
PŘEHLED A KLASIFIKACE HISTORICKÝCH POVODNÍ V POVODÍ OTAVY

TOMÁŠ VLASÁK*

* Oddělení povrchových vod, ČHMÚ; e-mail: tomas.vlasak@chmi.cz

1. ÚVOD

Katastrofální povodeň v srpnu roku 2002 zvýšila zájem o historické povodně v prostoru České republiky. Výsledky studií meteorologických příčin i hydrologického průběhu historických povodní je možné využít v protipovodňové ochraně investičního charakteru při budování technických ochranných prvků (například pro dimenzování protipovodňových hrází) i při rozvoji nestrukturálních opatření jako například při kalibraci předpovědních modelů. Informace o starých povodních jsou také vhodným podkladovým materiálem pro práce zabývající se regionalizací zatížení krajiny povodňovým nebezpečím.

V minulosti se studiu historických povodní v prostoru ČR věnovalo více autorů. Meteorologické příčiny historických povodní na Odře analyzoval jako první Brádka (1967). Kakos (1974) na podkladě záznamů o starých povodních v povodí Odry navrhl jednoduchý předpovědní analog, založený na sledování pohybu středů tlakových útvarů na hladině 500 hPa. Buchtele (1972) kategorizoval povodňový režim ve třech povodích horní Vltavy (Vltava po Hlubokou, Otava po Písek a Lužnice po Bechyni) a popsal jeho základní rysy. Vavruška (1989) porovnal příčiny povodní v povodí Otavy a Lužnice a popsal nejčastější synoptické typy, které jim předcházely. Samostatně povodím Otavy se zabývali například Hladný, Černý, Řičica (1993, 1995), kteří definovali pravidla pro plnění databanky příčin a průběhu povodňových případů. Vlasák (2000) popsal příčiny a kategorizoval zimní povodně od roku 1960 do 1998.

Cílem tohoto příspěvku bylo shromáždit dostupné informace o příčinách a průběhu velkých historických povodní na Otavě včetně povodní z konce 19. století. Na základě těchto dat pak byly popsány nejvýraznější rysy povodňového mechanismu povodí Otavy.

2. METODIKA A POUŽITÁ DATA

U historických podkladů bývá vždy významným limitním faktorem výběru dat jejich dostupnost a spolehlivost. Především starší údaje o průtocích mohou být zatíženy značnou chybou, což je nutné brát do úvahy při interpretaci výsledků jakýchkoliv

kvantitativních analýz založených na těchto podkladech. Závěry této práce se proto omezují spíše na obecně strukturální zhodnocení velkých historických povodní na Otavě. Zdrojem výchozích informací práci byly archivy měření prováděných ČHMÚ a údaje ve starých ročenkách, vydaných různými hydrografickými institucemi Rakouska-Uherska.

Kritériem pro výběr povodní byl zvolen kulminační průtok ve stanici Písek, který překročil hodnotu 10ti leté vody, tj. $Q = 420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tímto kritériem bylo od roku 1888 vyčleněno 12 případů, což z hlediska četnosti výskytu zhruba odpovídá statisticky zvolené extremitě 10ti letých vod. Navíc je pouze informativně zmíněna povodeň z roku 1784, která je výjimečná jednak kulminací, blížící se hodnotě vrcholu povodňové vlny ze srpna 2002, a také sezónní dobou výskytu v zimním hydrologickém půlroce (viz dále). Kromě průtoku v Písku byla shromážděna dostupná data z dalších profilů na Otavě v Sušici a v Katovicích a na přítoku Blanici v Heřmani. Záznamy z těchto stanic byly použity jako jediný ukazatel rozdělení odtokové odezvy jednotlivých částí povodí Otavy. Z údajů ze srážkoměrných a klimatických ročenek pak byly pro každou povodeň spočteny ukazatele předchozích srážek (UPS) (Hladný, 1978), průměrné úhrny srážek v kritických dnech před kulminací a pomocí orograficky podmíněné interpolace v GIS byly zobrazeny do mapové podoby.

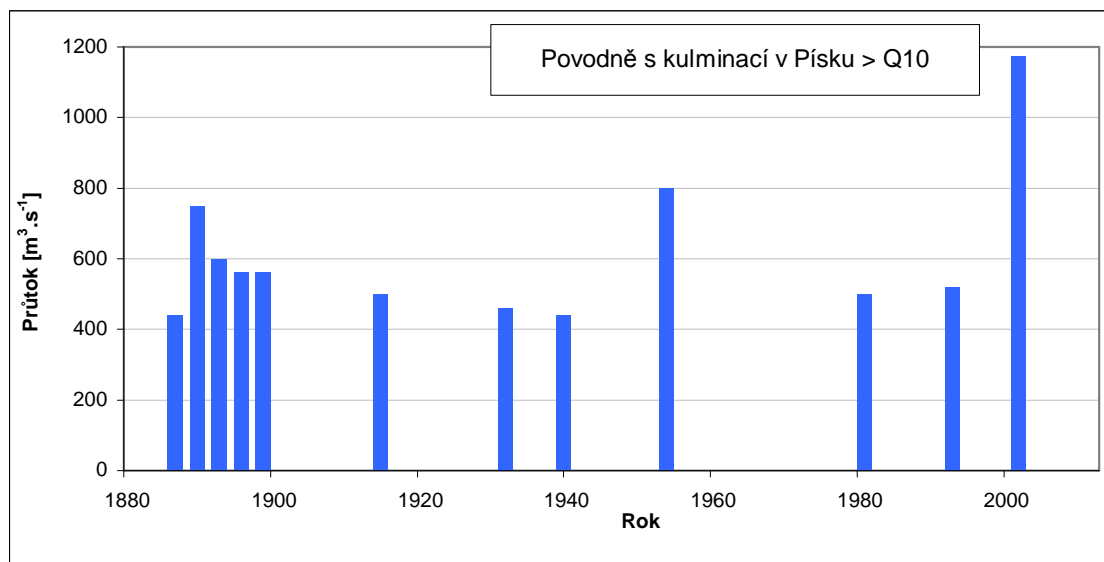
3. VÝSLEDKY

3.1. VÝSKYT A TYP POVODNÍ

Rozložení velkých povodní v čase není rovnoměrné (viz obr. 1). Na konci 19. století se v krátkém sledu vyskytlo několik po sobě jdoucích povodňových situací, zatímco druhá polovina 20. století byla mezi roky 1954 a 1981 na velké povodně relativně chudá. Z hlediska sezonality výskytu v roce je pak zřetelná převaha 11 případů z letního hydrologického půlroku (LHP) oproti jednomu respektive dvěma případům ze zimního hydrologického půlroku (ZHP) – viz tabulku 1.

Z absence povodní v měsících, kdy v našich přírodních podmínkách dochází k tání sněhu, lze odvodit, že samotná obleva není hlavní příčinou velkých Otavských povodní. Pokud zde k povodním v zimním hydrologické půlroce výjimečně dojde, jsou vyvolány zpravidla střetem více faktorů, jako jsou dešťové srážky nebo chod ledu (Vlasák, 2000). Jediná prokazatelně smíšená povodeň při $Q_{\max} > Q_{10}$ ve zkoumaném období je povodeň z prosince 1993, kdy zásoby sněhu ve vrcholových polohách Šumavy před povodní dosahovaly kolem 100 mm vodního ekvivalentu. Přesto i u této povodně je zřetelná převaha podílu dešťových srážek na celkovém objemu povodňové vlny.

Obr. 1 Rozložení a kulminace povodní na Otavě v Písku s velikostí kulminací nad Q10 za období 1888-2000



Tabulka 1: Povodně na Otavě s Q max > Q10

Datum kulminace	Písek		Datum kulminace	Praha		Typ povodně (Kakos, 1983)**
	kulminační průtok [m³.s⁻¹]	N - letost		kulminační průtok [m³.s⁻¹]	N - letost	
28.2.1784	950	>100	28.2.1784	4580	>100	Z (?)
4.9.1888	440	10	4.9.1888	1918	10	L
4.9.1890	750	50-100	4.9.1890	3975	100	L
5.10.1894	600	20-50	6.10.1894	1627	5	L
5.5.1896	560	20	6.5.1896	2470	20	L
14.9.1899	560	20	14.9.1899	2130	10	L
8.10.1915	500	20	8.10.1915	2100	10	L
31.5.1932	460	10-20	31.5.1932	1588	5	L
31.5.1940	440	10	?	?		L
9.7.1954	800	100	10.7.1954	2920*	20-50	L
21.7.1981	500	20	21.7.1981	2400*	20	L
22.12.1993	520	20	23.12.1993	1020	2	Z
13.8.2002	1175	>100	13.8.2002	5160	>100	L

* po odečtení vlivu Orlíku

** kulminační průtoky v Praze a typy povodně převzaty do roku 1981 z práce Kakos (1983), kde L = letní typ povodně a Z = zimní typ povodně

Příčinné srážky ve všech analyzovaných případech zasáhly celou plochu povodí a nebyly tedy nikdy omezeny na lokální rozsah, který je typický pro bouřkové přívaly. Ty samozřejmě mohou vyvolat v jednotlivých částech povodí Otavy povodeň s dobou opakování větší než Q10, ale vzhledem k jejich omezenému plošnému zásahu nezpůsobují v závěrovém profilu Písek tak velký průtok, jako třeba méně vydatnější, ale plošně rozsáhlé srážky frontálního charakteru.

3.2. POVĚTRNOSTNÍ PŘÍČINY

Analýza povětrnostních příčin předcházejících povodním je častým tématem při studiu historických povodní. Nalezené vztahy mezi cirkulačními podmínkami a vyvolanou odtokovou odezvou mohou být aplikovány v tzv. hydrosynoptických přístupech, které mohou významně prodloužit předstih vydávaných varování.

Kakos (1983) analyzoval 36 velkých historických povodní v Praze mezi lety 1876 – 1982 a definoval u nich na základě teplotních odchylek a pohybů řídicích tlakových útvarů dvě základní skupiny povětrnostních příčin povodní v České republice:

- 1) postup frontálních systémů z Atlantiku do střední Evropy (zimní typ),
- 2) cyklogeneze v jižní a střední Evropě (letní typ).

U zimního typu postupují frontální systémy od jihozápadu až severozápadu a jsou spojené s tlakovou níží, která se pohybuje severní drahou od západu k východu. Tato povětrnostní situace předchází většině velkých povodní v zimním hydrologickém půlroce. Charakteristickým procesem, který ji v tomto období doprovází, je přenos relativně teplejších vzduchových hmot nad naše území. U letního typu se tlakové níže přesouvají od Středozemního moře směrem k severovýchodu (dráha Vb) a mají sklon k retrográdnímu pohybu.

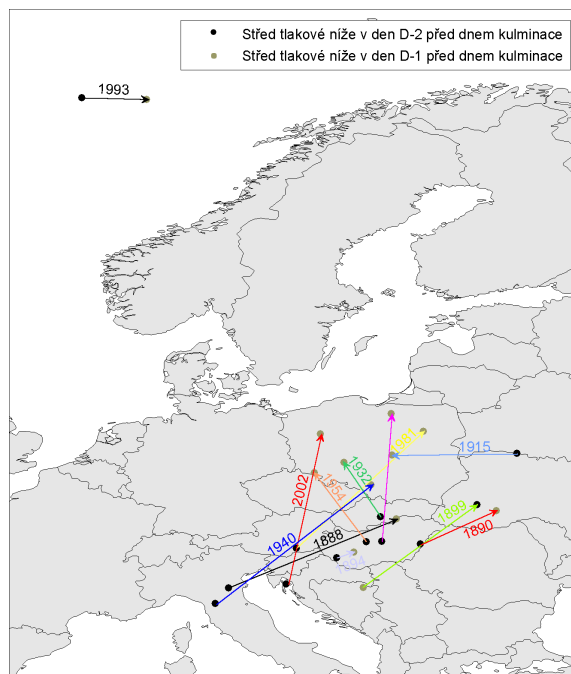
Podle pohybů řídicích tlakových níží u všech velkých povodní na Otavě, které se vyskytly v LHP se dají tyto povodně beze zbytku zařadit do kategorie letního typu (Kakos, 1983). Povodeň z prosince roku 1993 pak měla zcela odlišné rozložení tlakového pole, které je charakteristické pro západní cyklonální situace. Polohy těchto tlakových útvarů dva dny před kulminací (D-2) a den před kulminací (D-1) jsou zobrazeny na obr. 2.

3.3. PŘÍČINNÉ SRÁŽKY

Nejen množství příčinných srážek, ale i jejich časové a prostorové rozložení, směr jejich pohybu ve vztahu k hlavnímu toku, orografickým celkům a samozřejmě druh srážek (déšť, sníh, smíšené), jsou důležitými faktory pro vznik odtokové odezvy. Při historickém

hodnocení vyvolaných srážkových polí u jednotlivých povodňových případů byly analyzovány denní srážkové úhrny ze starých srážkoměrných a klimatických ročenek. Tato data neumožňují popsat dynamiku postupu srážkových polí, a proto bylo analyzováno pouze prostorové rozložení srážkových úhrnů a byl vypočten průměrný úhrn srážek na povodí Otavy v kritických dnech předcházejících povodni. V prostředí GIS byla výsledná srážková pole zobrazena do formy map.

Obr. 2 Pohyb středů tlakových níží ve dnech D-2 a D-1 před dnem kulminace povodně



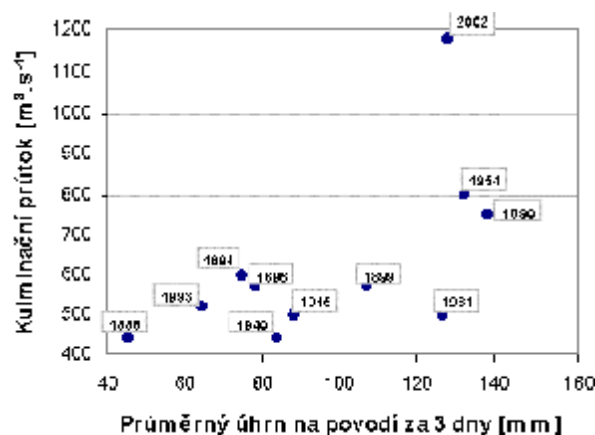
Ukazatel předchozích srážek (UPS), počítaný k poslednímu dni před příčinnou srážkou, má v souboru analyzovaných povodní značnou variabilitu od hodnot srážkově podprůměrných měsíců (roky 1940, 1981) až po hodnoty velké nasycenosti (1888, 1890, 2002 před druhou srážkovou epizodou).

Nejvyšší úhrn srážek se u většiny povodní vyskytl jeden nebo dva dny (D-1, D-2) před dnem kulminace (D). Součet průměrných denních úhrnů za tři dny (D-3 až D-1) má také velkou variabilitu – pohybuje se od 45 mm do 138 mm a regresní závislost kulminačního průtoku na tomto množství srážek není těsná (viz obr. 2), což ukazuje na důležitost ostatních faktorů jako je nasycenost povodí, rozložení a intenzita srážek atd.. Především u druhé větší průtokové vlny ze srpnové povodně roku 2002, je zřetelný velký vliv nasycenosti povodí z první srážkové epizody (6.-8. srpna 2002). Srážkový úhrn za dny D-3 až D-1 z roku 2002 je v pořadí velikosti úhrnů až na třetím místě za relativně menšími

povodněmi z roku 1890 a 1954, ovšem při porovnání sedmidenních úhrnů, převyšuje objem spadlých srážek v roce 2002 výrazně kteroukoliv z analyzovaných povodní. Nejvyšší jednodenní průměrný úhrn na povodí předcházel relativně menší povodni z roku 1940.

Zajímavé je plošné rozložení příčných srážek. Hřebenová část Šumavy, která v dlouhodobém ročním průměru mívá výrazně větší úhrny než ostatní části povodí, měla u většiny analyzovaných případů úhrny z hlediska celkových srážek na povodí spíše průměrné a u povodní z let 1888, 1894, 1981 dokonce orografické zesílení srážek není vůbec patrné. To zřejmě souvisí s letním typem příčné povětrnostní situace, při které srážky přicházejí do jižních Čech nejčastěji od jihovýchodu až severovýchodu, což společně s vyšší labilitou teplotního zvrstvení nevytváří takové podmínky pro navyšování úhrnů ve vrcholové části Šumavy, jako například v zimních měsících při západní cyklonální situaci (viz povodeň 1993).

Obr. 3 Vztah mezi třídním úhrnem srážek na povodí Otavy a kulminačním průtokem v Písku



3.4. ODTOKOVÁ ODEZVA

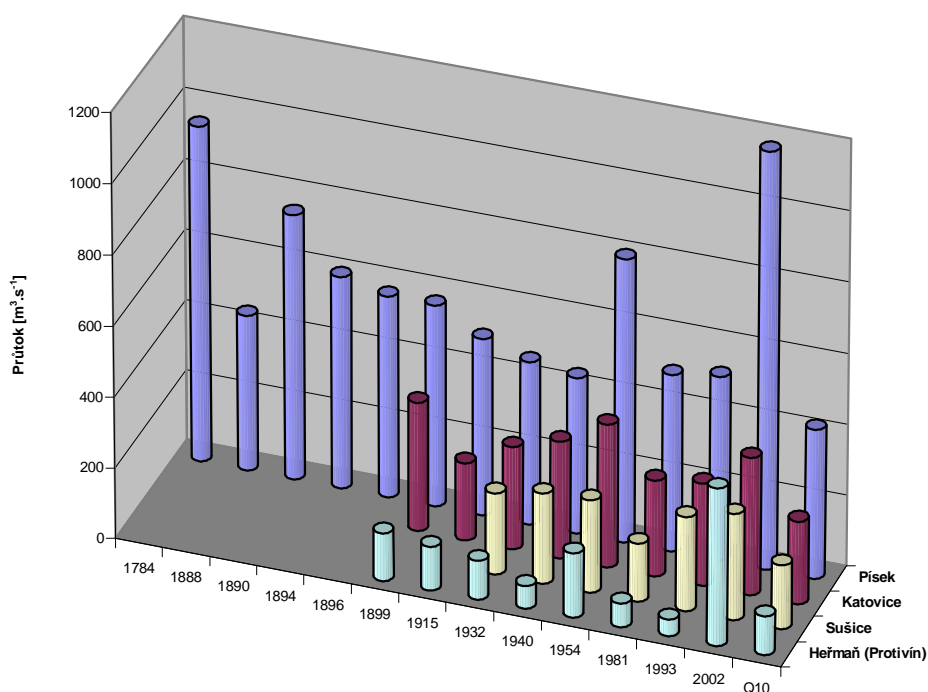
Analýza odtokové odezvy vycházela v této práci z omezeného datového souboru, který je limitován absencí limnigrafických stanic v povodí Otavy v 19. století. Použité údaje u starých povodní jsou většinou informace o ranním vodním stavu, odečteném pozorovateli z vodoměrné latě. Při porovnání kulminačních průtoků je také nutné vzít v úvahu, že pro převod stavů na průtoky byly použity měrné křivky, které především v oblastech vysokých vodních stavů ztrácejí na přesnosti.

V době velkých povodní na Otavě se v drtivé většině případů vyskytly následně velké průtoky v Praze, kde přesáhly hodnotu $1500 m^3 \cdot s^{-1}$, což je zde 3 až 4-letý průtok (Kakos, 1983) – viz tabulku 1. Povodí Otavy přitom zabírá pouze necelých 11% celkové

plochy povodí Vltavy po Prahu a kulminační průtok se podílel zhruba 20 až 30% na velikosti kulminace Vltavy v Praze. Z toho vyplývá, že velké povodně na Otavě nebyly nikdy lokální záležitostí, naopak vysokými odtoky muselo být zasaženo mnohem větší území.

Z hydrogramů zobrazených v příloze je ve všech případech patrný rychlý nástup průtoků. V řadě sedmi dnů před a po kulminaci se jako výrazná složená vlna s více vrcholy jeví pouze povodeň ze srpna 2002, ostatní průtokové vlny mají víceméně jednoduchý tvar.

Obr. 4 Kulminační průtoky ve vybraných stanicích povodí Otavy



Pro povodňové průtoky na Otavě je charakteristické zpoždění kulminace Blanice za kulminací hlavního toku. Tento důležitý efekt, který příznivě snižuje potenciální velikost maximálního průtoky v Písku, je způsoben jednak existencí přehrady Husinec v horní části povodí a dále přírodními podmínkami dolní části povodí Blanice, které prodlužují postupovou dobu povodňové vlny a způsobují její silnou transformaci. U povodní vázaných na západní cyklonální situace jsou menší průtoky Blanice navíc způsobeny polohou povodí ve srážkovém stínu Šumavy (viz povodeň z roku 1993). U druhé povodňové vlny ze srpna 2002 byl ovšem podíl Blanice značný, a naprosto se tak vymyká ostatním analyzovaným povodním, ze kterých byly údaje z Blanice k dispozici (viz obr. 4). Hlavní příčiny tohoto extrému jsou následující:

- nejvyšší úhrny srážek při druhé vlně byly naměřeny právě v povodí Blanice,

· fyzicko-geografické poměry dolní Blanice (sklonitost, podloží) způsobují pomalejší odvodňování půdních zón, a tady i vyšší citlivost na srážkové epizody, které se opakují v krátkém sledu po sobě,

· nádrž Husinec byla z větší části naplněná a její ochranný efekt při druhé vlně byl zanedbatelný.

4. ZÁVĚR

Velké povodně na Otavě se s mnohem větší pravděpodobností vyskytly v minulosti od května do října než ve zbytku kalendářního roku. Způsobily je intenzivní frontálními srážky, které zasáhly zpravidla větší území české kotliny. Srážky byly u všech letních povodní spojeny s výskytem tlakové níže pohybující se z oblasti středomoří směrem k severovýchodu a v plošném rozložení vykazovaly relativně slabší orografické zesílení, než je tomu obvyklé u západních cyklonálních situací. Jádru příčinné srážky se často nacházelo v oblasti mezi Kašperskými Horami a Vimperkem. Ukazatel předchozích srážek před povodní dosahoval v jednotlivých případech různých hodnot a i když je možné tvrdit, že zvýšená nasycenost má značný vliv na velikost kulminace povodňové vlny, tak relativně suché období není zárukou, že velká povodeň v povodí Otavy nehrozí.

Povodeň v srpnu 2002 je v porovnání s ostatními analyzovanými povodněmi výjimečná v prvé řadě výrazně větším kulminačním průtokem. Stejně tak extrémní je sedmidenní úhrn srážek, který výrazně převyšuje úhrny u kterékoliv z analyzovaných povodní. Opakování srážkových epizod v krátkém sledu za sebou mělo mimo jiné také vliv na neobvykle vysoký podíl hlavního přítoku Blanice na celkové kulminaci povodně v závěrovém profilu v Písku.

5. LITERATURA

Běhalová, K. *Možnosti odhadu vývoje povodňových situací na základě analýzy historických případů*. Praha, 1995. 52 s. Diplomová práce na PřF UK na Katedře fyzické geografie a geoekologie.

Brádka, J. Meteorologické příčiny povodní ve Slezsku. *Meteorologické zprávy*, 1967, č. 20 (1), s. 3-9.

Buchtele, J. *Kategorizace povodňového režimu na tocích Vltavské kaskády*, Sborník prací hydrometeorologického ústavu v Praze, sv. 18. Praha: HMÚ, 1972. s. 64-139

Hladný, J., Černý, H., Řičica, J. *Odhad vývoje povodňových situací analýzou historických případů - 1. část Databanka povodňových vln průtoků*. Praha: SPIS s.r.o., 1993. 45 s.

Hladný, J. et al. *Odhad vývoje povodňových situací analýzou historických případů - 3. Část Meteorologické symptomy*. Praha: SPIS s.r.o., 1995, 37 s.

Hladný, J. *Hydrologická prognóza*. Praha: HMÚ, 1978. 105 s.

Kakos, V. *Možnosti hydrometeorologických předpovědí havarijních odtokových situací. Sborník prací Hydrometeorologického ústavu, sv. 21*. Praha: HMÚ, 1974. s. 55-85.

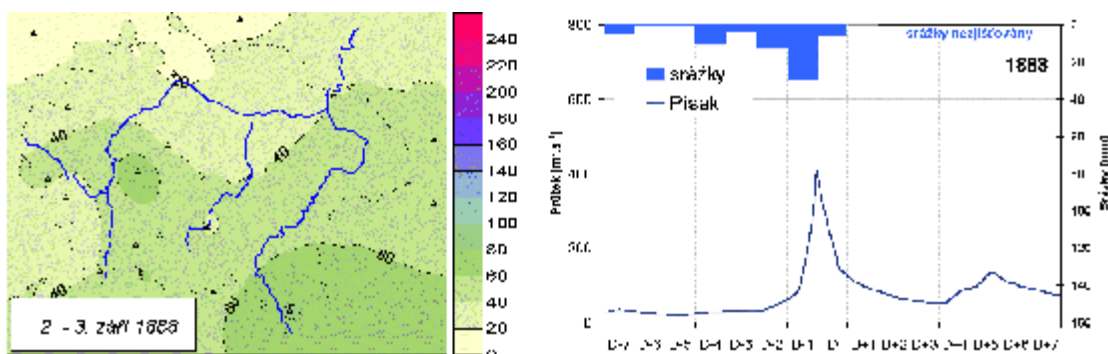
Kakos, V. Hydrometeorologický rozbor povodní na Vltavě v Praze za období 1873-1982. *Meteorologické zprávy*, 1983, roč. 36, č. 6, s. 171-181.

Vavruška, F. Meteorologické příčiny povodní na Otavě a Lužnici. *Meteorologické zprávy*, 1989, roč. 42, s. 111-115

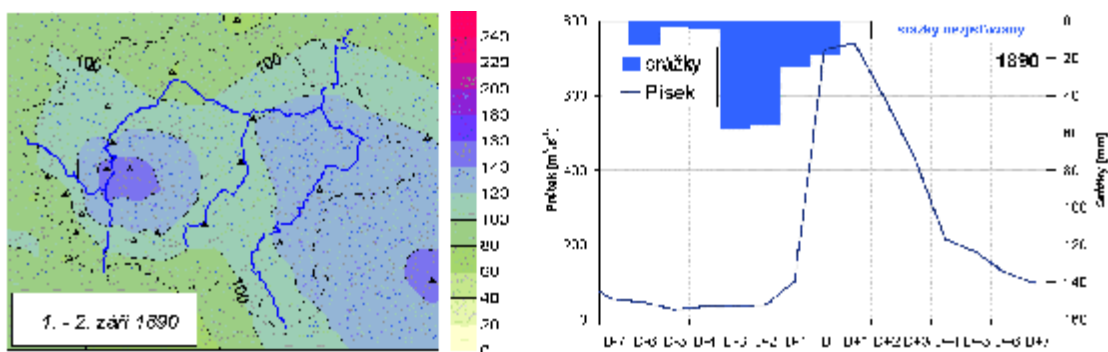
Vlasák, T. *Analýza zimních povodňových situací v povodí Otavy*. Praha, 2000. Diplomová práce na PřF UK na Katedře fyzické geografie a geoekologie.

6. PŘÍLOHY

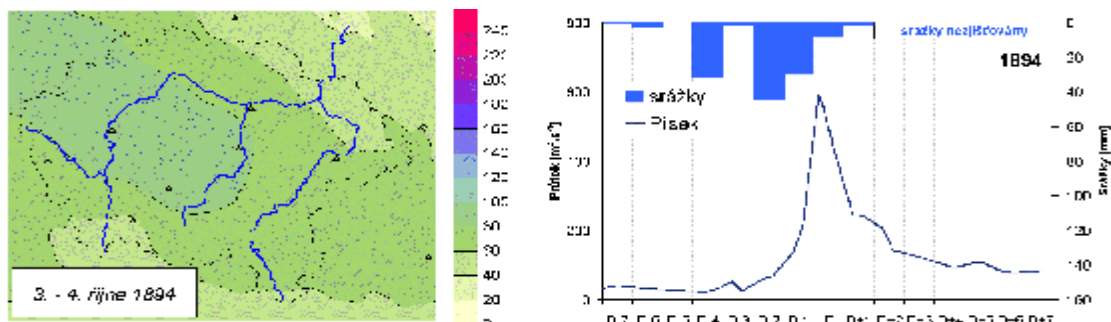
Obr.5 Příčinná srážka, hydrogram a průměrný úhrn srážek na povodí Otavy před povodní s kulminací v Písku 4.9. 1888



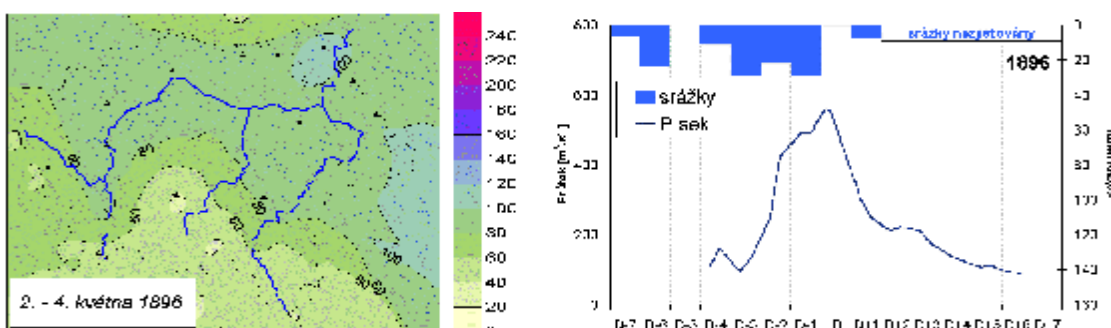
Obr.6 Příčinná srážka, hydrogram a průměrný úhrn srážek na povodí Otavy před povodní s kulminací v Písku 4.9. 1890



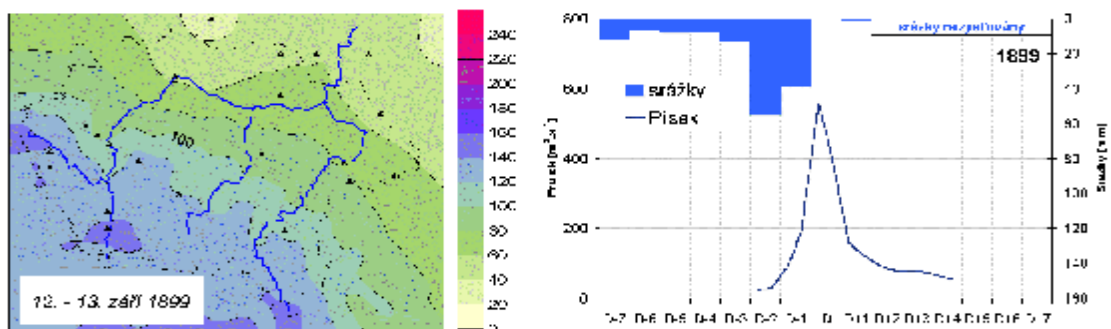
Obr.7 Příčinná srážka, hydrogram a průměrný úhrn srážek na povodí Otavy před povodní s kulminací v Písku 5.10. 1894



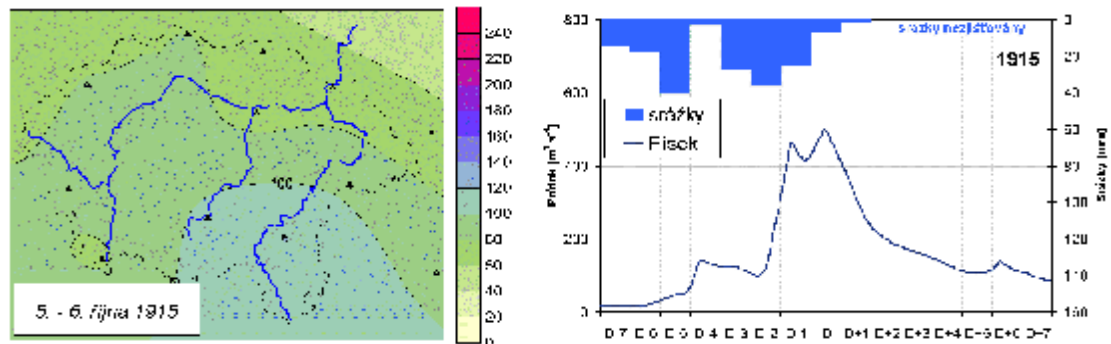
Obr.8 Příčinná srážka, hydrogram a průměrný úhrn srážek na povodí Otavy před povodní s kulminací v Písku 5.5. 1896



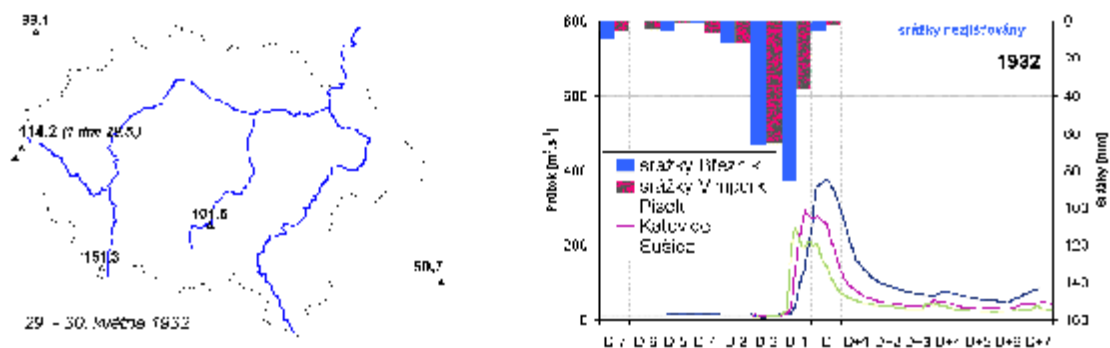
Obr.9 Příčinná srážka, hydrogram a průměrný úhrn srážek na povodí Otavy před povodní s kulminací v Písku 14. 9. 1899



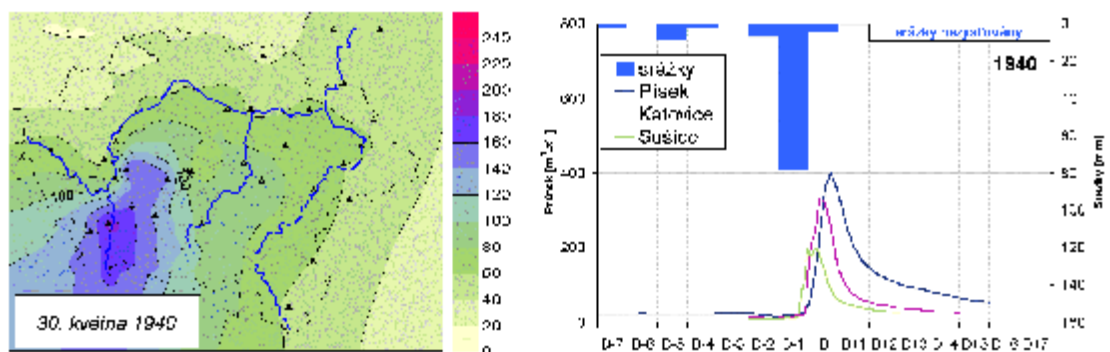
Obr.10 Příčinná srážka, hydrogram a průměrný úhrn srážek na povodí Otavy před povodní s kulminací v Písku 8. 10. 1915



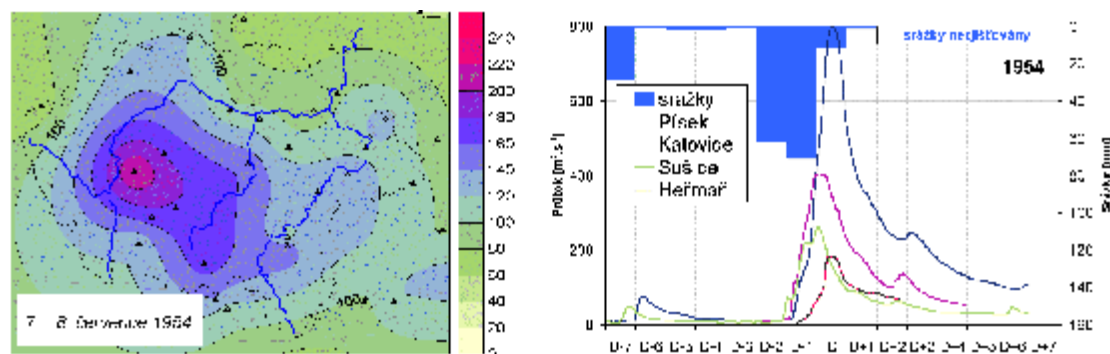
Obr. 11 Příčinná srážka, hydrogram a úhrn srážek z vybraných stanic z povodí Otavy před povodní s kulminací v Písku 31. 5. 1932



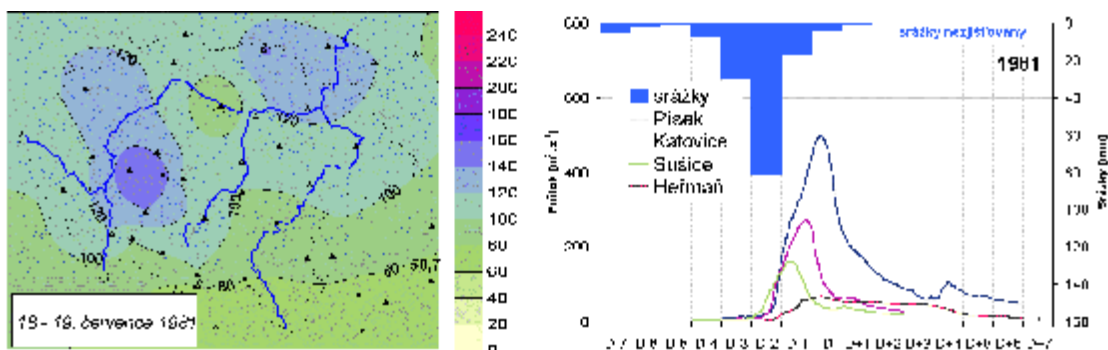
Obr. 12 Příčinná srážka, hydrogram a průměrný úhrn srážek na povodí Otavy před povodní s kulminací v Písku 31. 5. 1940



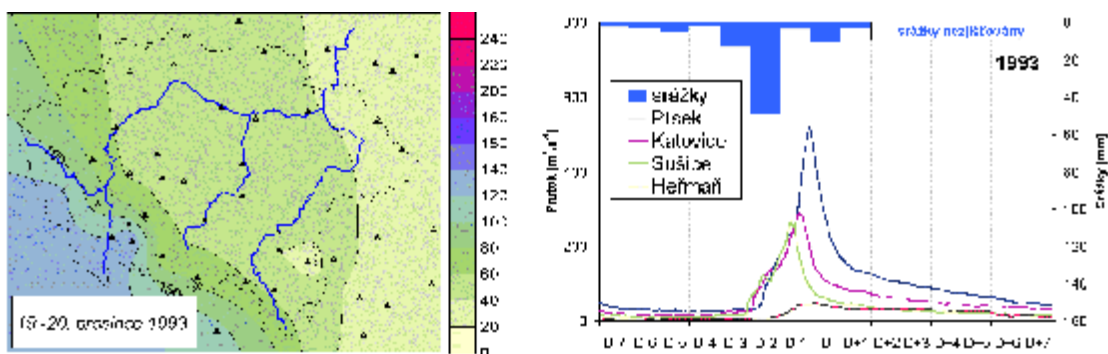
Obr. 13 Příčinná srážka, hydrogram a průměrný úhrn srážek na povodí Otavy před povodní s kulminací v Písku 9. 7. 1954



Obr. 14 Příčinná srážka, hydrogram a průměrný úhrn srážek na povodí Otavy před povodní s kulminací v Písku 21. 7. 1981



Obr. 15 Příčinná srážka, hydrogram a průměrný úhrn srážek na povodí Otavy před povodní s kulminací v Písku 22. 12. 1993



Obr. 16 Příčinná srážka, hydrogram a průměrný úhrn srážek na povodí Otavy před povodní s kulminací v Písku 13. 8. 2002

