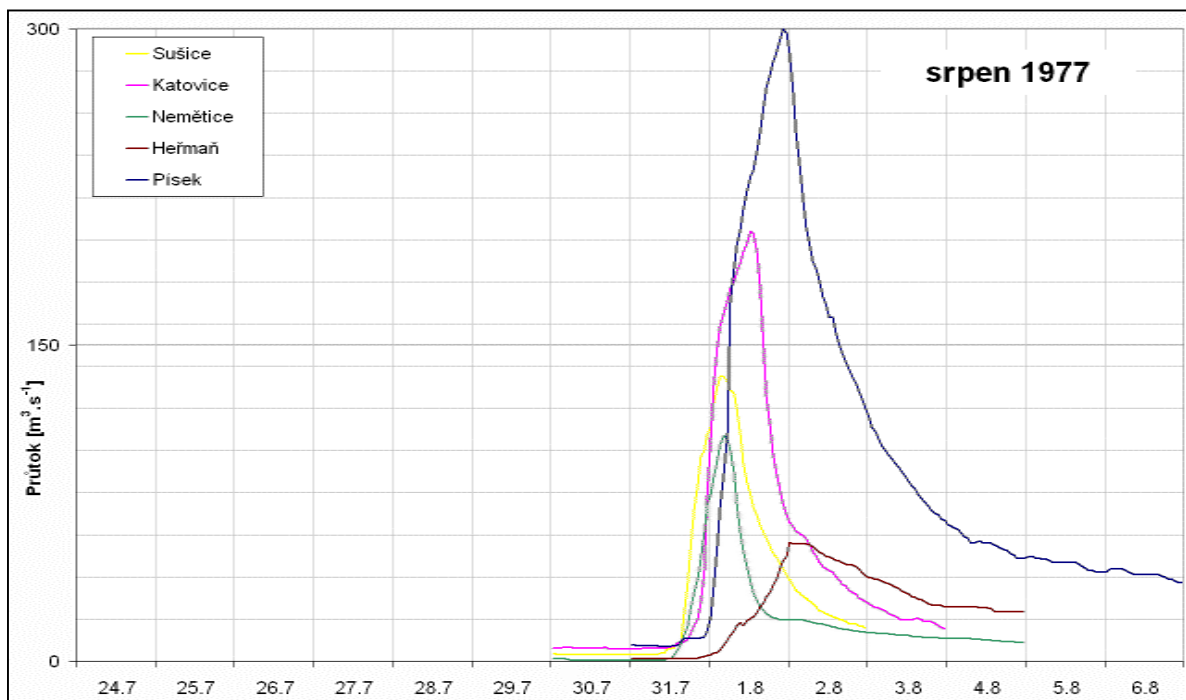
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 21.5.1977

19770521

Česká republika se nacházela v jihovýchodním proudění, které souviselo s tlakovou níží centrálním Středomoří. Tato povodňová epizoda vykazovala typické vlastnosti přívalové povodně, vzniklé lokálními bouřkovými lijáky. Podle minimálního pohybu bouřky, patrného z mapy srážkových úhrnů, lze usuzovat, že vznik tohoto bouřkového mraku nesouvisel s frontálním rozhraním, ale pouze s vysokou labilitou vzduchových hmot.

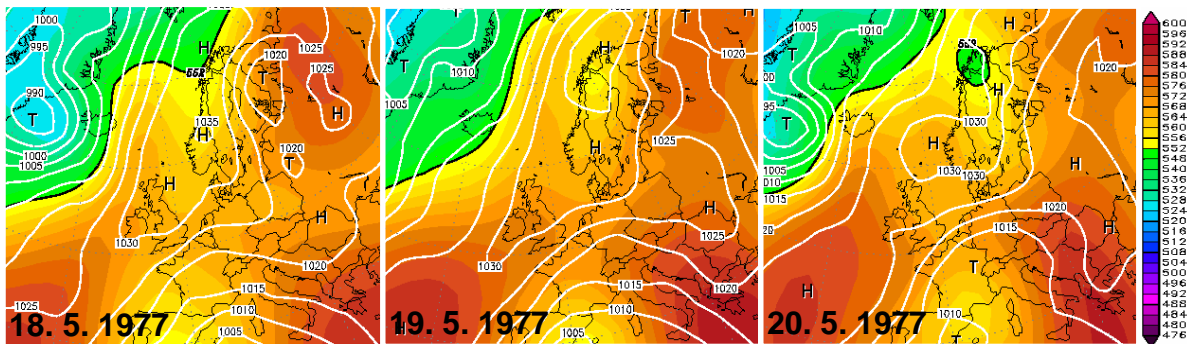
Vydatný déšť, který povodeň způsobil, dosahoval extrémních intenzit, při kterých docházelo jen k minimálnímu vsaku do půdy a většina vody povrchově odtékala do říčních koryt. U nejvíce srážkově zasaženého povodí Volyňky řeka stoupla v Němčicích během dvou hodin z $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na $125 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (20letá povodeň). Protože přelozlo i mimo povodí Volyňky, kulminovala povodňová vlna v Písku i po transformaci průtokem nad $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Kulminace a extremita povodně

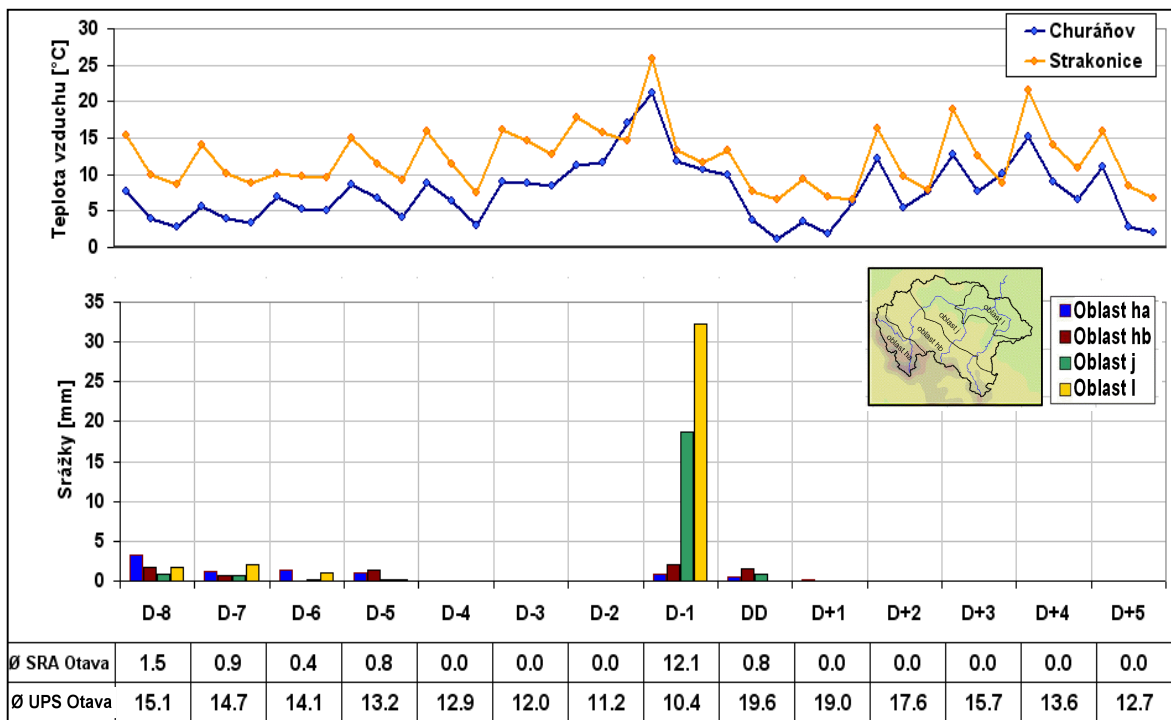
	Datum a čas kulminace	Kulminace [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Extremita
Písek	21.5.1977 05:00	163	Q1-Q2
Heřmaň	21.5.1977 05:00	4,51	<Q1
Katovice	20.5.1977 21:00	45	<Q1
Sušice	21.5.1977 02:00	10,1	<Q1

Povětrnostní situace

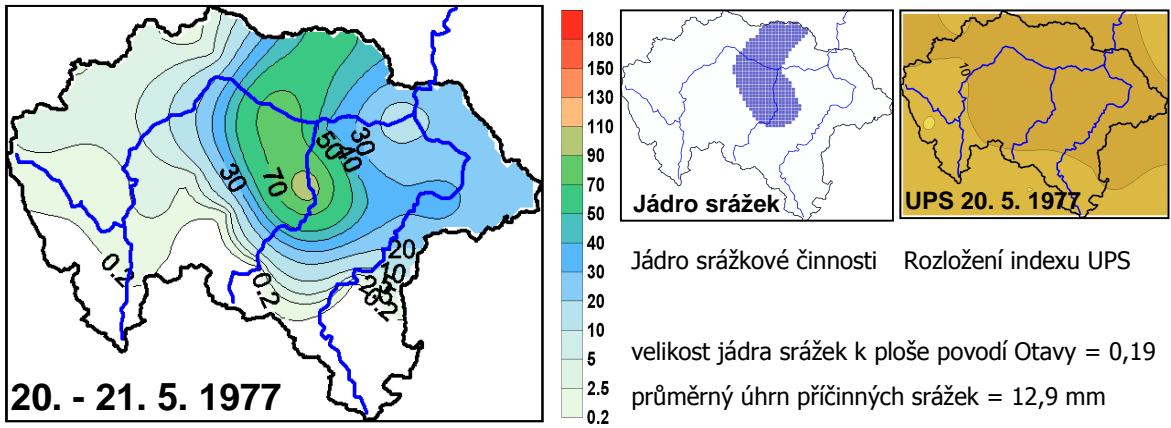
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	B	Ec	Ec	SEc	SEc	NEc	NEc
Churáňov směr větru [°]	40	50	80	70	90	340	20
Churáňov rychl. větru [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	2,7	4,0	4,3	1,7	5,3	3,3	1,3



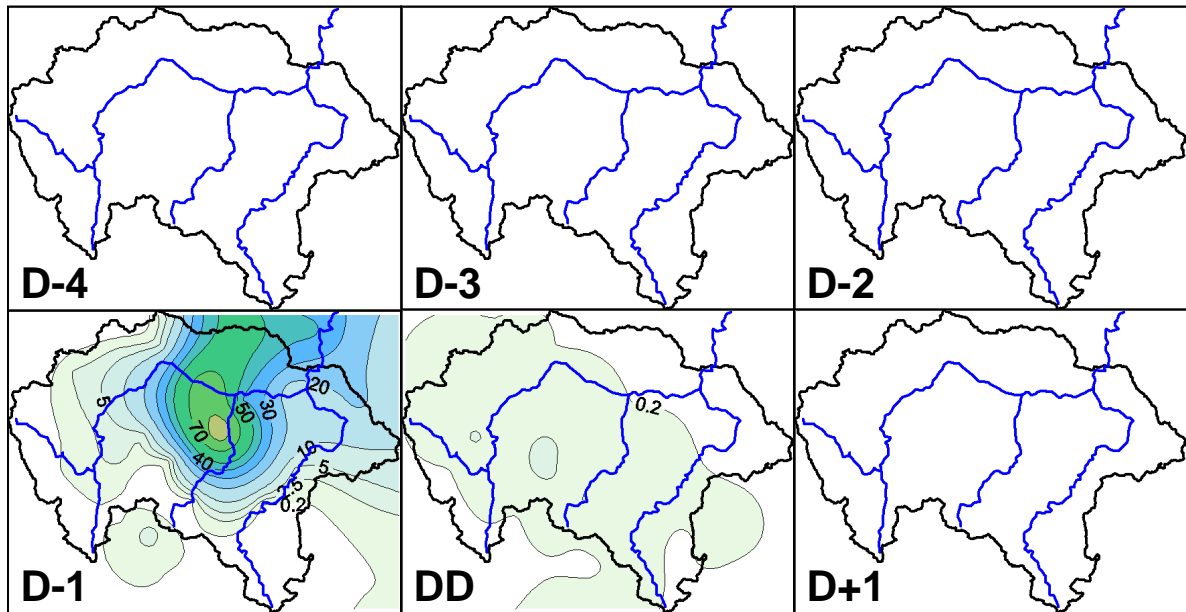
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



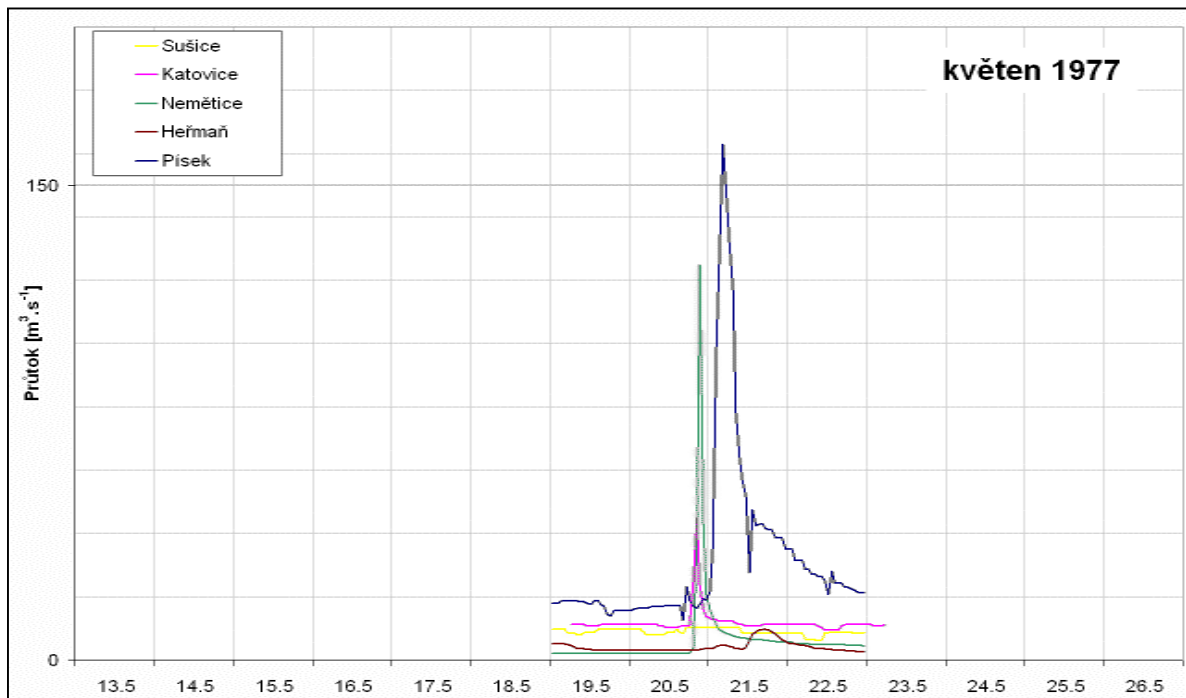
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 9.2.1977

19770209

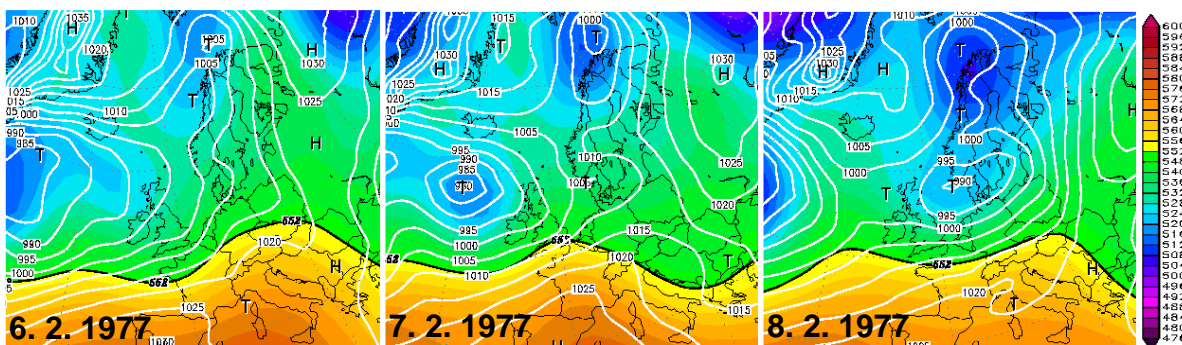
Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	9.2.1977 03:00	163	Q1-Q2
Heřmaň		39,5	Q1-Q2
Katovice			
Sušice			

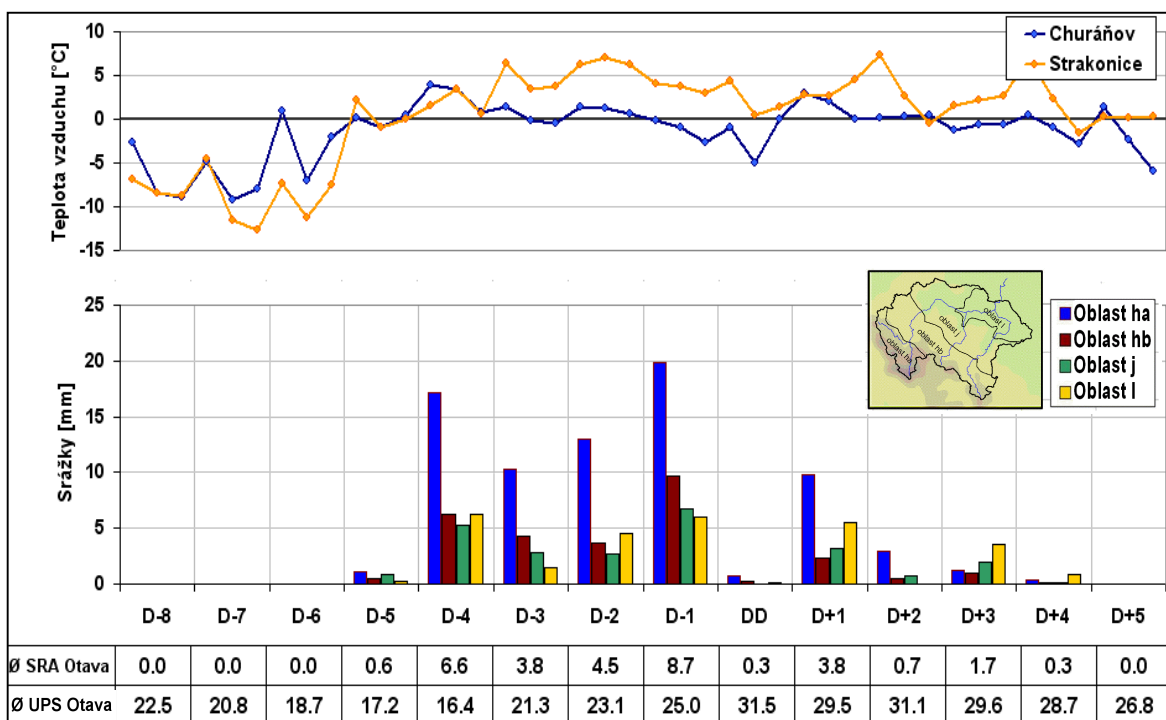
Rozložení sněhu bylo v prvních dnech relativně rovnoměrné. V podhůří leželo kolem 5 až 10 cm sněhu, stanice s nadmořskou výškou nad 1000 m n.m. naměřily většinou mezi 30 a 50 cm. První dva dny bylo počasí pod vlivem tlakové výše a průměrné teploty ležely hluboko pod bodem mrazu. Výraznější oteplení bylo spojeno až se změnou cirkulace na západně cyklonální typ (Wc). S oteplením se začaly vyskytovat mírné srážky a sníh začal z podhůří velmi rychle mizet. Odtok z táni měl prudký nástup, což lze s ohledem na nepříliš vysoké teploty vysvětlit jako důsledek jednak tání sněhu na poměrně velké ploše v podhůří, a jednak zapojením se odtoku z táni ve vyšších polohách (viz vysokou vodní hodnotu sněhu na Churáňově v den D-2 185 mm). Na rozhodujícím nárůstu průtoku se ovšem podílely i srážky spadlé na povodí v den D-1.

Povětrnostní situace

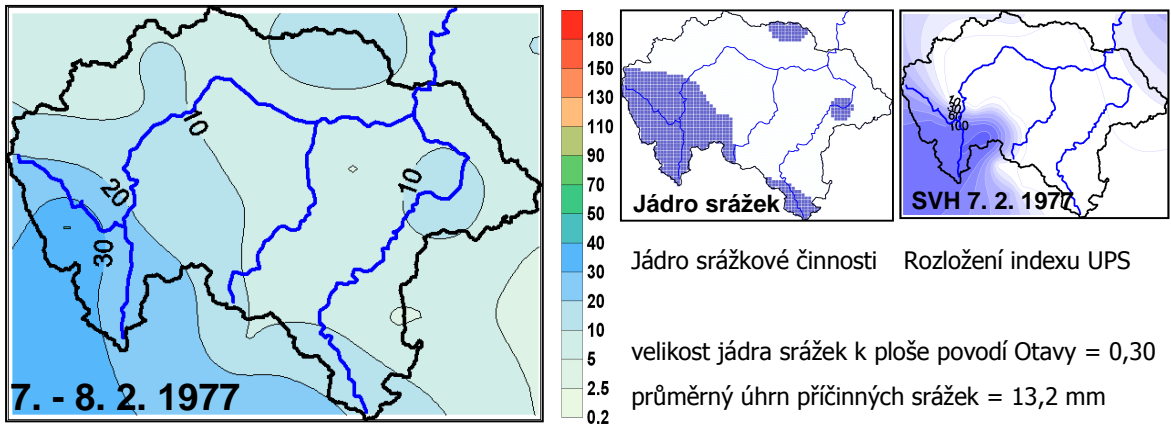
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	A	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc
Churáňov směr větru [°]	210	340	230	250	260	250	210
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	5,7	7,0	5,0	8,7	6,3	2,3	5,7



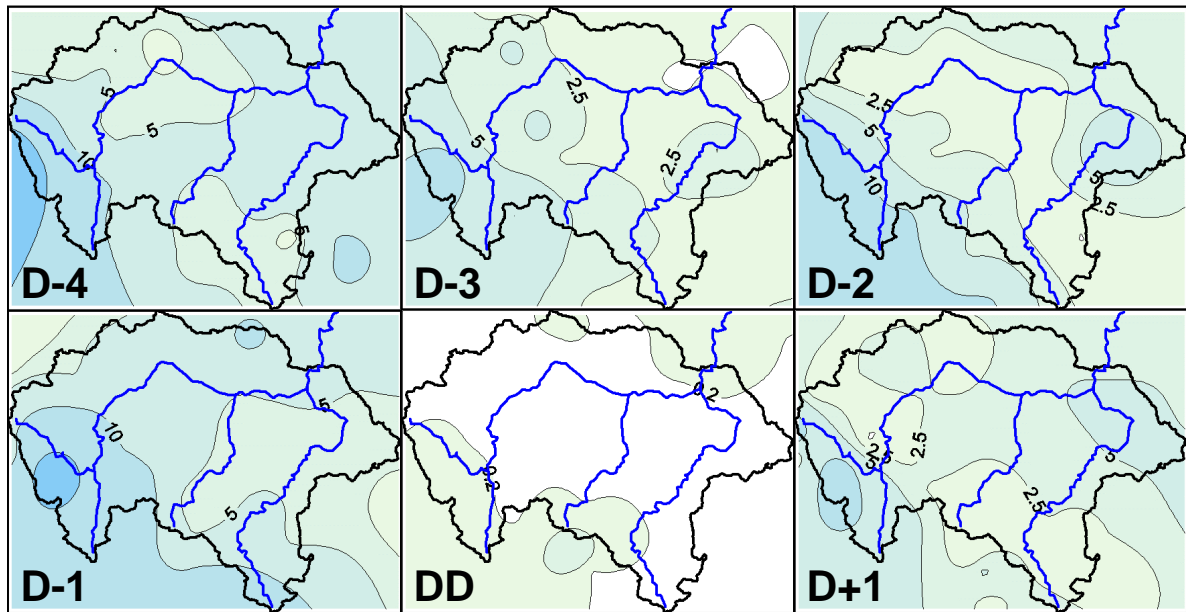
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



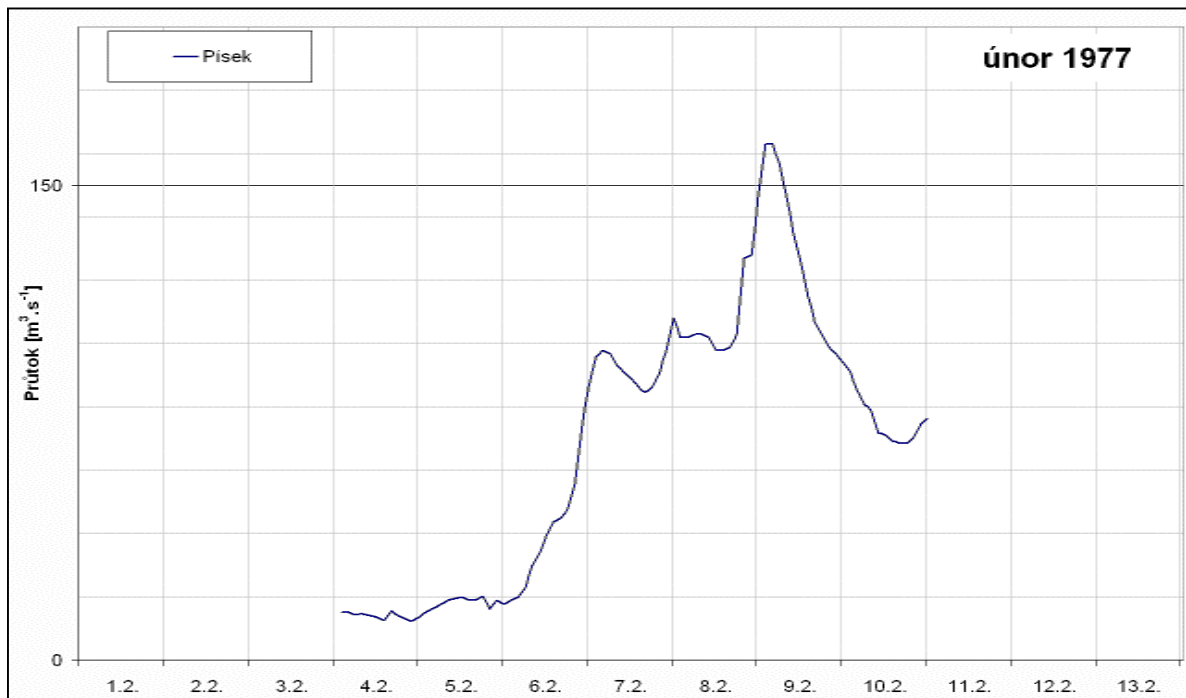
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 28.7.1976

19760728

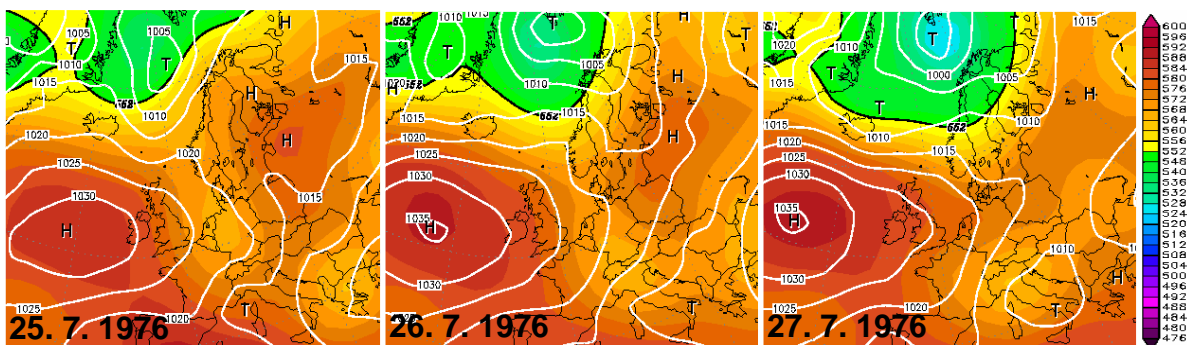
Střední Evropa se ke konci července 1976 nacházela v severním proudění mezi tlakovou výší nad Atlantikem a cyklónou nad Černým mořem. Vlhký vzduch přinášel každý den na povodí Otavy srážky, které sice nezpůsobily výraznější vzestupy na řekách, ale postupně vedly k nasycení povodí. Rozhodující srážky vypadly ve dvou vlnách ve dnech D-2 a D-1. První srážkové pásmo zasáhlo především pramennou oblast Otavy a po odtoku vytvořilo v Písku vlnu, která v maximu dosáhla pouze 120 m³.s⁻¹. Teprve druhá vlna srážek, která padala do silně nasyceného povodí s již vyplněnými koryty řek, způsobila průtok v Písku nad 150 m³.s⁻¹. Obě vlny mají malý objem a ostré vzestupné i poklesové větve, což ukazuje na vysoké odtokové koeficienty a tedy intenzivní srážky, které jim předcházely.

Kulminace a extremita povodně

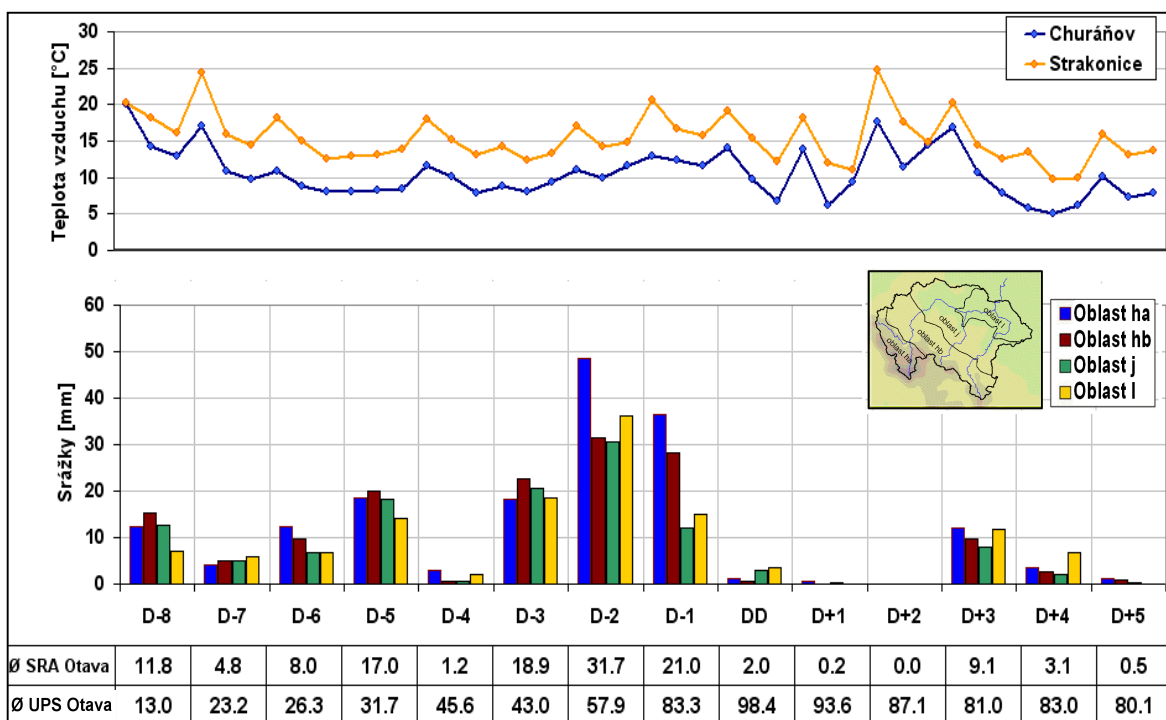
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	28.7.1986 10:00	176,8	Q1-Q2
Heřmaň		30,3	Q1
Katovice			
Sušice			

Povětrnostní situace

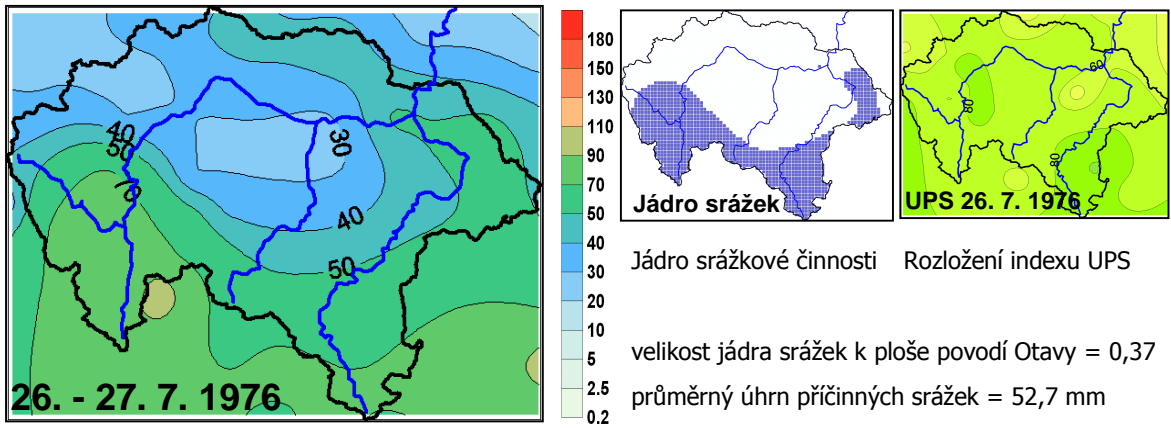
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Ec	Ec	Ec	Ec	Ec	NWc	NWc
Churáňov směr větru [°]	340	340	340	20	20	280	270
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	3,3	1,3	2,3	3,0	2,0	1,7	3,0



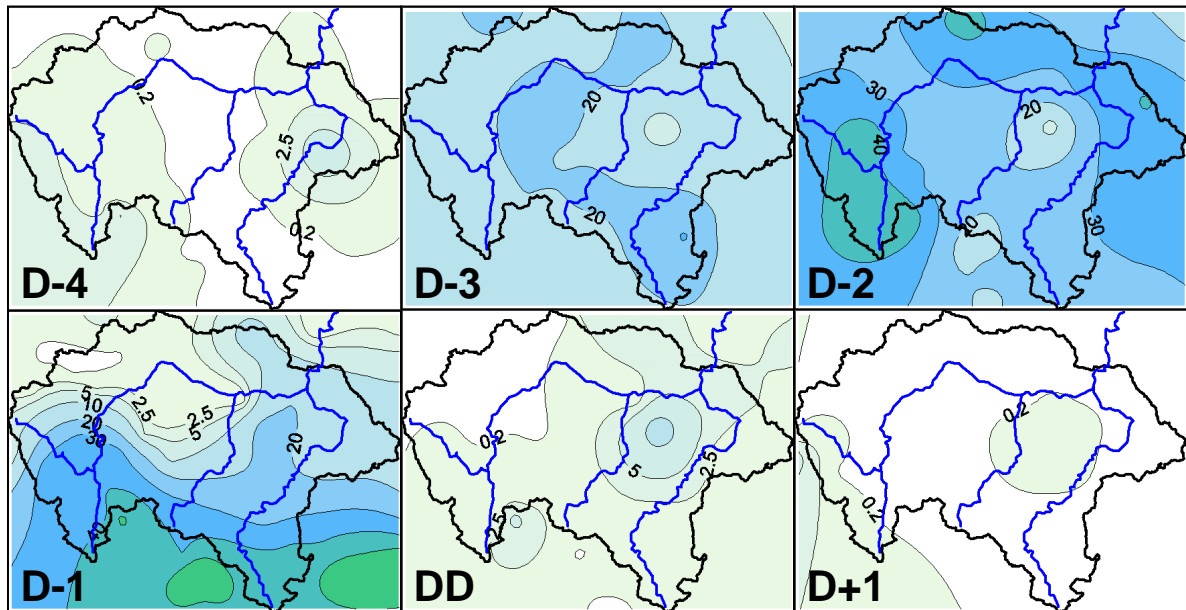
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



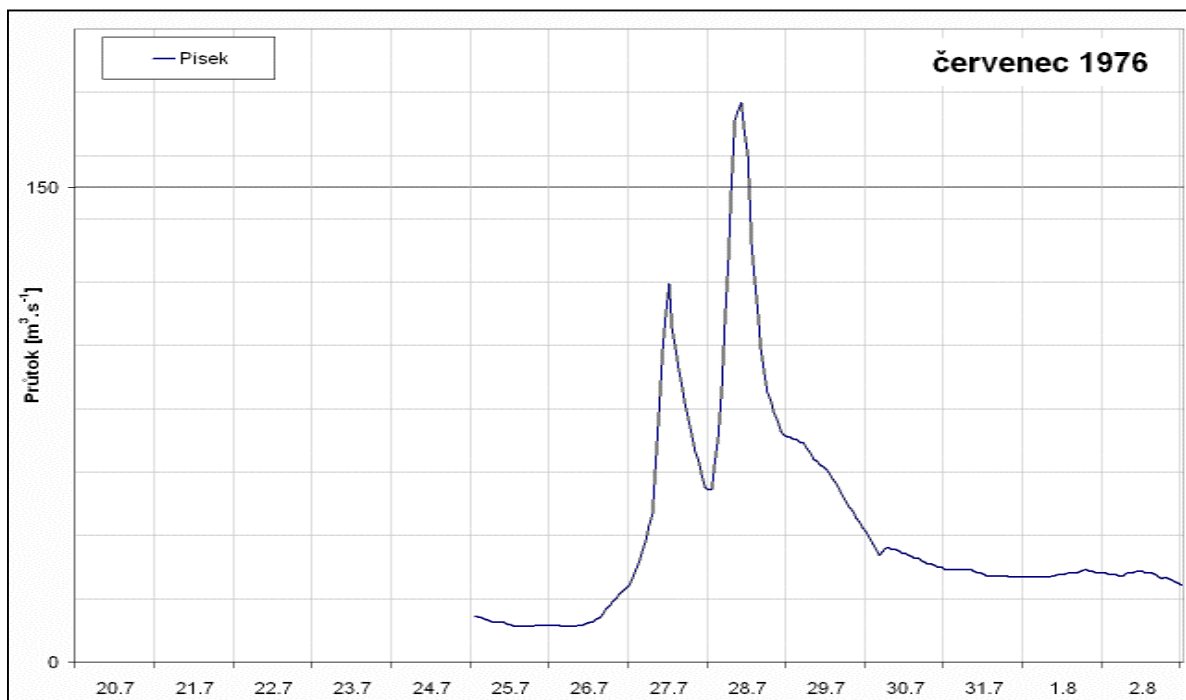
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 2.7.1975

19750702

Kulminace a extremita povodně

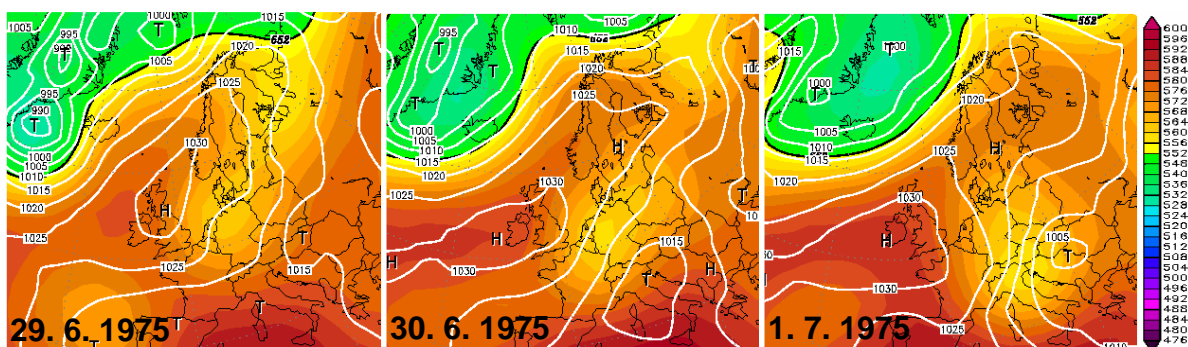
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	2.7.1975 21:00	275	Q2-Q5
Heřmaň			
Katovice	2.7.1975 15:00	108	<Q1
Sušice			

Anticyklonální počasí vystřídalo ke konci července 1975 vlhké východní až severní proudění, spojené s výskytem tlakové níže v severním Středomoří, která se zvolna přesouvala směrem k východu. Počínaje dnem D-5 se v povodí Otavy vyskytovaly srážky, u kterých se každým dnem zvyšovaly jejich úhmy. Srážky byly rozloženy zprvu velmi rovnoměrně, příčinná srážka spadla ve dnech D-2 až D-1 byla z důvodu silícího severního proudění orograficky zesílena v oblasti Kašperských Hor a Vimperku.

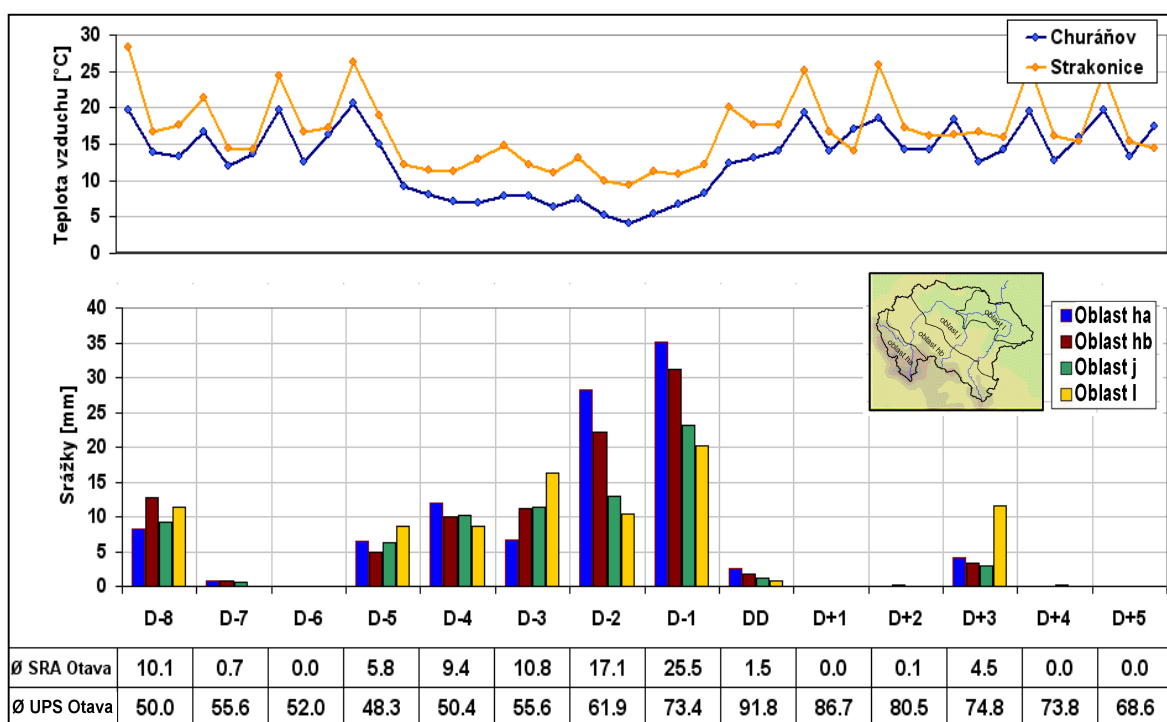
Dlouhému trvání srážek odpovídá také odtoková odezva na řekách. Povodňová vlna Otavy v Katovicích i v Písku má neobvykle pozvolnou vzestupnou větev, na které jsou patrné podružné vrcholy způsobené kolísáním srážkové činnosti. Na kulminaci Otavy v Písku se díky rovnoměrnému rozložení srážek podílely významně odtoky ze všech částí povodí.

Povětrnostní situace

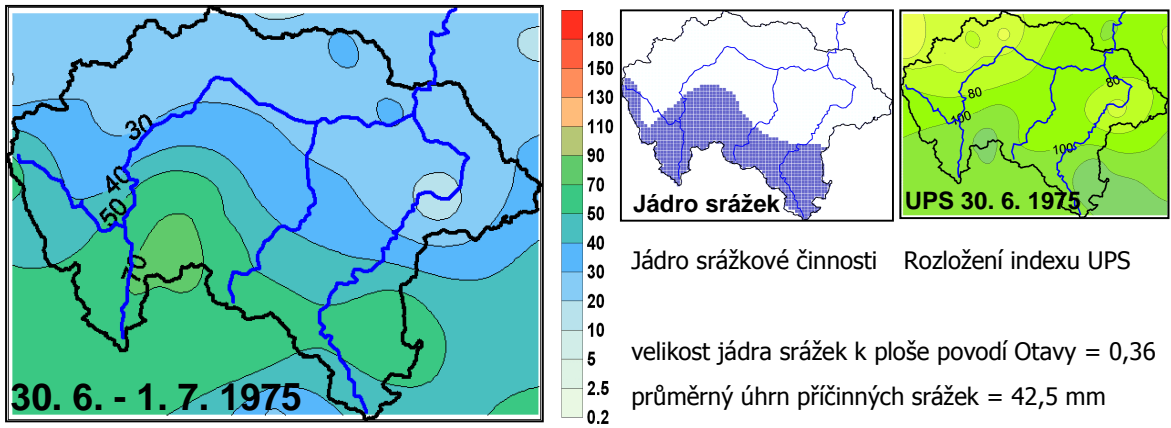
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wal	NEc	NEc	NEc	NEc	NEa	NEa
Churáňov směr větru [°]	20	20	70	40	0	360	30
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	1,7	2,0	1,3	3,7	7,0	3,3	2,0



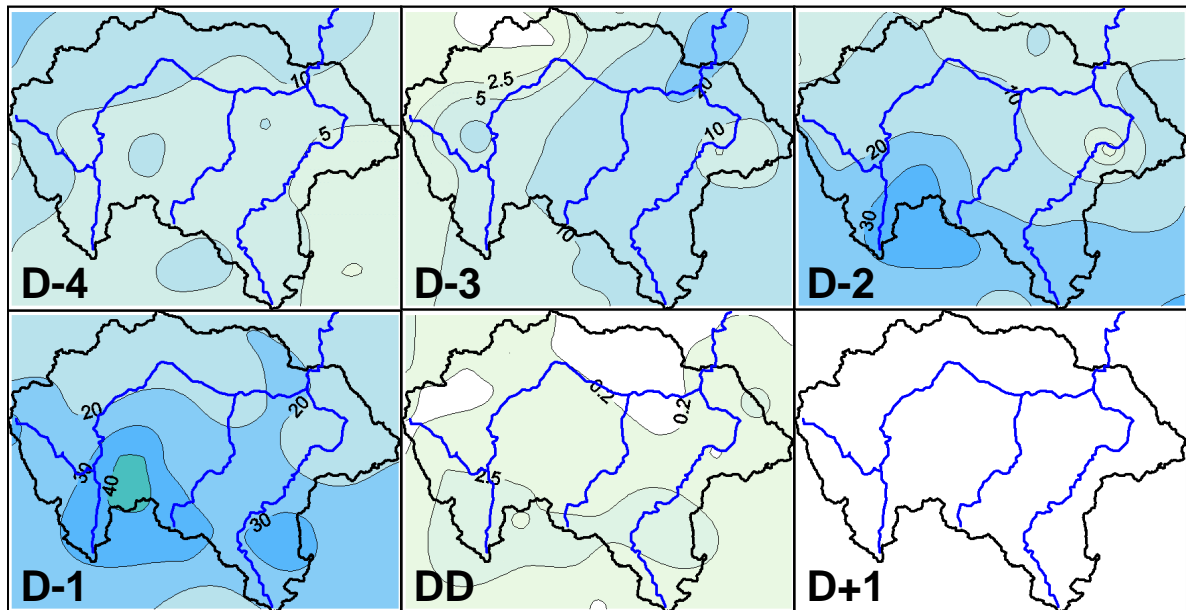
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



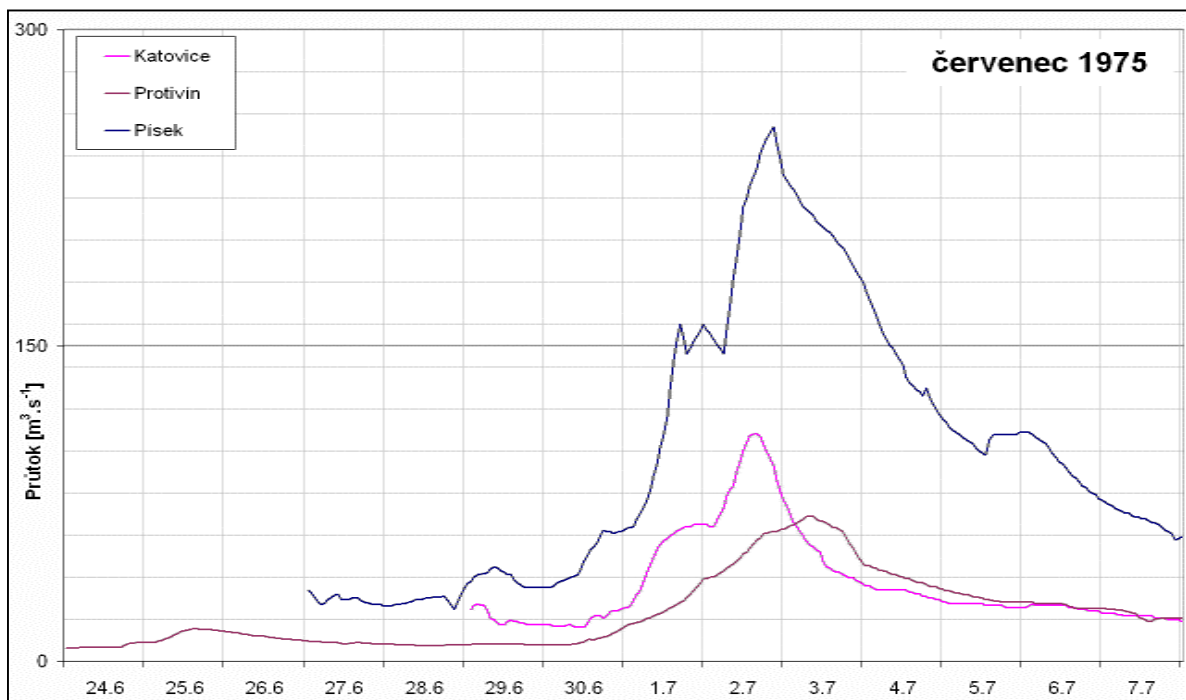
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 30.12.1974

19741230

V teplém jihozápadním proudění přecházelo přes střední Evropu několik frontálních systémů, které přinesly první srážky již 24.12. Srážková činnost vytrvala až do 31.12.

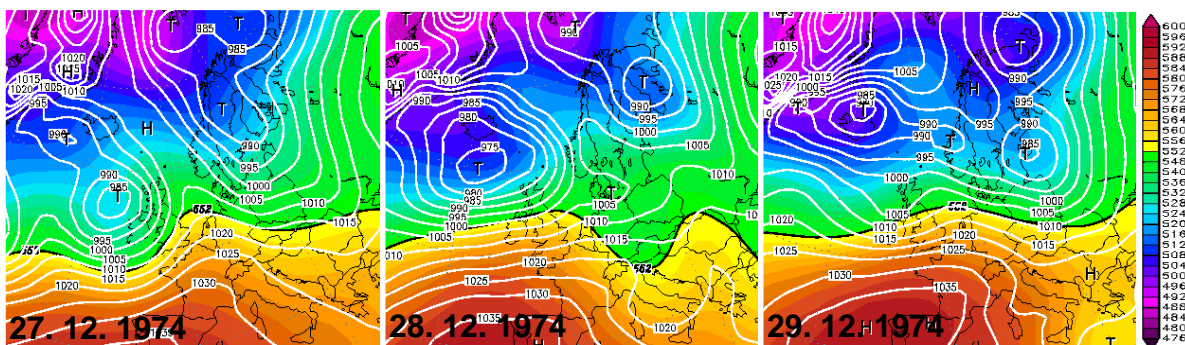
Převážně dešťové srážek, které vpadávaly v silném jihozápadním proudění byly orograficky zesíleny na hřebenech Šumavy. Na průběh povodně měla vliv sněhová pokrývka, která ležela v nejvyšších partiích Šumavy. Na stanici Churáňov naměřil 23.12. 55 cm sněhu s vodní hodnotou 152 mm! Sníh začal vlivem oteplení a srážek odtávat již ode dne D-4, ale ve vrcholových partiích zároveň brzdil odtok dešťových srážek jejich absorpcí. To je patrné z pozvolného nárůstu průtoků Otavy, přestože úhrny srážek byly poměrně vysoké. V D-2 a D-1 byla zřejmě již kapacita sněhu vyplněna a tání spojené s odtokem vody absorbované ve sněhu výrazně zvedlo hladinu Otavy ke kulminacím.

Kulminace a extremita povodně

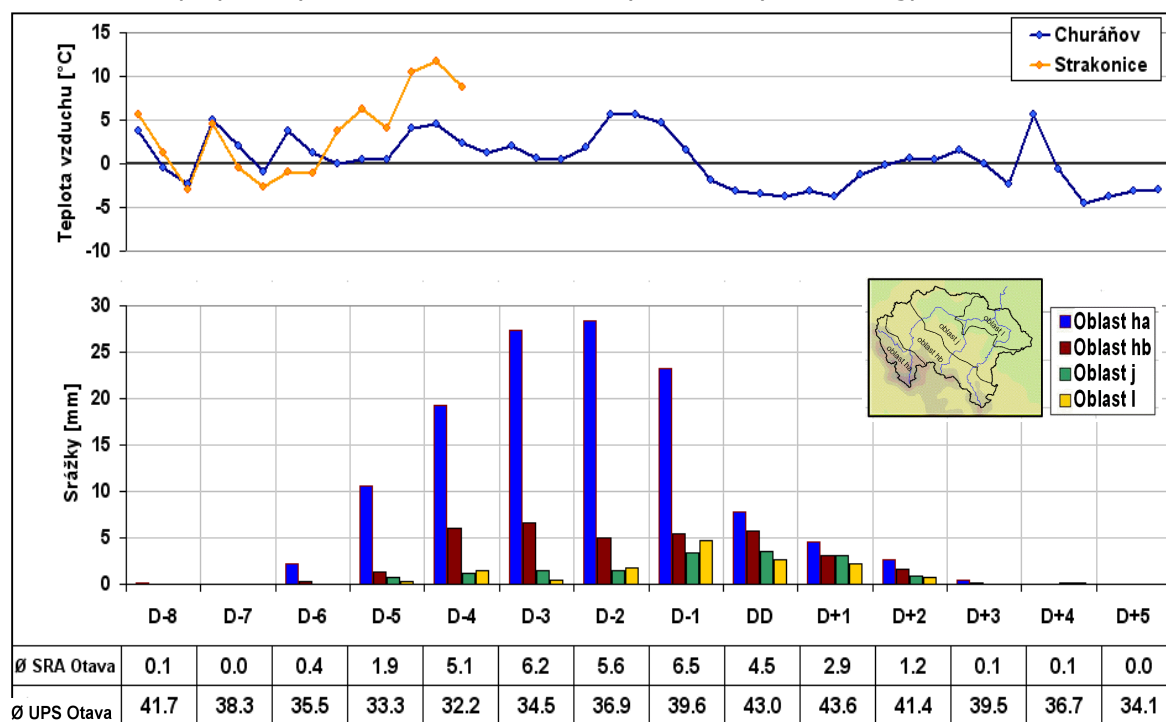
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	30.12.1974 13:00	187,4	Q1-Q2
Heřmaň			
Katovice	30.12.1974 06:00		
Sušice	30.12.1974 01:00	135	Q2

Povětrnostní situace

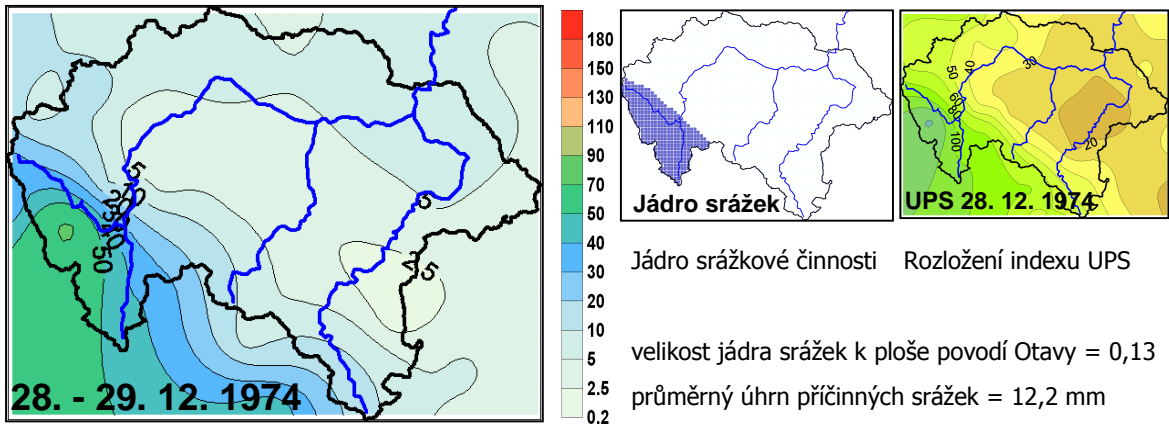
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc	Wc
Churáňov směr větru [°]	240	250	240	260	290	310	290
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	7,7	11	8,3	8,0	8,7	7,0	6,0



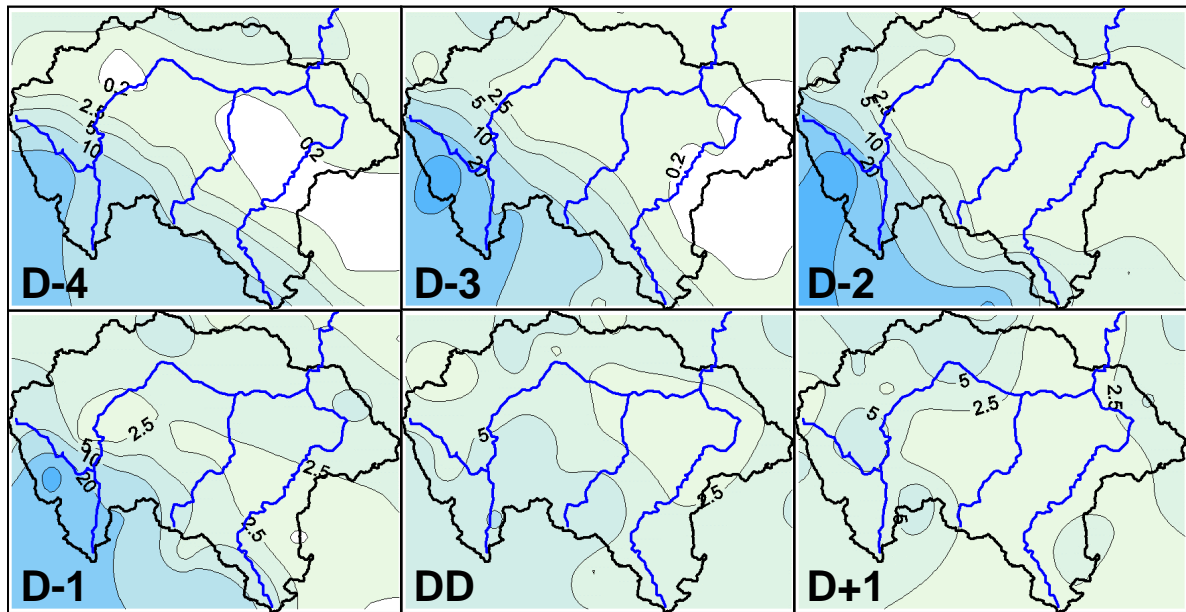
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



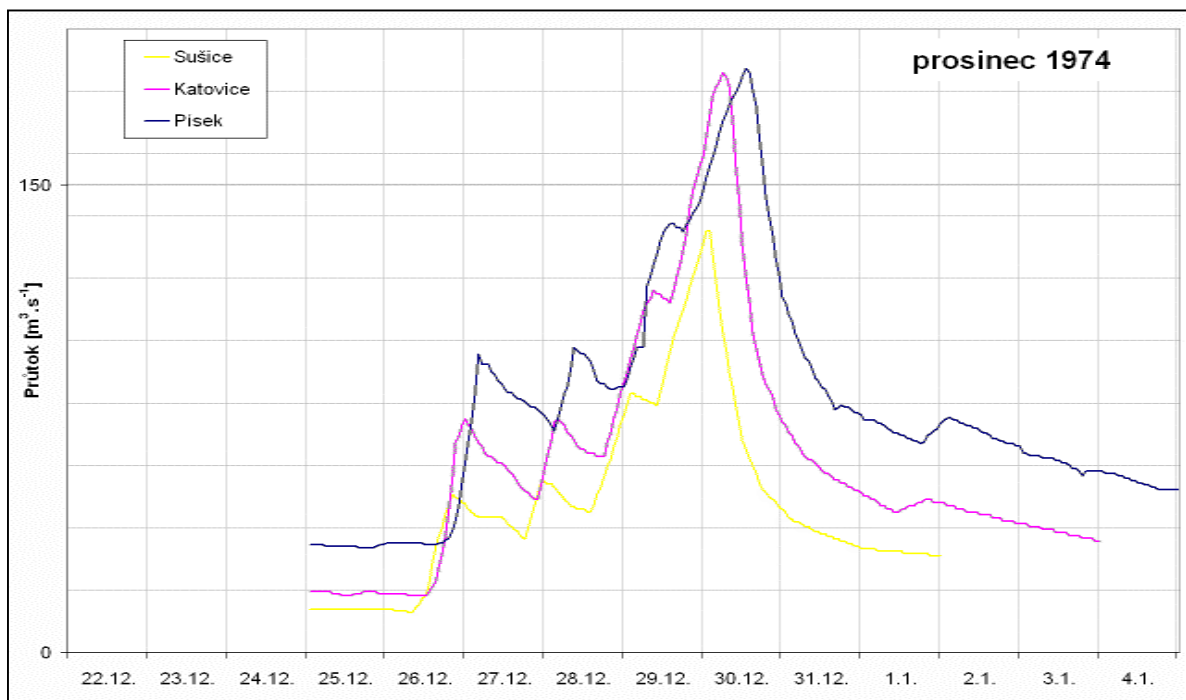
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 9.12.1974

19741209

Kulminace a extremita povodně

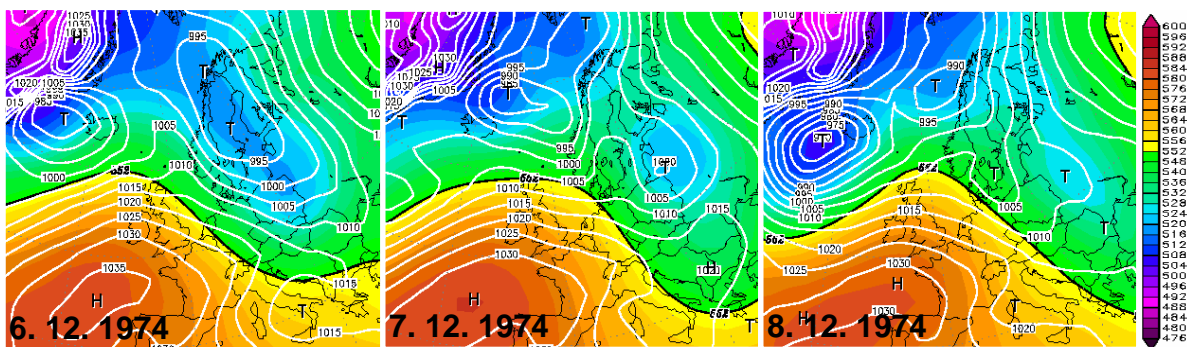
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	9.12.1974 05:00	187,4	Q1-Q2
Heřmaň			
Katovice			
Sušice	8.12.1974 18:00	87,5	<Q1

Vysoké teploty vzduchu na začátku sledovaného osmidenního období způsobily úbytek sněhu, který se držel zhruba na území nad výškou 700 m n. m. K výraznějšímu tání ale nedocházelo. Průtok v Písku se až do dne D-2 udržoval na hodnotě 40 m³.s⁻¹. Před nástupem situace NWc (D-3) došlo k ochlazení a následně k silným srážkám (D-3, D-2), které v horských oblastech byly smíšené až sněhové.

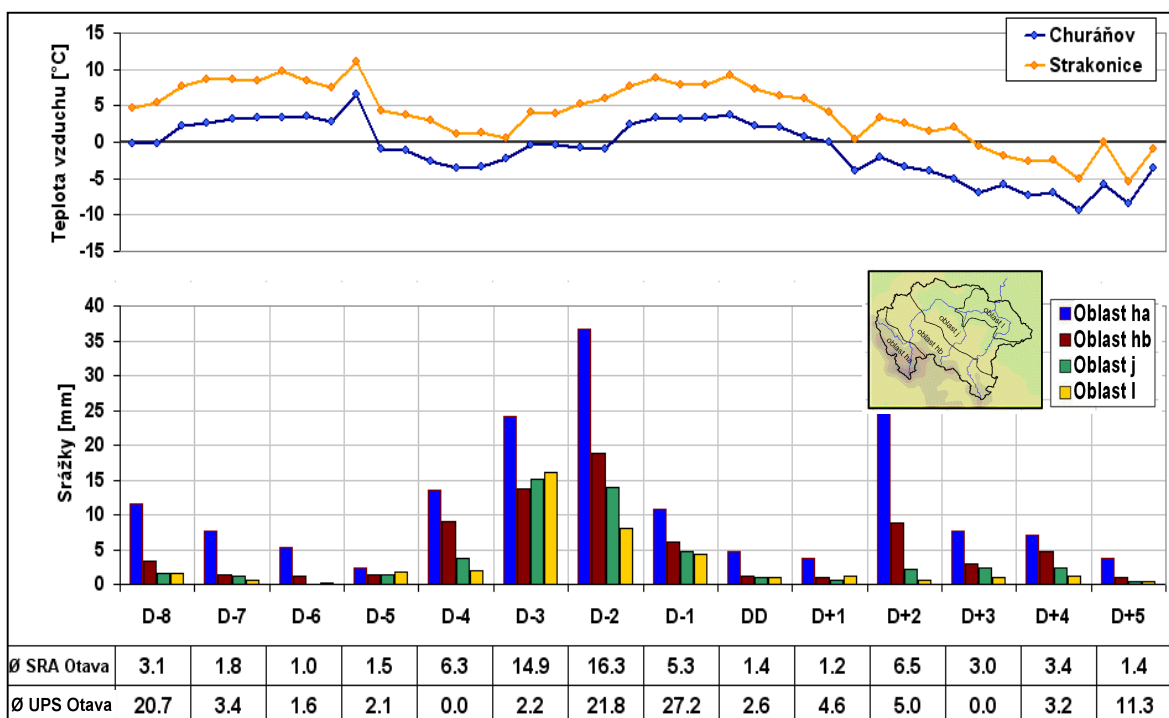
Tyto srážky (především ta část, která spadla v podhůří ve formě deště), způsobily pozvolný nárůst odtoku, který v následujících dnech podpořilo tání sněhu vyvolané novým oteplením. Díky srovnání měření SVH mezi dny D-7 a D lze usoudit, že z poloh nad 1000 m n. m. sice docházelo k odtoku vody, ale odtok nebyl vyšší než akumulace nových srážek ve sněhové pokrývce. Pro vznik této povodně byl rozhodující vliv dešťových srážek v podhůří Šumavy.

Povětrnostní situace

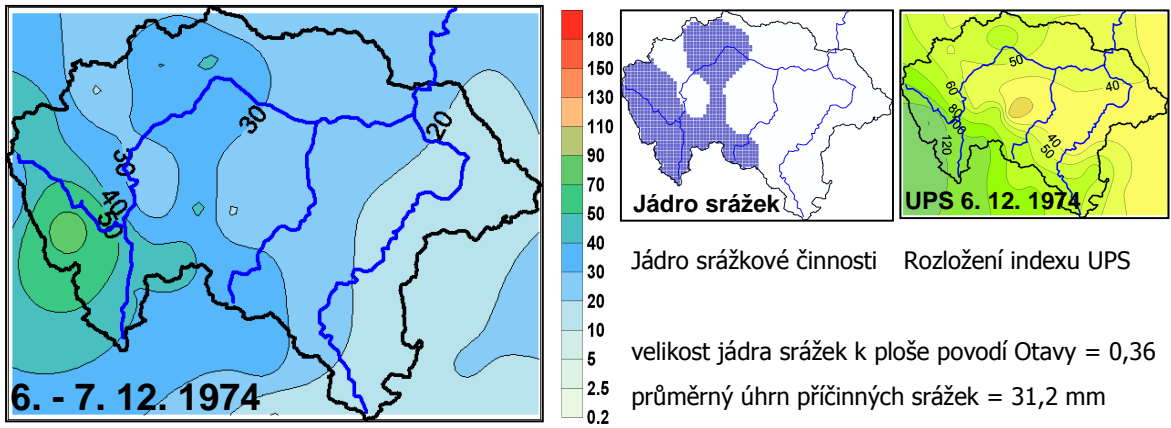
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wc	Wc	NWc	NWc	NWc	Wc	Wc
Churáňov směr větru [°]	230	280	280	260	300	250	260
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	5,3	8,0	5,7	7,3	6,3	5,3	4,0



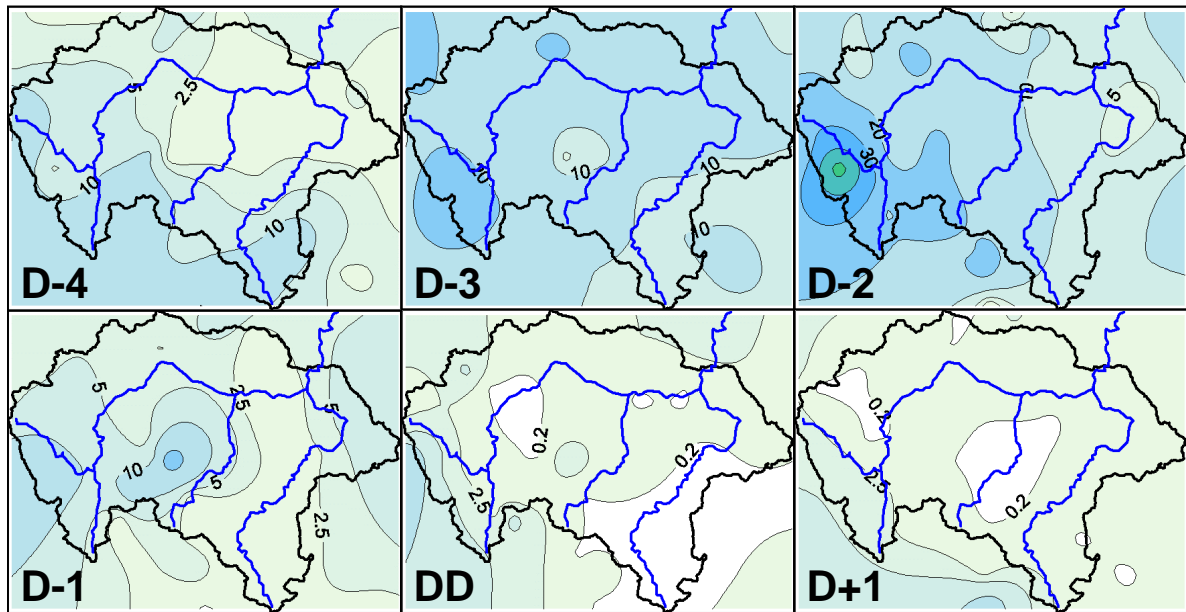
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



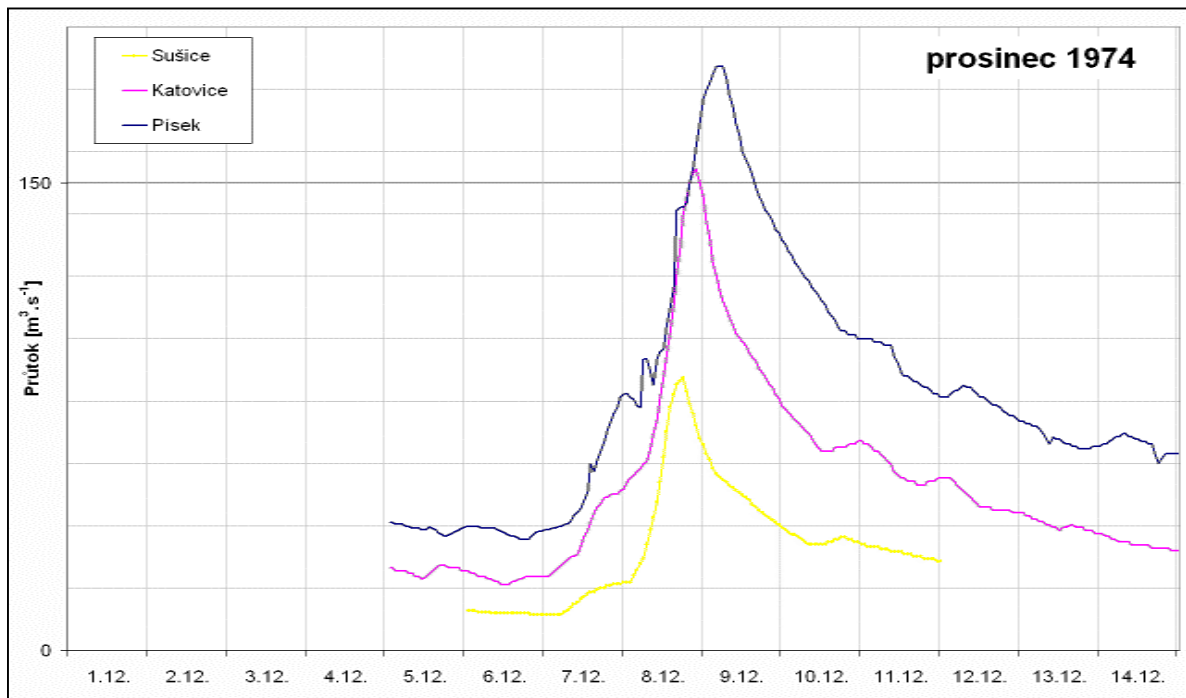
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 19.7.1974

19740719

Kulminace a extremita povodně

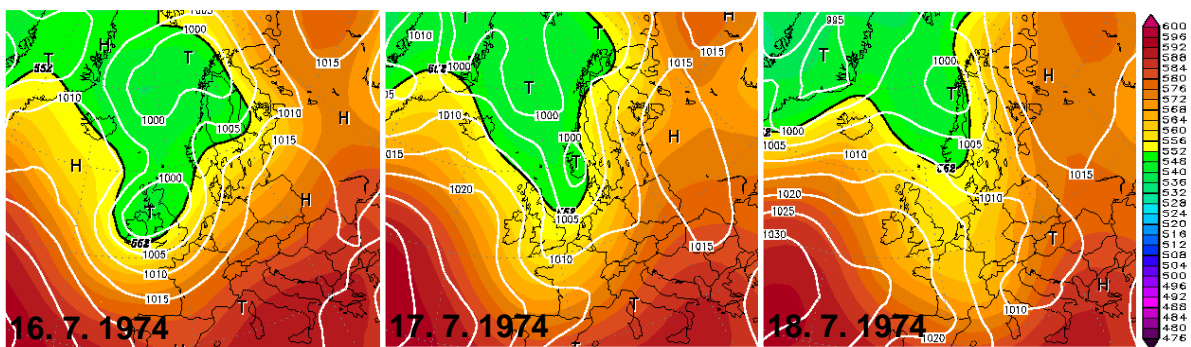
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	19.7.1974 14:00	165,2	Q1-Q2
Heřmaň			
Katovice	19.7.1974 00:00	106	<Q1
Sušice	18.7.1974 18:00	59,6	<Q1

V jihozápadním proudění se dva dny před kulminací povodně vytvořila brázda nízkého tlaku vzduchu, která zvolna postupovala přes naše území k východu. V oblasti brázdy se vyskytly vydatné srážky, které zasáhly velmi rovnoměrně celé povodí Otavy.

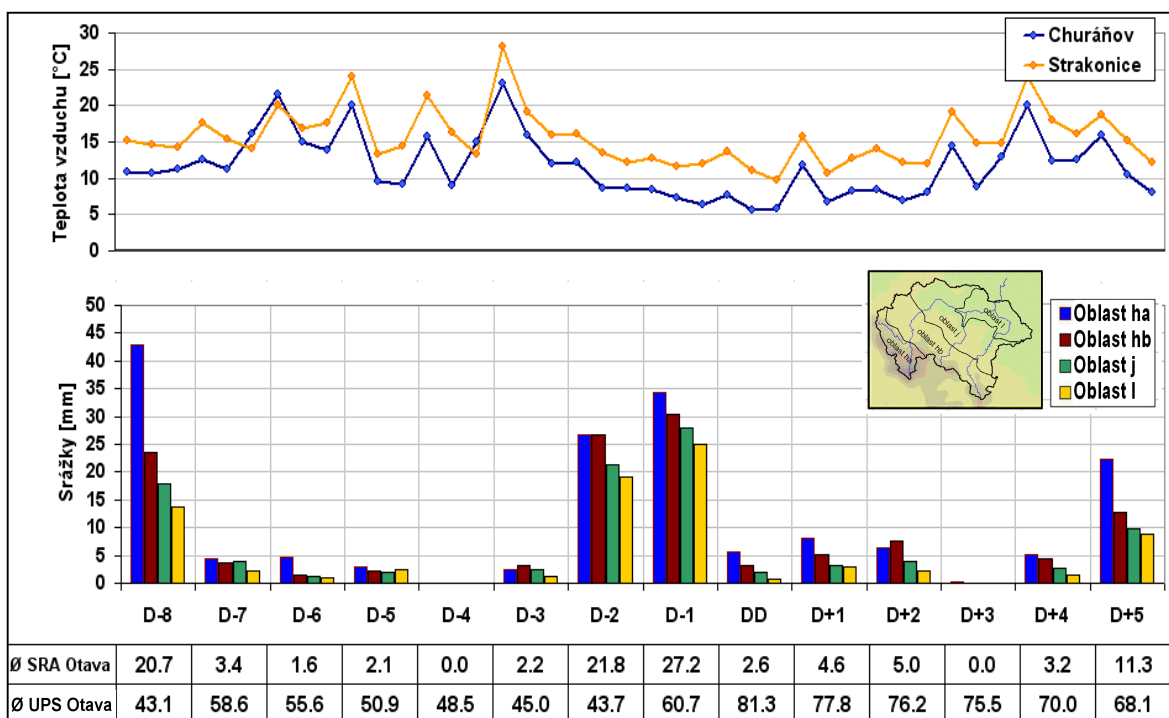
V povodí Otavy se vydatné srážky objevily již v den D-8 a proto index UPS počítaný pro den D-2 ukazuje na nadprůměrnou nasycenost. Déšť způsobil vzestup hladin prakticky na všech tocích v povodí, ale nikde maximální hladiny nezpůsobili rozvodnění. Na Otavě v Písku ale došlo alespoň k překročení hranice jednoleté vody. V povodí Blanice byly nejsilnější srážky až v den D-1 a tak řeka, která má delší doběhové doby než Otava, kulminovala v Heřmaně před soutokem až téměř den po kulminaci Otavy v Písku.

Povětrnostní situace

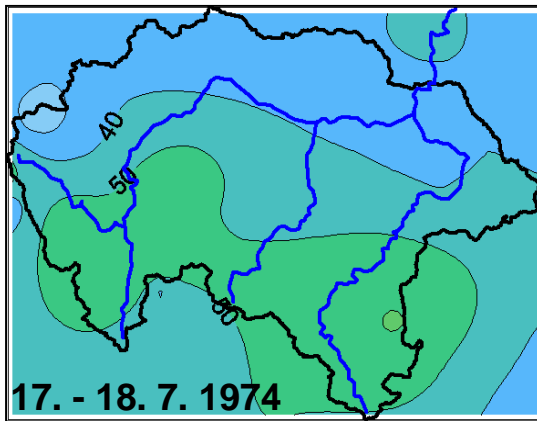
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	SWc2	SWc2	SWc2	B	B	B	B
Churáňov směr větru [°]	250	230	250	270	0	320	270
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	5,0	4,0	3,0	2,3	3,0	3,3	5,0



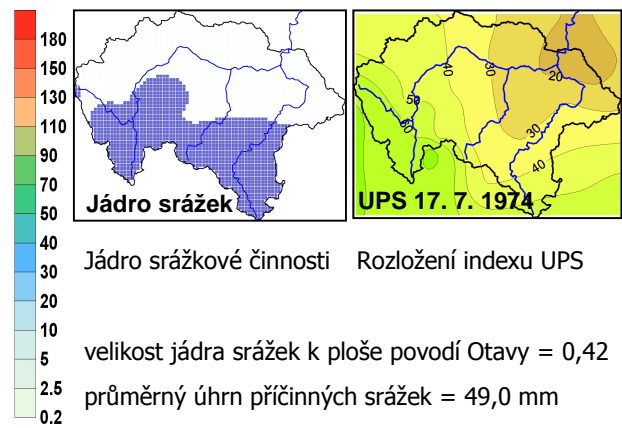
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



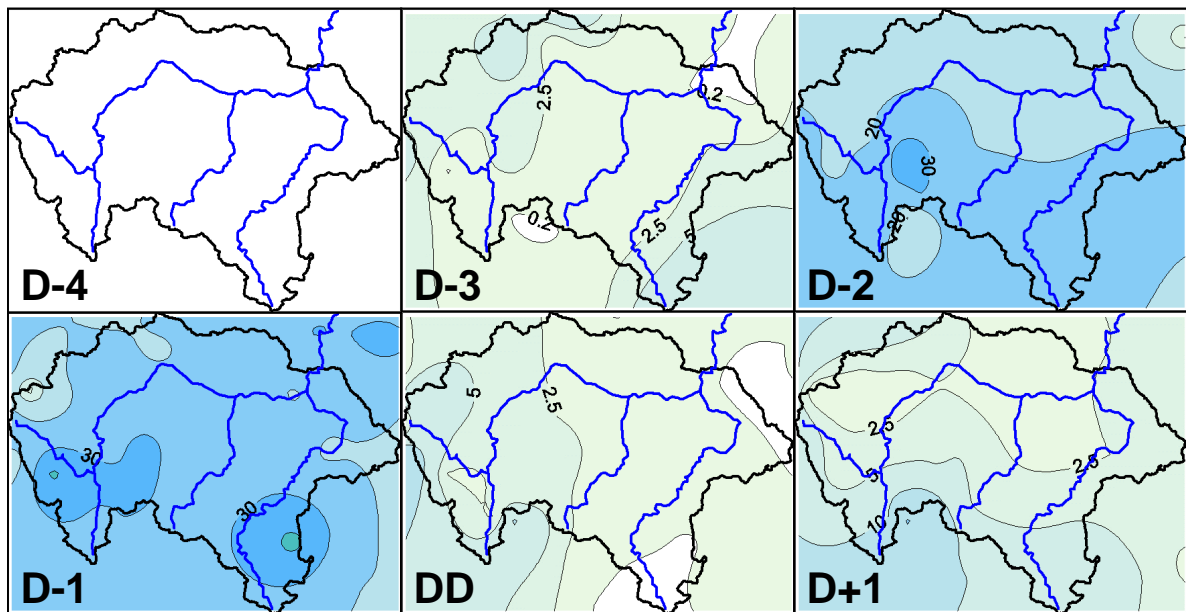
Příčinná dvoudenní srážka



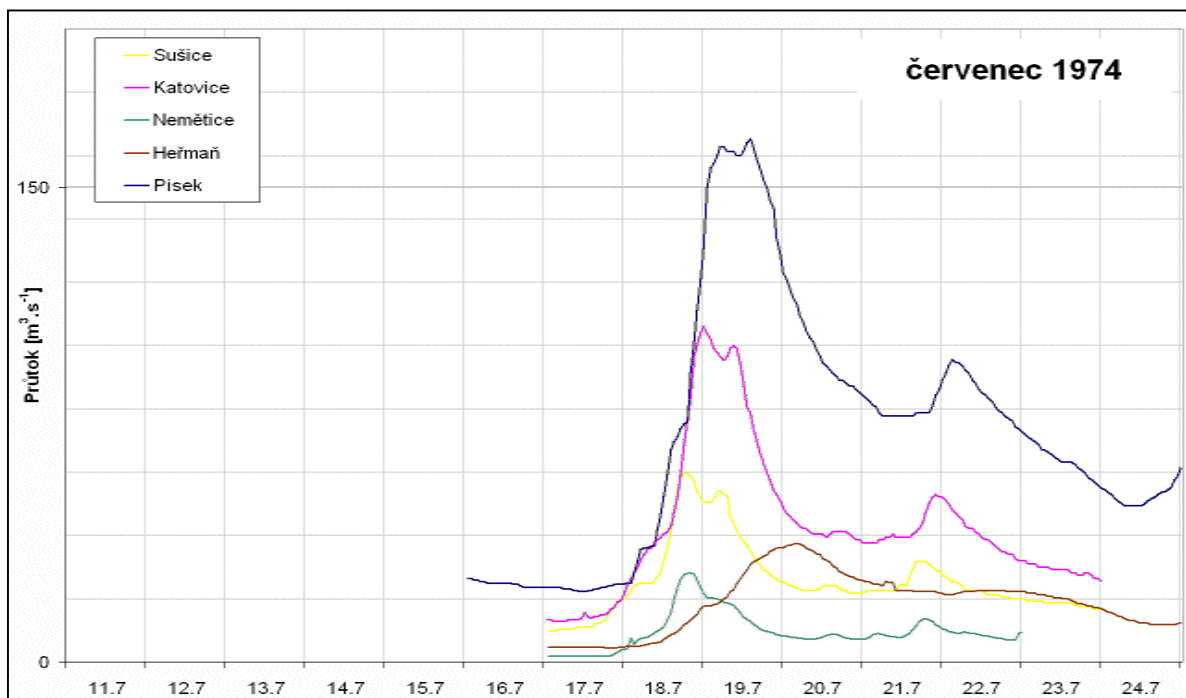
Jádro srážkové činnosti Rozložení indexu UPS

velikost jádra srážek k ploše povodí Otavy = 0,42

průměrný úhrn příčných srážek = 49,0 mm



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 23.4.1972

19720423

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	23.4.1972 20:00	170,4	Q1-Q2
Heřmaň	23.4.1972 15:00	49,3	Q2
Katovice			
Sušice			

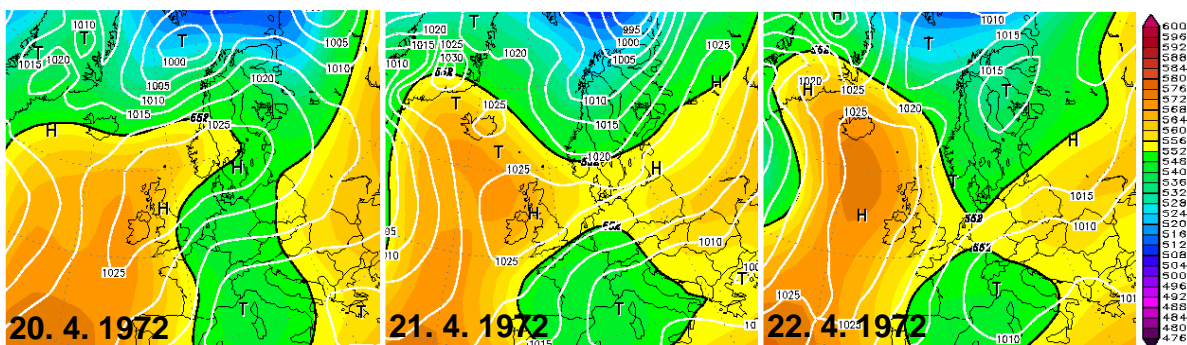
Tato povodeň podle charakteru příčin patří spíše mezi letní typy. Příčinnou povětrnostní situací byla Ec, doprovázená východním později až severním prouděním. Teplota vzduchu během kritických dnů stagnovala nebo se dokonce mírně ochlazovalo, což je u zimních povodní velmi netypický průběh.

Také rozložení srážek podmíněné směrem a malou rychlostí větru je typicky letní. Úhrny srážky byly na povodí prostorově velmi rovnoměrné s orografickým zesílením spíše na severovýchodním úpatí Šumavy.

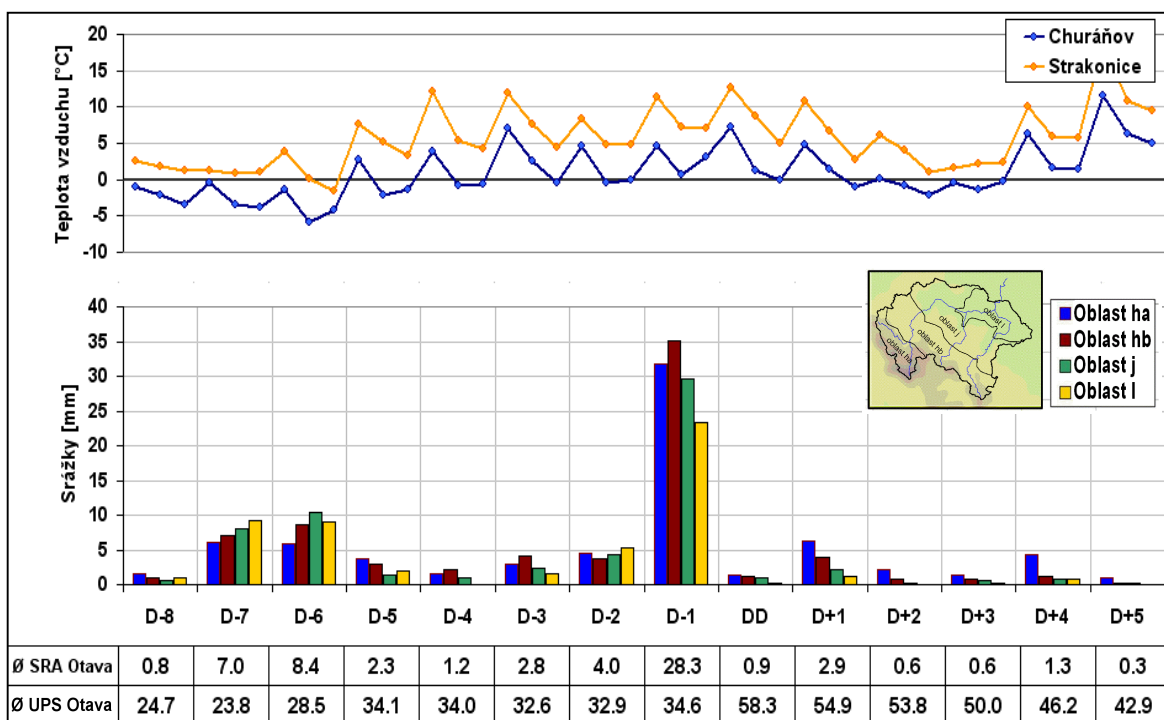
Před dnem D-1, kdy do povodí spadlo kritické množství srážek, ležela velmi malá vrstva čerstvého sněhu pouze ve vrcholové části Šumavy, a proto vliv tání sněhu na vznik povodně je zanedbatelný. Značná část odtok se formovala ve střední a dolní části povodní, čemuž odpovídá i vyšší podíl Blanice na kulminaci Otavy.

Povětrnostní situace

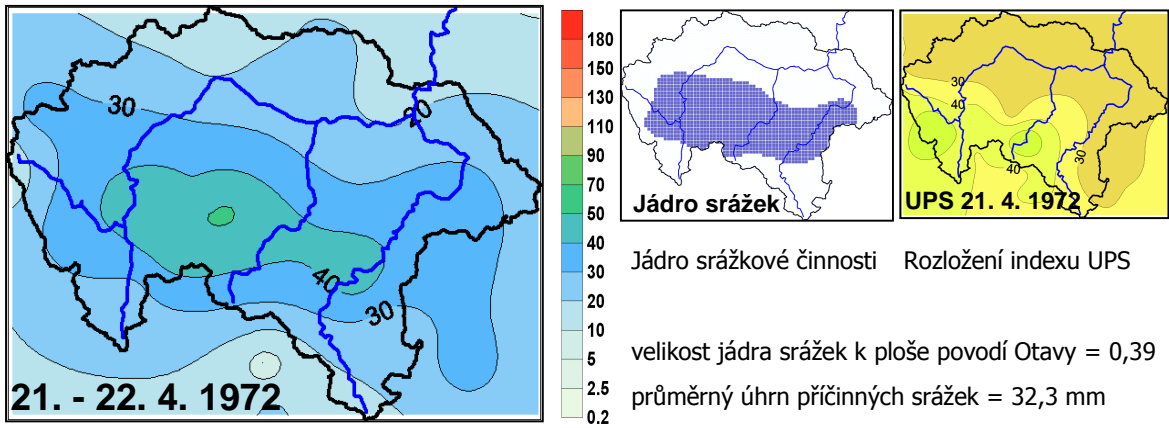
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	B	B	Ec	Ec	Ec	NEc	NEc
Churáňov směr větru [°]	20	140	70	80	70	40	20
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	1,0	1,3	5,0	3,0	2,0	3,0	3,3



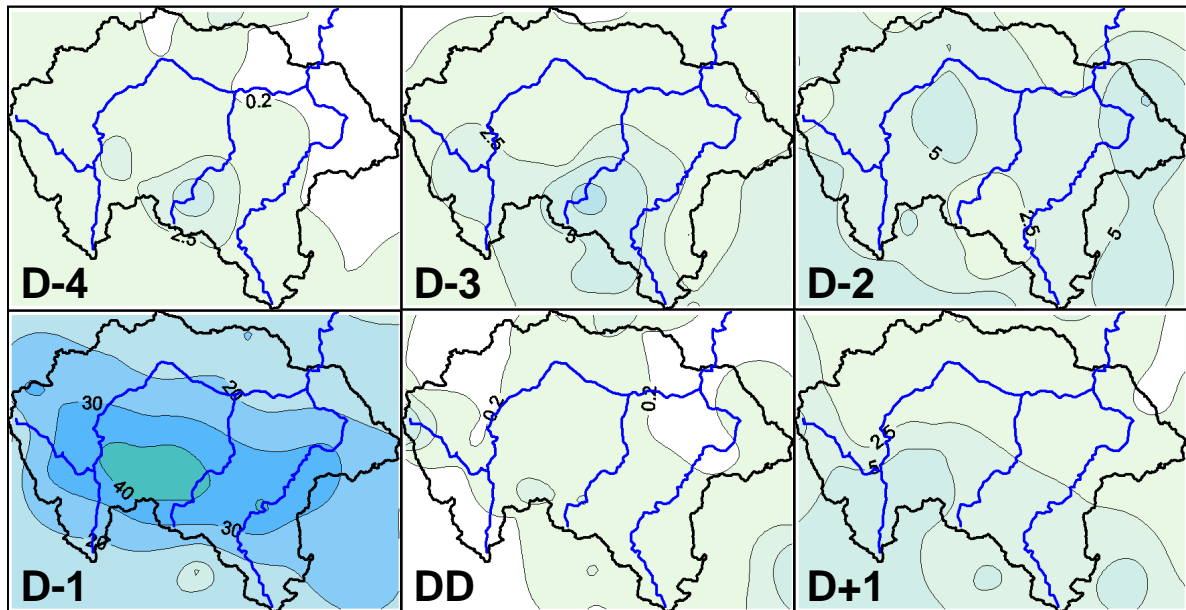
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



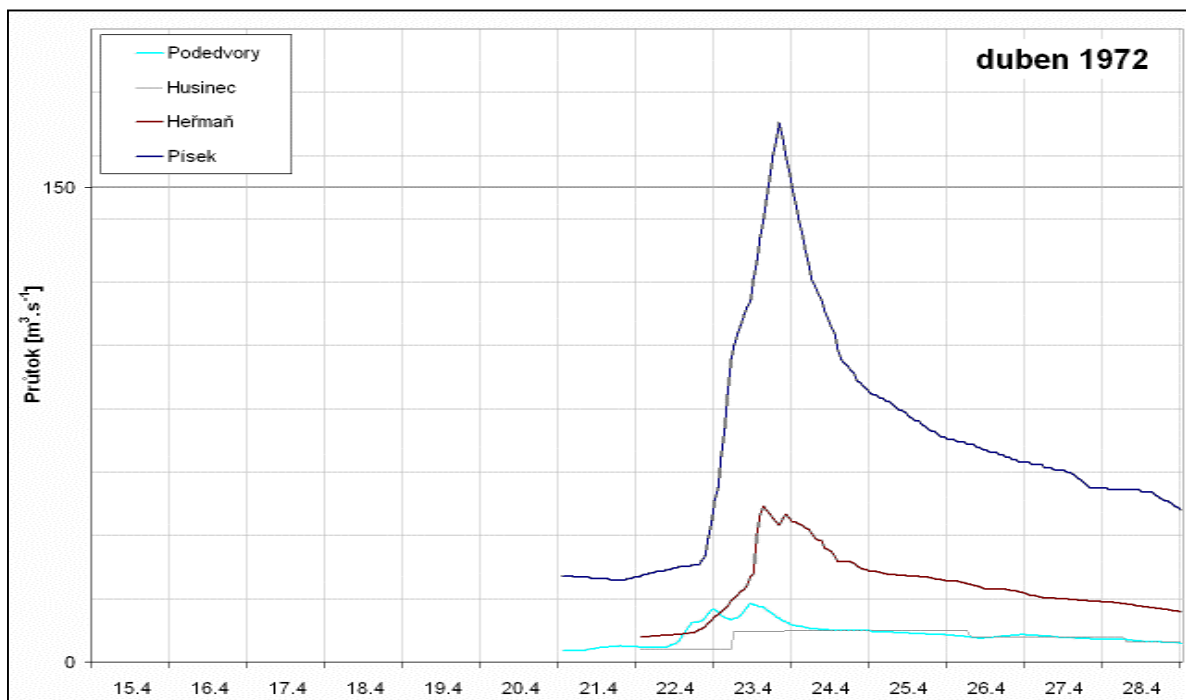
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 19.11.1971

19711119

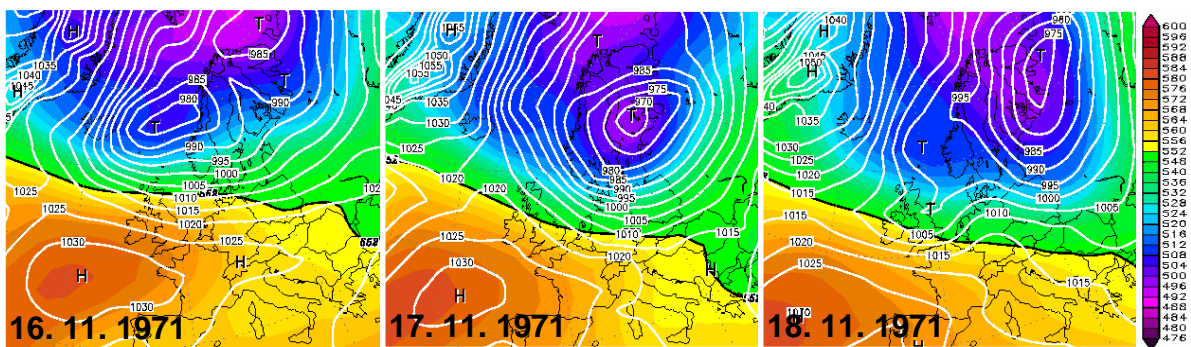
Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	19.11.1971 23:00	173	Q1-Q2
Heřmaň			
Katovice	19.11.1971 17:00	146	Q1-Q2
Sušice	19.11.1971 12:00	137	Q2

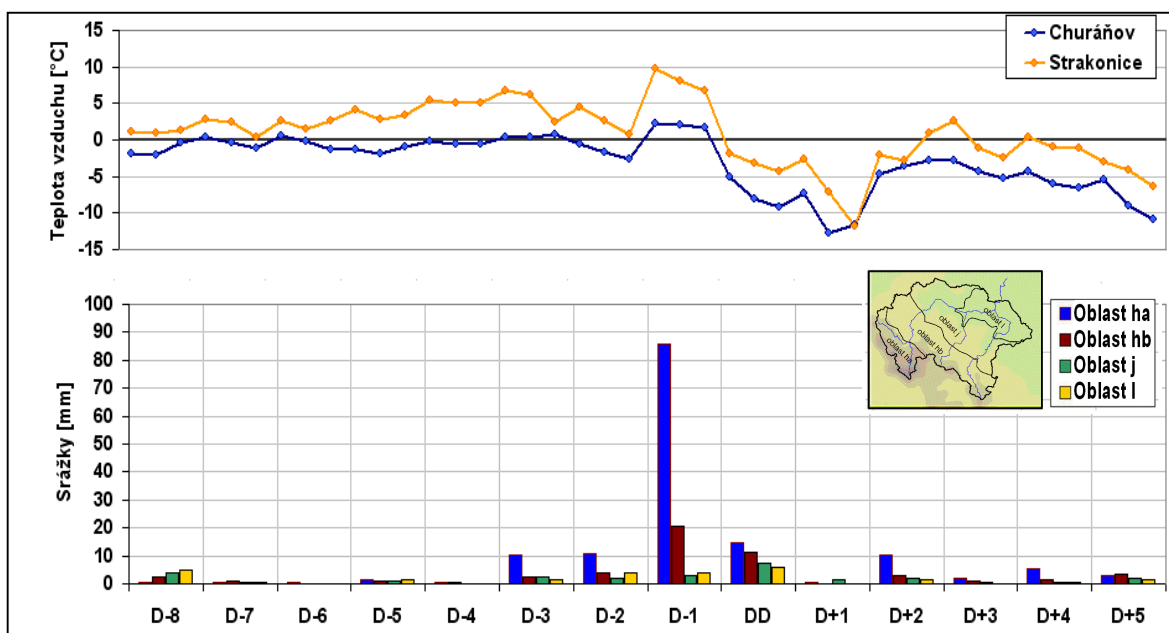
Povodeň způsobily velmi intenzivní srážky, které se vyskytly v teplém sektoru frontálního systému, který přecházel od západu k východu. Kromě srážek se na frontě vyskytl též silný vítr, který měl pravděpodobně vliv na výrazné zesílení úhrnů srážek v oblasti hraničního hřebene Šumavy. V den D-1, kdy spadla převážná část příčné srážky bylo ve stanici Prášíly dokonce naměřeno 107 mm za 24 hodin, což je vzhledem k sezóně ojedinělá hodnota v rámci celé České republiky. Nasycenost povodní byla průměrná, ale vzhledem k sezóně a intenzitě deště došlo přesto k velmi prudkým vzestupům hladin na celém úseku Otavy. V Písku mezi patou vlny a kulminací uběhlo méně než 20 hodin. Povodeň se díky nerovnoměrnému rozložení srážek formovala z většiny v povodí Otavy nad Sušicí, přítoky z ostatních mezipovodí byly zanedbatelné.

Povětrnostní situace

Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wc	Wc	Wc	NWc	NWc	Bp	Bp
Churáňov směr větru [°]	320	230	210	230	210	290	310
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,3	4,7	11,3	9,3	12,3	6,3	3,3

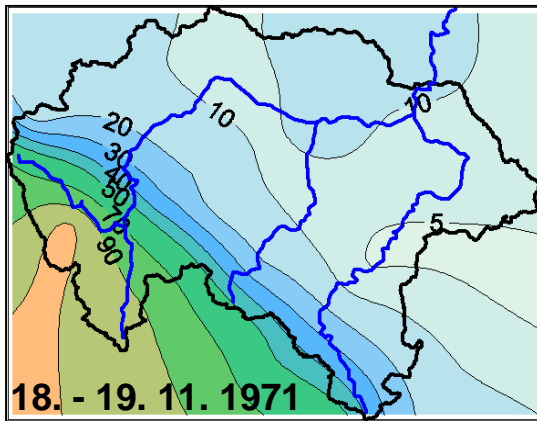


Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



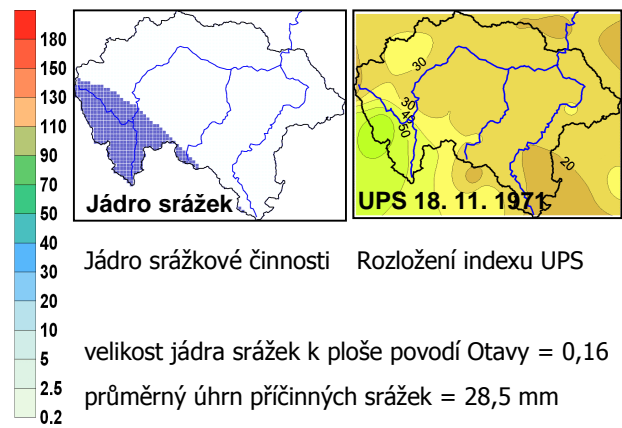
Ø SRA Otava	2.8	0.5	0.1	1.2	0.3	3.0	4.0	19.3	9.3	0.5	2.9	0.6	1.2	2.4
Ø UPS Otava	27.4	28.0	26.5	23.5	22.5	21.2	22.8	24.9	42.2	47.6	44.6	44.3	41.8	40.0

Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



18. - 19. 11. 1971

Příčinná dvoudenní srážka



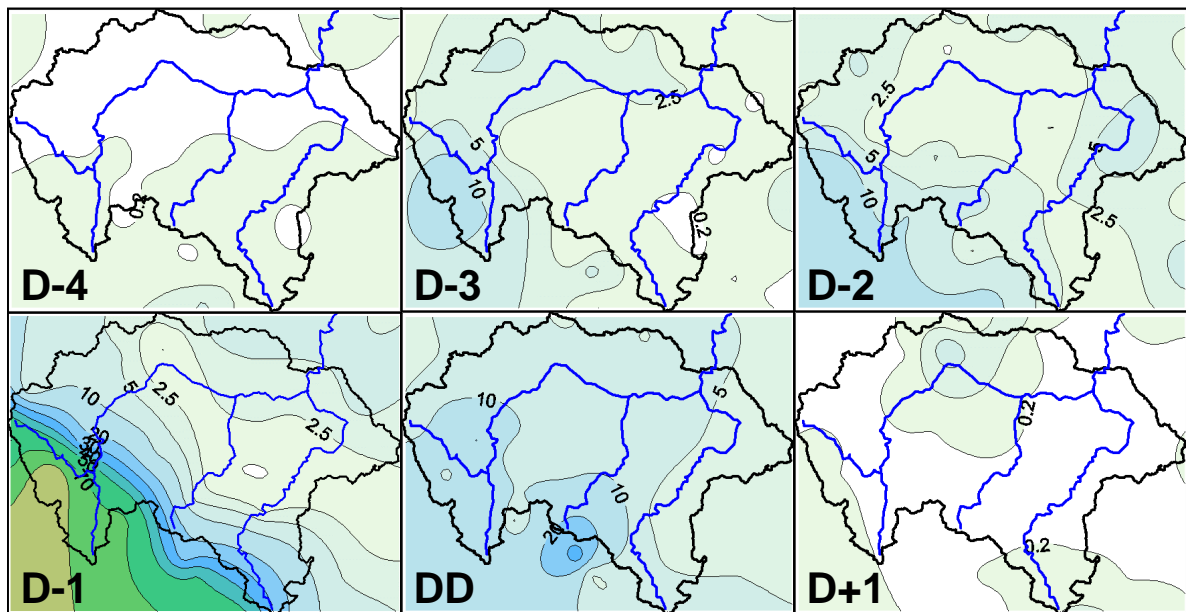
Jádro srážek

UPS 18. 11. 1971

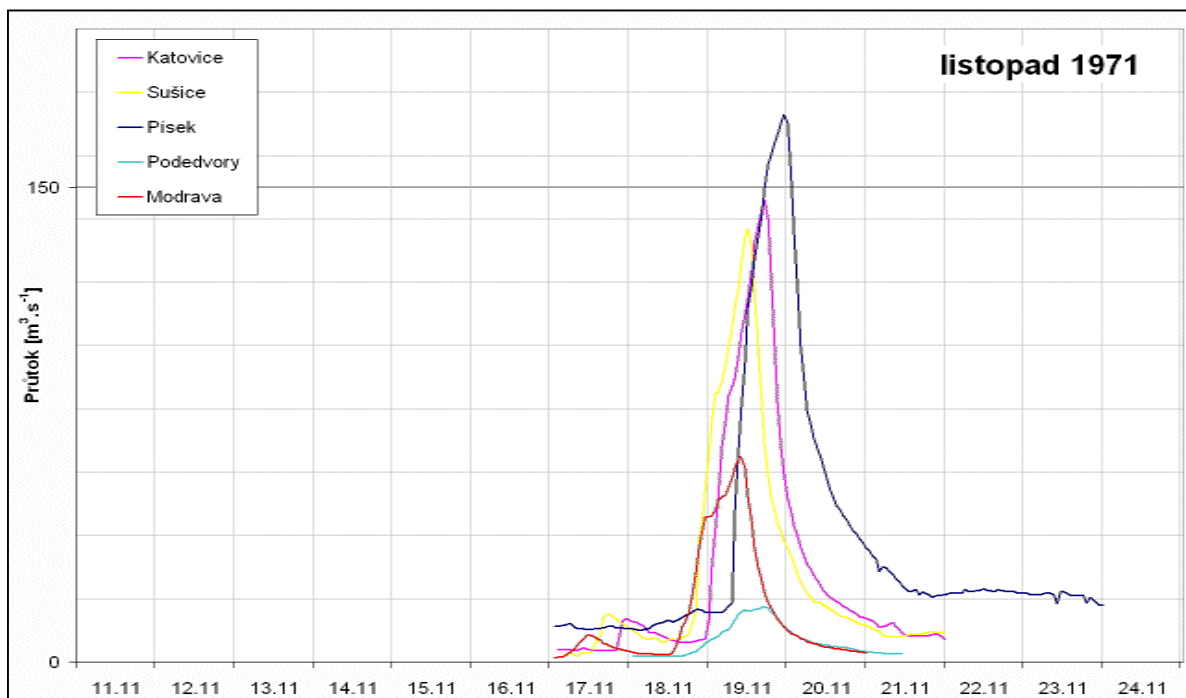
Jádro srážkové činnosti Rozložení indexu UPS

velikost jádra srážek k ploše povodí Otavy = 0,16

průměrný úhrn příčných srážek = 28,5 mm



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



listopad 1971

Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 13.5.1970

19700513

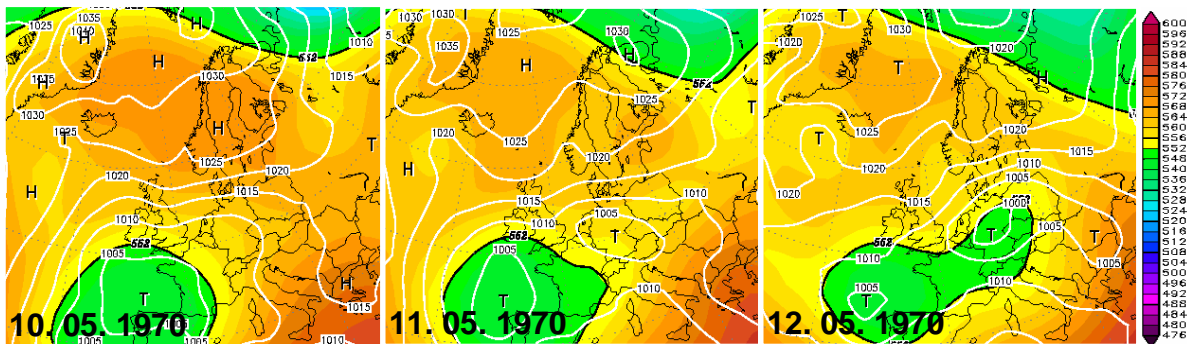
Ačkoliv tato odtoková epizoda nese příznaky typické letní povodně, je zřetelně ovlivněna táním sněhu. Povětrnostní příčiny charakterizuje působení tlakové níže, která se oddělila od cyklóny nad Biskajským zálivem a během dnů D-2 až DD postupovala přes naše území k východu. Protože se cyklóna nacházela v době vypadávání srážek severozápadně od území ČR, dostalo se povodí Otavy do silného západního proudění a tomu odpovídá i rozložení srážek. Sníh už se držel pouze v nejvyšších polohách, nicméně jeho vodní hodnota byla vysoká. Dešťové srážky byly díky silnému západnímu proudění zesílené na hřebeni Šumavy a směrem do podhůří jejich úhry rychle klesaly. Srážkové jádro patří u této povodně mezi nejmenší. Na průtoku Otavy v Písku je patrná vysoká nasycenost a také denní vinění dané kolísáním intenzity tání sněhu.

Kulminace a extremita povodně

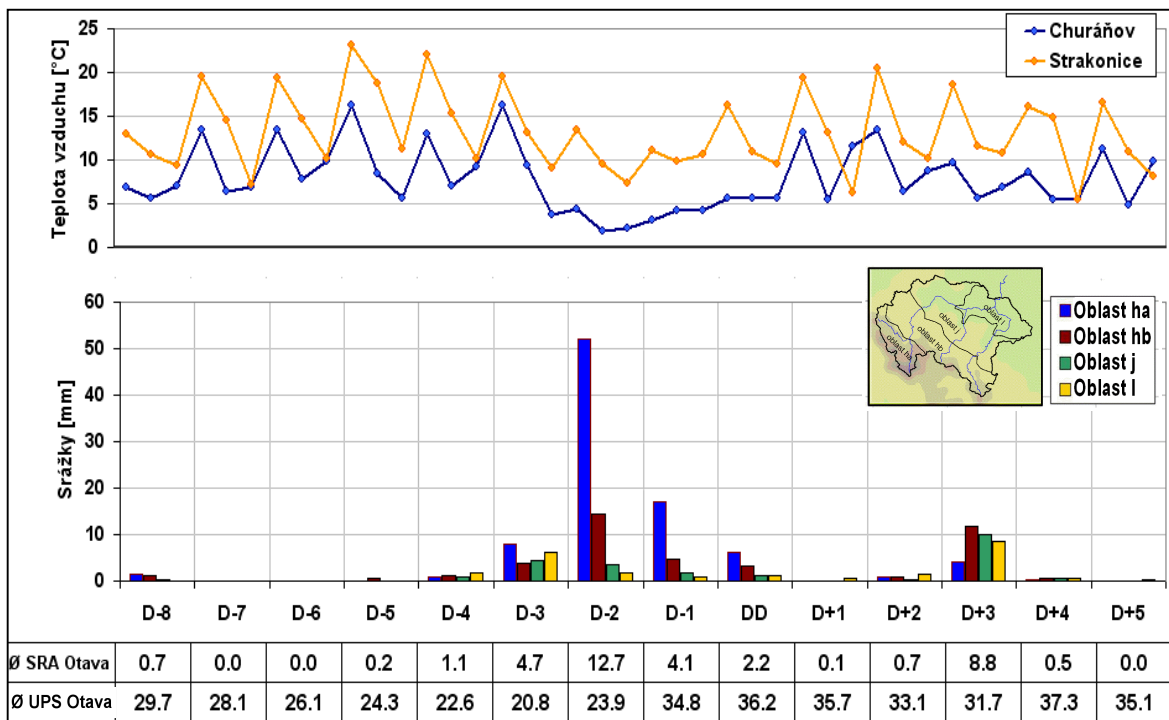
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	13.5.1970 00:00	183,4	Q1-Q2
Heřmaň			
Katovice	12.5.1970 16:00	185	Q2-Q5
Sušice	12.5.1970 09:00	143	Q2

Povětrnostní situace

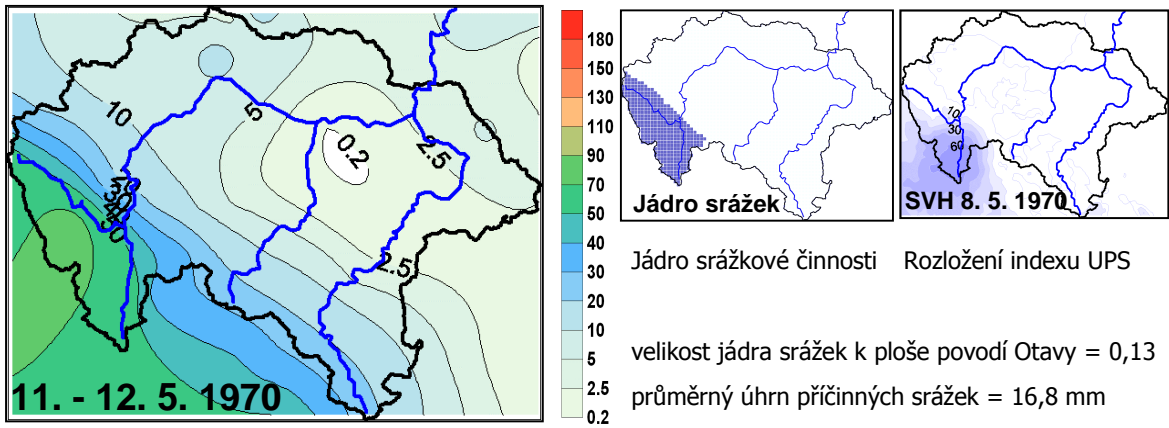
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	SEc	SEc	SEc	C	C	C	C
Churáňov směr větru [°]	160	290	80	210	20	220	210
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	7,0	3,7	4,3	7,7	8,0	6,0	4,7



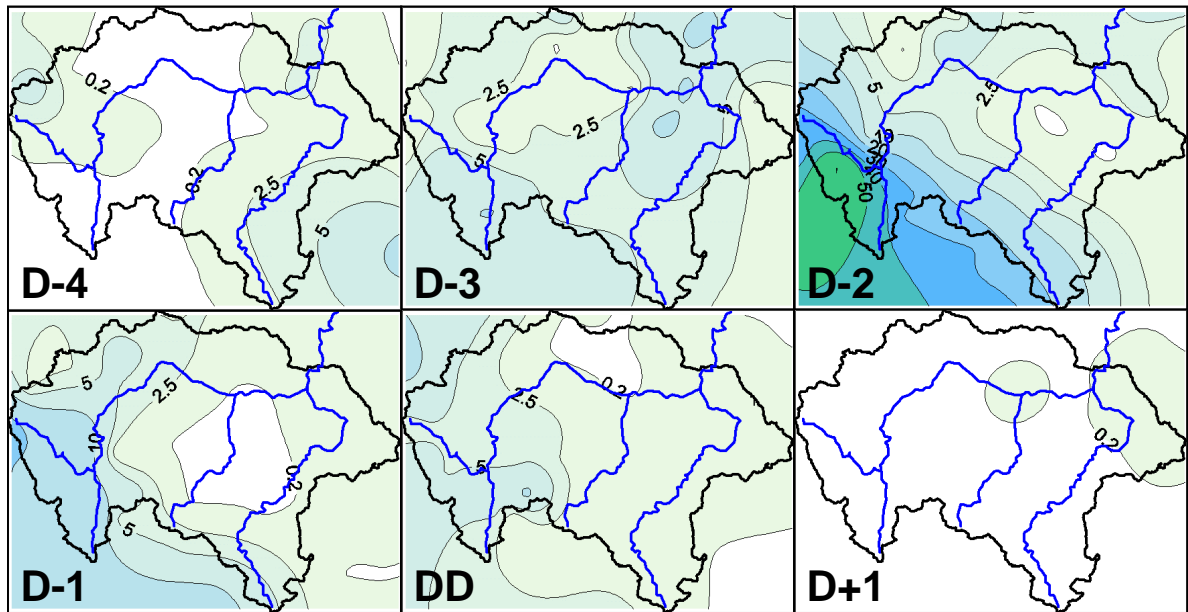
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



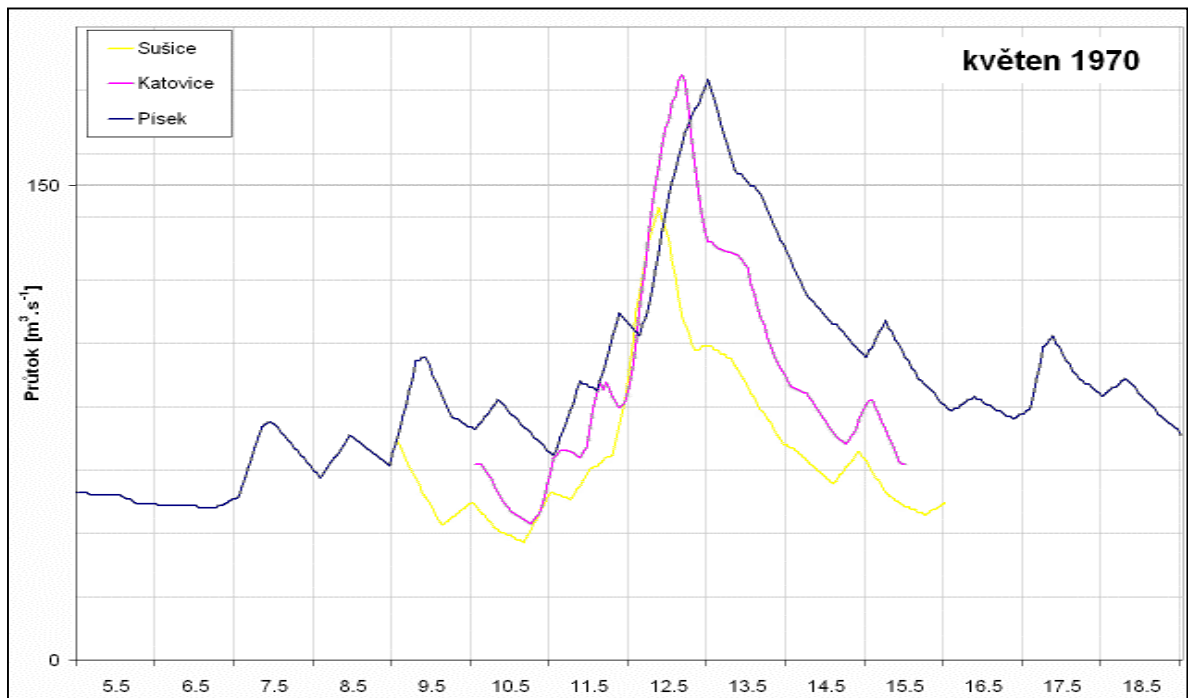
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 8.6.1969

19690608

Od začátku června 1969 ovlivňovala počasí v České republice tlaková níže, která setrvávala v oblasti severního Středomoří. Povodí Otavy leželo na jejím severní kraji a proto zde proudil chladný vlhký vzduch od severovýchodu.

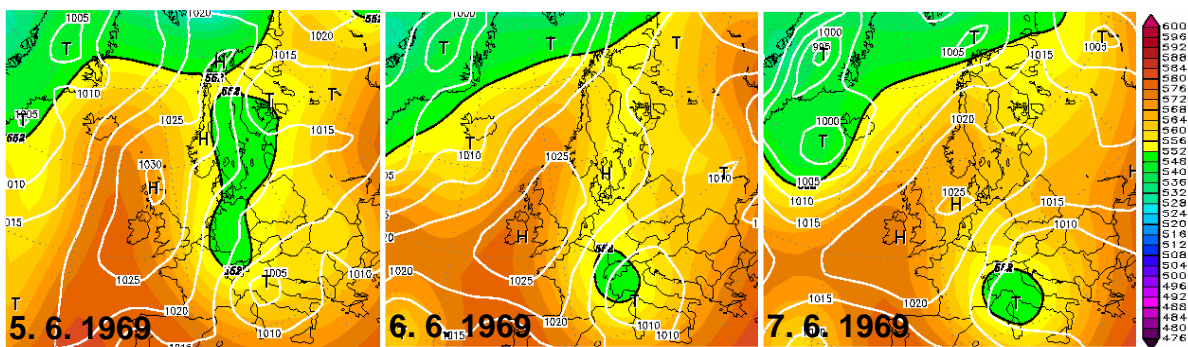
Srážky trvalejšího charakteru se vyskytly v povodí Otavy už ode dne D-4 a vydržely po celé 4 dny. Intenzita deště kolísala, což je dobře patrné z průtokových hydrogramů. Jejich plošné rozložení bylo rovnoměrné až do dne D-2, kdy začal zesilovat vítr a vytvářelo se návětrí, typické pro tento typ proudění na severních svazích Šumavy. Delší trvání srážek způsobilo, že vodní stavy na Otavě rostly už 3 dny před kulminací. Na vzestupné větvi je výrazné jedno zakolísání průtoků dané zřejmě krátkým přerušením srážek. Největší extremity dosáhla Blanice na přítoku do Husince, kde byla překročena 7.6. 10 letá povodeň.

Kulminace a extremita povodně

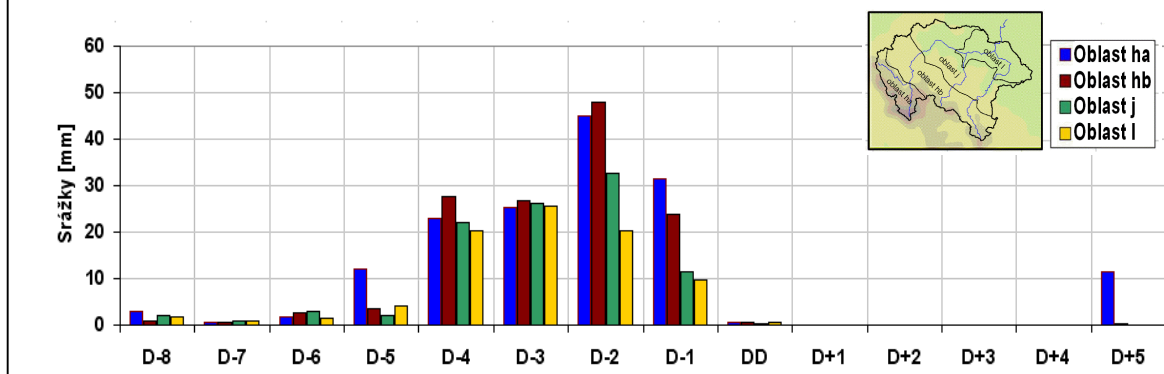
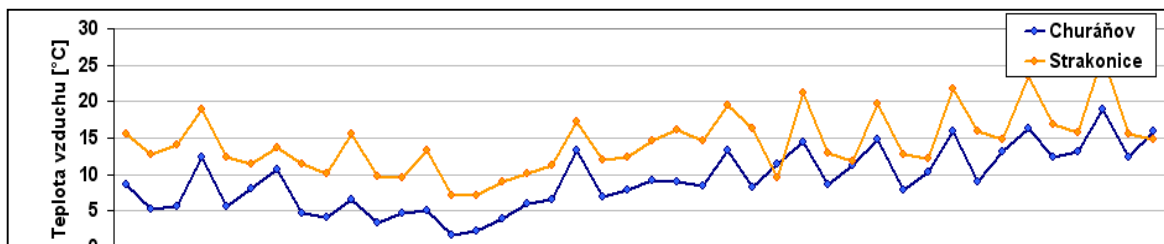
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	8.6.1969 09:00	249	Q2-Q5
Heřmaň			
Katovice	8.6.1969 00:00	154	Q1-Q2
Sušice	7.6.1969 20:00	98,4	Q1

Povětrnostní situace

Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	NEc	NEc	NEc	NEc	NEc	NEc	NEa
Churáňov směr větru [°]	210	330	20	30	20	10	10
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,7	2,7	4,7	4,0	7,7	5,3	1,7

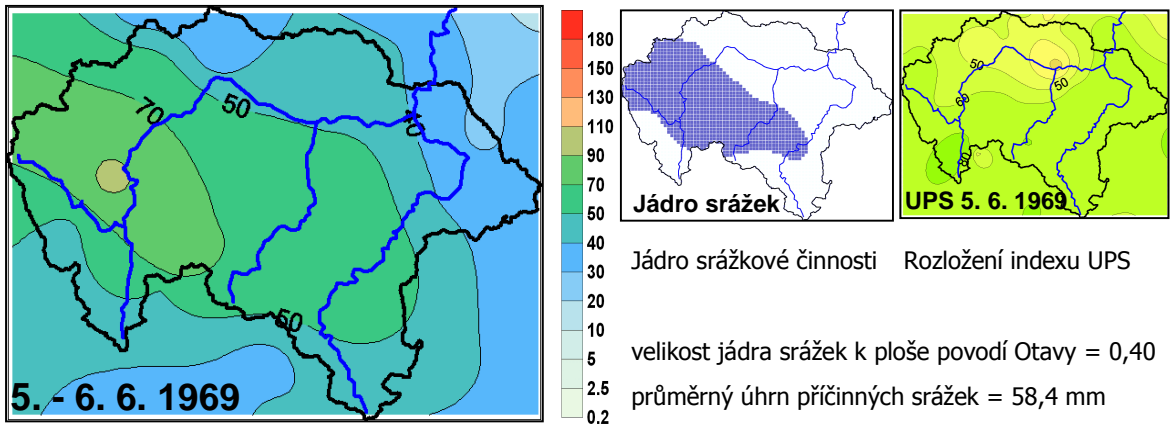


Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]

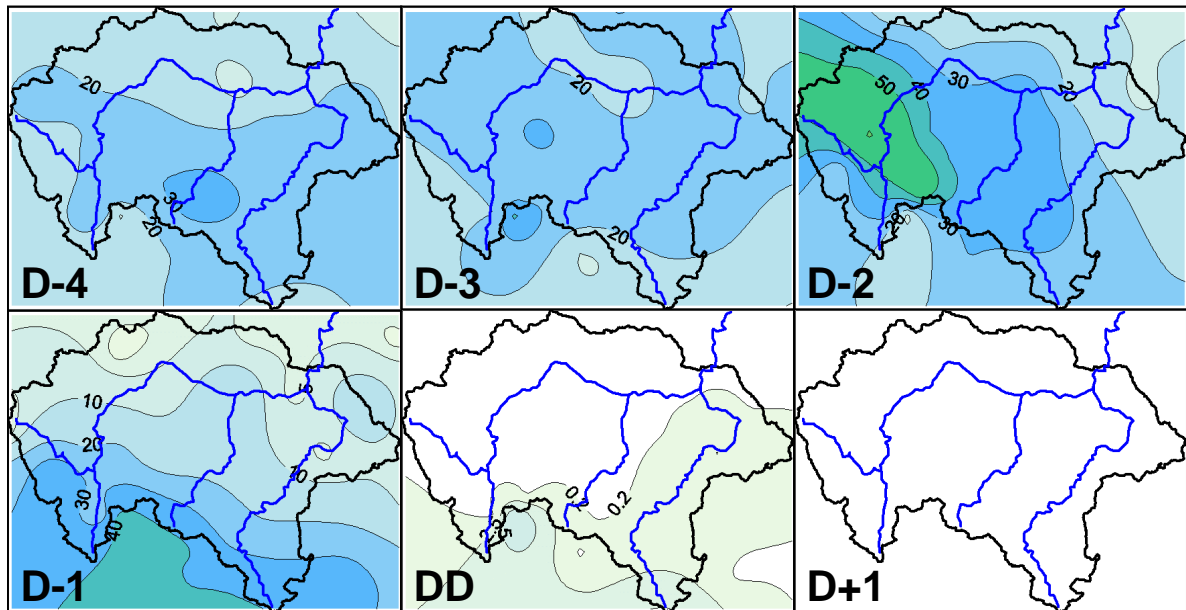


Ø SRA Otava	1.6	0.7	2.1	4.2	22.0	24.5	34.0	17.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
Ø UPS Otava	23.7	23.1	22.1	22.5	24.8	43.5	63.2	90.3	100.6	94.0	87.3	81.2	75.5	70.2

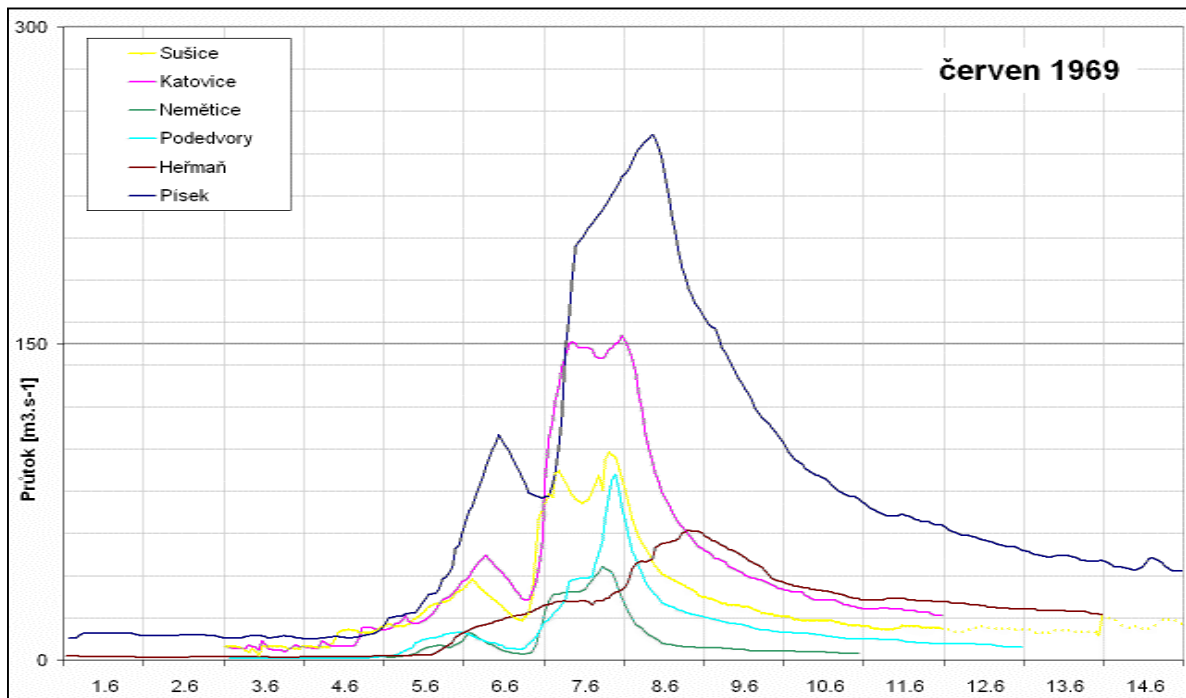
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 24.12.1967

19671224

Celé povodí bylo pokryto čerstvým sněhem. Během dní D-6 a D-3, kdy panovaly vlivem severního proudění (Nc) záporné teploty i v podhůří, se mírnými srážkami množství sněhu ještě zvyšovalo.

Se změnou cirkulace na západně cyklonální typ Wc se prudce oteplilo a během dnů D-1 a D velmi rychle zmizel sníh z celého podhůří a výška sněhu na horách se zmenšila o dvě třetiny, takže je pravděpodobné, že i tam část sněhu odtála. Tání v horských polohách ovlivnila určitě i silně orograficky podmíněná dešťová srážka s úhrny přes 40 mm.

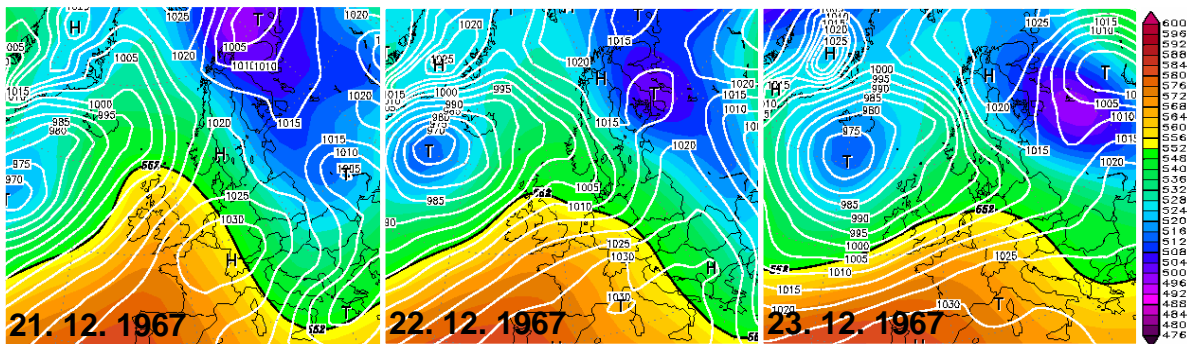
U této povodně je pozoruhodná rychlost, s jakou narůstající průtok Otavy v Písku překročil 1letý. To je sice typické pro povodně tohoto typu, ale rychlost nástupu zde zřejmě byla ještě zesílena větší koncentrací odtoku vlivem zamrzlé půdy.

Kulminace a extremita povodně

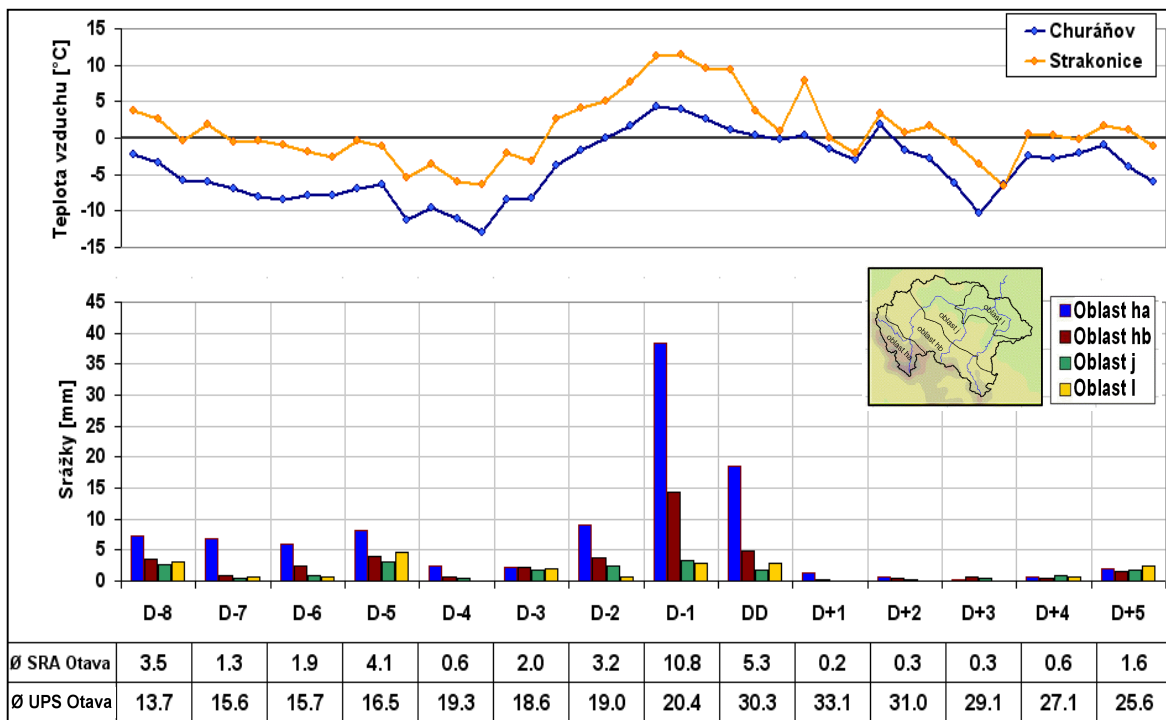
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	24.12.1967 23:00	190	Q2
Protivín	25.12.1967 07:00	9	<Q1
Katovice	24.12.1967 12:00	176	Q2
Sušice	24.12.1967 06:00	170	Q2-Q5

Povětrnostní situace

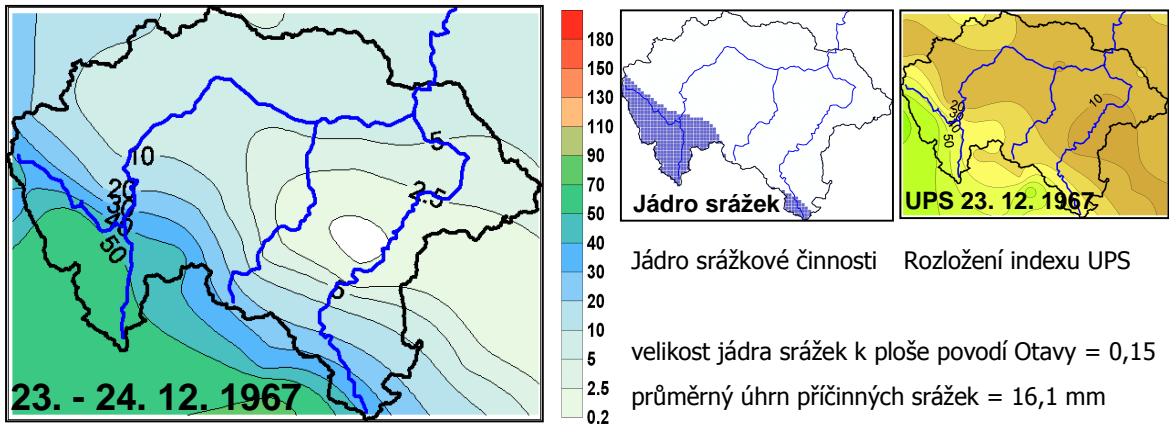
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Nc	Nc	Wc	Wc	Wc	Wc	B
Churáňov směr větru [°]	240	280	210	220	220	210	310
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	7,3	4,7	9,0	11,0	14,0	9,0	4,7



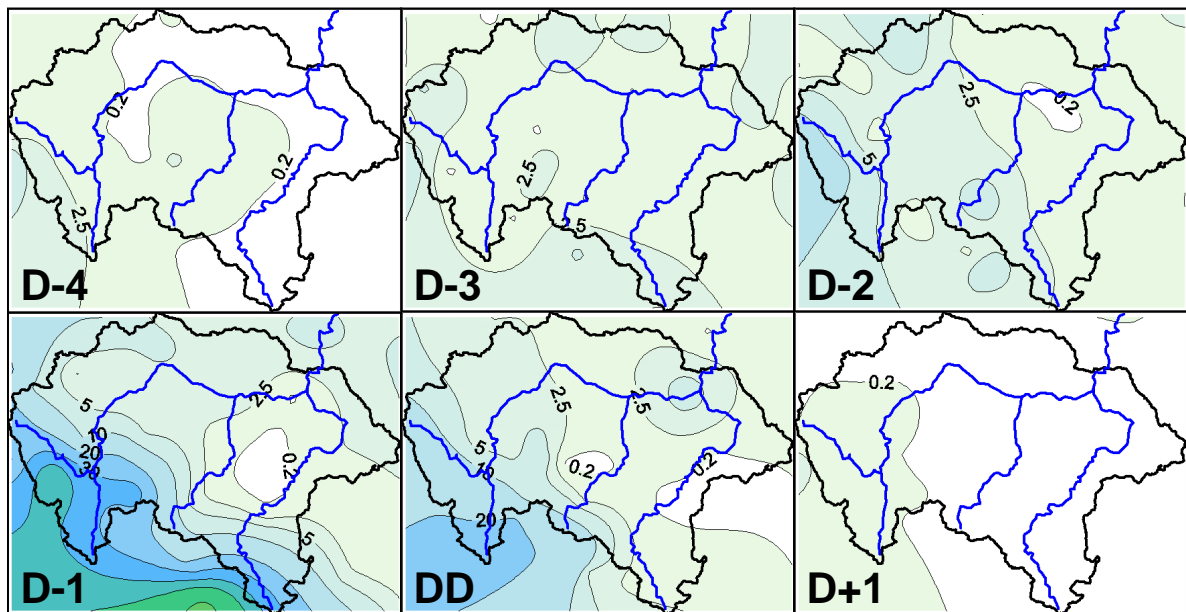
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



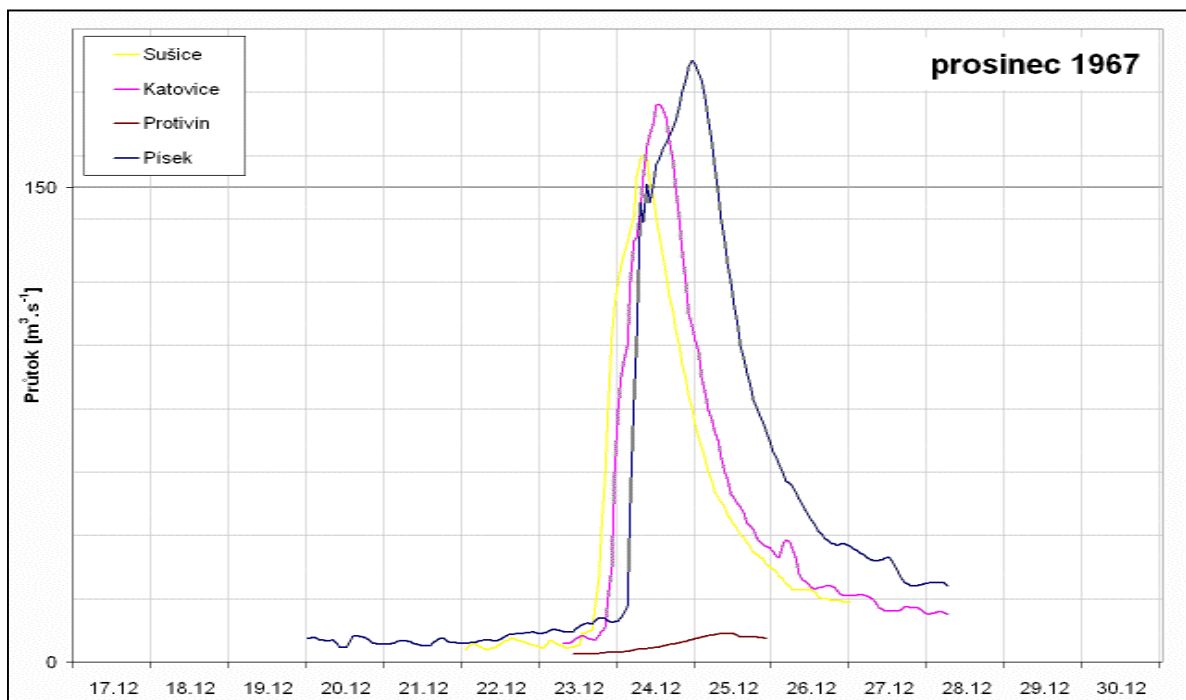
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 17.9.1967

19670917

Kulminace a extremita povodně

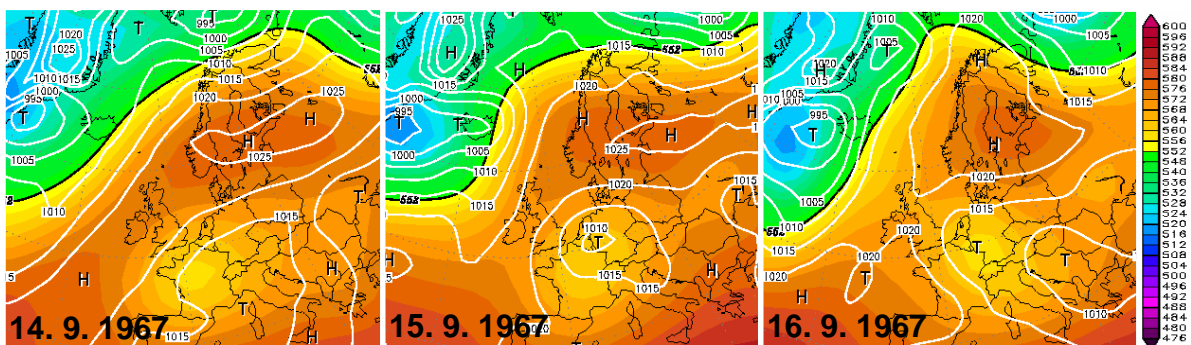
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	17.9.1967 17:00	178	Q1-Q2
Heřmaň			
Katovice	17.9.1967 10:00	159	Q1-Q2
Sušice	17.9.1967 04:00	129	<Q1

Anticyklonální situaci vystřídala v den D-2 brázda nízkého tlaku vzduchu, která se vytvořila v jihozápadním proudění. Na zadní straně tohoto tlakového útvaru se povodí Otavy dostalo do vlhkého severozápadního proudění, které sice nemělo velkou sílu, ale přineslo srážky na Šumavu. Největší úhrny byly naměřeny v oblasti rozvodnice mezi Otavou a teplou Vltavou.

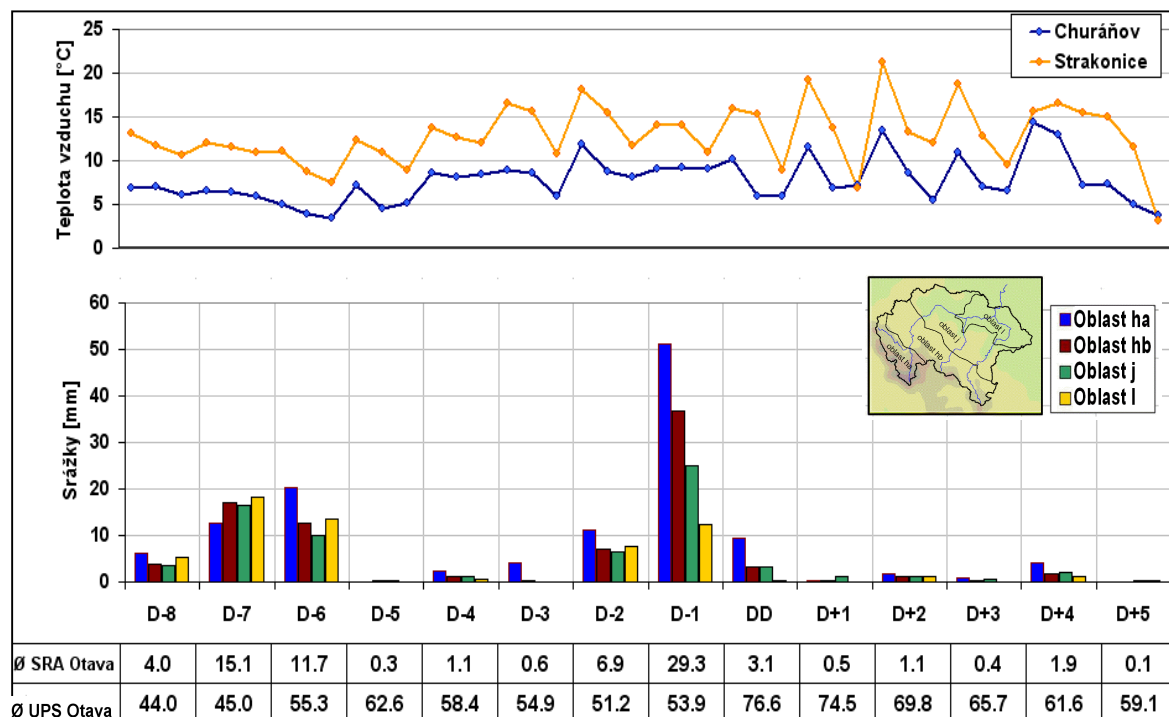
Protože vydatnější srážky se v povodí Otavy vyskytly už necelý týden před touto povodní, bylo povodí více nasycené. Déšť byl zřejmě dosti intenzivní, protože vzestupy hladin na řekách byly příkré a po kulminaci se velice rychle vrátily do normálu. Povodeň se z větší části formovala v pramenné oblasti Otavy, významněji ale přispěla i Volyňka, méně už Blanice.

Povětrnostní situace

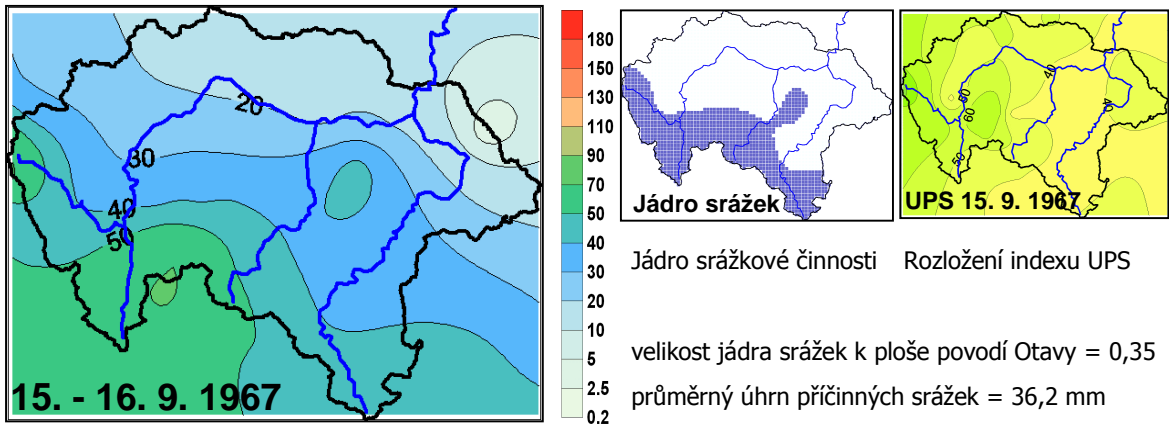
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wc	Ap2	Ap2	Bp	Bp	Ap3	Ap3
Churáňov směr větru [°]	260	0	110	320	300	260	360
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	2,3	1,7	2,7	1,7	2,7	1,7	1,7



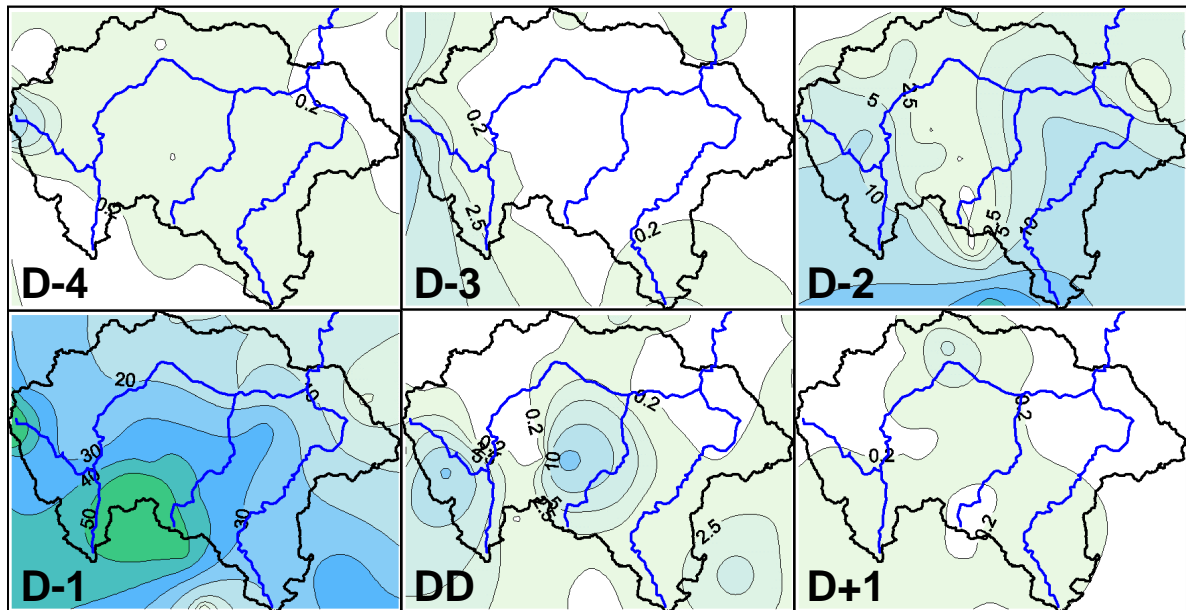
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



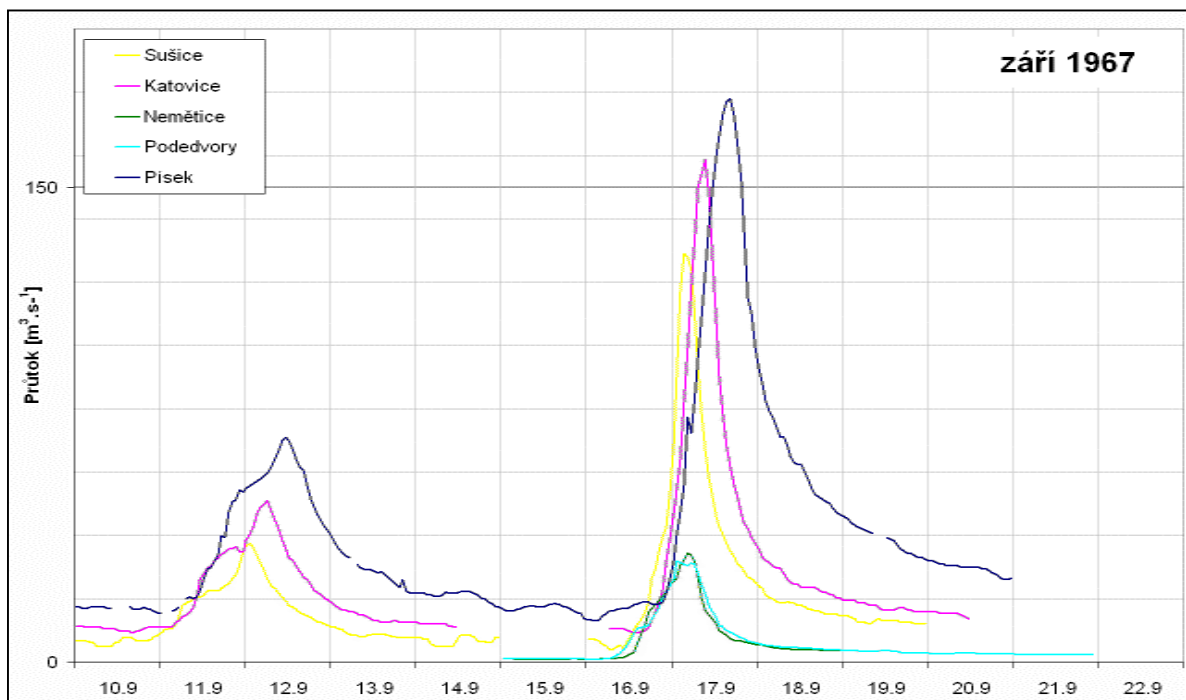
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 9.8.1966

19660809

Kulminace a extremita povodně

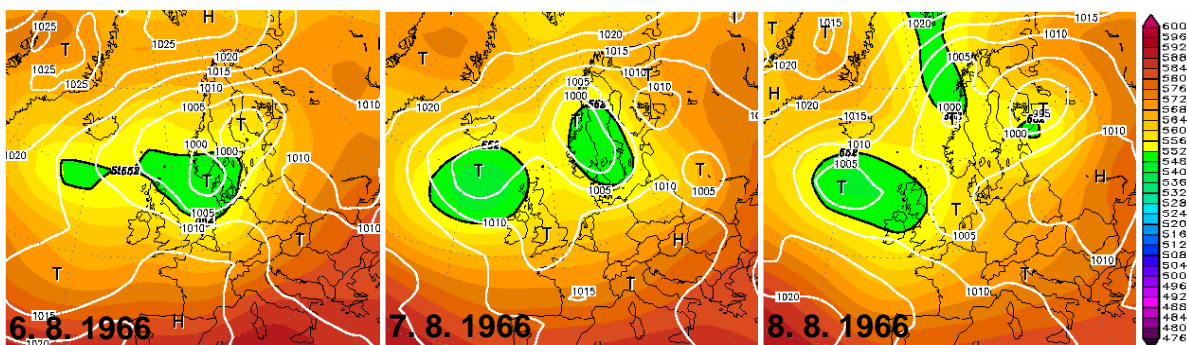
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	9.8.1966 23:00	163	Q1-Q2
Heřmaň			
Katovice	9.8.1966 16:00	138	Q1
Sušice	9.8.1966 13:00	66	<Q1

Povětrnostní podmínky u této povodně jsou dosti netypické, což je patrné už z výskytu anticyklonálního synoptického typu Wal v době vypadávání příčných srážek. Tlaková výše, ovlivňující počasí ve střední Evropě, ale nebyla příliš mohutná a v den D-1 se srážkami již bylo území České republiky na jejím okraji v jihozápadním proudění.

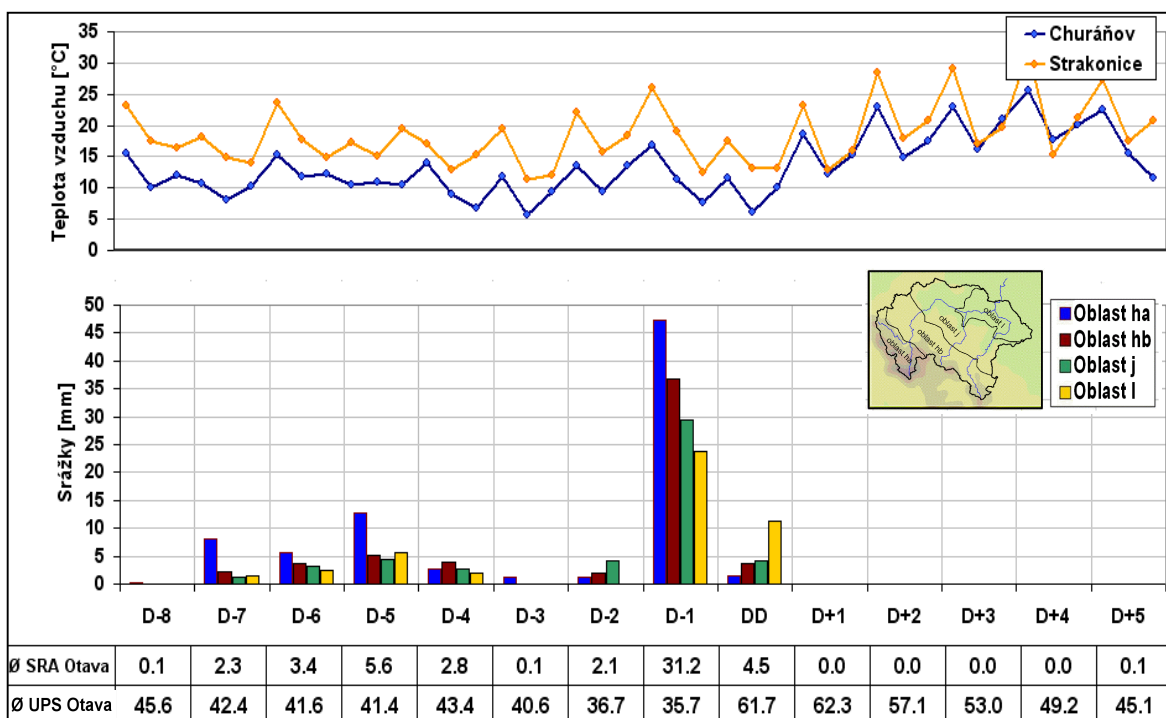
Rozložení srážek bylo poměrně rovnoměrné. V den D-1 byly nejvyšší úhmy naměřeny v pramenné oblasti Šumavy, v den DD pak v dolní části povodí. Z toho lze usuzovat na synergické zesílení odtoku přesunem srážek ve směru odtoku. Průtoková vlna Otavy v Písku má tvar typický pro povodně s malým jádrem srážek v pramenné oblasti Otavy. Skutečnost, že zde bylo rozložení srážek i odtoku rovnoměrné, zřejmě kompenzoval zmiňovaný pohyb srážek, který povodeň zesílil.

Povětrnostní situace

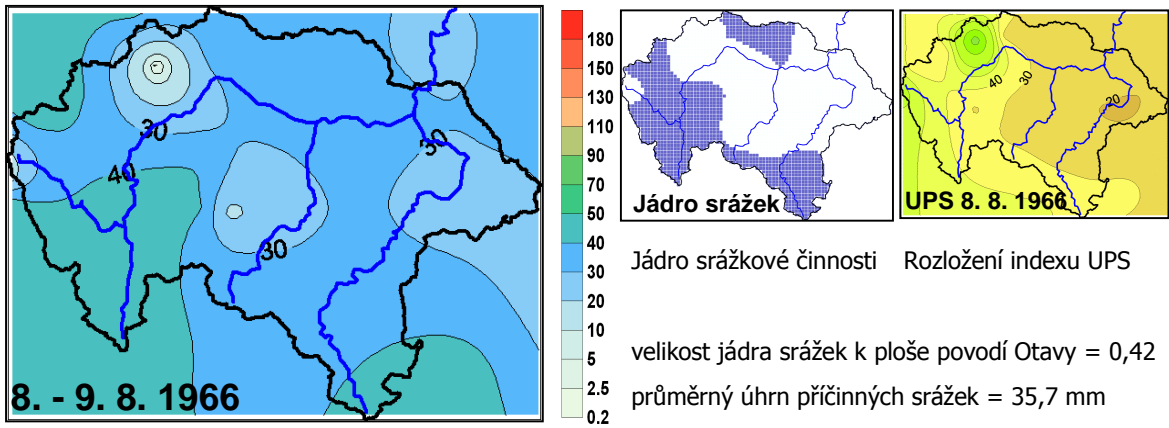
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wcs	Wcs	Wcs	Wal	Wal	Wal	Wal
Churáňov směr větru [°]	240	230	240	270	240	250	210
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	6,7	4,7	3,3	1,3	3,3	4,0	4,7



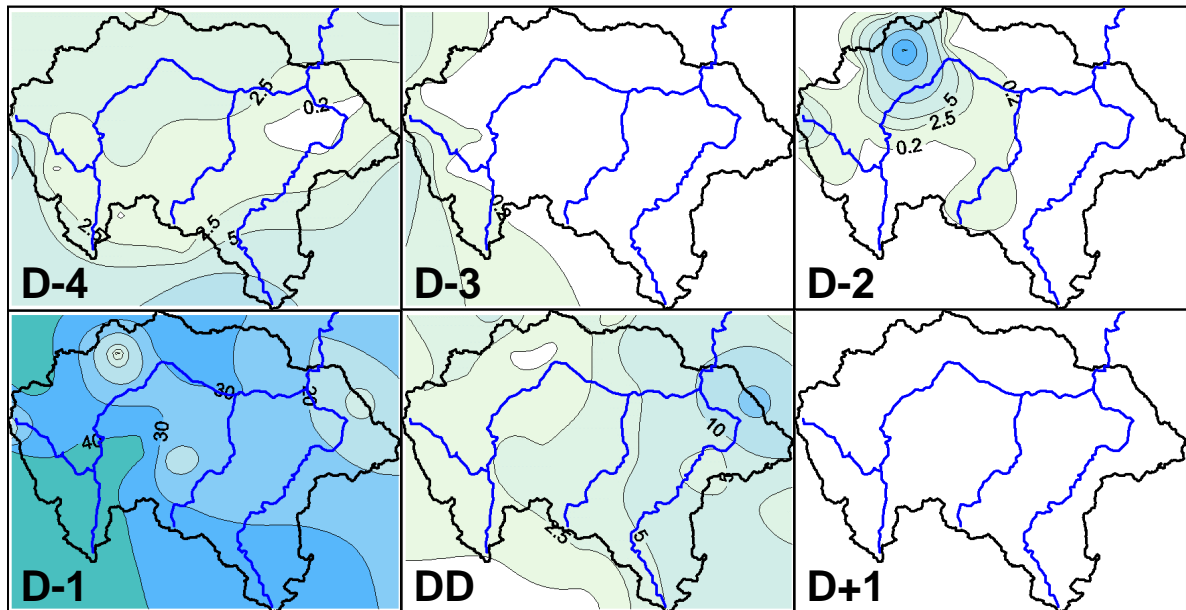
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



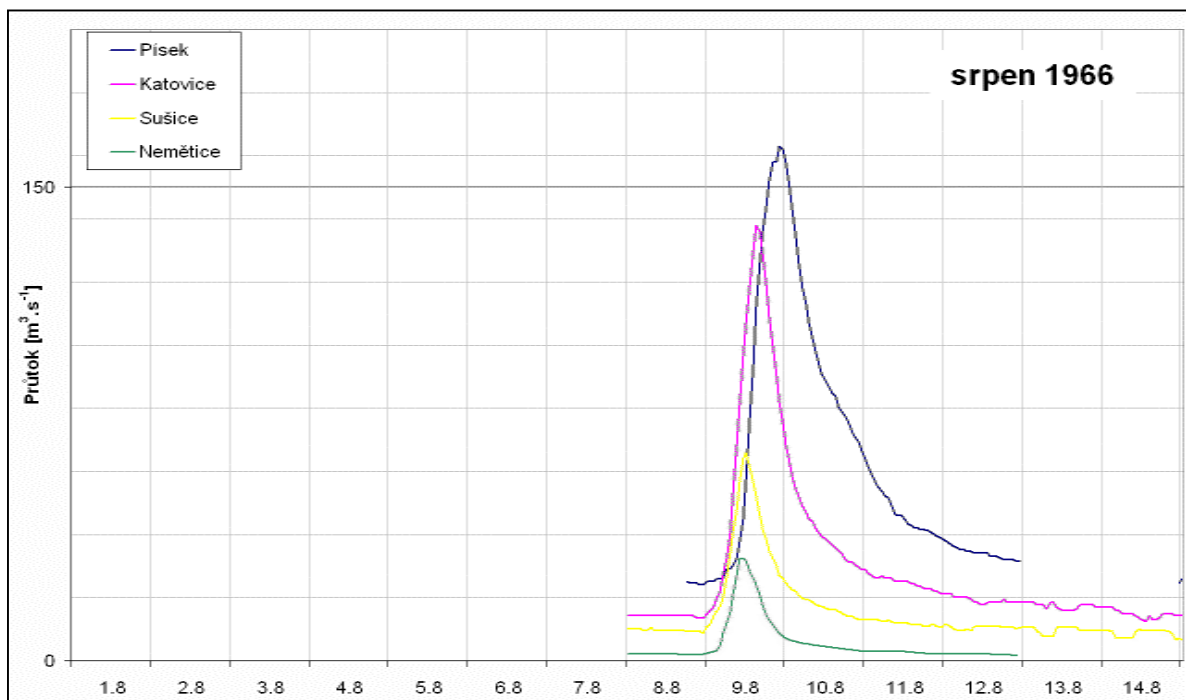
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 23.7.1966

19660723

Střední Evropa se mnoho dní před povodní nacházela pod vlivem tlakové níže nad jihovýchodní Evropou, přes naše území přecházela četná srážková pásma. Ode dne D-3 se navíc v severním Středomoří vytvořila výšková tlaková níže, která přenos vlhkosti ještě posílila.

Slabší srážky se vyskytovaly v povodí Otavy už několik dní před příčinnou srážkou a vedly k nasycení půdy a ke zvýšenému průtoku v korytech řek. Výraznější pásmo srážek zasáhlo Otavu v slabém západním proudění ve dnech D-2 a D-1. Srážky nebyly orograficky zesílené a spadly na celém povodí, nejvíce na Strakonicku a Horažďovicku.

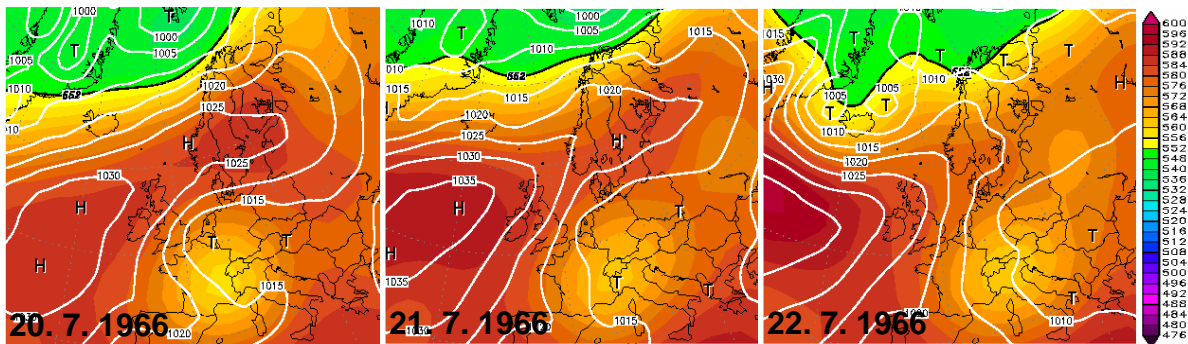
Na odtokové odezvě je znatelný vliv předchozích srážek, které zvýšily průtok v patě hlavní povodňové vlny. Na maximálních odtocích Otavy v Písku se podílela významně i Blanice a Volyňka.

Kulminace a extremita povodně

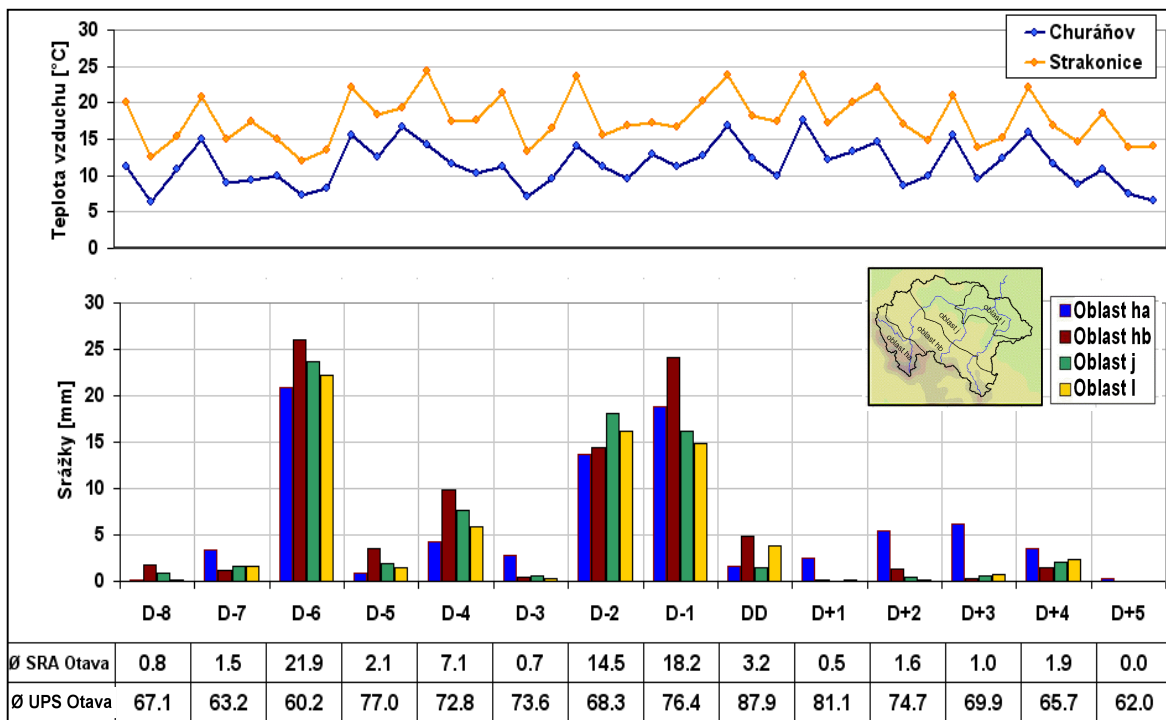
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	23.7.1966 13:00	173	Q1-Q2
Protivín	24.7.1966 12:00	30	Q1
Katovice	23.7.1966 05:00	135	Q1
Sušice	23.7.1966 02:00	55.6	<Q1

Povětrnostní situace

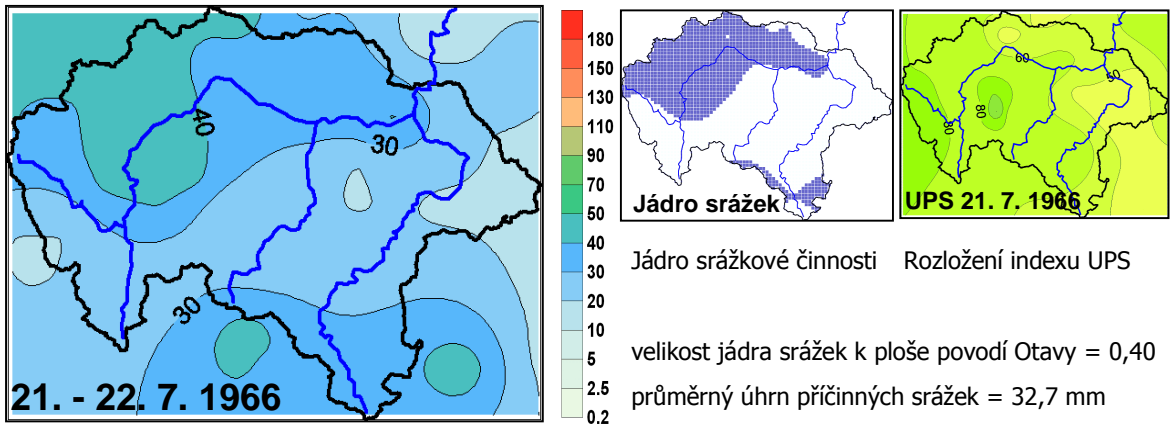
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Ec	Ec	Ec	Ec	Ec	Ec	Ec
Churáňov směr větru [°]	110	350	330	290	250	340	280
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	2,7	3,7	4,0	2,0	2,7	5,3	2,7



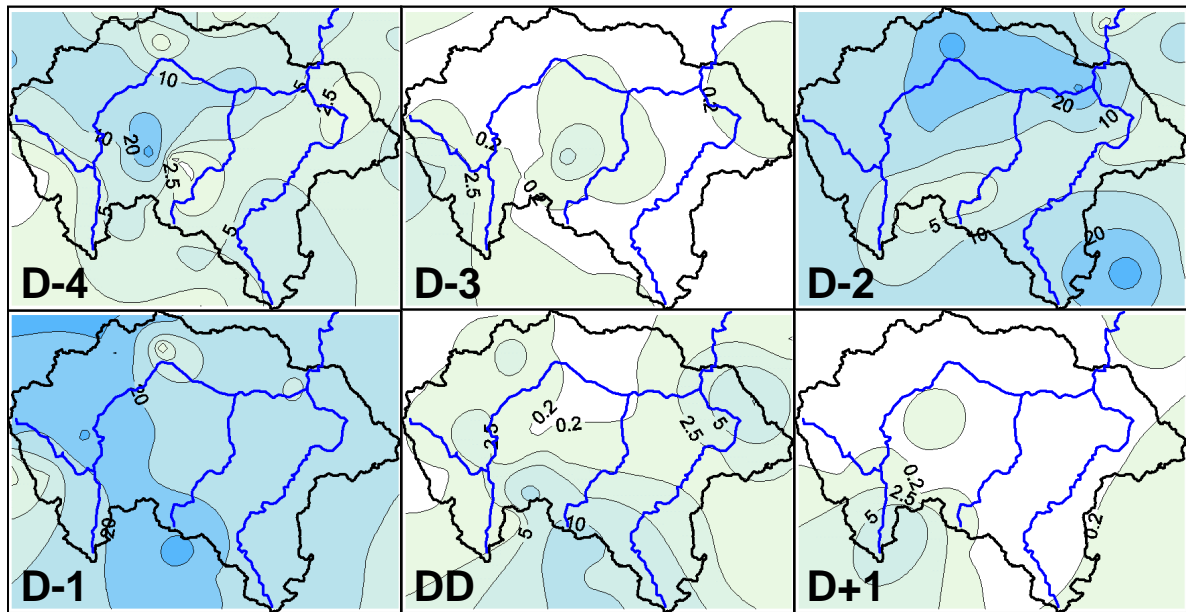
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



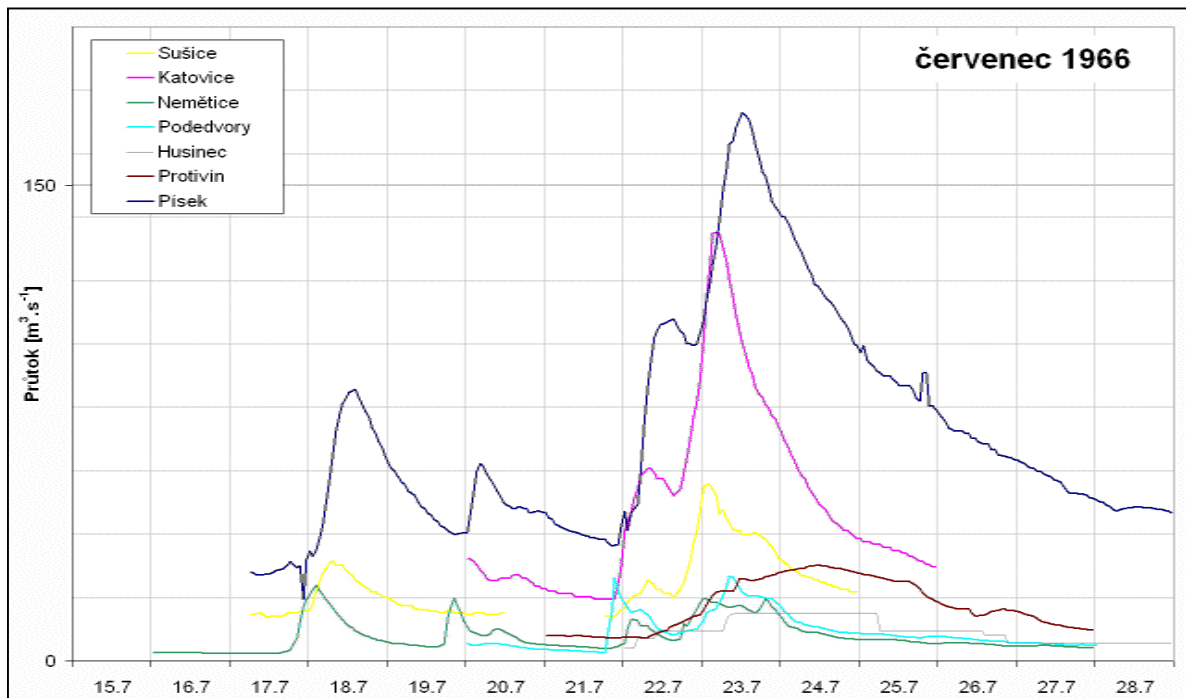
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 30.6.1966

19660630

Kulminace a extremita povodně

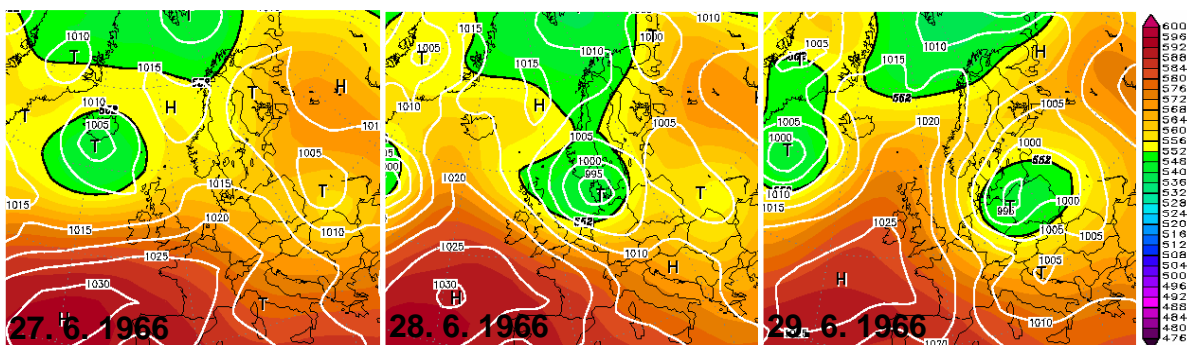
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	30.6.1966 15:00	152	Q1
Protivín	1.7.1966 17:00	30	Q1
Katovice	29.6.1966 22:00	141	Q1
Sušice	29.6.1966 17:00	115	Q1-Q2

Srážky, které vyvolaly tuto povodeň, byly spojené s pozvolným přechodem brázd nízkého tlaku od západu přes naše území k východu. Už na jejím předním okraji vypadávaly na Otavě srážky, které způsobily vzestupy hladin fek (na Blanici v Podedvorech povodeň z bouřkového příválu dosáhla doby opakování 10 let) a zvýšení nasycenosti půdy.

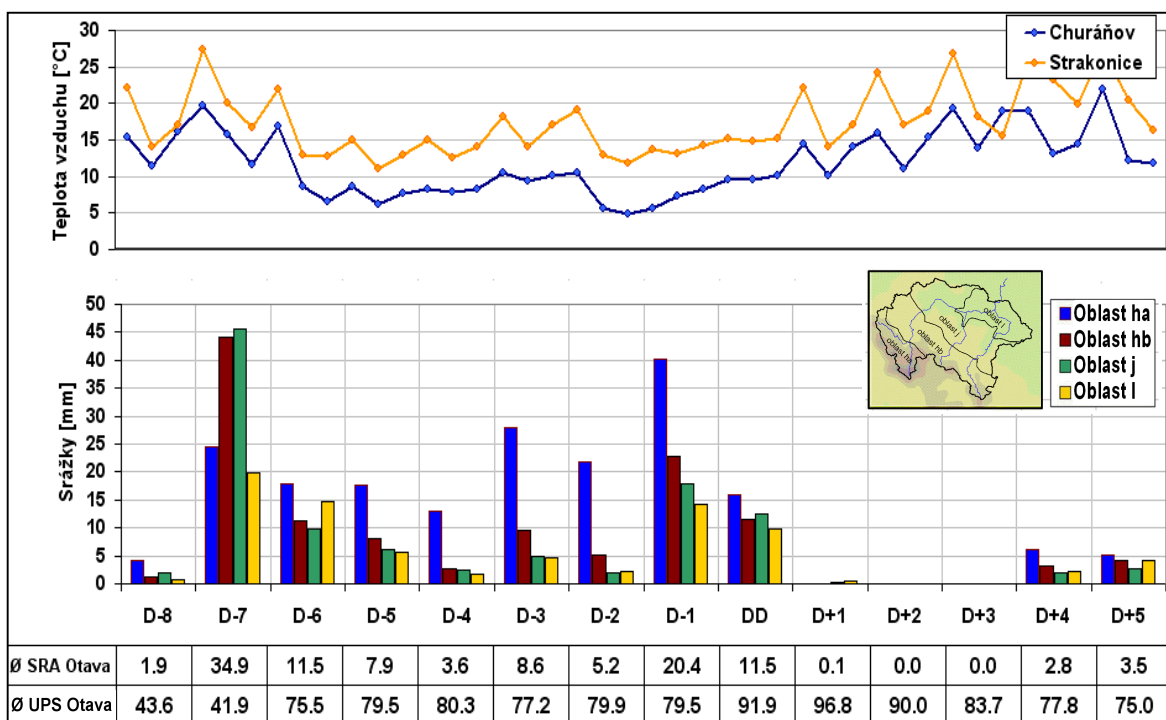
Srážky nabraly na intenzitě v blízkosti brázd. Vlivem silného proudění došlo k významnému orografickému zesílení srážek v centrální části Šumavy, zejména v pramenné oblasti Křemelné. Déšť přecházel povodí Otavy ve dvou pásmech, které se projeví na řekách dvěma výraznými průtokovými vlnami. Ty se formovaly převážně na horní Otavě. V Písku dosáhla kulminace pouze těsně nad hranici jednoleté vody.

Povětrnostní situace

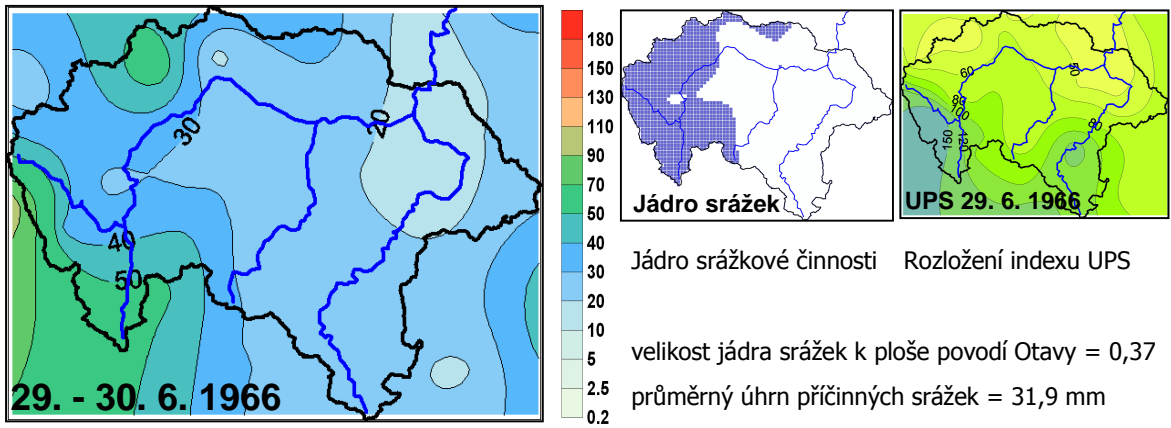
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	B	B	B	B	B	B	A
Churáňov směr větru [°]	250	240	250	260	250	280	280
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	5,3	6,3	6,3	10,0	10,0	3,3	1,7



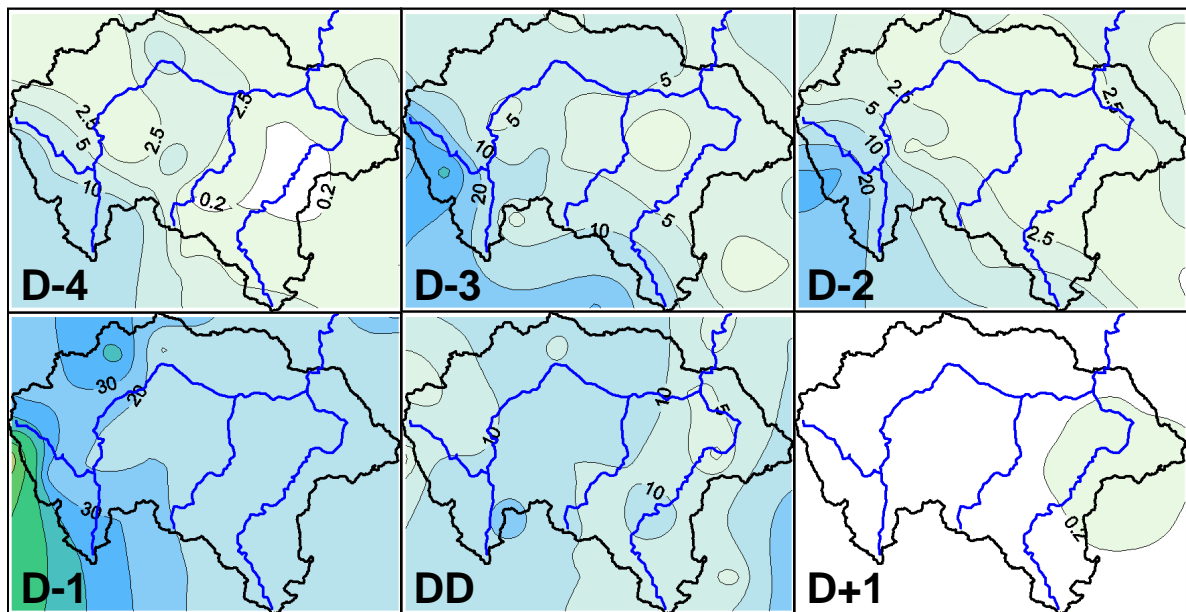
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



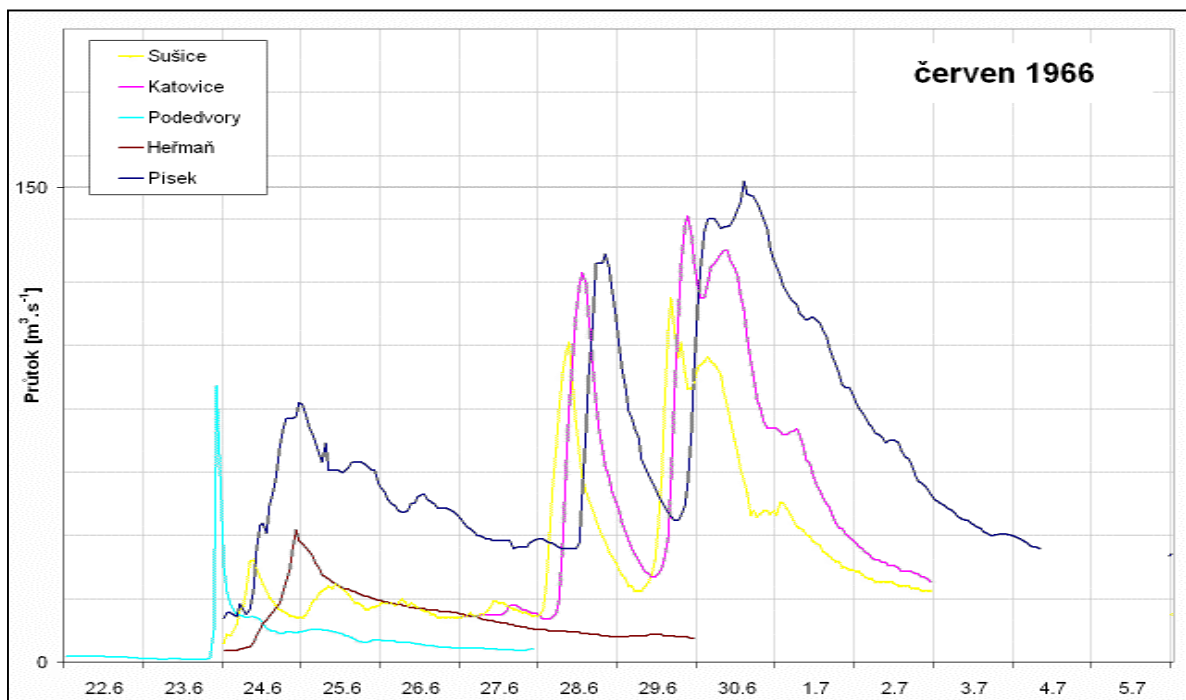
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 18.4.1966

19660418

Kulminace a extremita povodně

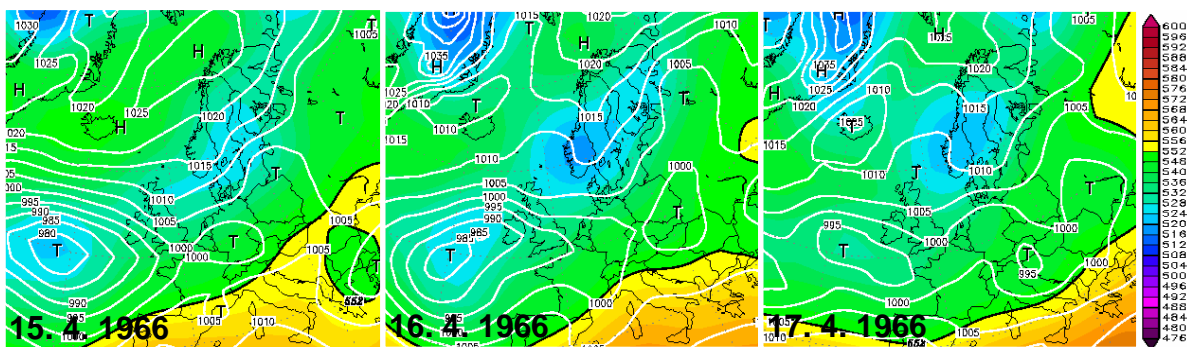
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	18.4.1966 0:00	186,4	Q1-Q2
Heřmaň	18.4.1966 04:00	36,5	Q1-Q2
Katovice	17.4.1966 15:00	106	<Q1
Sušice			

Povodí bylo již bez sněhu a teploty se ve všech polohách udržovaly vysoko nad nulou. V Písku průtok Otavy proto kolísal okolo hodnoty 60 m³.s⁻¹, což ukazuje na vysokou nasycenost povodí. S nástupem povětrnostní situace typu Vfz v D-6 se začaly zároveň vyskytovat nevýrazné srážky, které však nevyvolaly prakticky žádnou odtokovou odezvu.

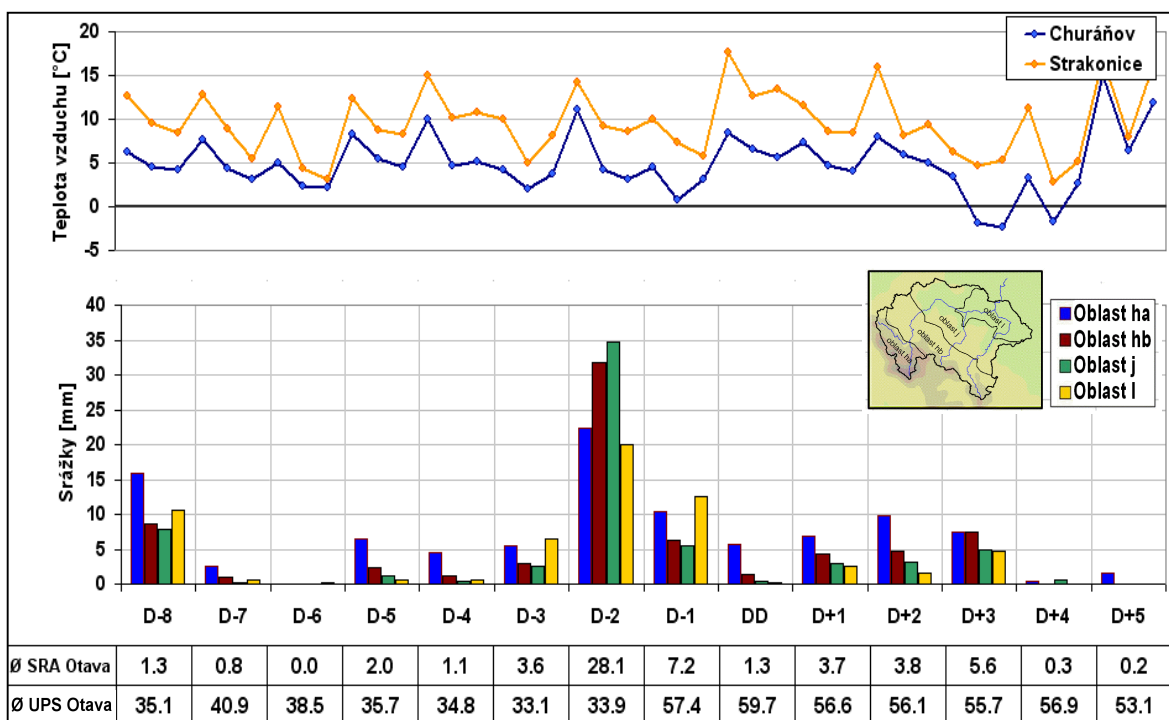
Rozhodujícím impulsem byl silný déšť, vázaný na přechod studené fronty v D-1 (další den mírné ochlazení), který nejvyšších úhrnů dosáhl v podhůří Šumavy (místa přes 50 mm) a nejnižších překvapivě na horských hřebetech. Přestože dešťová srážka byla neobvykle silná a povodí nasycené, odtoková odezva nebyla tak nebezpečná, a kulminace dosáhla „jenom“ 186 m³.s⁻¹.

Povětrnostní situace

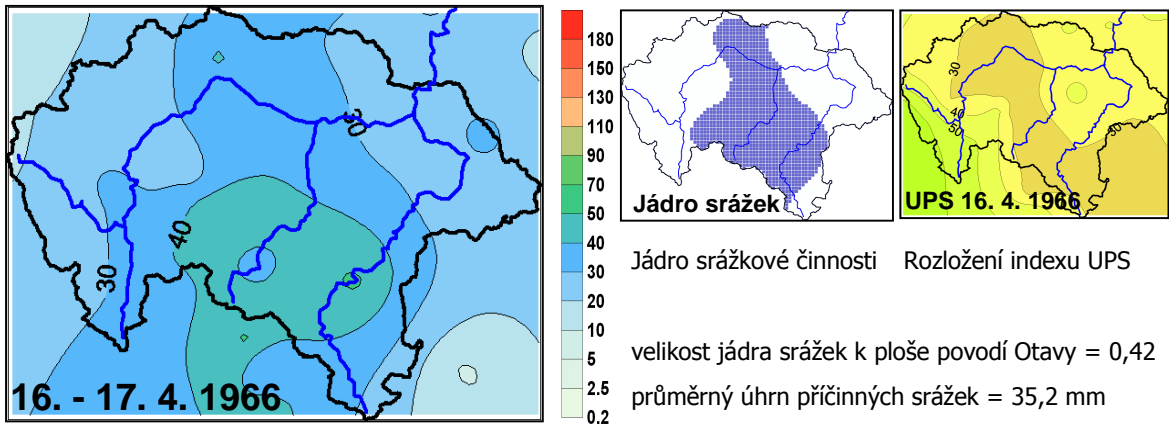
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Vfz	Vfz	Vfz	Vfz	Vfz	Vfz	B
Churáňov směr větru [°]	280	230	240	20	270	250	220
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,0	6,3	6,3	3,3	4,0	6,3	7,3



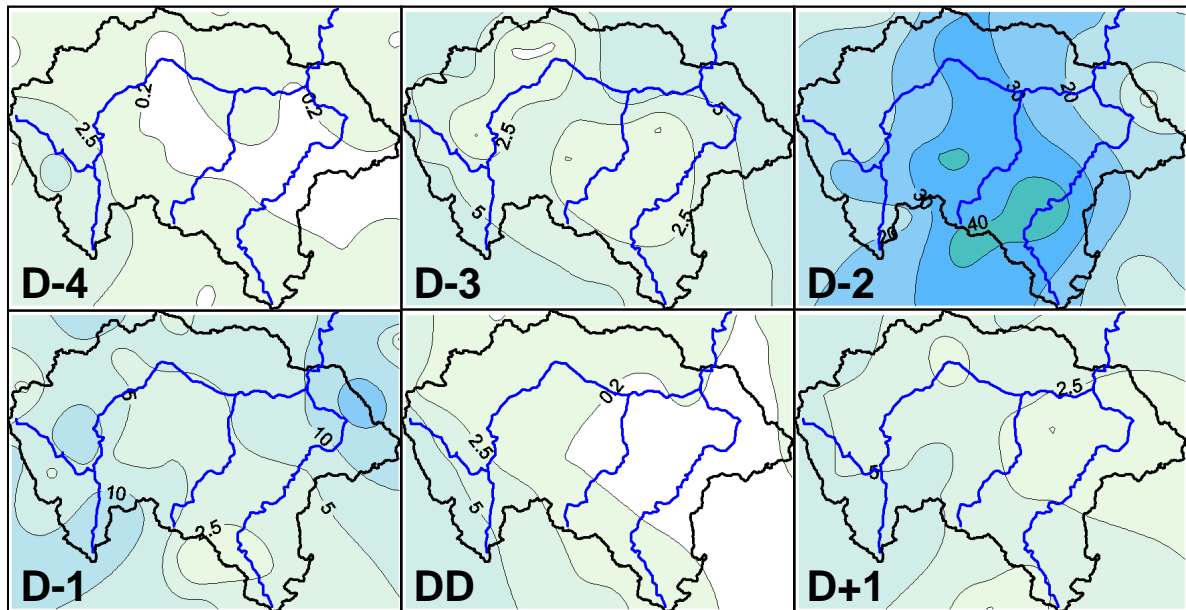
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



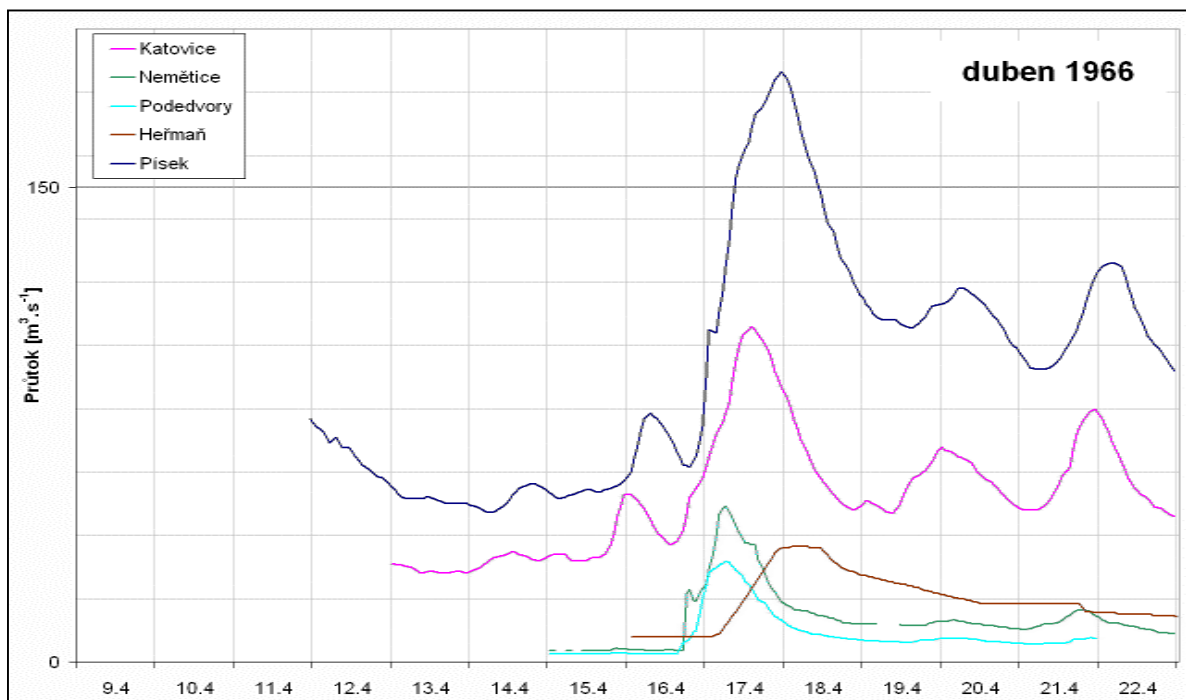
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 9.2.1966

19660209

Kulminace a extremita povodně

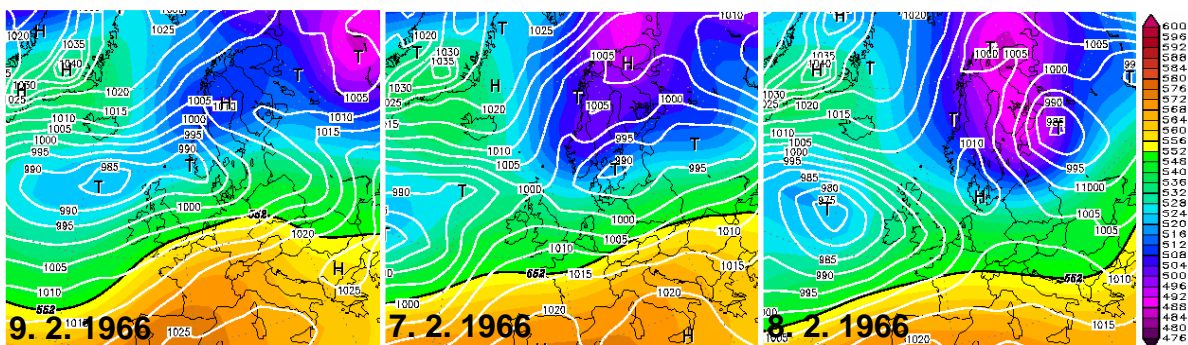
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	9.2.1966 20:00	150	Q1
Heřmaň		9	<Q1
Katovice	9.2.1966 13:00	156	Q1-Q2
Sušice	9.2.1966 07:00	109	Q1

Sněhová pokrývka se v povodí držela zhruba nad hranicí 800 m n. m. Kladné teploty prvých dvou dnů nezpůsobily výraznější odtávání sněhu. Zřetelnější snižování výšky sněhu a plochy, na které se sníh držel, nastalo až při oteplení během dne D-4 (nástup typu Wc). Tání sněhu s přispěním slabých srážek při kladných teplotách a poměrně malém rozsahu sněhové pokrývky však nebylo příčinou vzniku nebezpečné odtokové situace.

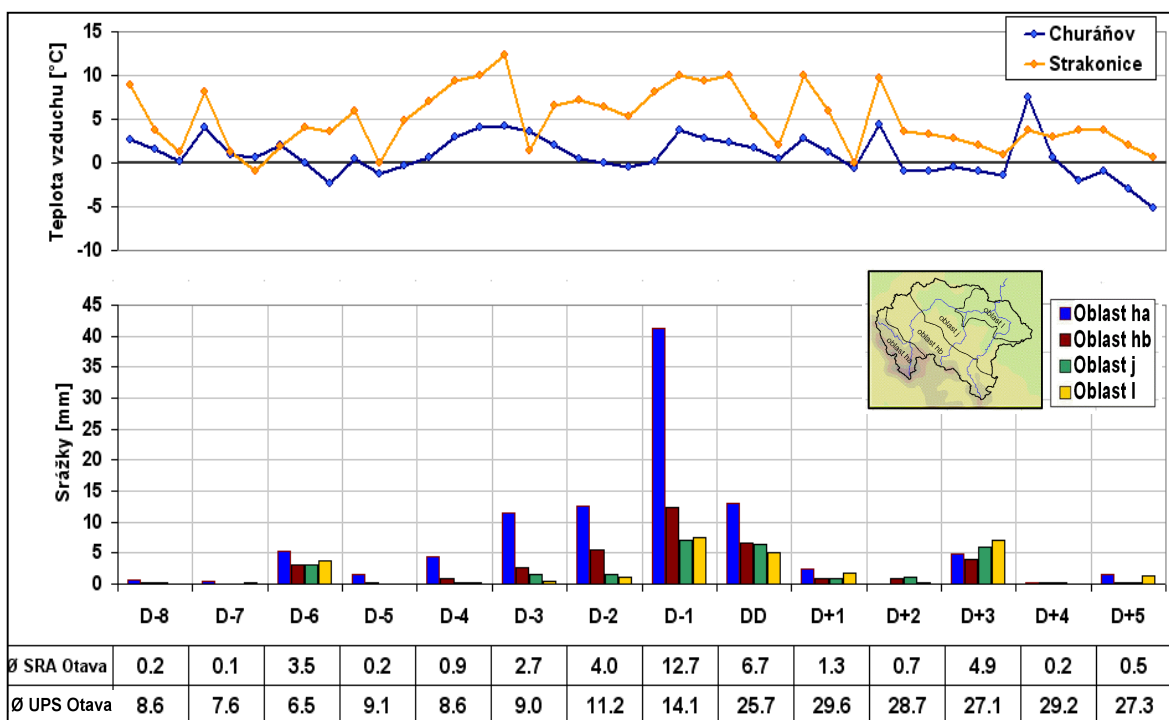
Náhly vzestup průtoků v ranních hodinách dne D vyvolala až dešťová, orograficky silně zesílená srážka v den D-1 v souvislosti s opakovaným nástupem situace Vfz. Na základě snímku srážkových úhrnů mezi dny D-1 a D, lze i v tomto případě usuzovat na západní směr pohybu srážek, což mohlo být hlavní příčinou velké kulminace.

Povětrnostní situace

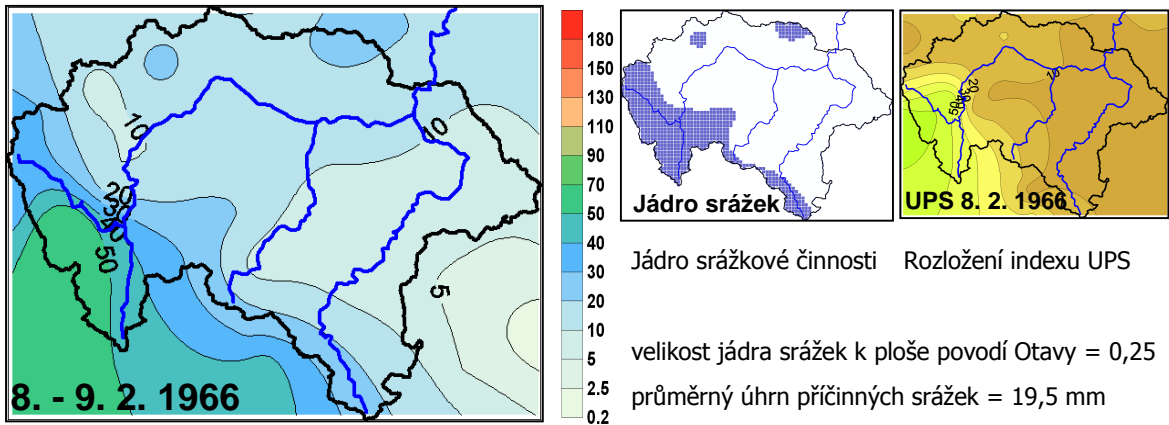
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Vfz	Wc	Wc	Wc	Vfz	Vfz	Vfz
Churáňov směr větru [°]	250	250	230	260	230	250	220
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,7	12,0	9,0	7,0	9,3	9,0	6,3



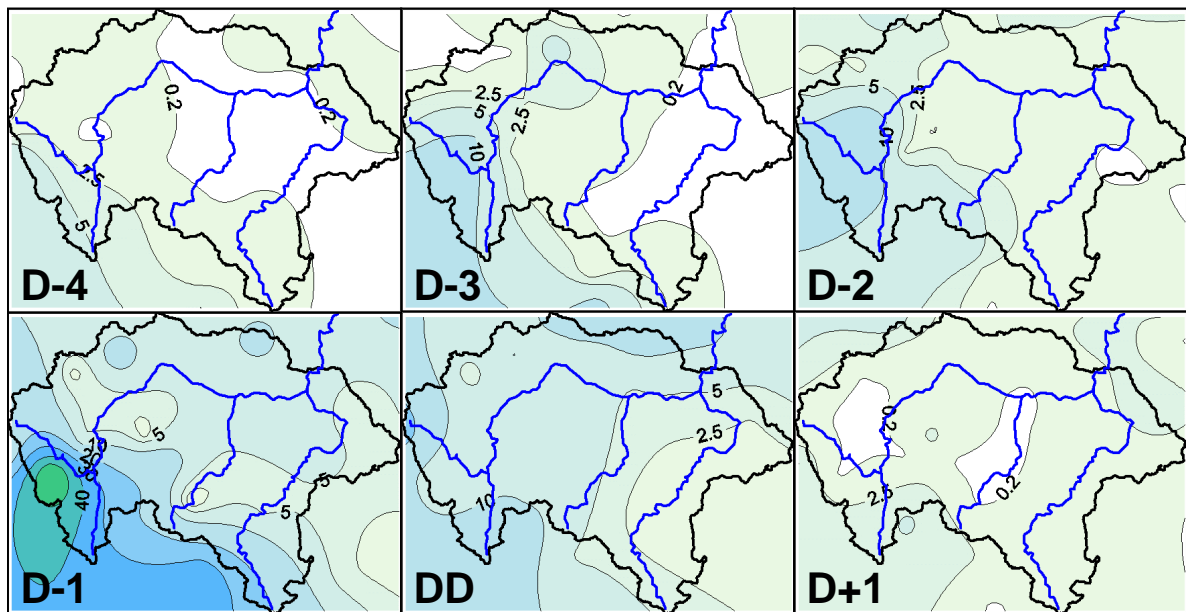
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



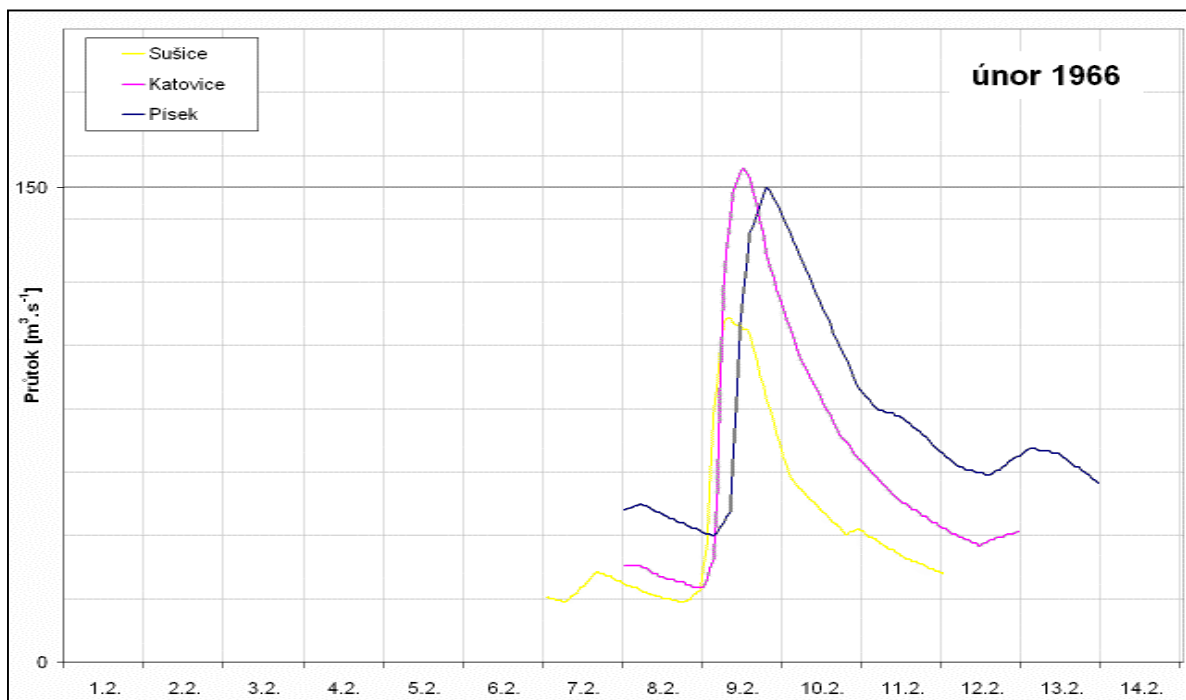
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 11.6.1965

19650611

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	11.6.1965 0:00	290	Q5
Protivín	10.6.1965 21:00	74.9	Q5
Katovice	9.6.1965 14:00	204	Q2-Q5
Sušice	9.6.1965 09:00	115	Q1-Q2

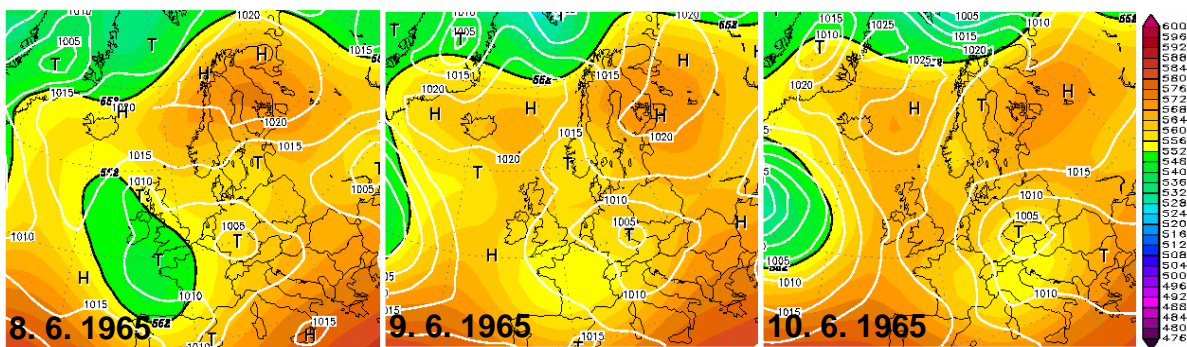
Střed tlakové níže se v dnech, kdy vypadávaly nejvydatnější srážky na povodí Otavy, nacházel nad územím České republiky. Jejím rychlejšímu ústupu k severovýchodu bránila oblast vysokého tlaku nad evropskou částí Ruska.

Srážky padaly do povodí, které již bylo extrémně nasycené a hladiny řek byly nad povodňovými průtoky. Na tomto stavu se podílel srážkově bohatý květen a povodeň z přelomu května a června.

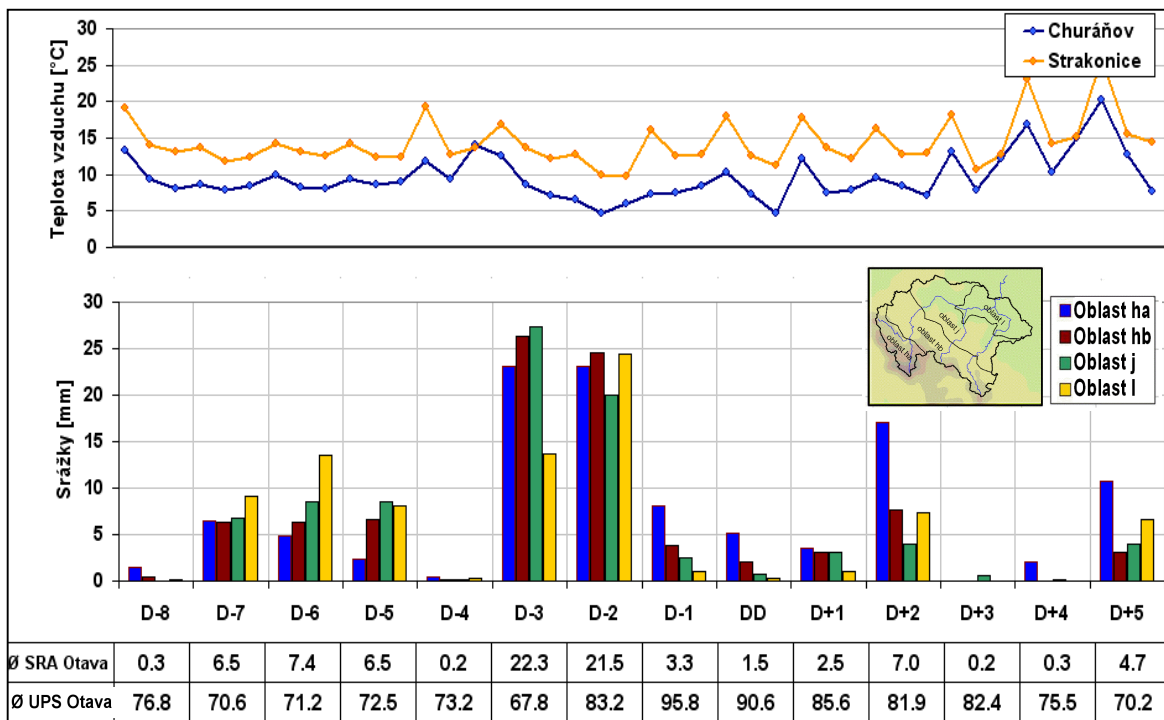
Srážky byly rozloženy v povodí poměrně rovnoměrně. Vypadávaly ve dvou vlnách ve dnech D-3 a D-2. Nejvíce jich napadlo ve střední a dolní části povodí. Z rozložení průtokových vln je patrné, že na kulminačním průtoku v Písku, který dosáhl hodnoty pětileté vody, se podílely významně i přítoky Otavy Volyňka a Blanice. Díky rozložení srážek do dvou dní byl vzestup mírnější, ale objem vln je značný.

Povětrnostní situace

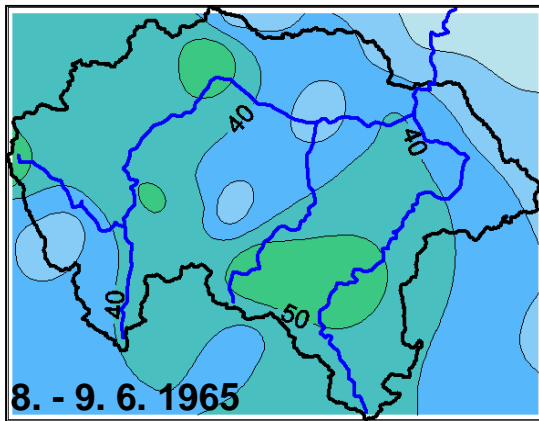
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	C	C	C	C	C	C	C
Churáňov směr větru [°]	310	100	270	250	40	340	260
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,3	1,3	3,7	8,0	4,7	7,0	5,0



Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]

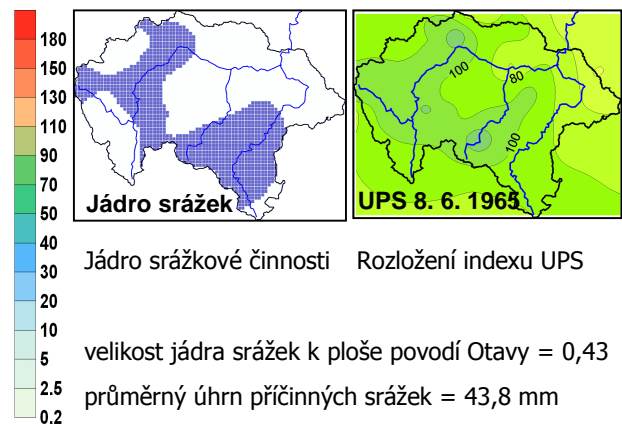


Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



8. - 9. 6. 1965

Příčinná dvoudenní srážka



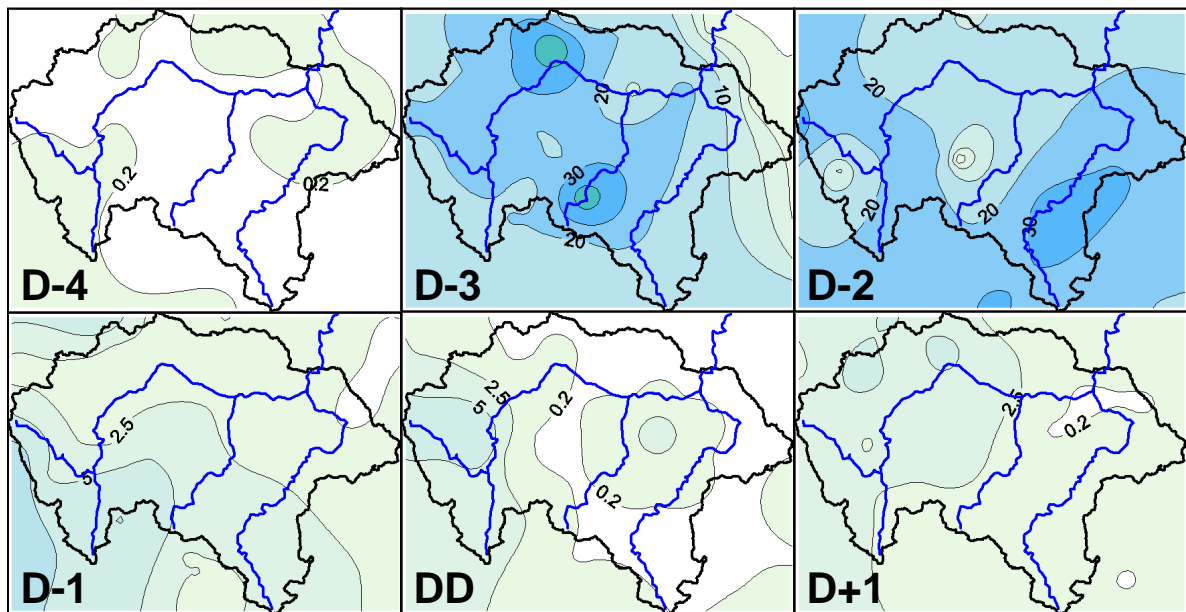
Jádro srážek

UPS 8. 6. 1965

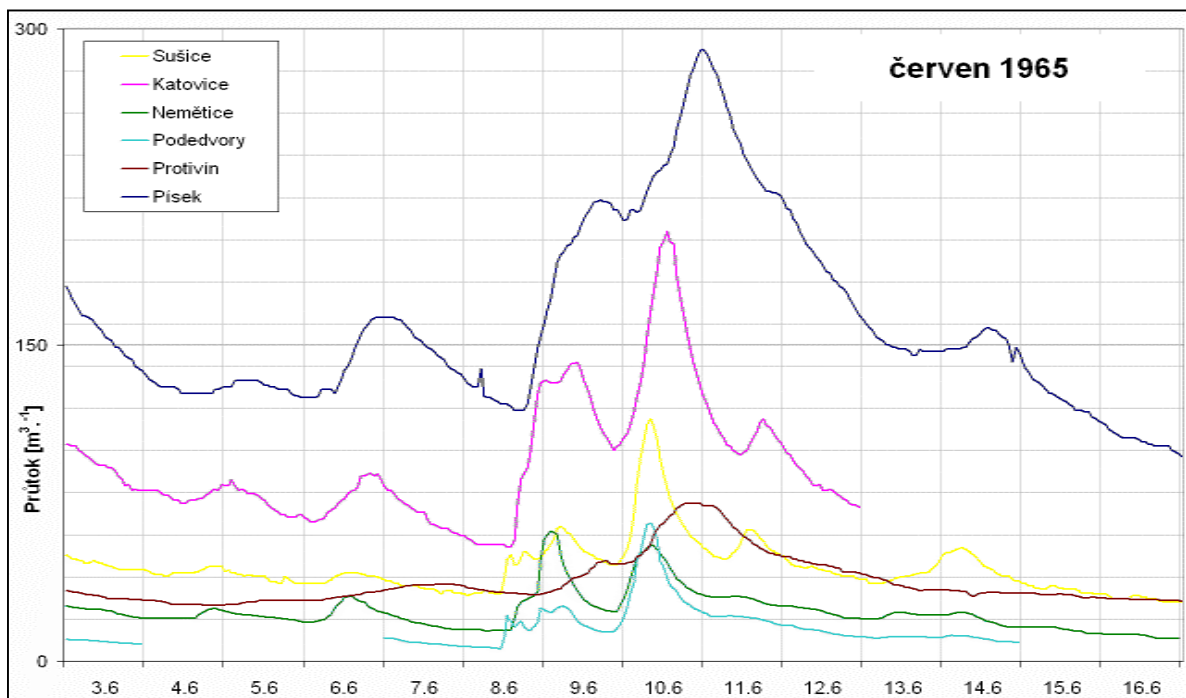
Jádro srážkové činnosti Rozložení indexu UPS

velikost jádra srážek k ploše povodí Otavy = 0,43

průměrný úhrn příčných srážek = 43,8 mm



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



červen 1965

Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 1.6.1965

19650601

Oblast nízkého tlaku vzduchu nad střední Evropou se udržovala už od 27. 5. 1965 a k východu se pohybovala jen velmi zvolna. V trvalém severovýchodním proudění se nad naše území dostával chladný a vlhký vzduch.

Nasycenost povodí byla po celý květen silně nadprůměrná vlivem pozdního tání sněhu a dešťových srážek z poloviny května. Vydátný déšť zasáhl povodí Otavy ve dvou vlnách, které doprovázelo téměř identické proudění vzduchu. Nejvyšší úhrny byly naměřeny v povodí Otavy nad Sušicí, jejich rozložení ale není stejné jako u západních povětrnostních situací a vykazuje spíše rysy vliv místních bouřek.

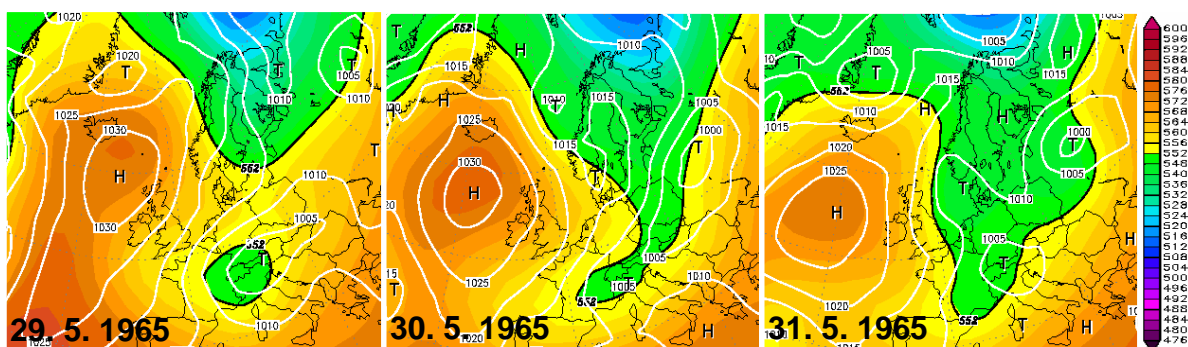
Hladiny řek se nad povodňový průtok v Písku zvedly už následkem první, výraznější vlny srážek. Druhá způsobila opakování vzestupů a charakteristický dvouvrcholový tvar povodňové vlny.

Kulminace a extremita povodně

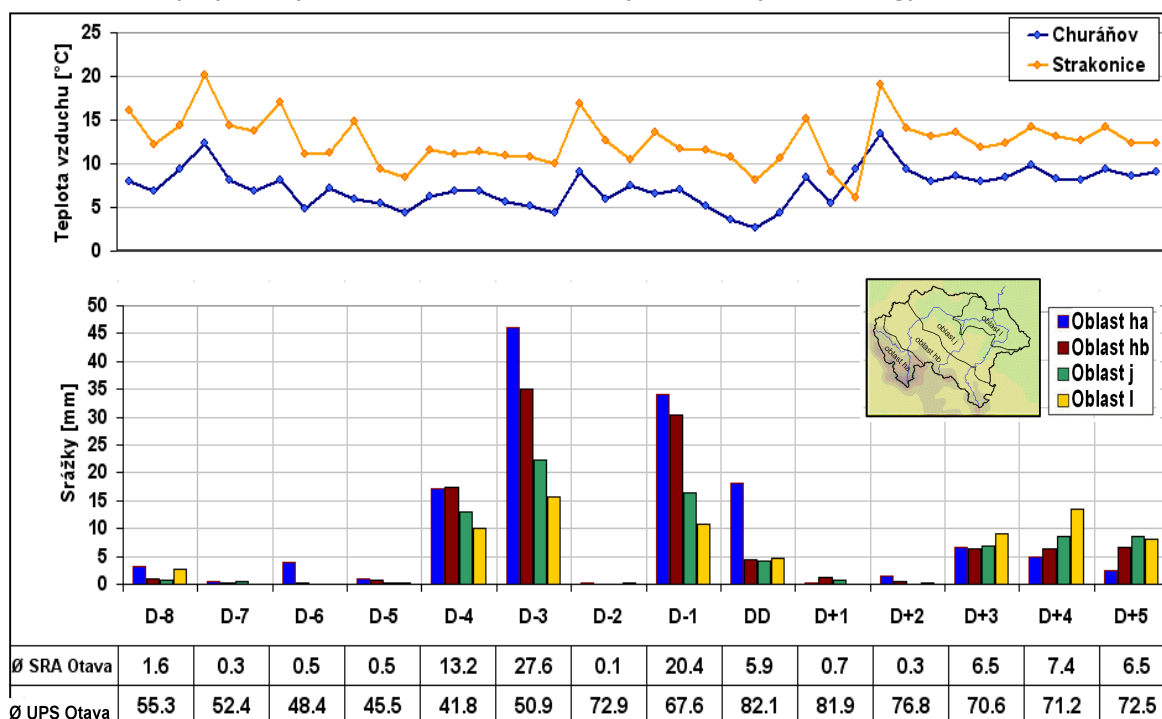
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	1.6.1965 23:00	250	Q2-Q5
Protivín	1.6.1965 19:00	47.5	Q2
Katovice	1.6.1965 12:00	214	Q5
Sušice	1.6.1965 06:00	116	Q1-Q2

Povětrnostní situace

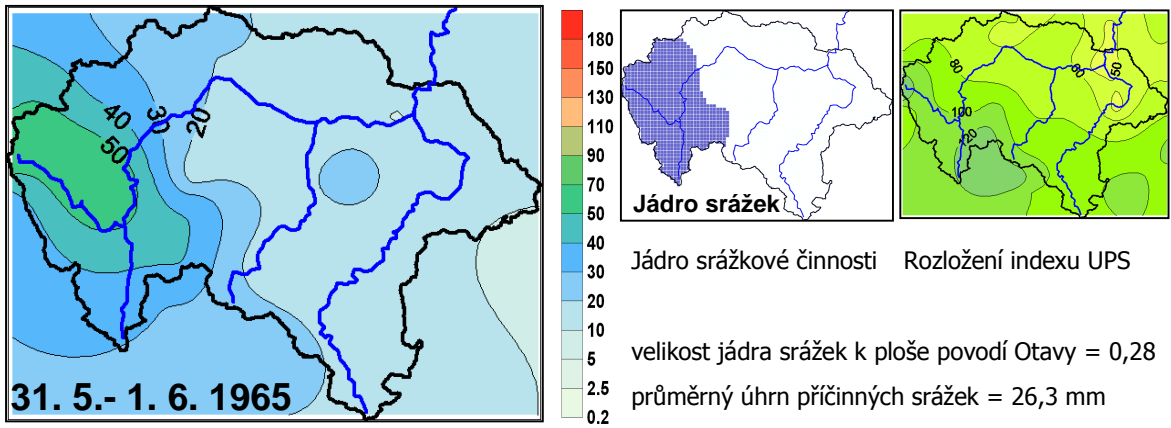
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	B	B	B	B	B	B	B
Churáňov směr větru [°]	80	80	10	60	70	260	10
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	3,0	5,7	5,7	2,7	3,3	7,3	2,3



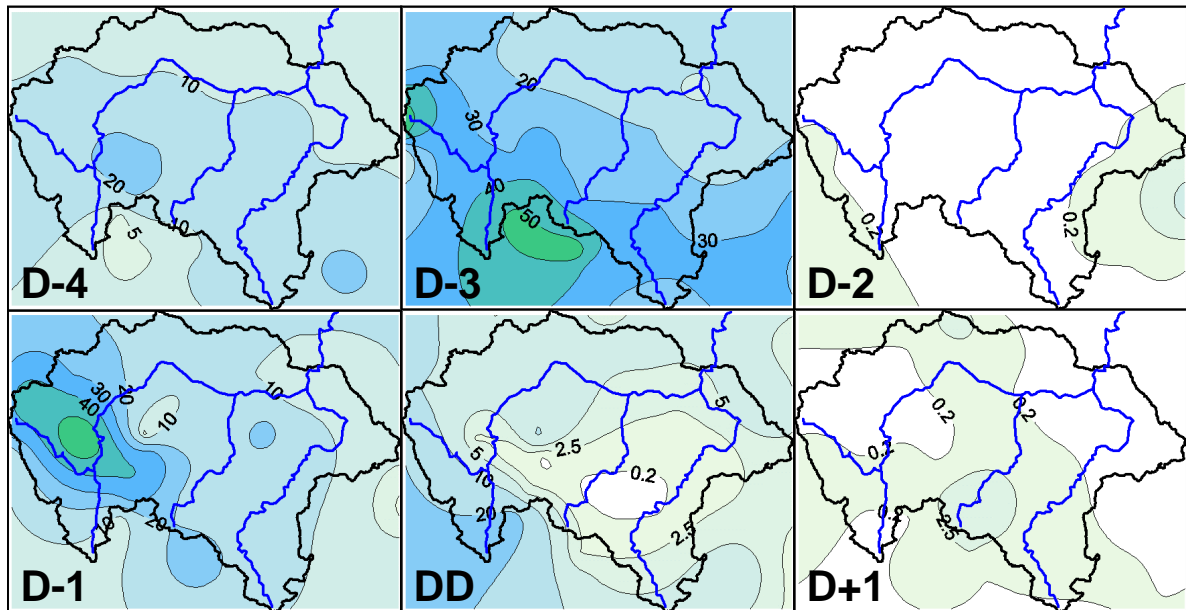
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



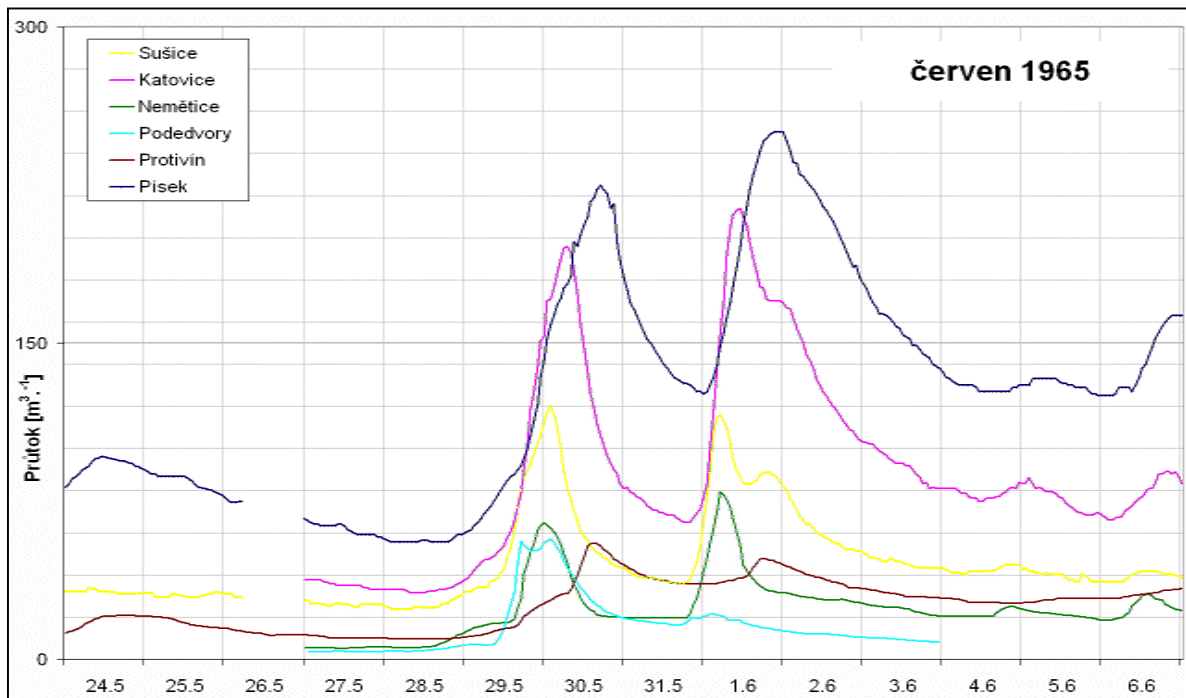
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 20.5.1965

19650520

Povodí Otavy se nacházelo v jihozápadním proudění, ve kterém přecházelo několik frontálních systémů s nevýraznými srážkami.

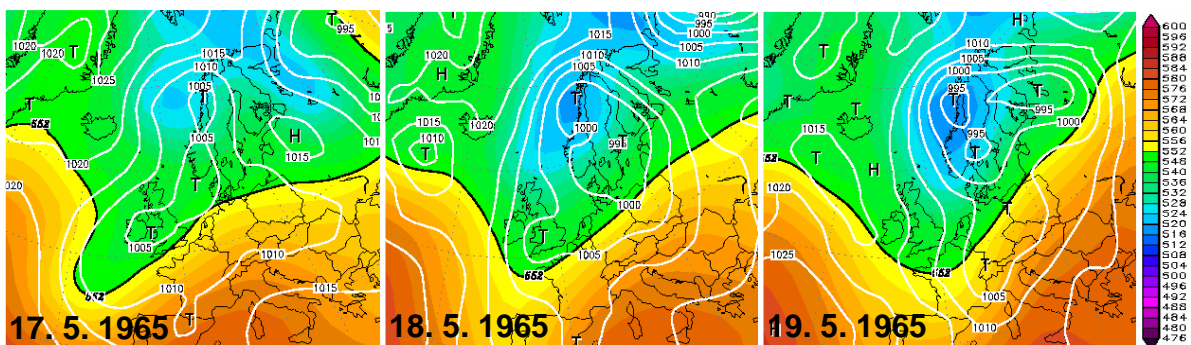
Příčinné srážky vypadly v den D-1 a byly rozloženy rovnoměrně na celé území Otavy. Srážky nebyly příliš silné, nikde nepřesáhly 30 mm. Rozhodující vliv na vznik povodně měla velká nasycenost a nadprůměrný průtok na řekách, který se udržoval již od začátku května. Na tomto stavu se nejvíce podílelo tání velkých sněhových zásob, probíhalo až do začátku května. Svůj vliv měly i srážky z první poloviny května. V patě průtokové vlny Otavy v Písku byl proto průtok $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a příčinná srážka tento průtok navýšila o dalších „pouze“ $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což ale stačilo k překročení hranice pro 1letou povodeň.

Kulminace a extremita povodně

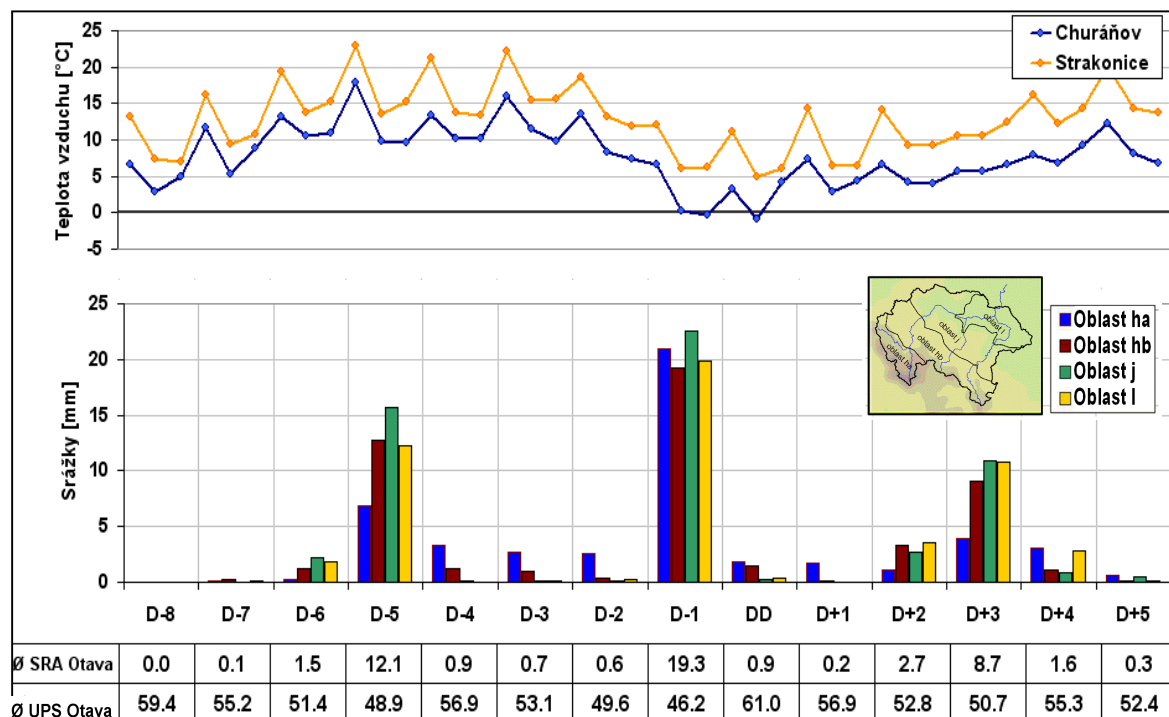
	Datum a čas kulminace	Kulminace [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Extremita
Písek	20.5.1965 10:00	167	Q1-Q2
Protivín	20.5.1965 17:00	21,6	<Q1
Katovice	20.5.1965 00:00	159	Q1-Q2
Sušice	19.5.1965 19:00	93	Q1

Povětrnostní situace

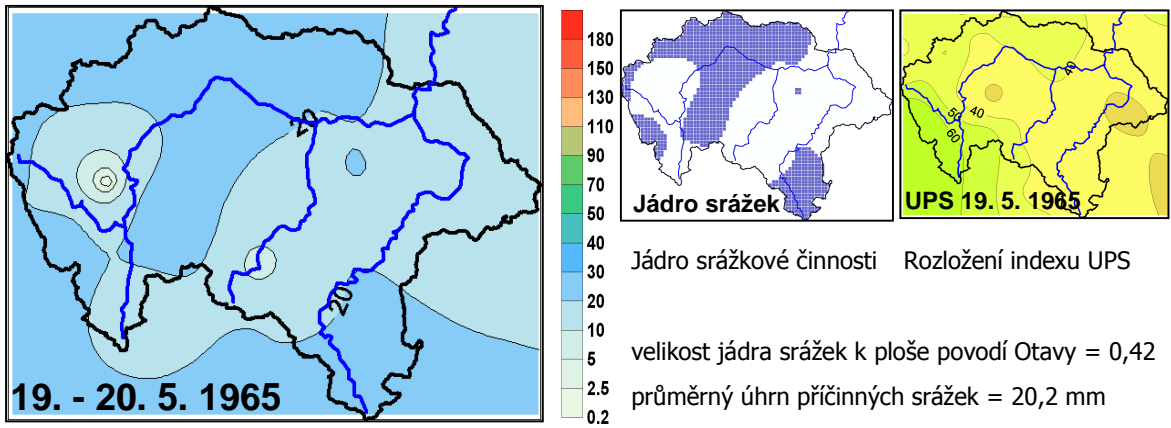
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	SWc2	SWc2	SWc2	SWc3	SWc3	SWc3	Ap2
Churáňov směr větru [°]	330	260	260	250	0	310	90
Churáňov rychl. větru [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	3,0	8,0	6,3	3,7	3,3	1,7	2,3



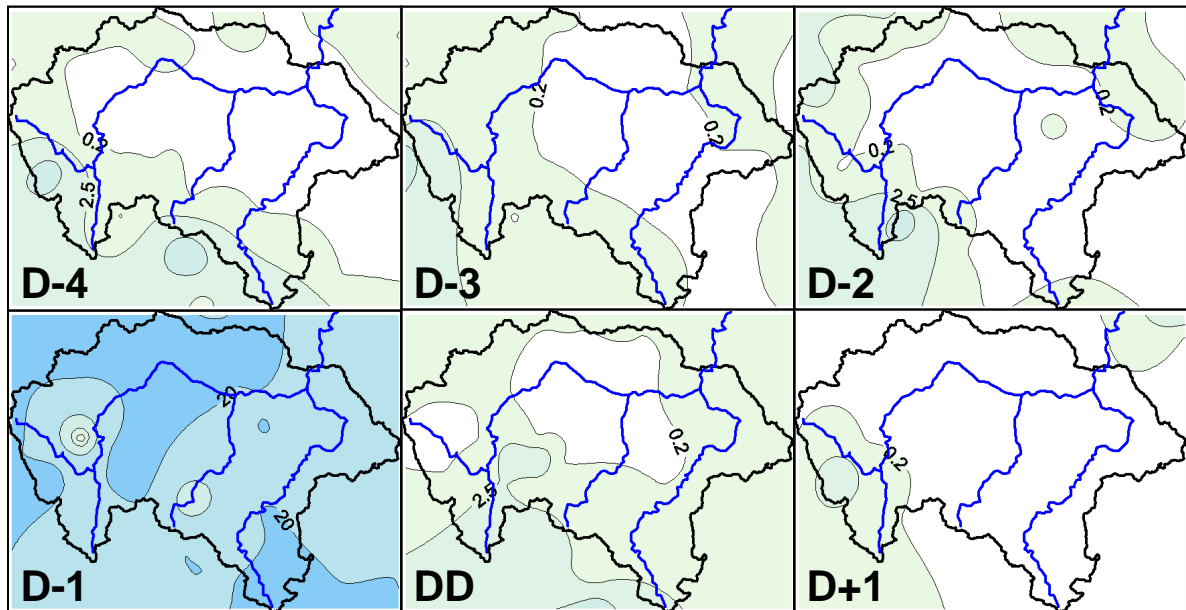
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



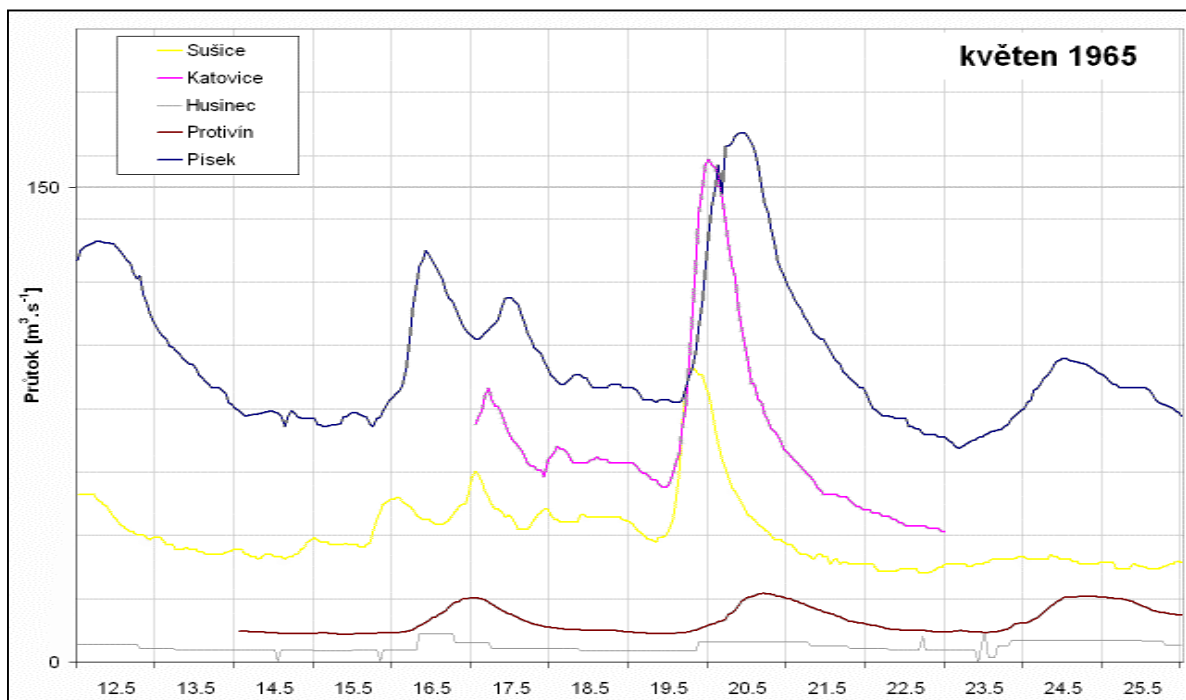
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 14.8.1964

19640814

Pod vlivem tlakové níže bylo území České republiky už od 9. 8. 1964. Tento tlakový útvar jen pozvolna ustupoval k východu. V jeho týlové části pronikal na území České republiky vlhký vzduch od severu. Tvorba srážek byla zesílena ještě výskytem výškové tlakové níže nad střední Evropou.

Nasycenost povodí v den D-2 byla mírně nadprůměrná, zejména díky srážkám z 10. 8. Srážky vypadávaly ve slabém severním až severozápadním proudění a zasáhly velmi rovnoměrně celé území Otavy. Srážky nebyly orograficky zesílené. Největší úhrny naměřily stanice ve střední a dolní části povodí.

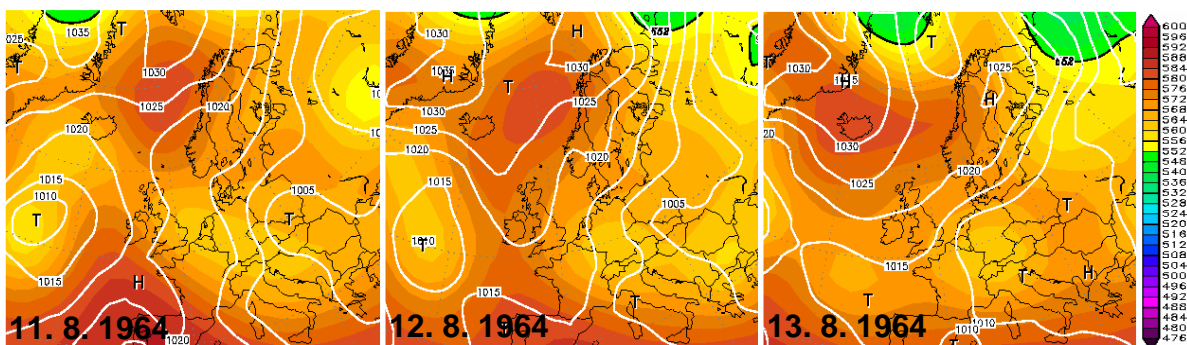
Kulminaci Otavy v Písku pravděpodobně způsobil přítok právě ze střední a dolní Otavy. Maximální odtoky z horní Otavy nad Sušicí stejně jako kulminace z Blanice se projeví až zmírněním poklesu na sestupné větvi vlny.

Kulminace a extremita povodně

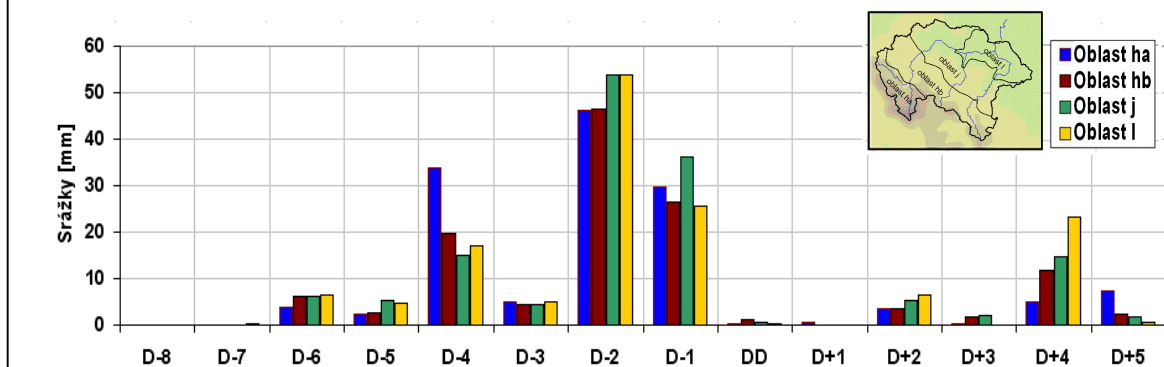
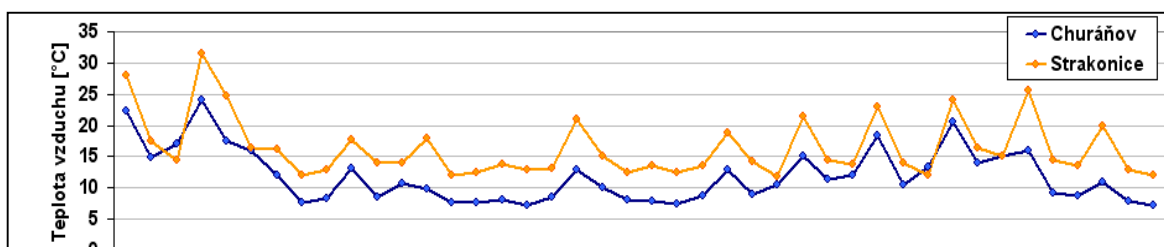
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	14.8.1964 04:00	157,8	Q1
Heřmaň	14.8.1964 10:00	27,8	Q1
Katovice			
Sušice	13.8.1964 16:00	55	<Q1

Povětrnostní situace

Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	C	C	C	C	C	C	C
Churáňov směr větru [°]	280	300	300	340	310	340	90
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	1,7	4,7	7,0	2,0	2,7	2,3	2,0

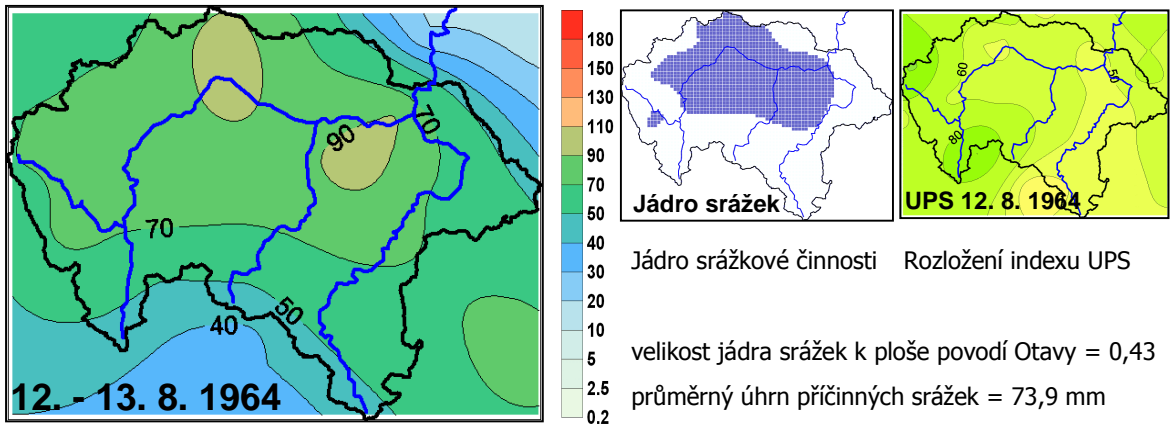


Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]

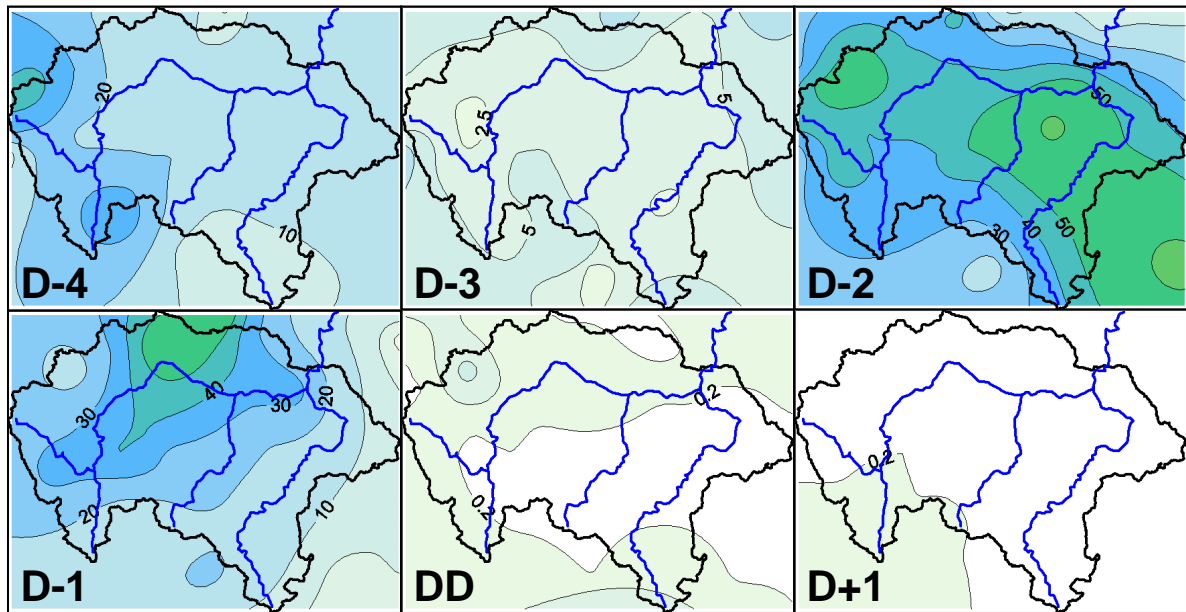


Ø SRA Otava	0.0	0.0	5.6	3.7	18.1	4.4	46.3	27.6	0.5	0.2	4.3	1.4	12.8	2.3
Ø UPS Otava	27.3	25.4	23.6	26.6	28.1	42.7	43.6	83.8	103.0	96.4	89.8	87.0	82.1	88.8

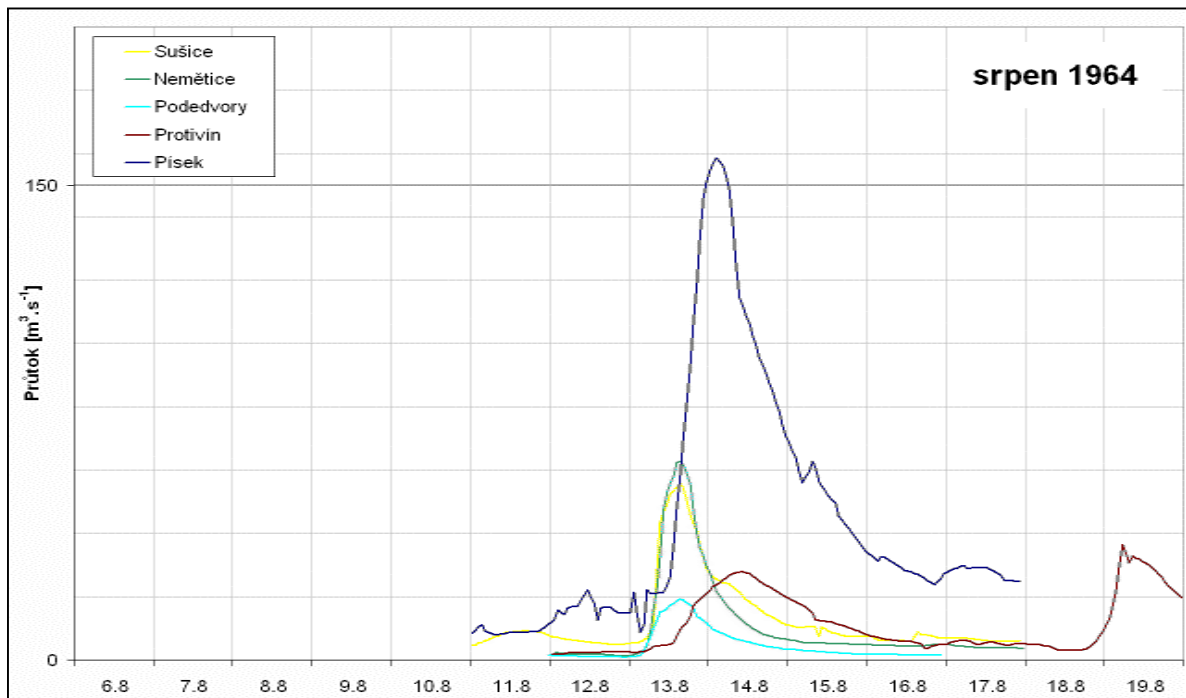
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 1.7.1963

19630701

Střední Evropa se na přelomu června a července 1963 nacházela v oblasti nevýrazného pole tlaku vzduchu. Mělká tlaková níže přecházela ve dnech D-3 až D-1 z Německa směrem k severovýchodu.

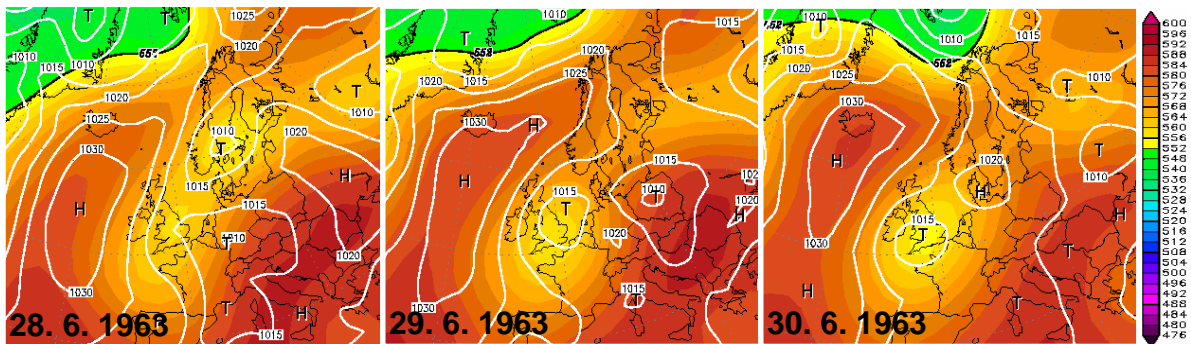
V labilním vzduchu se vytvořily dobré podmínky pro konvekci a vznik bouřek. Konvektivní původ srážek je patrný z jejich prostorově omezeného výskytu. Srážkové úhrny spadlé v den D-1 byly vysoké a byly silně koncentrované do malé oblasti. Vzhledem k tomu, že v den D-1 bylo naměřeno na Churáňově severovýchodní proudění je pravděpodobné, že bouřky nejprve zasáhly dolní část povodí a poté se přesunuly do pramenné oblasti Volyňky a Otavy. Proto vzestupy hladin na Otavě v Písku začaly dříve než na Volyňce a Otavě v Sušici. Pozdější dobíhání vody ze střední a horní Otavy mělo vliv na mírnější vzestup hladin a menší kulminaci.

Kulminace a extremita povodně

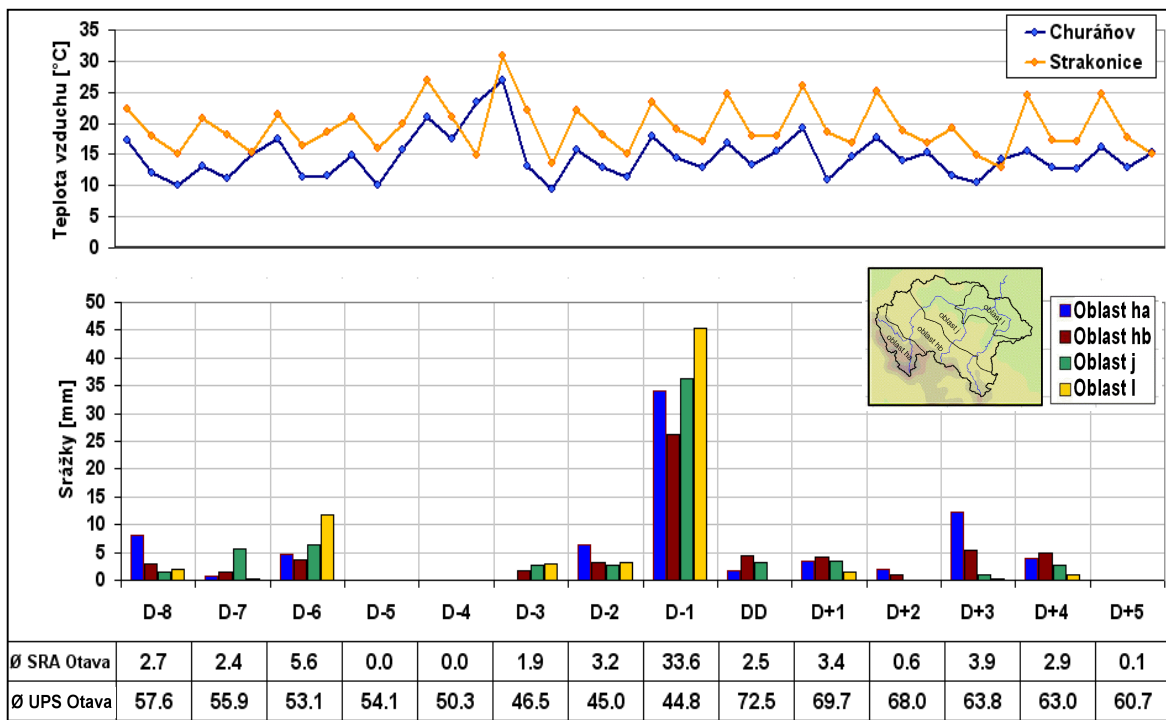
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	1.7.1963 15:00	153	Q1
Protivín	1.7.1963 21:00	21,2	<Q1
Katovice	1.7.1963 10:00	83,5	<Q1
Sušice	1.7.1963 05:00	72	<Q1

Povětrnostní situace

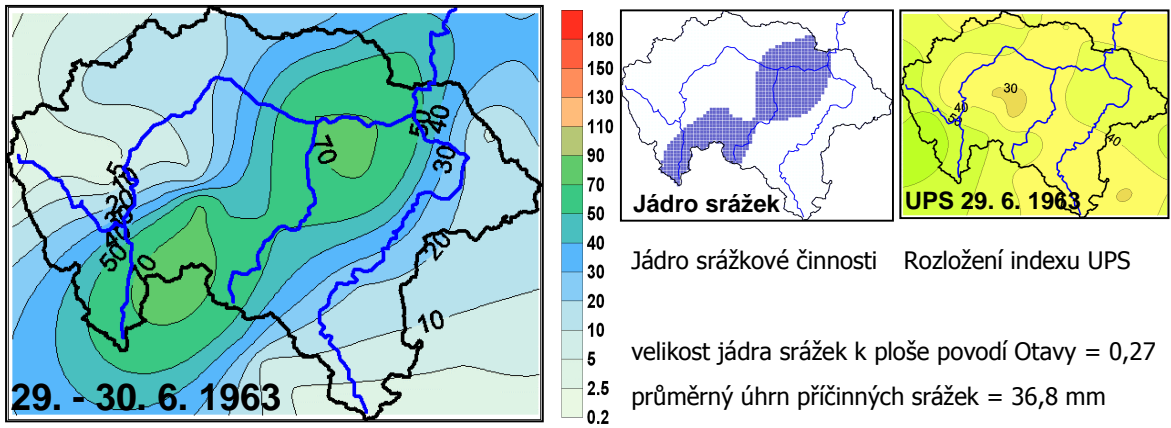
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Vfz	Vfz	Vfz	Vfz	Val	Val	Val
Churáňov směr větru [°]	270	120	340	70	70	280	350
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	6,3	2,3	3,3	2,0	2,7	3,3	1,7



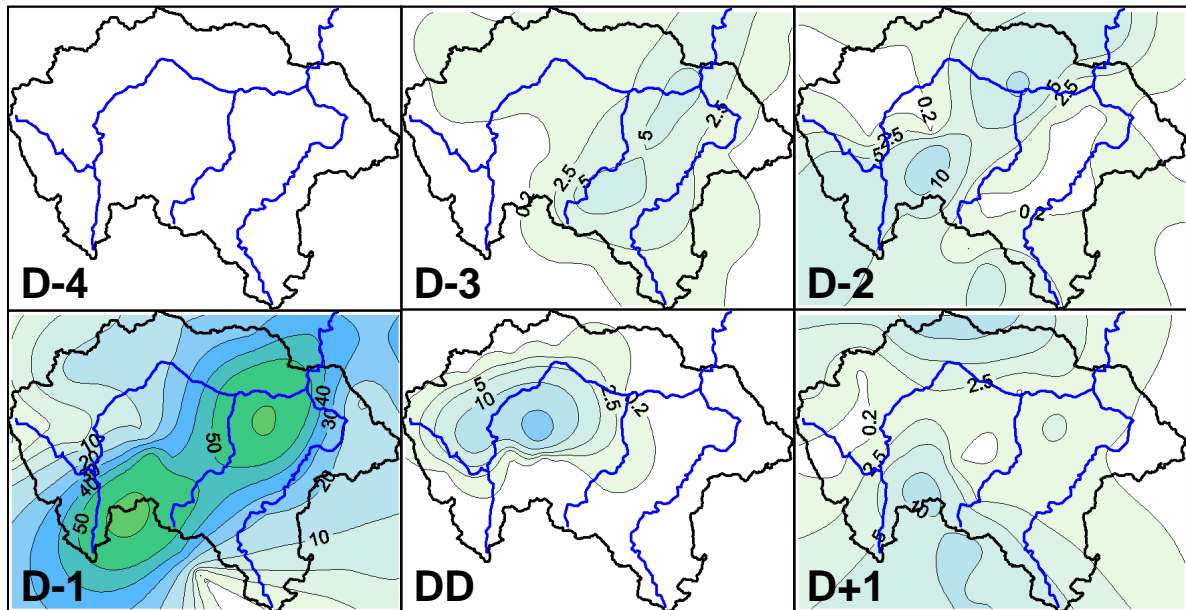
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



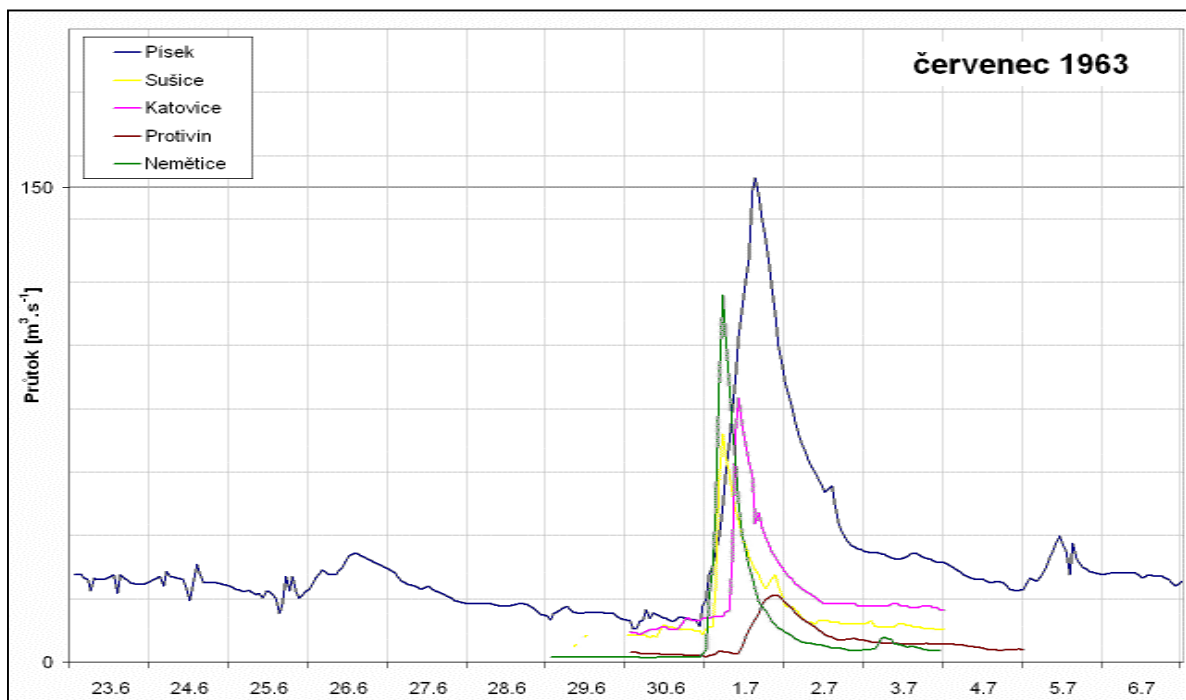
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 15.5.1962

19620515

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	15.5.1962 04:00	185	Q1-Q2
Heřmaň	15.5.1962 19:00	42	Q1-Q2
Katovice	14.5.1962 20:00	132	Q1
Sušice	14.5.1962 15:00	97,3	Q1

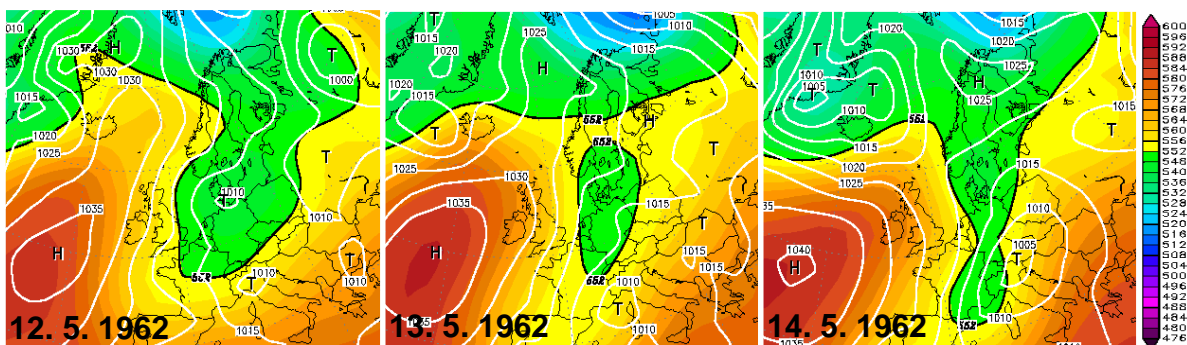
Meteorologické podmínky této povodně se velmi podobají velkým letním otavským povodním, rozdíl je pouze v množství spadlých srážek. Tlakovému poli nad střední Evropou dominovala rozsáhlá brázda nízkého tlaku, ve které se nad severní Itálií vytvořila v den D-3 tlaková níže. Ta se následující dny začala prohlubovat a ovlivňovat počasí ve střední Evropě.

Srážky se do České republiky nejprve dostávaly z východu, v den D-1 se slivem pohybu tlakové níže směr proudění změnil na severozápad a rychlost větru zesílila.

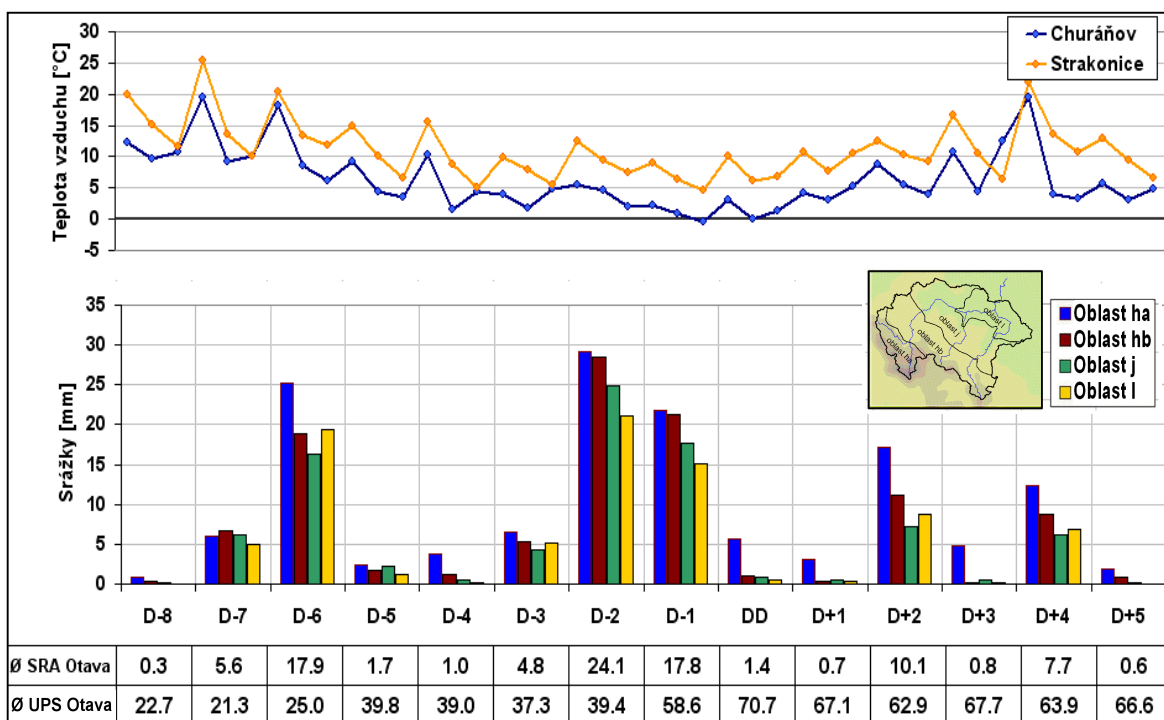
Úhrny srážek byly rozloženy na celém povodí poměrně rovnoměrně, hlavní zesílení srážkové činnosti bylo na úpatí Šumavy. Nasycenost povodí byla mírně zvýšená. Na množství odtoku se podílely všechny části povodí, nejvíce horní Otava. Blanice na dolním toku kulminovala až o několik hodin později než Otava v Písku.

Povětrnostní situace

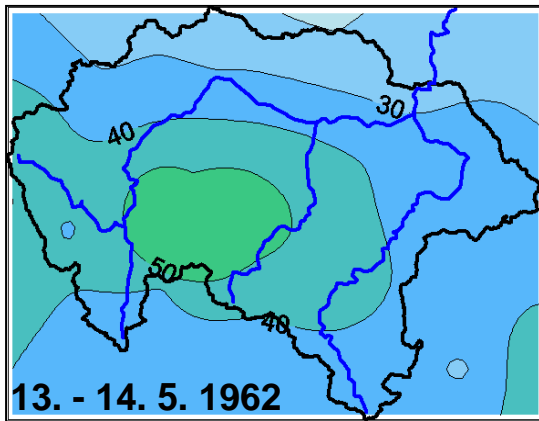
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Vfz	B	B	B	B	B	Wc
Churáňov směr větru [°]	240	240	340	60	320	270	240
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	8,0	6,3	2,0	4,7	8,0	5,7	5,3



Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]

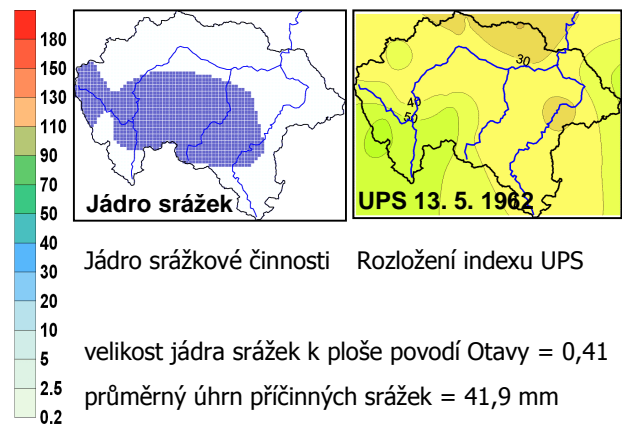


Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



13. - 14. 5. 1962

Příčinná dvoudenní srážka



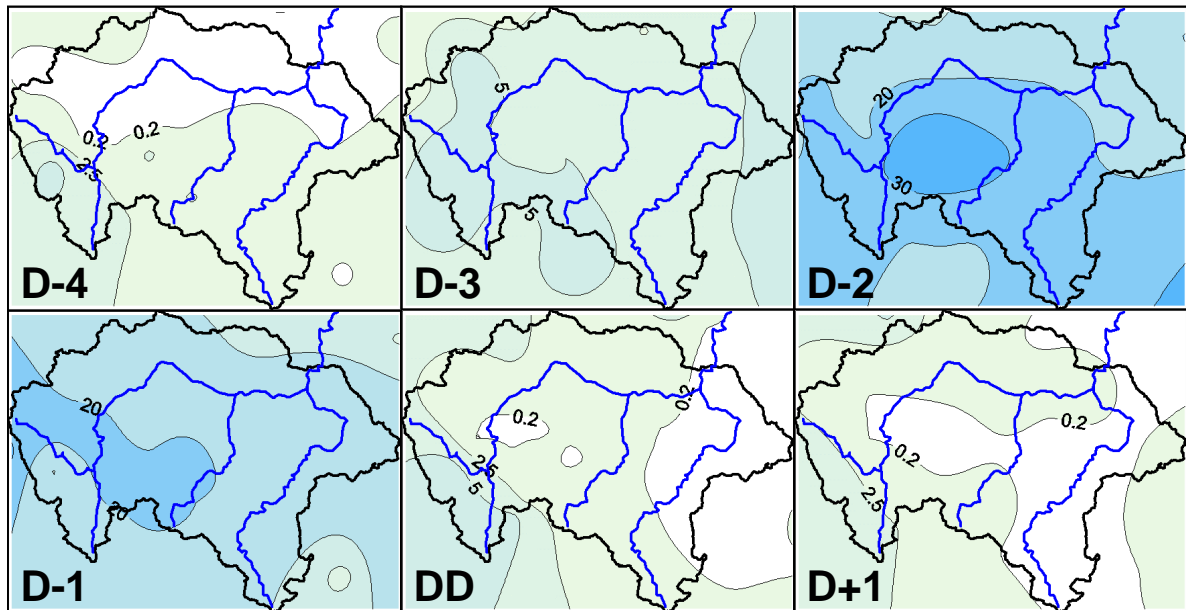
Jádro srážek

UPS 13. 5. 1962

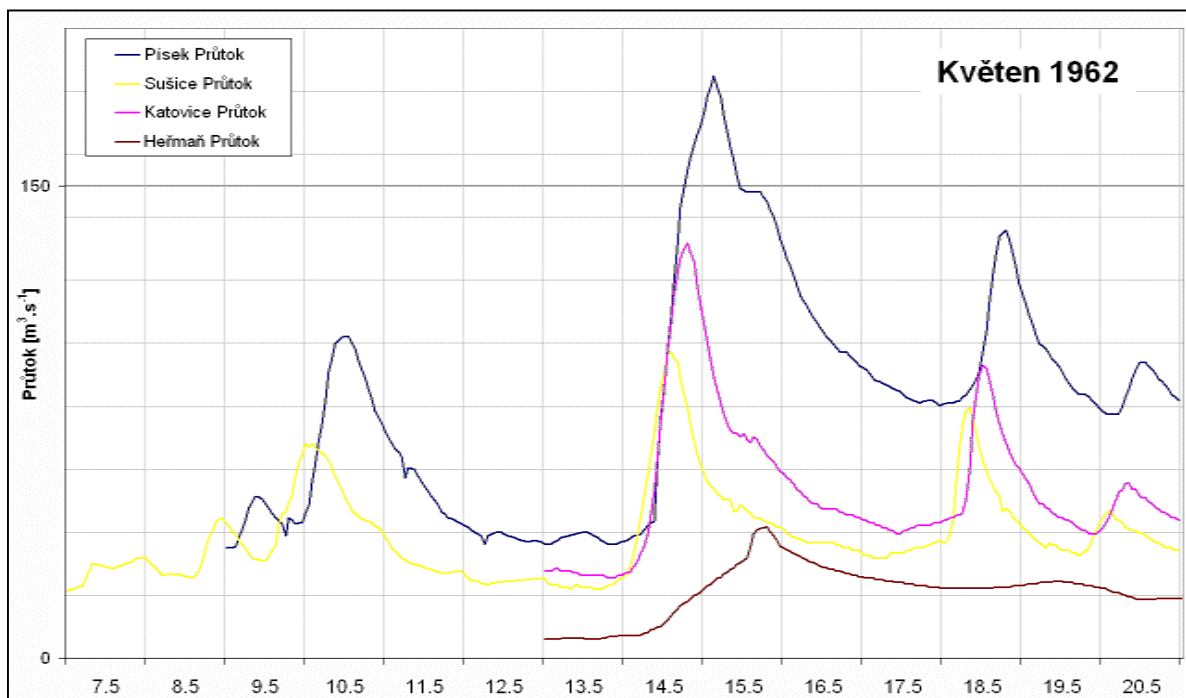
Jádro srážkové činnosti Rozložení indexu UPS

velikost jádra srážek k ploše povodí Otavy = 0,41

přůmerný úhrn příčných srážek = 41,9 mm



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 1.4.1962

19620401

Kulminace a extremita povodně

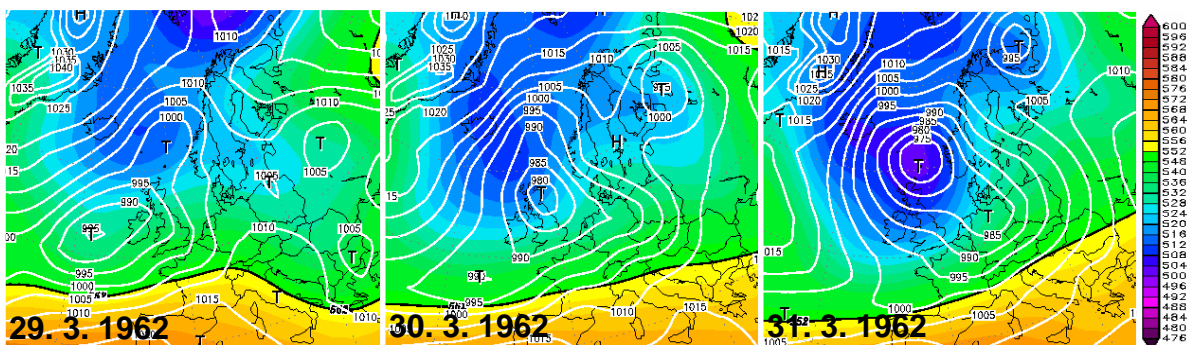
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	1.4.1961 03:00	171	Q1-Q2
Heřmaň		13,2	<Q1
Katovice	31.3.1961 19:00	161	Q2
Sušice	31.3.1961 13:00	143	Q2

Sníh se udržoval pouze na úpatí a vrcholových částech Šumavy. S nástupem západního proudění (Wcs) v den D-5 se začalo oteplovat a do povodí padaly nevýrazné srážky, v horských polohách zprvu sněhové. V D-3 se průměrné denní teploty držely nad bodem mrazu už na celé ploše povodí a zároveň zesílila srážková činnost, což mělo za následek prudké odtávání sněhu na úpatí hor a snížení mocnosti sněhové pokrývky ve vyšších polohách.

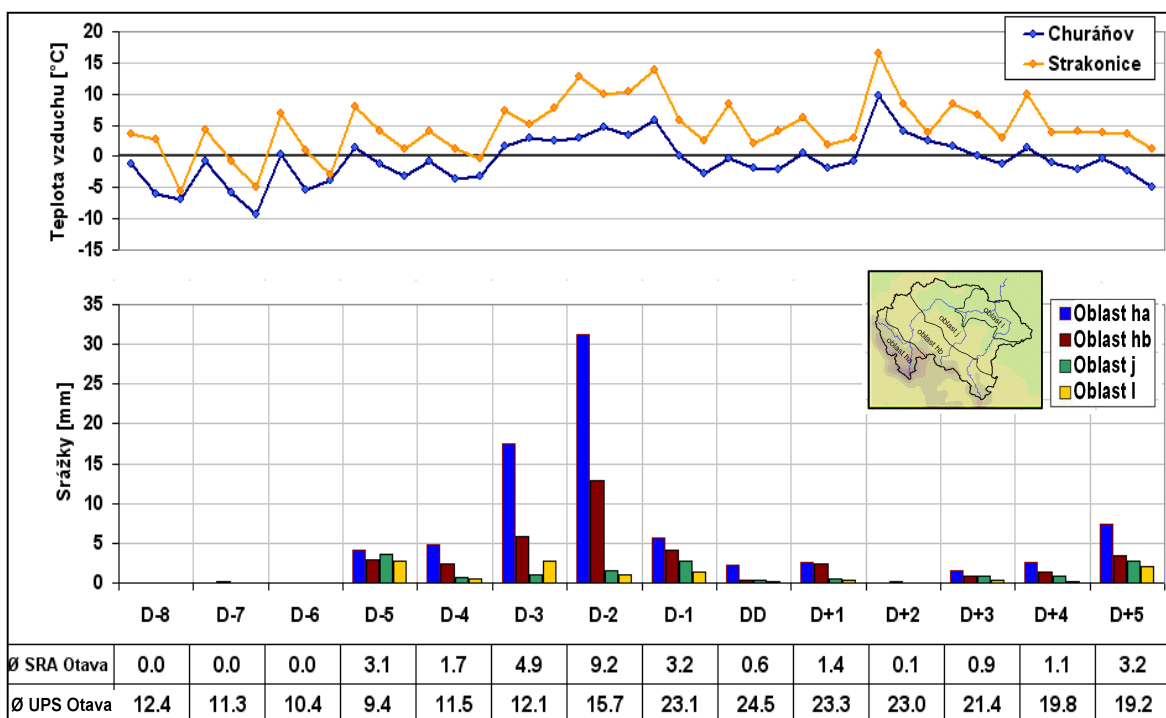
Dva dni před kulminací bylo povodí zasaženo středně silným deštěm, který byl výrazně orograficky zesílen (Churáňov 34 mm, Strakonice 1,4 mm). Z porovnání objemu dešťových srážek a povodňové vlny je zřejmé, že do odtoku se také významně zapojila voda z tajícího sněhu, která pocházela především ze středních nadmořských výšek.

Povětrnostní situace

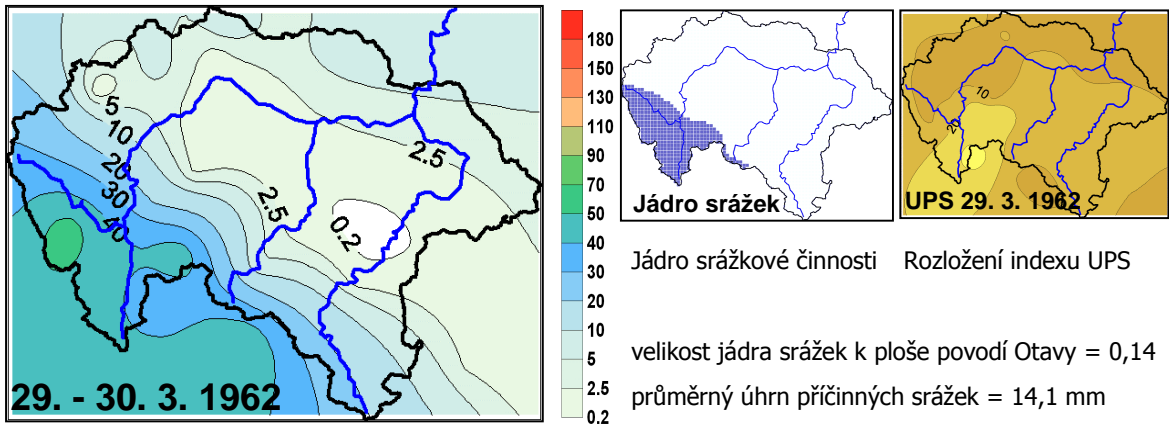
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs
Churáňov směr větru [°]	210	230	320	210	240	250	240
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	4,7	8,0	9,0	11,0	8,3	6,3	8,0



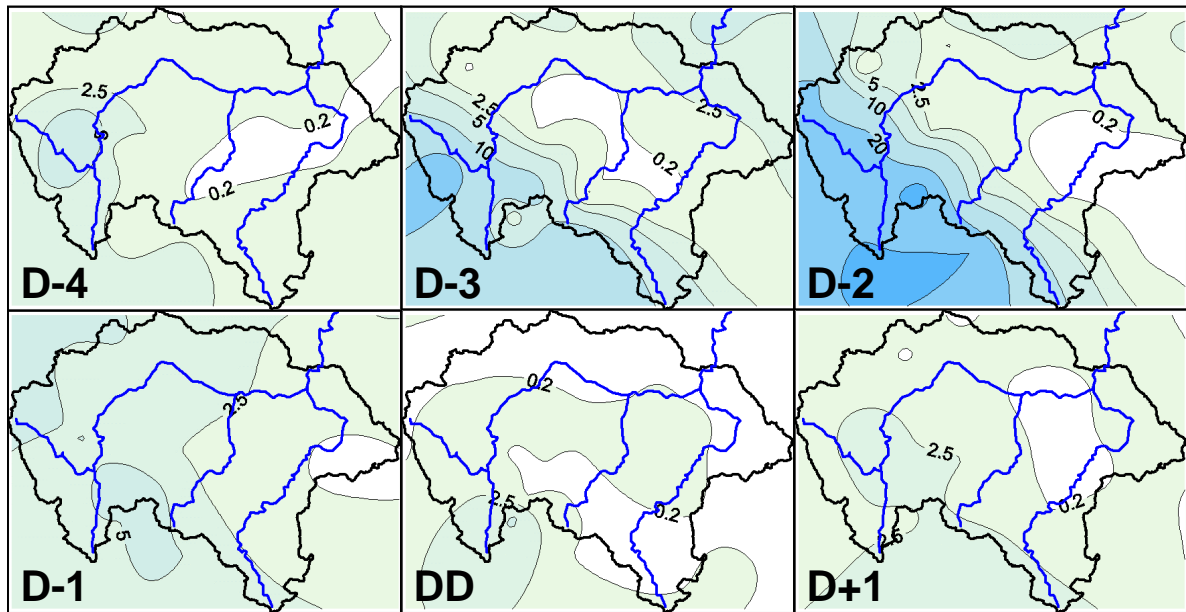
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpdm]



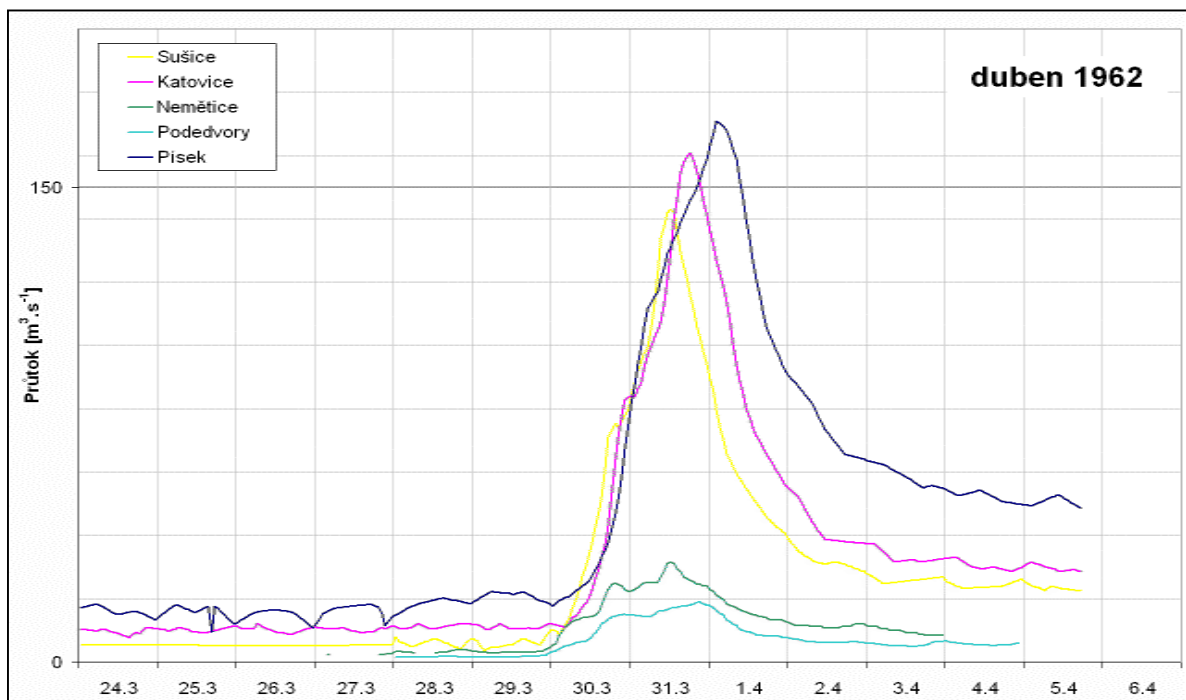
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 9.6.1961

19610609

Vydatné srážky se v povodí Otavy vyskytovaly prakticky od začátku června 1961 a již 4.6. byl v Písku překročen průtok 1leté vody. Povětrnostní příčinou byl přetrvávající vliv oblasti nízkého tlaku vzduchu nad střední Evropou, který vydržel až do dne D.

Nejvydatnější srážky spadly na povodí Otavy už ve dnech D-6 a D-5 a byly mírně zesílené na úpatí Šumavy. Další dny srážková činnost polevila a opět zesílila až ve dnech D-3 až DD, kdy se deště vyskytly ve formě četných bouřek.

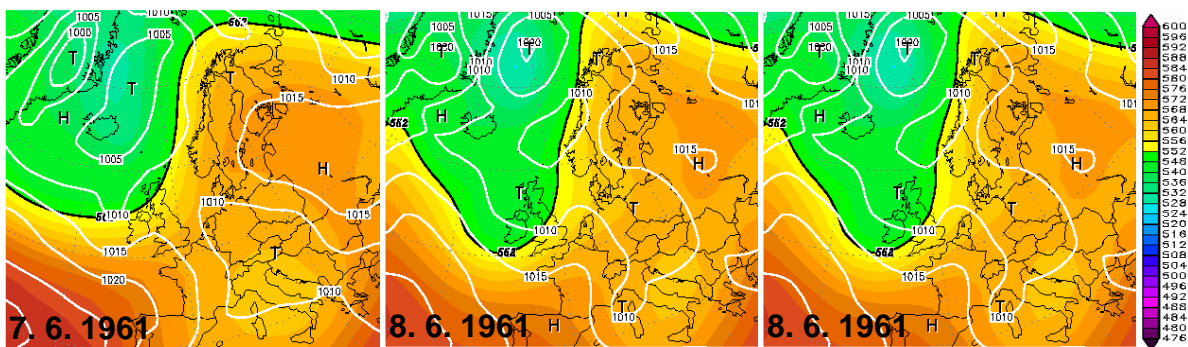
První vlny srážek ze dne D-6 a D-5 zvedly hladinu Otavy na povodňový průtok a mírné deště jí držely v Písku nad hranici 100 m³.s⁻¹. Bouřkové srážky ve dnech D-3 až D způsobily krátkodobé rychlé vzestupy, které vyvrcholily v Písku v DD překročením průtoku 180 m³.s⁻¹. Největší extremity (Q5) ale dosáhla v D-2 Volyňka v Němčicích.

Kulminace a extremity povodně

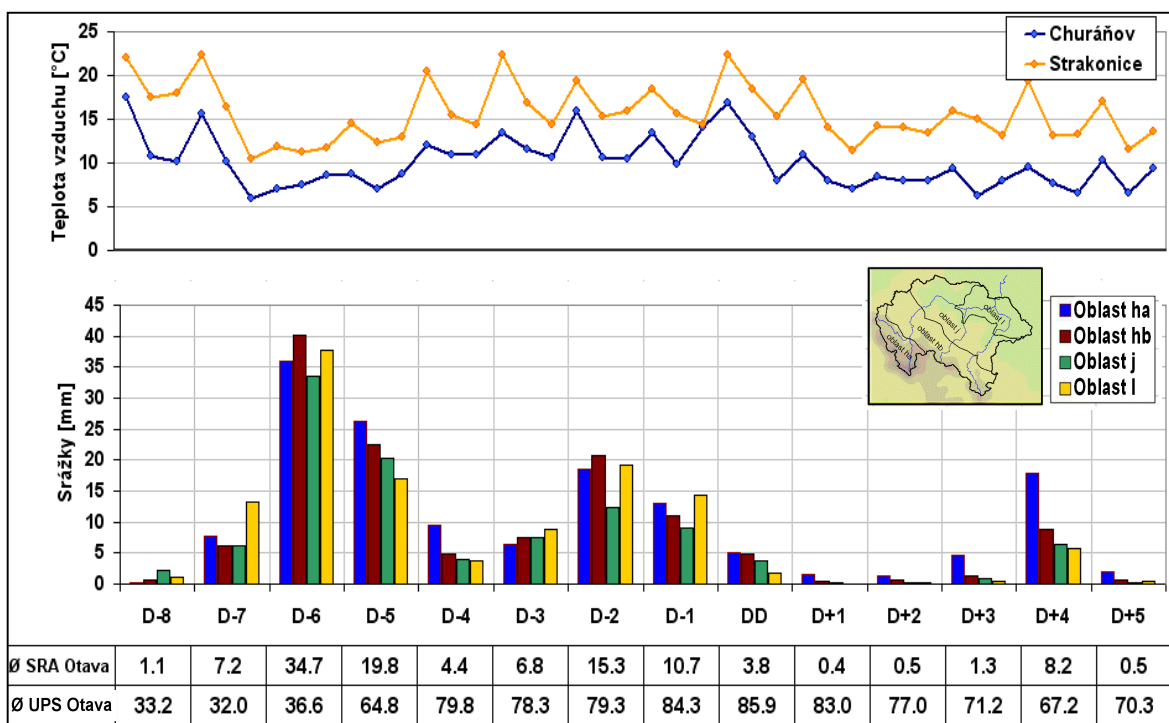
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	9.6.1961 03:00	188	Q2
Protivín	8.6.1961 20:00	32,2	Q1
Katovice	8.6.1961 18:00	72,2	<Q1
Sušice	8.6.1961 22:00	43,5	<Q1

Povětrnostní situace

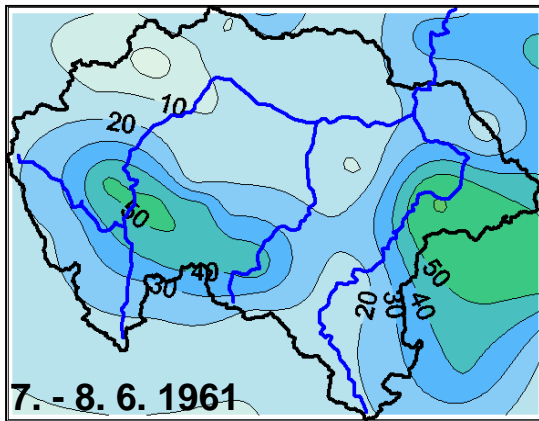
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	Ec	Ec	Ec	B	B	B	B
Churáňov směr větru [°]	220	330	10	230	250	120	220
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	3,3	1,7	1,7	1,7	1,3	1,7	7,0



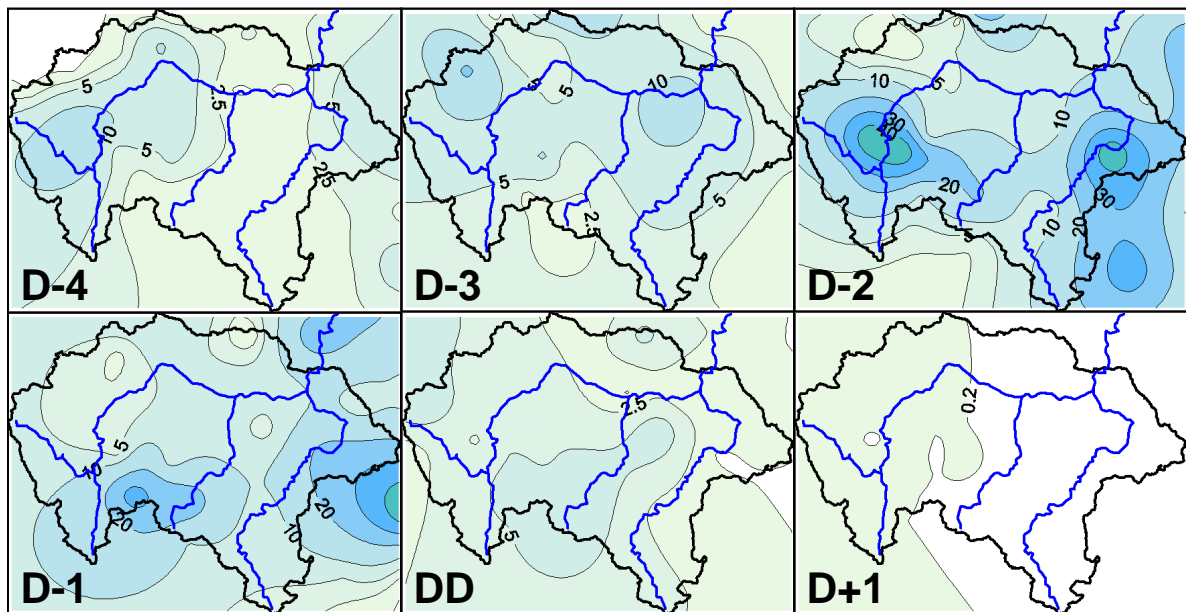
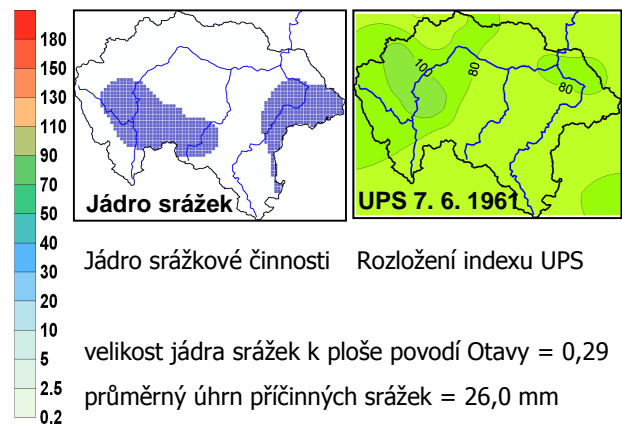
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



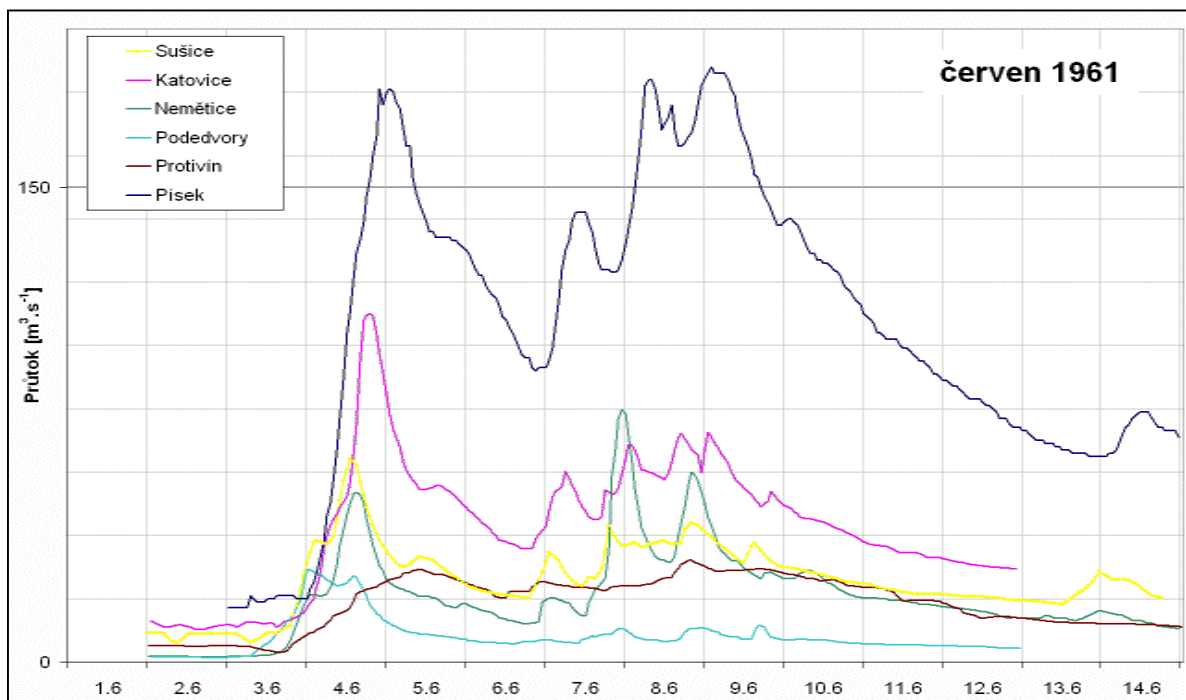
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 9.7.1954

19540709

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	9.7.1954 12:00	800	Q100
Heřmaň	9.7.1954 08:00	181	
Katovice	9.7.1954 05:00	403	
Sušice	9.7.1954 01:00	262	

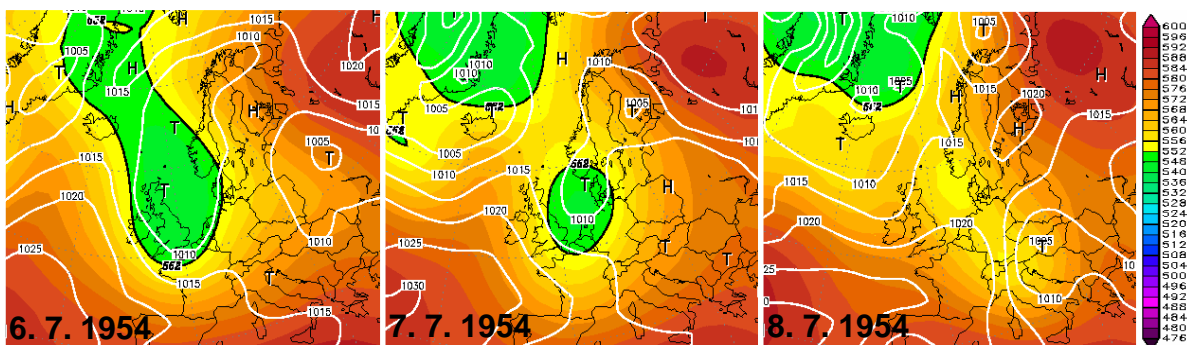
Na Otavě je tato povodeň největší za celé 20. století a je již poměrně dobře zdokumentovaná v různých pracích. Rozvodnění se v této době vyskytlo po celém povodí Vltavy a způsobilo například komplikace při dokončování Slapské přehrady, kdy došlo k nečekanému vyplnění nádrže a přelití právě dokončené přehradní hráze.

V povodí Otavy předcházela povodni nevýrazná nasycenost. Příčinná srážka spadla během dvou dní a podle velikosti průměrných úhrnů na celém povodí Otavy je to nejvyšší dvoudenní srážka za historii měření, která nebyla překonána ani v roce 2002. V Kašperských Horách přesáhl dvoudenní úhrn mezi 7. a 8. červencem 222 mm).

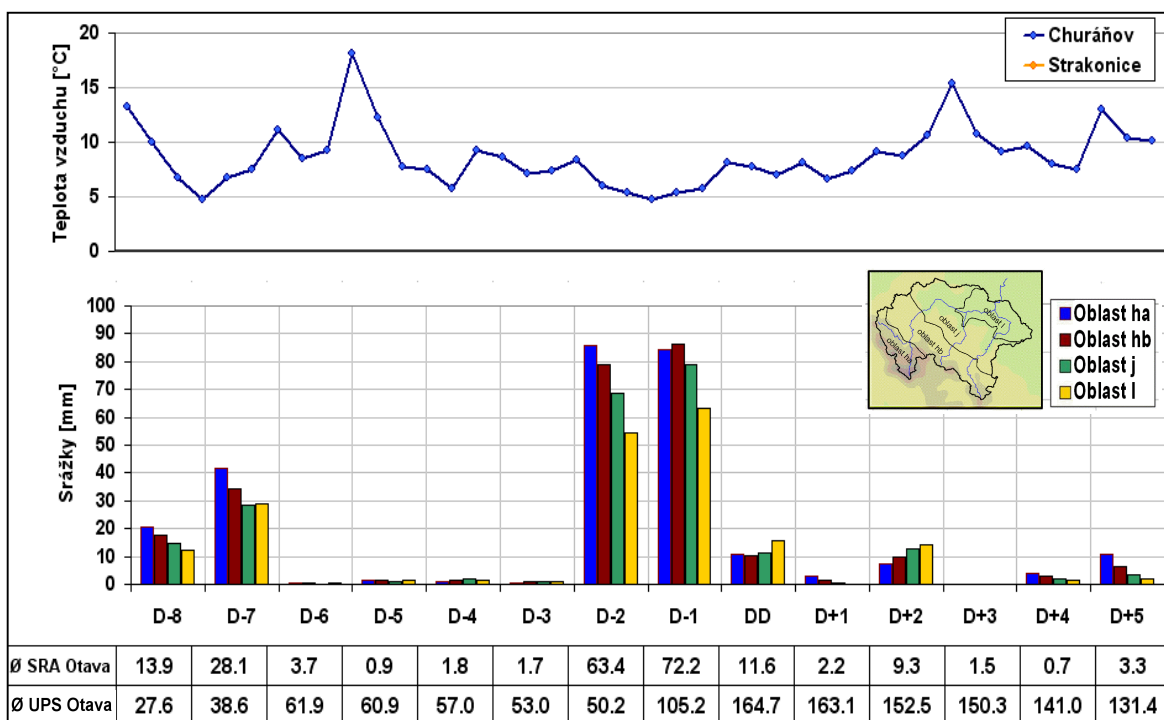
Povodňová vlna Otavy v Písku má velmi prudkou vzestupnou větev vlny, u které dosahuje přírůstek průtoku místy 50 m³.s⁻¹ za hodinu.

Povětrnostní situace

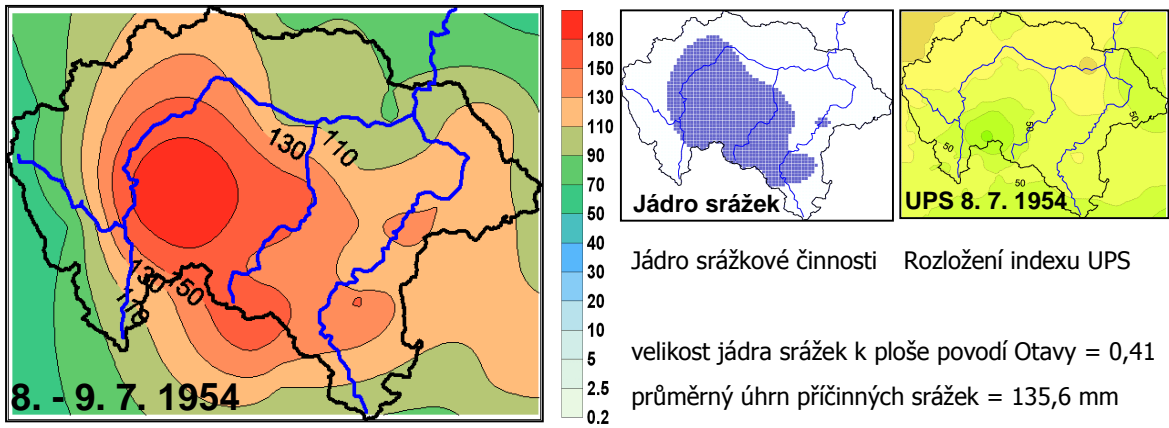
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	B	B	B	C	C	C	C
Churáňov směr větru [°]	240	250	320	310	310	280	230
Churáňov rychl. větru [m.s ⁻¹]	3,3	6,0	1,3	4,3	11,0	2,0	9,3



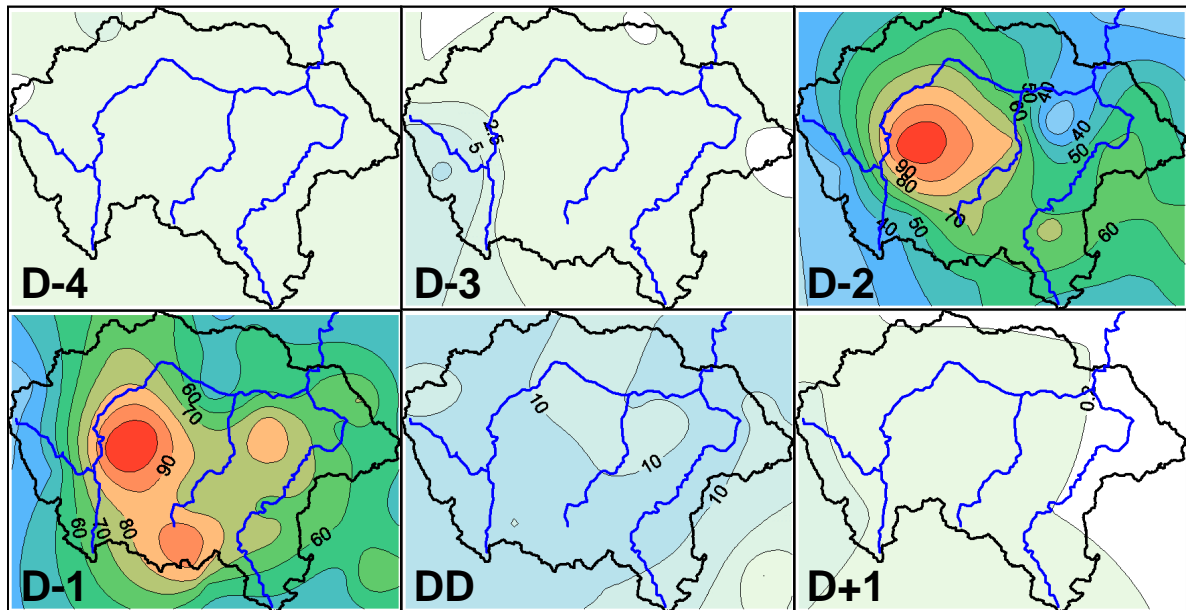
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa] a výška hladiny 500 hPa [gpm]



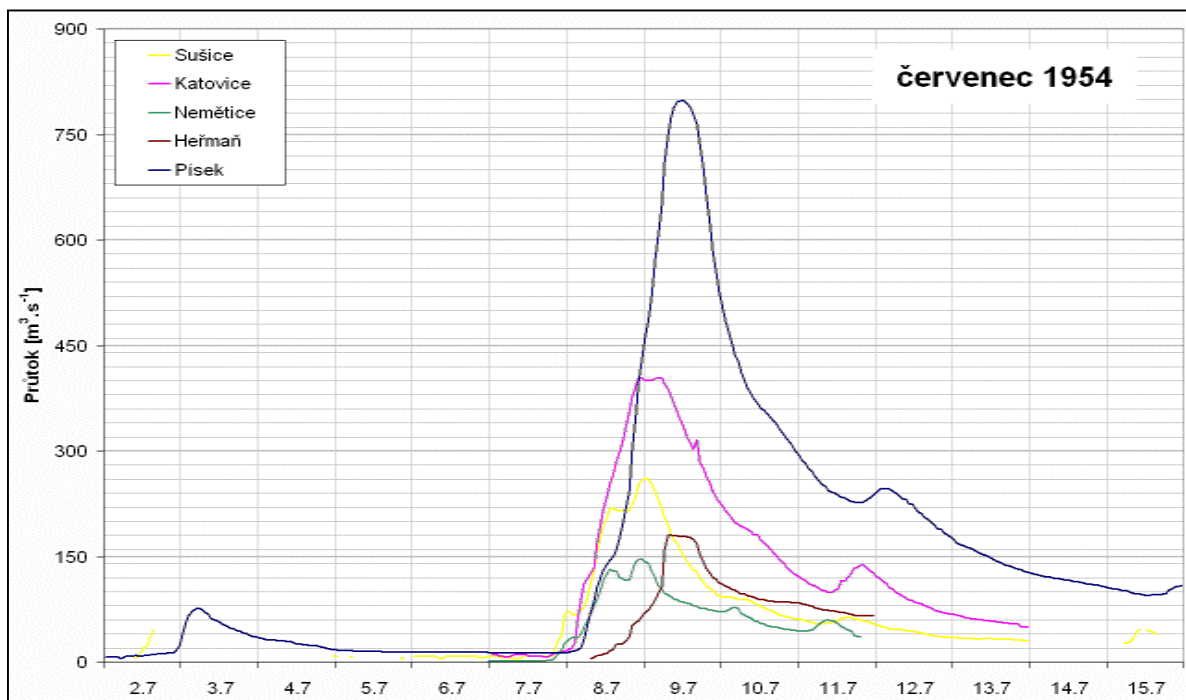
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 31.5.1940

19400531

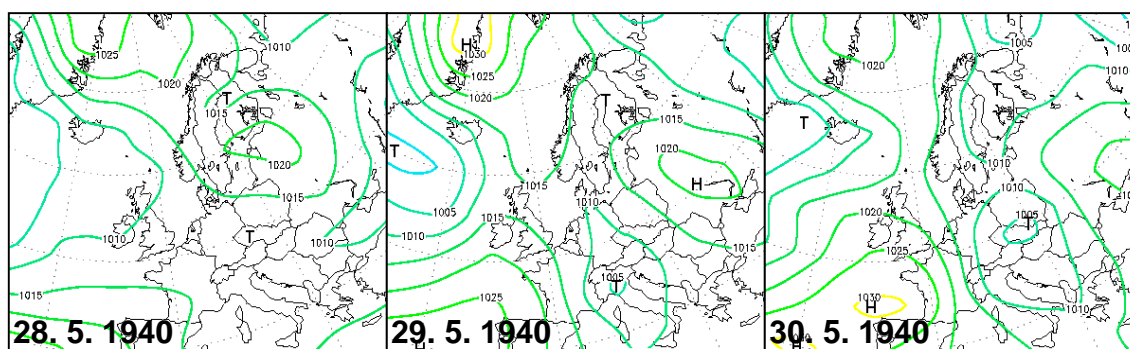
Tato povodeň vznikla následkem prostorově omezených srážek pouze na povodí Otavy, protože na ostatních částech povodí Vltavy nebyly v této době zaznamenány významnější povodně. Také z rozložení příčinné srážky je patrný její lokální charakter. Srážka spadla během jediného dne, navíc v poměrně malé oblasti v horské části povodí Otavy. Denní úhrny na několika stanicích v této oblasti přesáhly 100 mm a ve stanici Schätzuv Les na Šumavě byl 30. května 1940 naměřen dosud nepřekonaný denní úhrn **189 mm**. Díky poloze příčinné srážky se průtoková vlna formovala z větší části v povodí horní Otavy a Volyňky. I po transformaci průtokové vlny v korytě Otavy byl vzestup hladiny v Písku neobvykle prudký. Mezi patou vlny a kulminací uběhlo pouze 20 hodin, ačkoli rozdíl průtoků mezi nimi byl 370 m³.s⁻¹.

Kulminace a extremita povodně

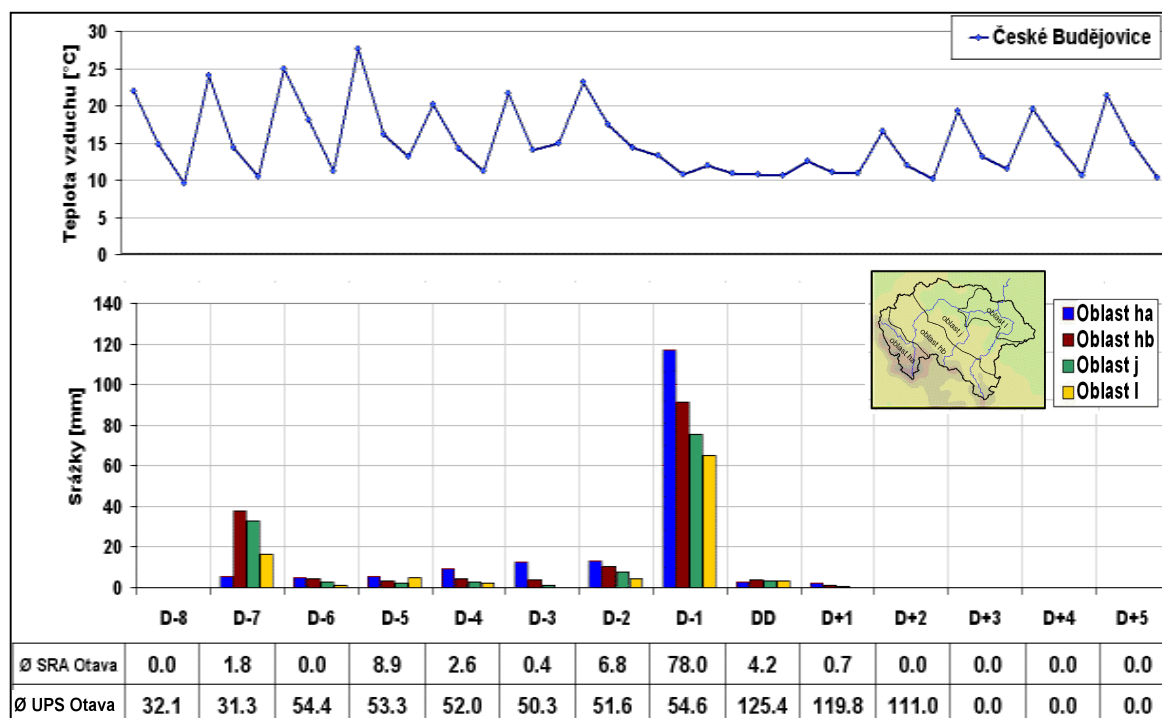
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	31.5.1940 18:00	400	Q10
Heřmaň			
Katovice	31.5.1940 13:00	318	Q20
Sušice	31.5.1940 06:00	254	Q20

Povětrnostní situace

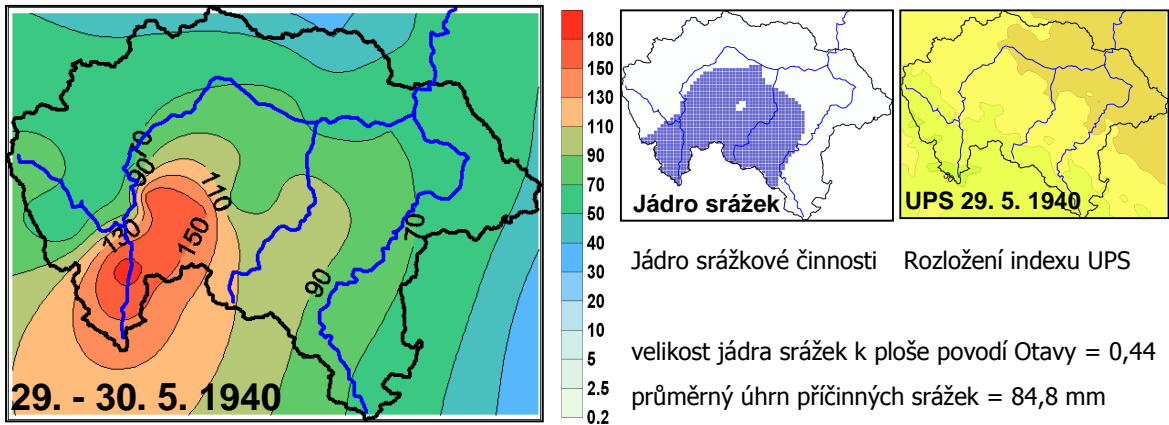
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	-	-	-	-	-	-	-
Č. Budějovice směr větru [°]	90	30	90	130	100	310	310
Č. Bud. rychlost větru [m.s ⁻¹]	1,0	2,7	1,0	3,0	2,3	2,0	2,7



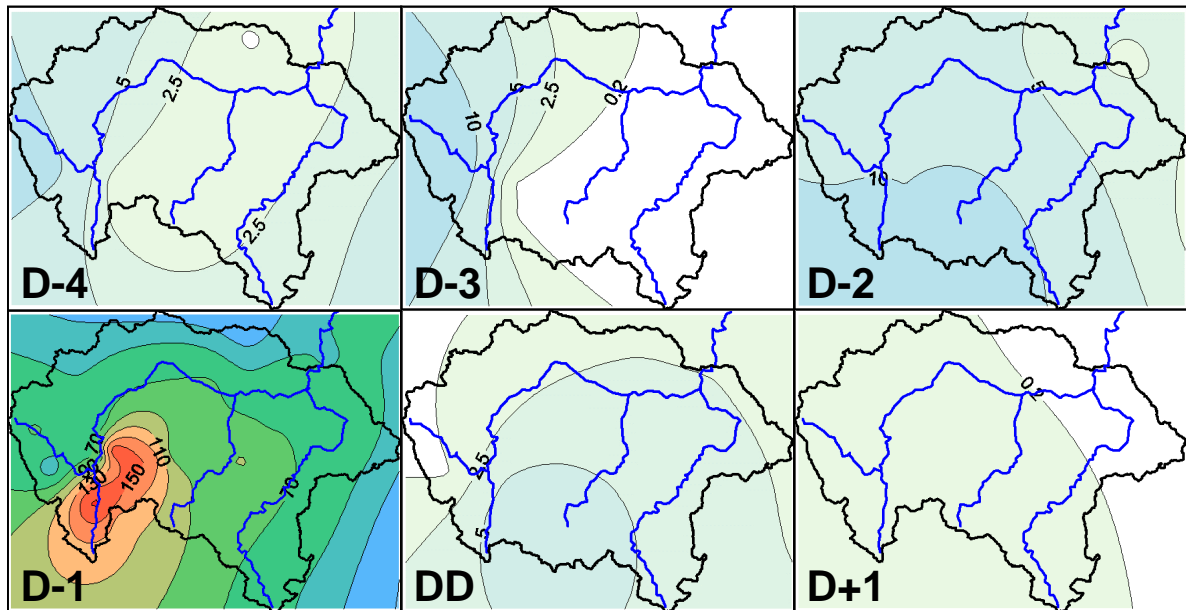
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa]



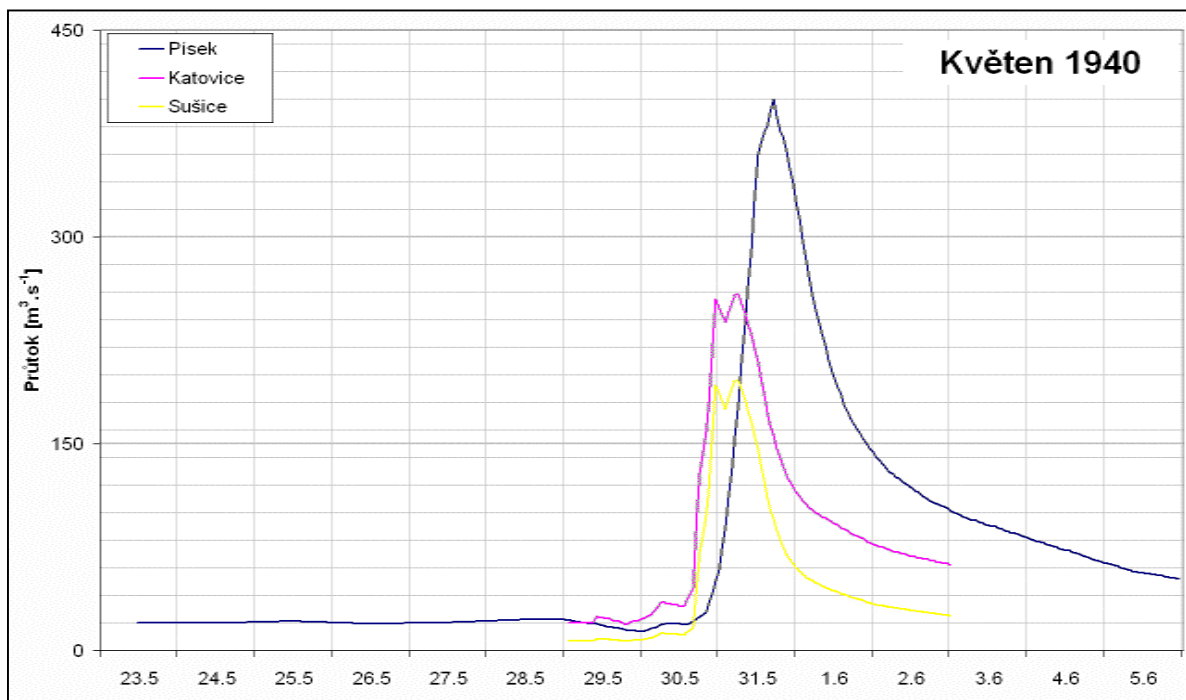
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 8.10.1915

19151008

Už od začátku října se na povodí Otavy vyskytovaly vydatné srážky, které postupně zmenšovaly retenční schopnost půdy. Část těchto srážek se projevila ve zvýšení průtoků, který už v den D-4 přesahoval na Otavě v Písku 100 m³.s⁻¹.

Příčinné srážky měly u této povodně poměrně dlouhé trvání a zasáhly rovnoměrně celou plochu povodí. Nejvyšší úhrny byly zaznamenány v povodí horní Blanice.

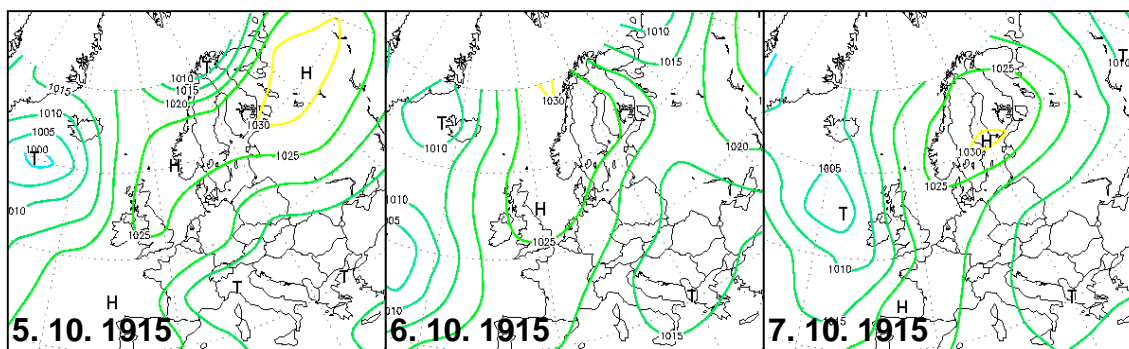
Z tvaru průtokové vlny Otavy v Písku, které má dva vrcholy je zřejmé, že odtoková odezva při hlavní povodňové vlně ve dnech D-1 až D probíhala ve dvou fázích. Protože tyto vrcholy jsou vzdáleny více než jeden den, je jeho příčinou zřejmě časoprostorový chod srážek, který z dat v denním kroku nemusí být zřejmý.

Kulminace a extremita povodně

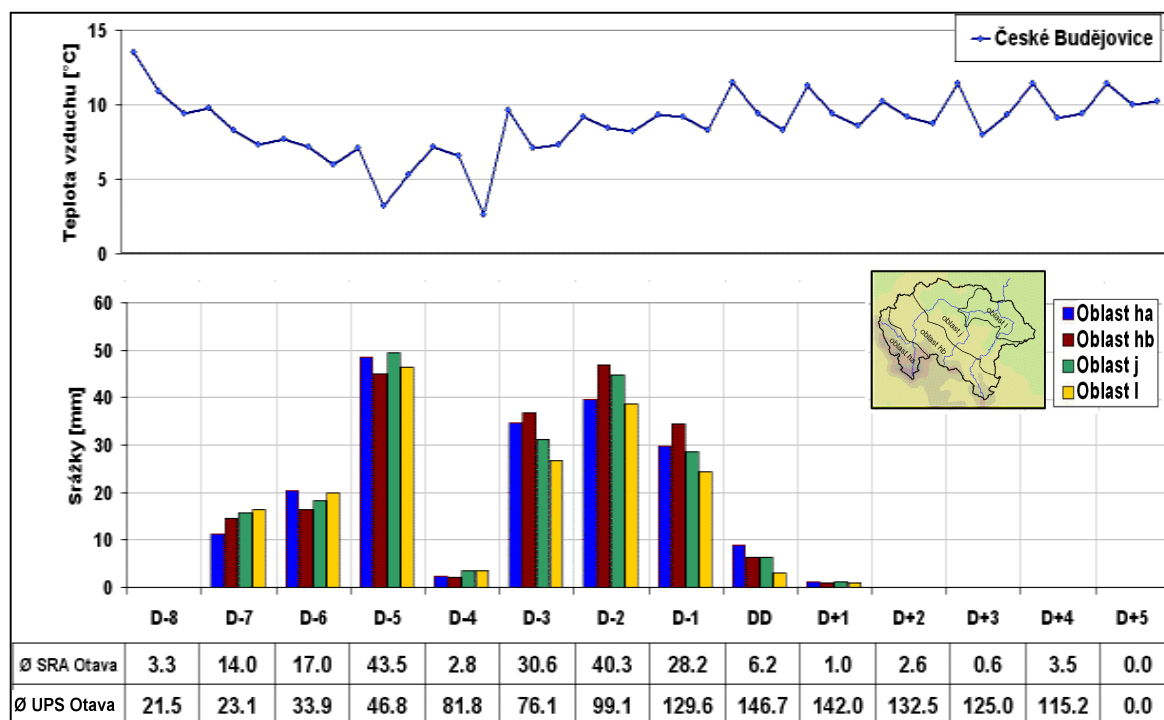
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	8.10.1915 10:00	500	Q20
Heřmaň			
Katovice			
Sušice			

Povětrnostní situace

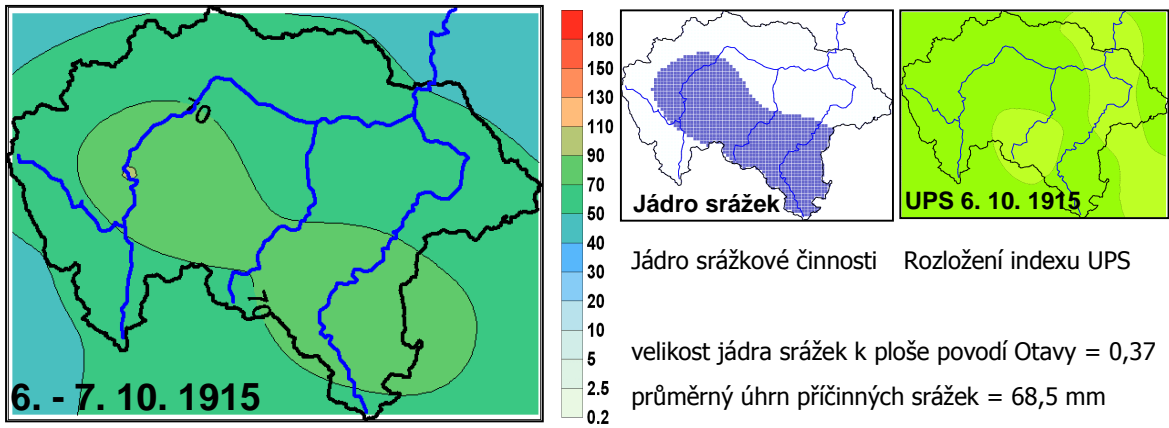
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	-	-	-	-	-	-	-
Č. Budějovice směr větru [°]	310	290	40	300	300	60	100
Č. Bud. rychlost větru [m.s ⁻¹]	6,4	2,0	2,3	3,3	1,3	1,7	2



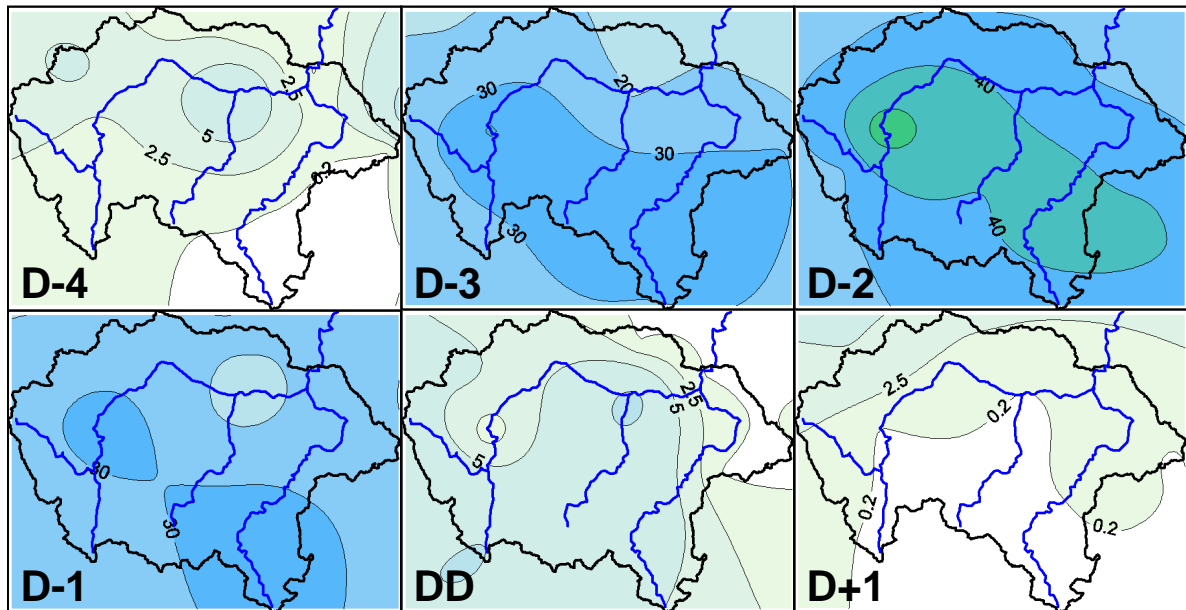
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa]



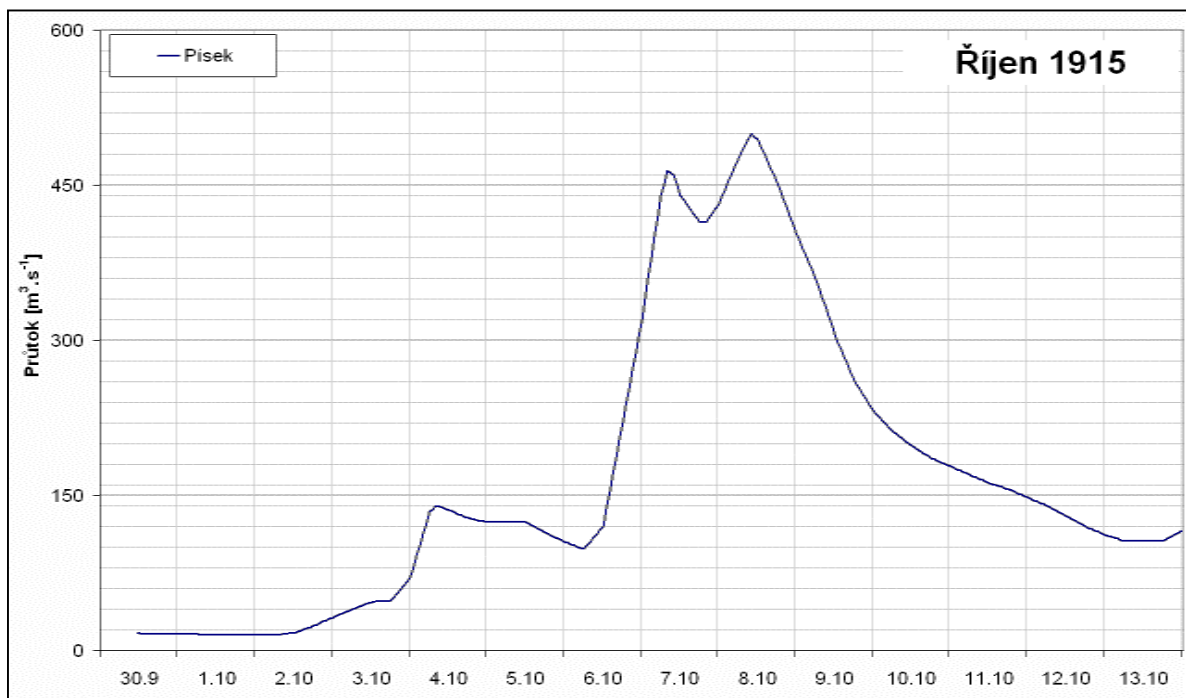
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 14.9.1899

18990914

Druhá polovina srpna a začátek září 1899 byl v povodí Otavy srážkově podprůměrný. Celá druhý zářijový týden se ale v povodí Otavy vyskytovaly srážky, které zprvu nezpůsobily výraznější vzestupy na Otavě, ale postupně nasýtily povodí.

Příčinná srážka spadla ve dnech D-2 a D-1. Byla orograficky dosti zesílená, nejvyšší denní úhrny naměřily stanice v centrální části Šumavy – například stanice Modrava 12.9. - 95,8 mm.

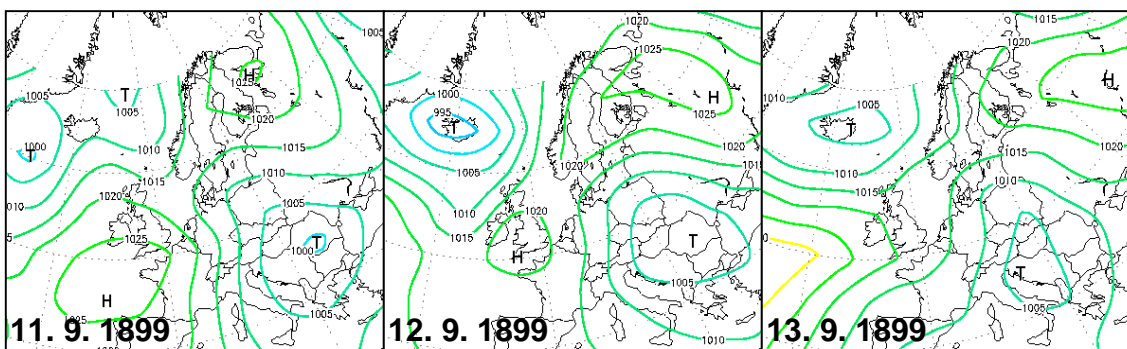
Z tvaru povodňové vlny v Písku lze usuzovat na vysokou intenzitu srážek, která vyvolala velmi rychlou odtokovou odezvu se strmou vzestupnou i sestupnou větví povodňové vlny Otavy v Písku.

Kulminace a extremita povodně

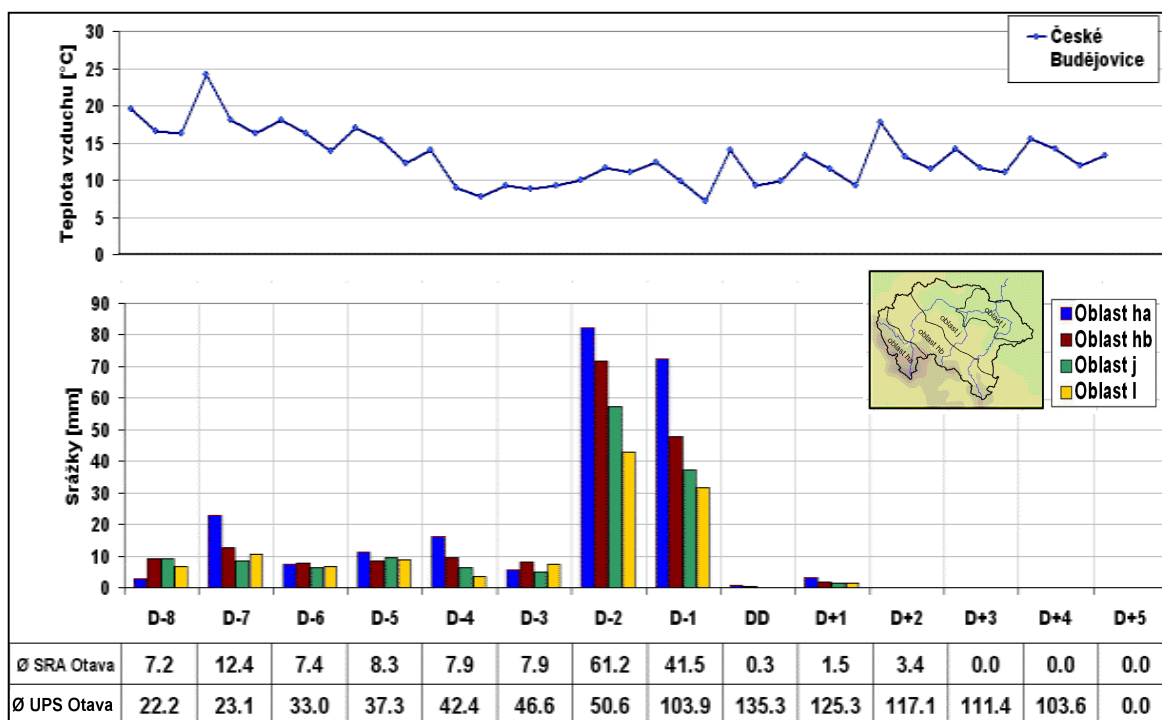
	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	14.9.1899 07:00	560	Q20-Q50
Heřmaň			
Katovice			
Sušice			

Povětrnostní situace

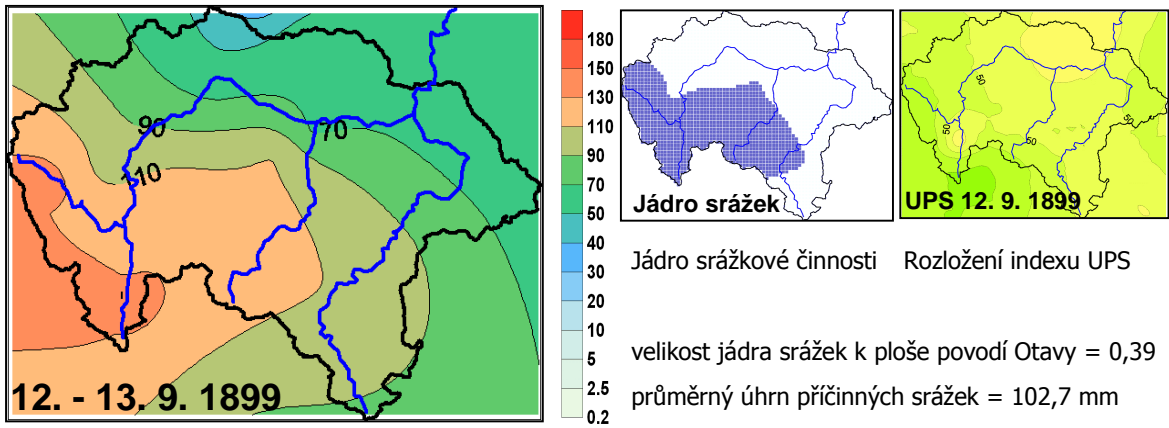
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	-	-	-	-	-	-	-
Č. Budějovice směr větru [°]	310	310	330	310	310	310	270
Č. Bud. rychlost větru [m.s ⁻¹]	1,3	5,0	4,3	11,7	5,7	1,3	1,0



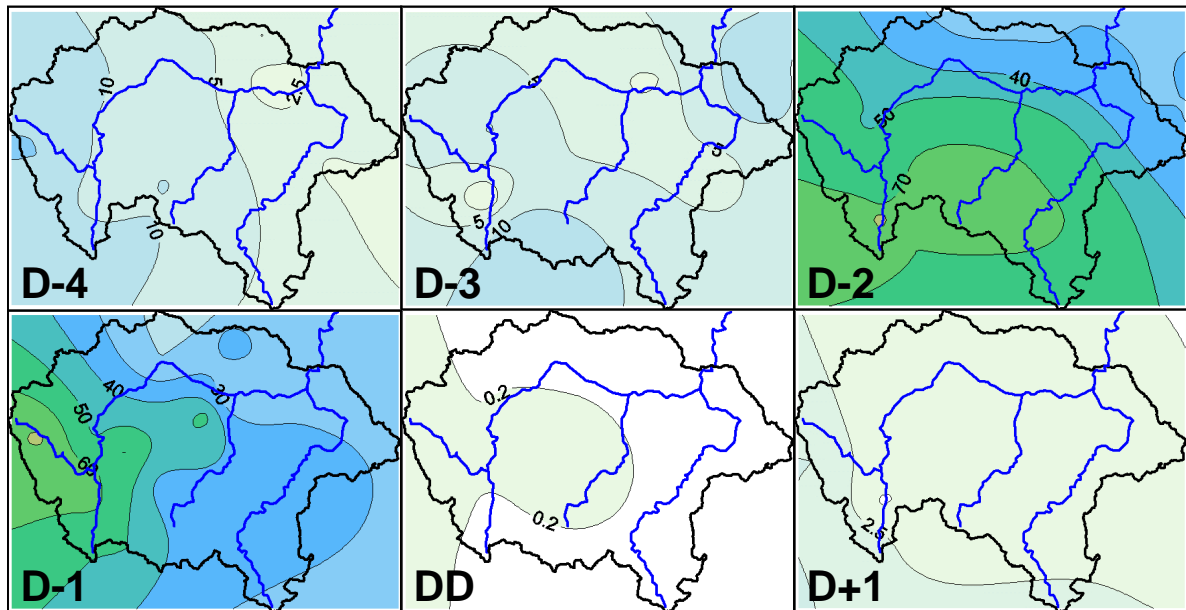
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa]



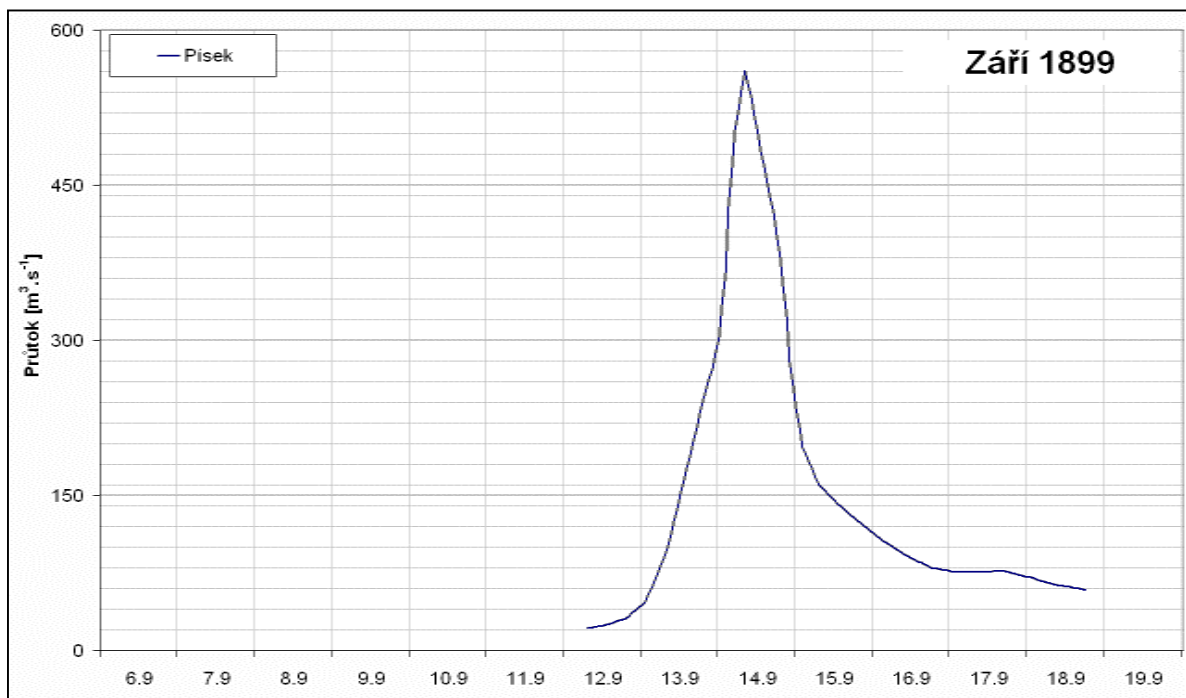
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 5.5.1896

18960505

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	5.5.1896 04:00	560	Q20-Q50
Heřmaň			
Katovice			
Sušice			

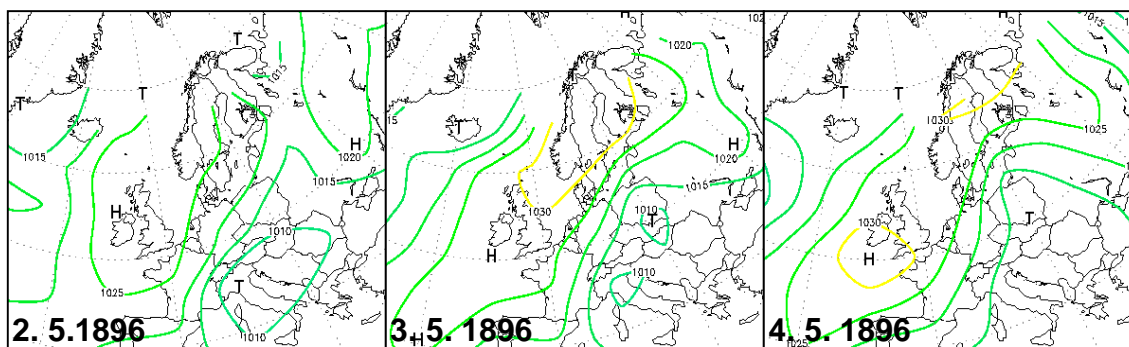
Povodí Otavy bylo na konci dubna roku 1896 pravděpodobně z většiny plochy již bez sněhu. Naznačují to údaje ze stanice Vimperk, která zaznamenala v dubnu pouze 5 dní se sněhovou pokrývkou a navíc záznamy teplot byly po celou druhou polovinu dubna trvale kladné, a to i u horské stanice Hůrka u Prášil. Nasycenost povodí sice z hlediska UPS nebyla vysoká, ale je možné, že byla reálně vyšší díky tání sněhu z konce zimy.

Deště se na povodí Otavy vyskytly už na konci dubna, hlavní vlna srážek, která způsobila povodeň, přešla přes povodí ve dnech D-3 až D-1. V té době spadlo místy až 100 mm, nejvíce v dolní části povodí v okolí Písku.

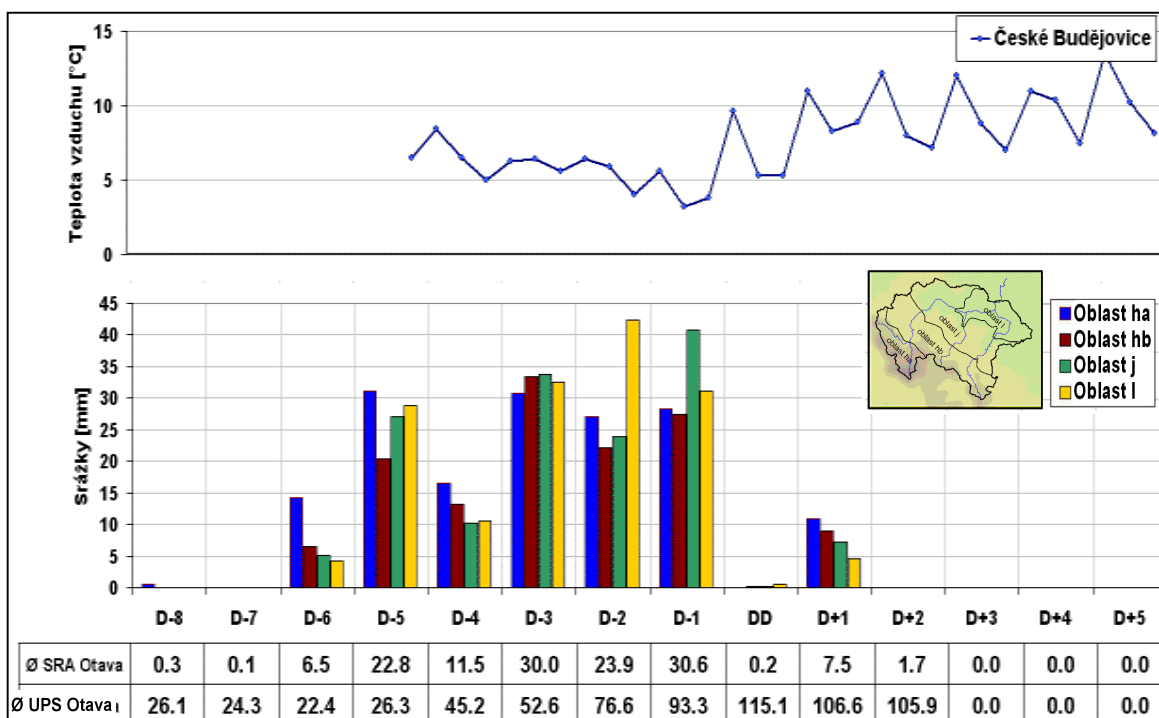
Relativně málo intenzivní, ale dlouhotrvající srážky se odrazily i na tvaru průtokové vlny, která má pozvolný nástup a velký objem.

Povětrnostní situace

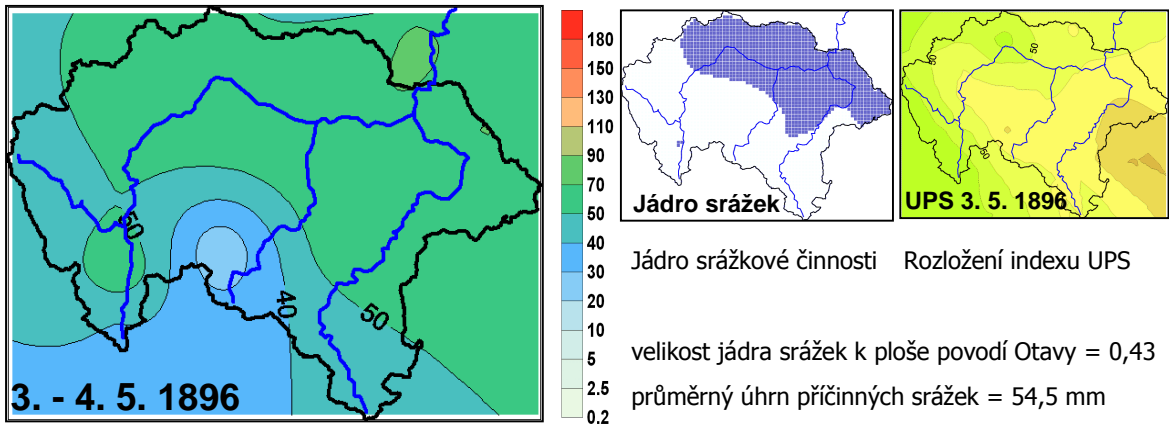
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	-	-	-	-	-	-	-
Č. Budějovice směr větru [°]	-	360	300	280	270	280	270
Č. Bud. rychlost větru [m.s ⁻¹]	-	2,3	3,3	3,0	4,3	2,0	2,0



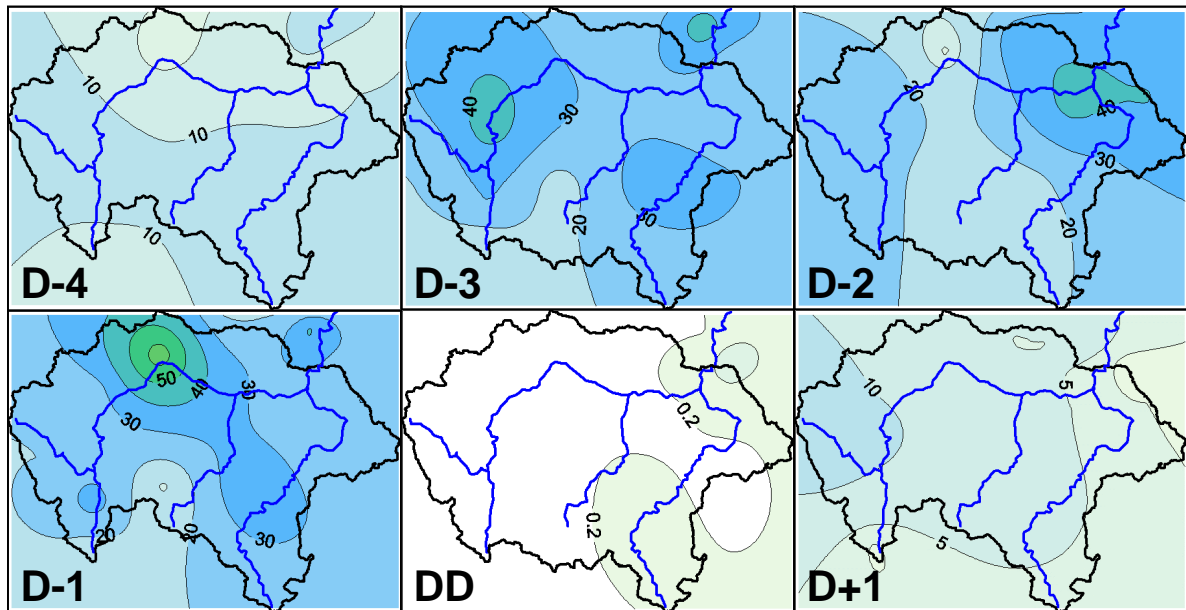
tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa]



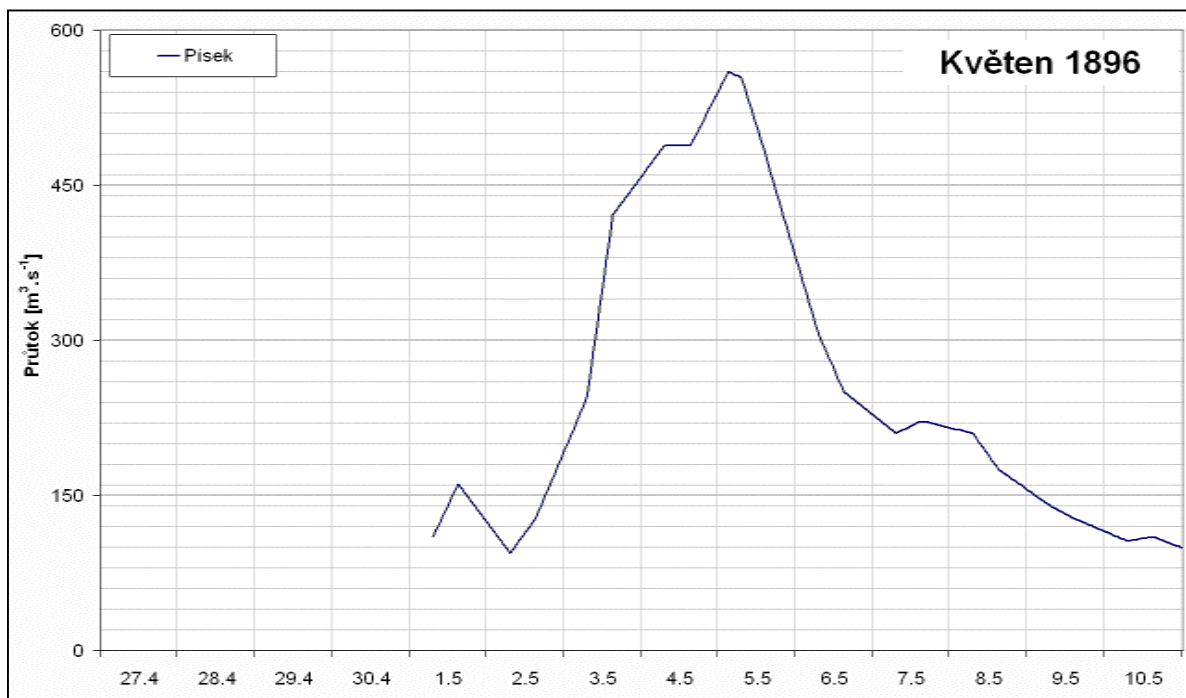
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 5.10.1894

18941005

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek		600	Q20-50
Heřmaň			
Katovice			
Sušice			

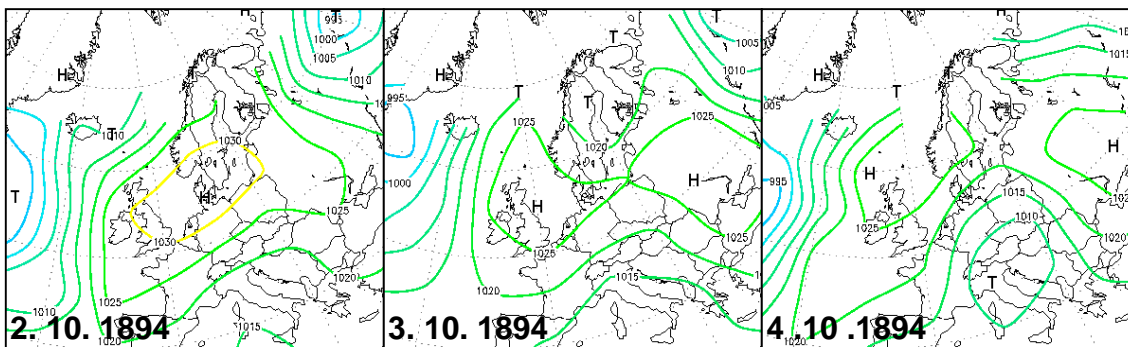
Nasycenost povodí Otavy, určená na základě velikosti ukazatele předchozích srážek UPS, byla před touto povodní malá a odpovídala průměru pro začátek října.

Příčinné dešťové srážky byly rozloženy rovnoměrně na celém povodí Otavy. Nejvyšší úhrny byly naměřeny v podhůří Šumavy. Během 4 dní D-4 až D-1 napršelo místy až 100 mm, ale rozhodující vliv na vznik povodně měly srážky spadlé pouze ve dnech D-2 a D-1.

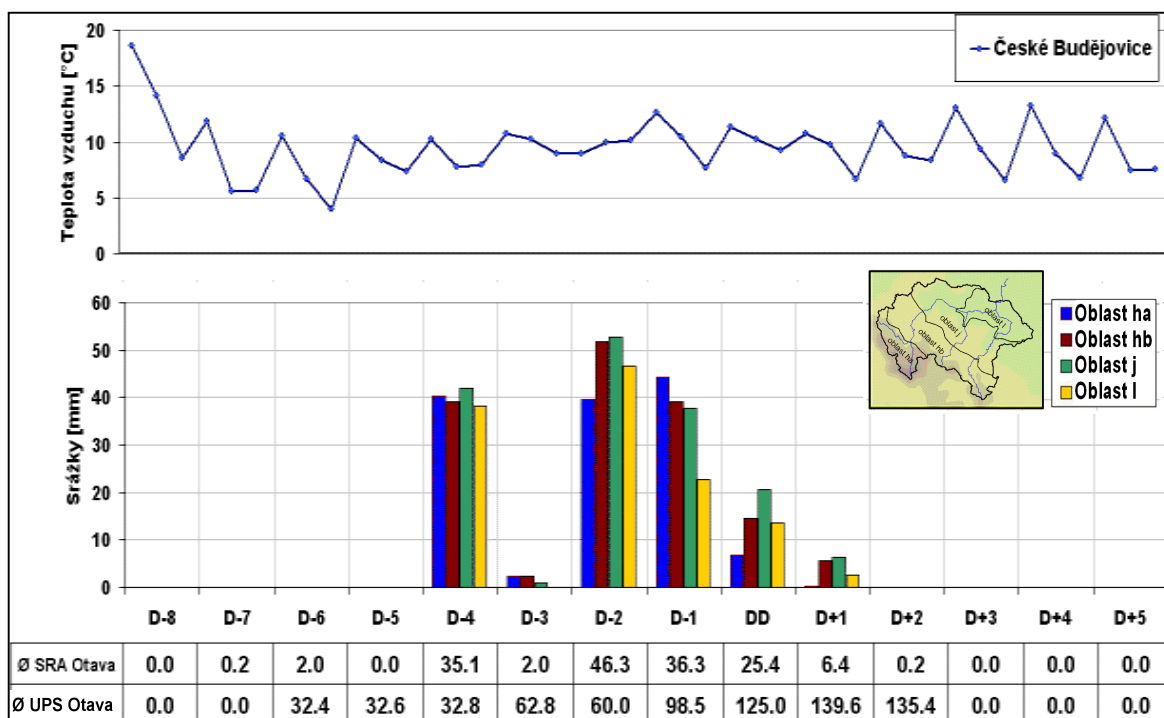
Velikost úhrnů srážek nebyla v jednotlivých dnech příliš velká a podle charakteru průtokové vlny v Písku, mající velmi prudkou vzestupnou i sestupnou část vlny, lze usuzovat, že srážky ve dnech D-2 a D-1 spadly v kratším časovém intervalu a dosahovaly pravděpodobně vyšších intenzit.

Povětrnostní situace

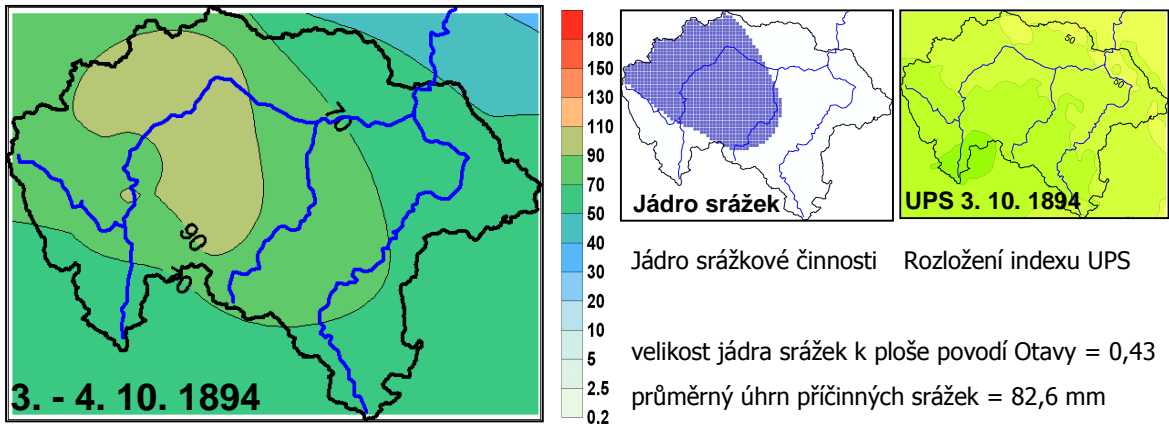
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	-	-	-	-	-	-	-
Č. Budějovice směr větru [°]	10	40	70	310	360	90	340
Č. Bud. rychlost větru [m.s ⁻¹]	5,3	5,3	1,3	2	1,7	1,3	2,4



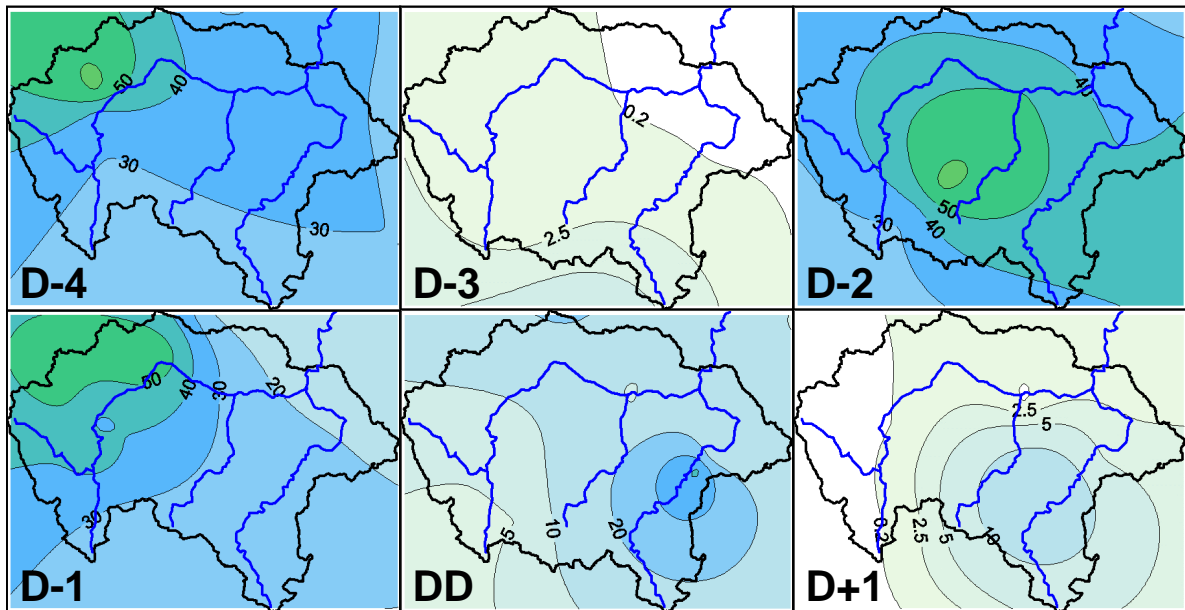
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa]



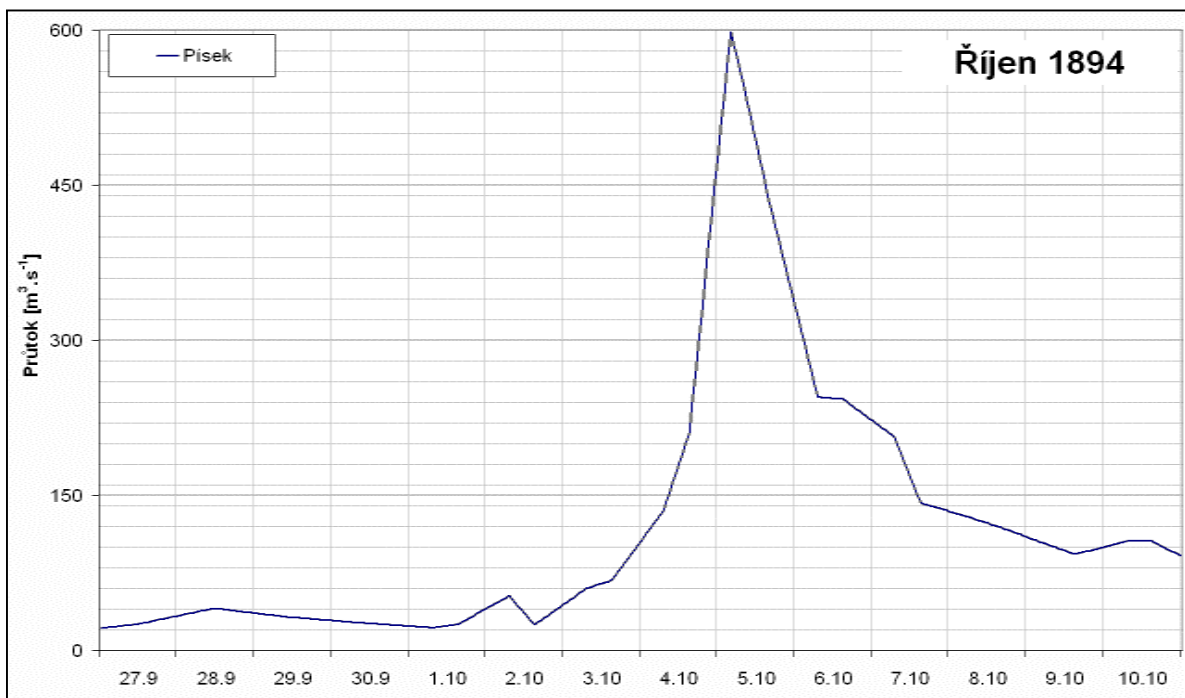
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy

DD 4.9.1890

18900904

Kulminace a extremita povodně

	Datum a čas kulminace	Kulminace [m ³ .s ⁻¹]	Extremita
Písek	4.9.1890 02:00	800	Q100
Heřmaň			
Katovice			
Sušice			

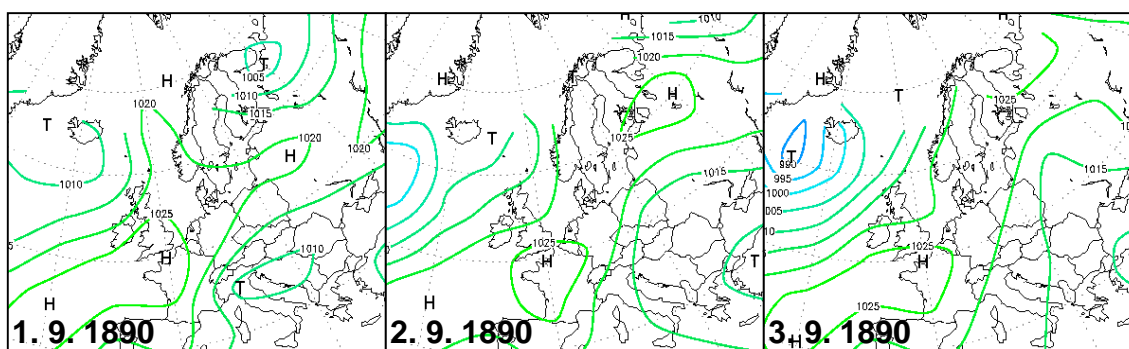
Katastrofální povodeň ze září roku 1890 zasáhla většinu plochy povodí Vltavy. Z hlediska povětrnostních příčin a rozložení srážek je tato povodeň podobná epizodě ze srpna 2002. Menší povodeň se na Otavě v roce 1890 vyskytla už na začátku srpna a proto se v povodí udržovala nadprůměrná nasycenost půdy.

Srážky na začátku září měly kromě vysokých intenzit neobvykle dlouhou dobu trvání. Během 4 dní spadlo na povodí Otavy 165 mm srážek, což je více než při druhé povodni v srpnu 2002. Maximální denní úhrny se pohybovaly kolem 90 mm a byly naměřeny v oblasti kolem Kašperských hor.

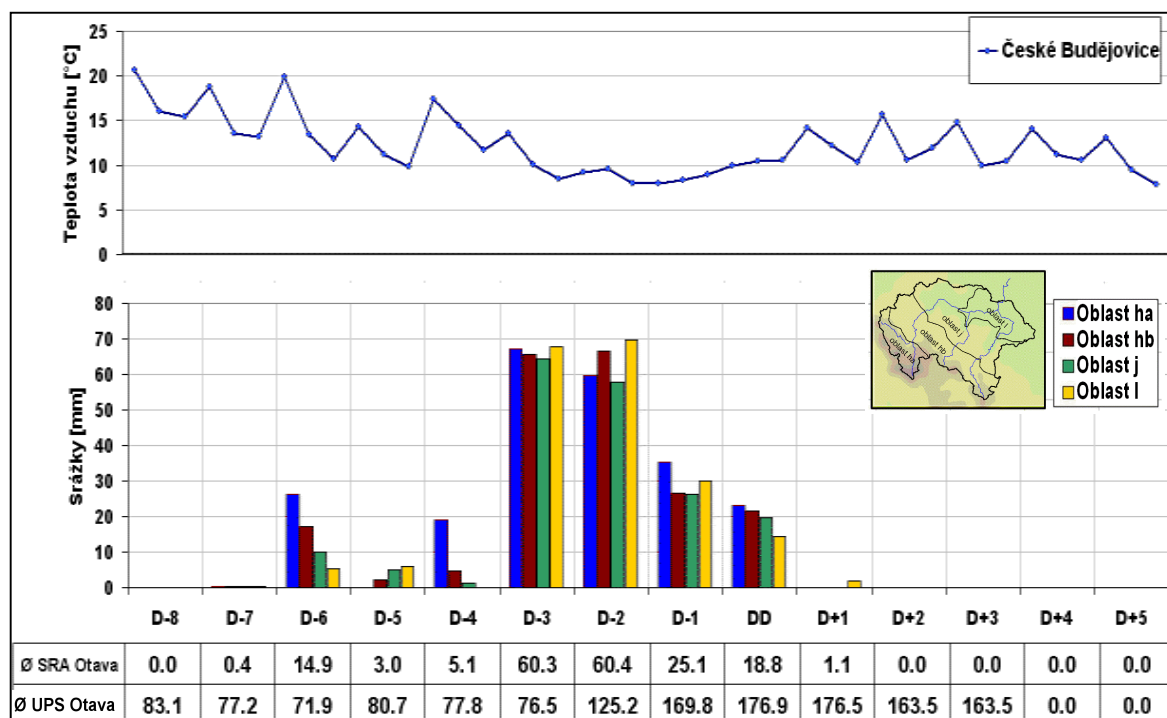
Na průtokové vlně v Písku je patrný vliv delšího trvání srážek, které způsobilo, že vlna má plochy vrchol.

Povětrnostní situace

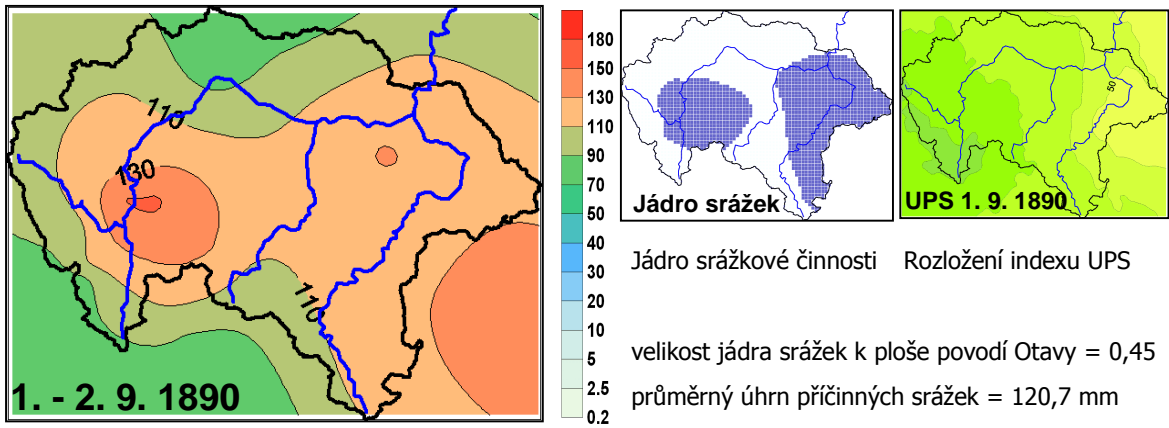
Dny před a po kulminaci DD	D-5	D-4	D-3	D-2	D-1	DD	D+1
Synoptická situace	-	-	-	-	-	-	-
Č. Budějovice směr větru [°]	360	60	300	310	310	310	310
Č. Bud. rychlost větru [m.s ⁻¹]	3,3	2,0	3,7	6,0	3,3	2,7	2,0



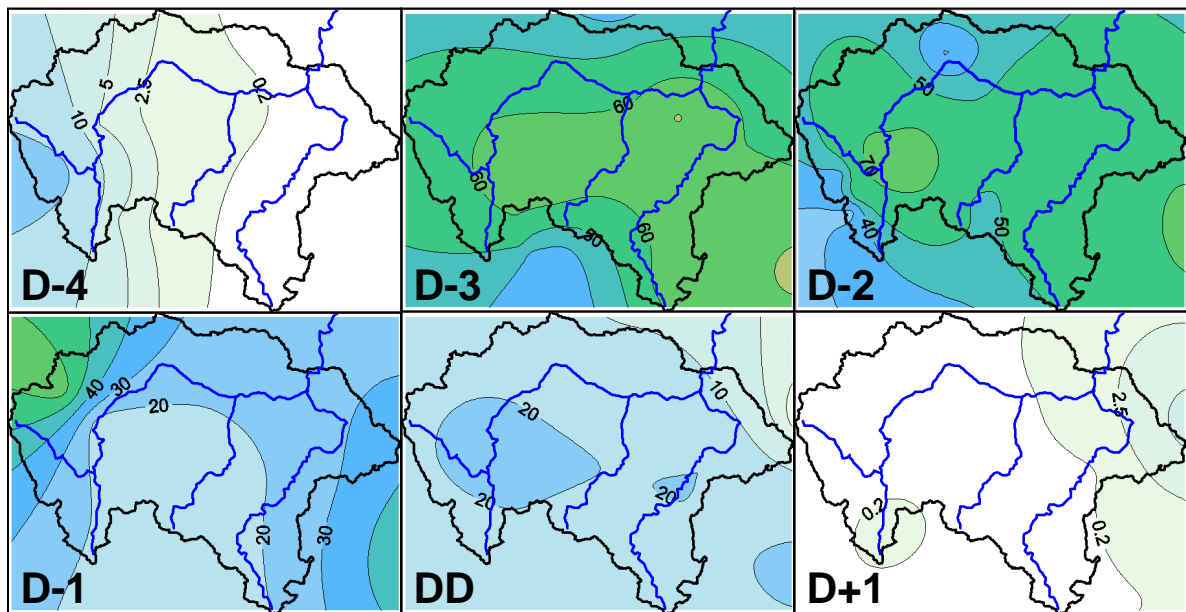
Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře [hPa]



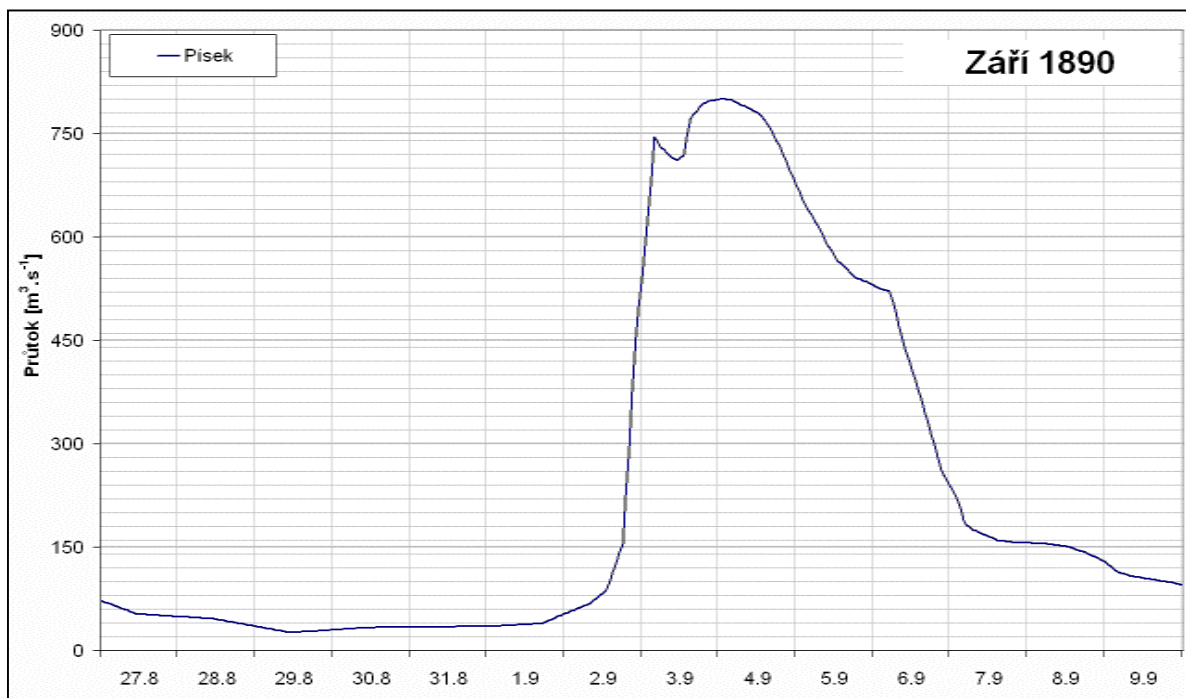
Souhrnné charakteristiky srážek, teplot vzduchu + průměrné srážky a UPS na povodí Otavy



Příčinná dvoudenní srážka



Rozložení denních úhrnů srážek na povodí Otavy



Pozorovaný průtok v hlavních vodoměrných profilech povodí Otavy