ZMĚNY VE VÝVOJI ODTOKU VE VYBRANÝCH POVODÍCH HORSKÉ A PODHORSKÉ ČÁSTI ŠUMAVY

Zdeněk Kliment, Milada Matoušková

Nedávno proběhlé katastrofální povodně, které postihly Českou republiku, vyvolaly četné diskuse o negativním vlivu člověka na říční síť a následně i na změny ve srážko-odtokových poměrech. Hlavním cílem prezentované studie je objasnění příčin prokázaných změn ve vývoji srážko-odtokových poměrů ve třech modelových povodích horské a podhorské části Šumavy: povodí Vydry, Blanice a Ostružné. Změny v odtokovém režimu byly hodnoceny pomocí metody jednoduchých a podvojných součtových čar za období hydrologického pozorování. Vedle průměrných průtokových a srážkových charakteristik byly sledovány změny v rozložení odtoku během roku, v četnosti a časovém rozložení N-letých vod, v trvání a průměrné výšky sněhové pokrývky, ve vývoji průměrné teploty vzduchu. Dále byl analyzován vývoj krajinného pokryvu, antropogenní ovlivnění říční sítě a plošná odvodnění. Změny v odtoku se projevily nejvíce v povodí Ostružné. Ve 2. pol. 70. až do začátku 80. let došlo ke zřetelnému nárůstu odtoku. Nárůst odtoku je vázán na jedno z periodicky se opakujících na srážky bohatších období a koresponduje s významnými zásahy člověka do hydrografické sítě. Celý systém se od počátku 90. let pozvolna vrací k původním trendu odtoku ve vazbě na zvyšující se retenční schopnost krajiny a současné klimatické změny.

Klíčová slova: odtok, říční síť, srážko-odtokový proces, součtové čáry, vliv člověka, úpravy toků, krajinný pokryv

Runoff changes in the selected water basins in Šumava Mountains. *The floods experienced recently in the Czech Republic gave rise to numerous discussions over the changed environment and related potential impacts on the rainfall and runoff processes. The main aim of our research project was to determine the extent to which the outflow can be influenced by the human interventions in three-selected model water basins in Šumava Mountains: the Vydra river basin, the Blanice river basin and the Ostružná river basin. The outflow analyses using both the single and double mass curves over the period of the hydrologic observations were taken as a basic methodology. Beside the average discharge and the precipitation values, the outflow seasonal changes, the incidence of high water discharges, the snow cover height and duration, average air temperature trends. Analysis of land cover change, human impact on the river network and drainage areas development was applied too. The greatest deviations were widely observed within the Ostružná river basin. Obvious outflow increase was observed in the period between the 2nd half of the seventies and in the 1st half of the eighties. It has been related to the one of repeatedly coming rather humid episodes and corresponds to major human influences on the river network. The whole system came slowly back to its initial condition in the early nineties in relation to increase of landscape retention potential and to current climatic changes.*

Key words: outflow, river network, rainfall and runoff process, mass curves, human impact, river training, land cover

---

ÚVOD

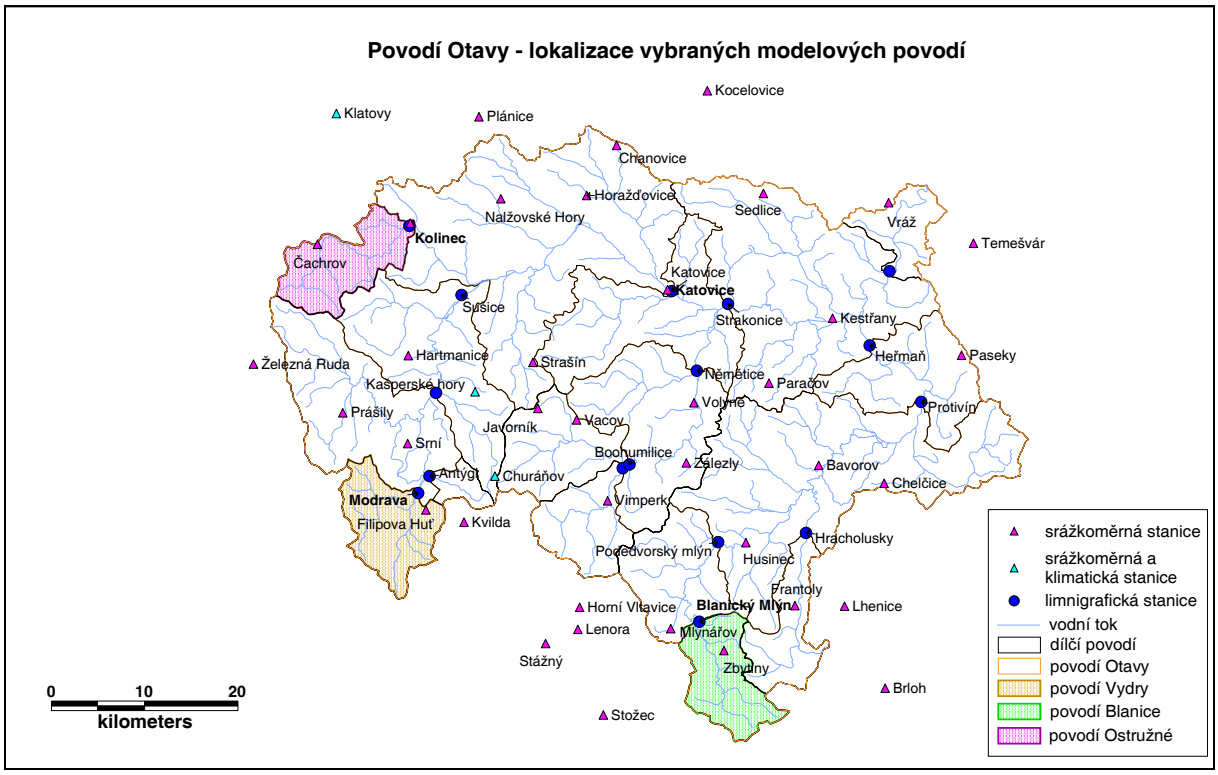
Proběhlé povodňové události v Česku vyvolaly četné diskuze o možném vlivu změn přírodního prostředí na srážko-odtokový proces. Vedle přirozeně podmíněných klimatických změn je pozornost věnována působení lidské společnosti. Česká krajina prošla specifickým vývojem, který v různých oblastech probíhal s odlišnou intenzitou antropogenních zásahů do oběhu vody a nevyhnul se ani horským a podhorským oblastem. Za podstatné lze považovat změny v krajinném pokryvu a ve využití ploch povodí, prováděné regulace a napřimování vodních toků spolu s výstavbou vodních nádrží, odvodňování zamokřených a rašelinných oblastí a odběry vody pro nejrůznější účely. Poslední dramatické změny ve struktuře krajině jsou spojeny s obdobím socialistického zemědělství ve 2. polovině minulého století, kdy scelováním pozemků dochází k likvidaci většiny stabilizačních prvků v krajině. Zvětšení výměry bloků orné půdy je provázeno úbytkem trvalých travních porostů, rozsáhlým plošným odvodněním zemědělsky obdělávaných ploch a dalšími úpravami zejména drobných vodotečí. Tyto zásahy spadají již do období limnigrafického pozorování u malých toků a nabízí se tedy možnost sledovat jejich odezvy na odtokový režim v plošně menších povodích.

Vliv přímé a nepřímé činnosti člověka na odtokový režim prokázala řada experimentálních studií z různých oblastí světa, včetně několika domácích. Někdy až protichůdné názory jsou výsledkem značné rozmanitosti sledovaných území a absencí komplexnějšího pohledu na působení člověka v krajině i návaznosti na některé přirozené změny. Příkladem může být dlouholetý výzkum v experimentálních povodích Kychové a Zděchovky v oblasti Javorníků (Válek, 1953; Netopil, 1955; Kříž, 1981), v povodích Malé Ráztoky a Červíku v Beskydech (Jařabáč, Chlebek, 1984; Křeček, 1980) zaměřený na sledování vlivu lesa a odlesnění. Na nejednoznačnost výsledků vlivu lesa na povrchový odtok vzhledem k jeho stáří a druhové skladbě upozornily studie Kulhavého (1999), Krečmera (2003). Změny v sezónním rozložení odtoku v imisemi poškozených oblastech Jizerských hor prokázaly Blažková (1994) a Šeborová (1994). V porovnání s lesem je celkově vyšší a méně vyrovnaný odtok pozorován ze zemědělsky obhospodařovaných ploch (Skořepa,1981). Změny krajinného pokryvu v systému les x louka x pole jsou provázány se změnami podmínek pro evapotranspiraci a intercepci a ovlivňují samotný vznik povrchového odtoku (Fohrer a kol., 2001; Robinson a kol. 2003). Samostatným problémem je odvodnění, které v Česku postihuje v průměru až 25,5 % zemědělského půdního fondu a řadí jej na čelní místo v Evropě. Odvodnění obecně snižuje hladinu podzemní vody, urychluje a zvyšuje průměrný a minimální odtok z území (Švihla, 1992). Při extrémním odtoku zvláště povrchový způsob odvodnění přispívá k zesílení průtokového efektu. Podzemní drenážní systémy mohou vzhledem k omezené hydraulice pohybu vody navýšit průtok jen při povodních menší extremity a jejich častějším výskytu (Doležal, 2004).

Zvláštní pozornost je věnována zastavěným plochám a celkovému vlivu urbanizace, která je často spojena s úpravami říční sítě, s výstavbou vodních nádrží a odběry a vypouštěním vody do toků (Goudie, 1992; Klocking, Haberlandt, 2002; Meyer, 2001; Sochorec, 1977; Lhotský, 1999; Kaňok, 1999; Kříž, 2003).

Hlavním cílem předložené studie je sledovat a pokusit se objasnit změny ve vývoji srážkoodtokových vztahů ve třech modelových povodích situovaných v pramenné oblasti řeky Vltavy: povodí Vydry, povodí Ostružné a horní část povodí Blanice. Povodí reprezentují rozdílně využívaná území s různou mírou antropogenních zásahů do odtokového režimu. Všechna tři modelová povodí se nacházejí v jaderné oblasti velkých povodní a sehrála významnou roli při počátečním formování odtoku při katastrofální povodni v srpnu 2002.

Výzkum orientovaný do modelových povodí navazuje na prostorově i tematicky široce pojatý výzkum v povodí Otavy, který se zabýval zhodnocením vlivů změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní (Langhammer a kol., 2003). Vedle změn ve využití území za posledních 150 let byla pozornost věnována úpravám a zkrácení říční sítě a také rozsahu plošného odvodnění. Součástí bylo i sledování změn srážkoodtokových vztahů, které prokázalo pro různé oblasti určité trendy ve vývoji odtoku (Kliment, Matoušková, 2005). Největší odchylky vykázala plošně menší zemědělsky využívaná povodí v podhorské části Šumavy, naopak nebyly pozorovány v přírodních zalesněných horských povodích.



Obr. 1 Povodí Otavy s vymezením modelových povodí Blanice, Ostružné a Vydry

Fig. 1 The Otava river water basin – location of model study areas: the Vydra river, the Blanice river and the Ostružná river basins

CHARAKTERISTIKA MODELOVÝCH POVODÍ

Povodí Ostružné zaujímá plochu 92,42 km^2 (po limnigrafickou stanici Kolinec). Ostružná je levým přítokem Otavy. Horní tok Ostružné odvodňuje vrcholovou část Šumavy (Kochánovské pláně), většina povodí spadá do Šumavského podhůří. Nejvyšší část povodí se nalézá ve výšce 1177 m n.m. (pramen Ostružné v 960 m n.m.), nejnižší v měrném profilu Kolinec (528 m n.m.). Povodí má protáhlý tvar ve směru JZ-SV, hlavní tok provází větší množství drobných přítoků. V podloží převažují silně metamorfované prekambrické horniny moldanubika (ortoruly, pararuly), do severní části zasahuje výběžek Středočeského plutonu. Převažujícím půdním typem jsou kambizemě, které směrem do vyšších poloh přecházejí v kryptopodzoly až podzoly. Na svažitějších polohách se vyskytují rankery. Povodí reprezentuje zemědělsky využívanou krajinu. V posledních 50 letech zde došlo k výrazným změnám ve využití ploch povodí a rozsáhlému plošnému odvodnění pozemků. Současná lesnatost povodí činí 40,7 %, louky zaujímají 30 %, orná půda pouze17,2 %. V dolní části povodí se nachází na Mlýnském potoce soustava menších rybníků. Pro oblast je charakteristické venkovské osídlení.

Povodí Vydry zaujímá plochu 93,41 km^2 (po limnigrafickou stanici Modrava). Vydra je pramennou zdrojnicí Otavy. Povodí Vydry odvodňuje vrcholovou část Šumavy (Kvildské pláně). Nejvyšší část povodí se nalézá ve výšce 1373 m n.m. (pramen Vydry v 1210 m n.m.), nejnižší v měrném profilu Modrava (935 m n.m.). Povodí má vějířovitý tvar vzniklý soutokem Modravského a Roklanského potoka. V podloží se vyskytují silně metamorfované prekambrické horniny moldanubika, místně prostoupené prvohorními biotitickými granity až granodiority. Převažujícím půdním typem jsou kryptopodzoly až podzoly, výrazné zastoupení mají hydromorfní a organozemní půdy. Povodí reprezentuje přírodní zalesněnou krajinu s výskytem rašelinišť bez výrazných antropogenních zásahů a sídleních struktur (obec Modrava). Výjimkou je historické odvodnění zamokřených poloh, včetně rašelinišť a těžba kůrovcem napadených smrkových monokultur od poloviny 80. let do současnosti spojená s výsadbou nových porostů. Povodí leží v NP Šumava.

Povodí horní Blanice zaujímá rozlohu 85,21 km^2 (po limnigrafickou stanici Blanický mlýn). Blanice pramení v Želnavské hornatině pod Knížecím stolcem v nadmořské výšce 960 m n.m. Povodí má protáhlý tvar ve směru SSZ-JJV. Odvodňuje Želnavskou hornatinu, Křišťanskou vrchovinu a Libinskou hornatinu. Geologické podloží představují metamorfity moldanubika v severní a střední části povodí. V jižní části povodí se vyskytují paleozoické migmatity. Nejrozšířenějším půdním typem jsou kryptopodzoly. Povodí horní Blanice je málo osídlené, což je dáno existencí VVP Boletice v jižní části povodí. Významnou část (necelých 50 %) povodí zaujímá CHKO Šumava. Území je ze 66,7 % zalesněné, významný podíl zaujímají rovněž louky (27,7 %). Zemědělská výroba je koncentrována převážně do severovýchodní části povodí, konkrétně do povodí Zbytinského potoka. V minulosti bylo toto území intenzivněji obhospodařováno něž dnes, typický je především chov dobytka (skotu).

Tab.1 Základní srážko-odtokové charakteristiky modelových povodí.

Tab. 1 Basic rainfall and runoff characteristics of the model water basins

DBČ	název	řeka	ČHP	měří od	P (km^2)	H * (mm)	Q_a (m^3/s)	q_a (l/s/km^2)	φ*
1350	Modrava	Vydra	10801013	1931	93,41	1327	3,18	35,2	0,84
1390	Kolinec	Ostružná	10801073	1949	92,42	916	1,20	13,1	0,45
1450	Blanický Mlýn	Blanice	10803011	1953	85,21	760	0,79	9,2	0,38

* Dané údaje jsou vztaženy k období 1961-2002, ostatní k počátku průtokového měření.

METODY A ZDROJE DAT

Metodika předloženého výzkumu v sobě zahrnuje analytické i syntetické postupy. Za základní můžeme považovat analýzu trendů srážkoodtokového režimu, doplněnou o analýzu vývoje teplotních a sněhových poměrů. K hodnocení trendu ve vývoji odtoku ve vybraných modelových povodí byla jako hlavní použita metoda jednoduchých a podvojných součtových čar. Významné odchylky od lineárního průběhu a zároveň nalezení zlomů může indikovat změny v odtokovém režimu. Vedle jednoduchých součtových čar základních průtokových charakteristik (*Q, Qmin, φ*) a srážkových úhrnů *(H*) byly pro přesnější identifikaci zlomů ve vývojovém trendu srážkoodtokového režimu vyneseny podvojné součtové čáry kumulativních srážkových úhrnů a průtoků. Vlastní analýze předcházela nezbytná homogenizace srážkových dat, při které byla chybějící data doplněna na základě výsledků regresní analýzy časových řad měsíčních srážkových úhrnů sousedních stanic. Pro odvození srážkových úhrnů v modelových povodích byla použita nejprve metoda Thiesenových polygonů, která se v horském terénu ukázala nepříliš vhodná. Následně byla použita metoda zohledňující nadmořskou výšku povodí. Výsledná srážka byla získána jako součet průměrné srážky odpovídající jednotlivým výškovým stupňům v povodí, odvozené na základě regresního vztahu mezi průměrným ročním úhrnem srážek a nadmořskou výškou měřících stanic (Kavan, 2004).

V dalším postupu byla provedena analýza četnosti velkých vod za dobu limnigrafického měření s ohledem na jejich vztah ke zjištěným trendům odtoku v daných modelových povodích. Četnost byla posuzována na základě výskytu 5-letých a větších vod, jejichž hodnoty byly odvozeny na základě pravděpodobnosti výskytu P (%) hodnot maximálních denních průtoků *Qmax* při respektování oddělenosti jednotlivých povodňových vln. Změny trendu odtoku doplnila analýza změn rozložení odtoku během roku, při které byl sledován vývoj procentuálního zastoupení odtečené vody a spadlých srážek v jednotlivých měsících a ročních sezónách. Základním souborem vstupních hodnot byla databáze ČHMÚ průměrných denních průtoků *Q* a srážkových úhrnů *H* od zahájení limnigrafického měření do r. 2004 (srážky od 1961).

Vývoj odtoku v daných povodích byl dále doplněn o analýzu vývoje teploty vzduchu a sněhových poměrů (počet dní se sněhovou pokrývkou, průměrná a maximální výška sněhu). Za reprezentativní byly vzaty údaje ze tří výškově různě položených klimatologických stanic pro období 1942-2004

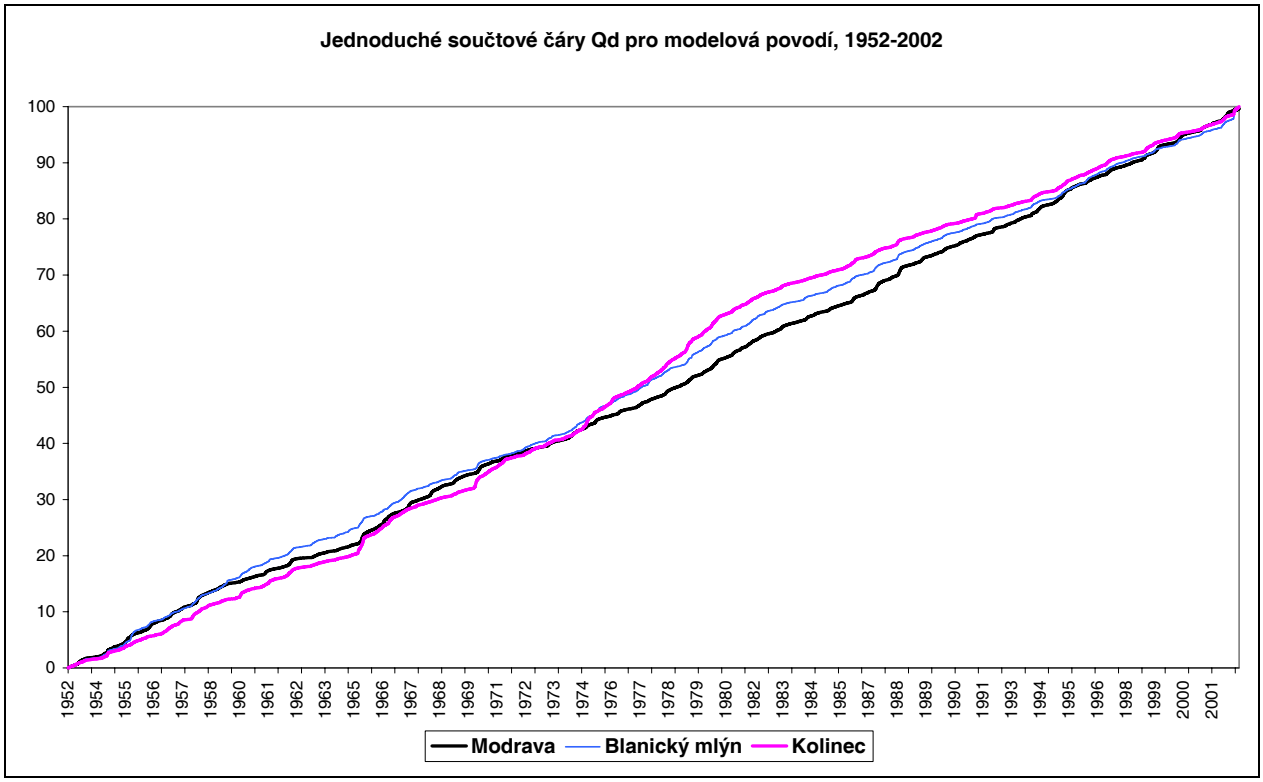
(ČHMÚ). Trendy byly vyjádřeny formou 5-letých klouzavých průměrů na úrovni měsíčních, ročních i sezónních hodnot.
V návaznosti na analýzy trendů odtokového, srážkového a teplotního režimu byly provedeny analýzy změn ve využití krajiny, upravenosti říční sítě a plošného odvodnění pozemků. Výsledky byly vztaženy k délce limnigrafického pozorování v daných povodích, tj. k období zhruba posledních 50-ti let. Při zpracování bylo využito jak existujících analogových a digitalizovaných databází, tak vlastního terénního průzkumu. Změny ve využití krajiny byly posuzovány jednak na základě evidence katastru nemovitostí v horizontech 1845-1948-1990 (Bičík a kol., 2003), jednak pomocí databáze CORINE Land cover (1992, 2000). Antropogenní transformace říční sítě byla vyhodnocena na základě Základních vodohospodářských map 1:50 000, dále na základě materiálů poskytnutých ZVHS a zároveň byla upravenost toků předmětem terénního mapování podle zadaných kritérií. Plošné odvodnění a jeho časový vývoj byl odvozen z mapových podkladů v měřítku 1:10 000 získaných od ZVHS.

ANALÝZA TRENDŮ SRÁŽKO-ODTOKOVÉHO REŽIMU

Analýza pomocí jednoduchých a podvojných součtových čar

Pro identifikaci významných změn v odtokovém režimu bylo použito metody jednoduchých součtových čar, které byly nejprve konstruovány pro kumulované průměrné denní průtoky. Pro možné vzájemné srovnání jednotlivých profilů jsou vynášeny hodnoty průměrných Qd v relativní podobě. Časové rozpětí datových řad bylo zvoleno shodně 1952-2002.

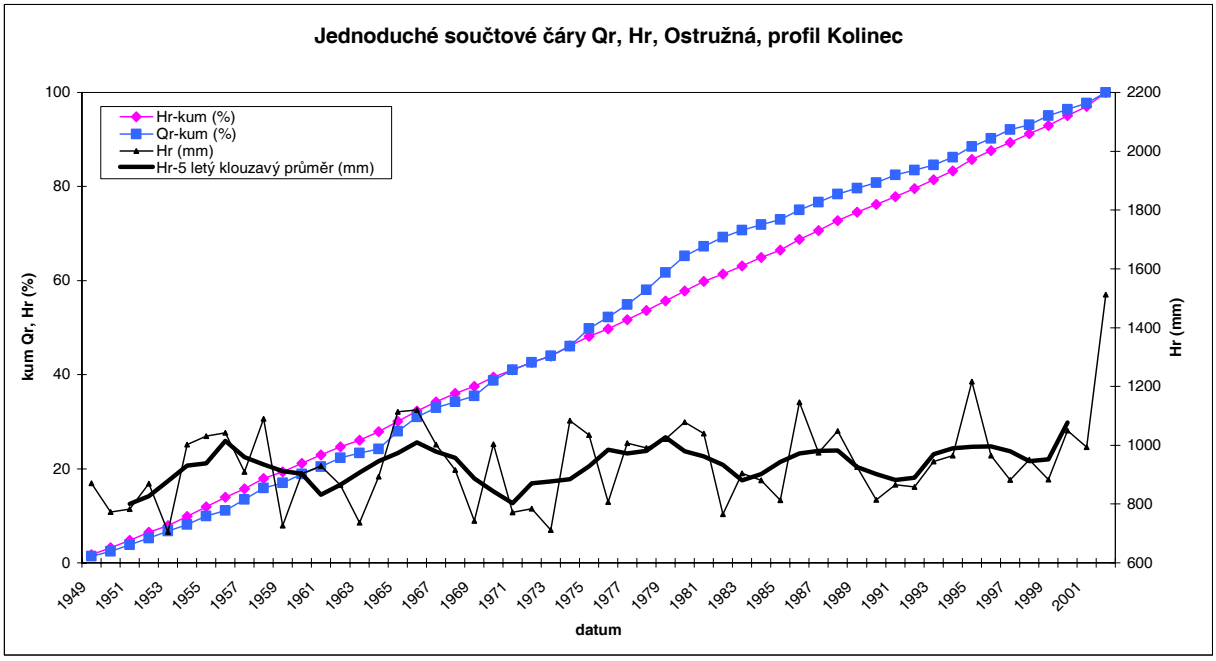
V profilech Ostružná-Kolinec a Blanice-Blanický mlýn byly identifikovány změny ve vývojovém trendu odtokového režimu. Výrazné změny byly rozpoznány v profilu Ostružná-Kolinec, kde byl zaznamenán zvýšený nárůst odtoku v období 1975-80. Méně výrazná změna vývojového trendu v období 1975-82 byla rovněž potvrzena na Blanici v profilu Blanický mlýn. Naopak v profilu Vydra-Modrava nebyly identifikovány změny v odtokovém režimu. Součtová čára Qd vykazuje pozvolný lineární nárůst bez výrazných zlomů (viz obr. 2).



Obr. 2 Jednoduché součtové čáry Qd pro profily: Modrava, Kolinec, Blanický mlýn, zdroj dat: ČHMÚ

Fig. 2 Simple mass curves of daily discharge values for gauging sites: Modrava, Kolinec, Blanický mlýn, source: CHMI

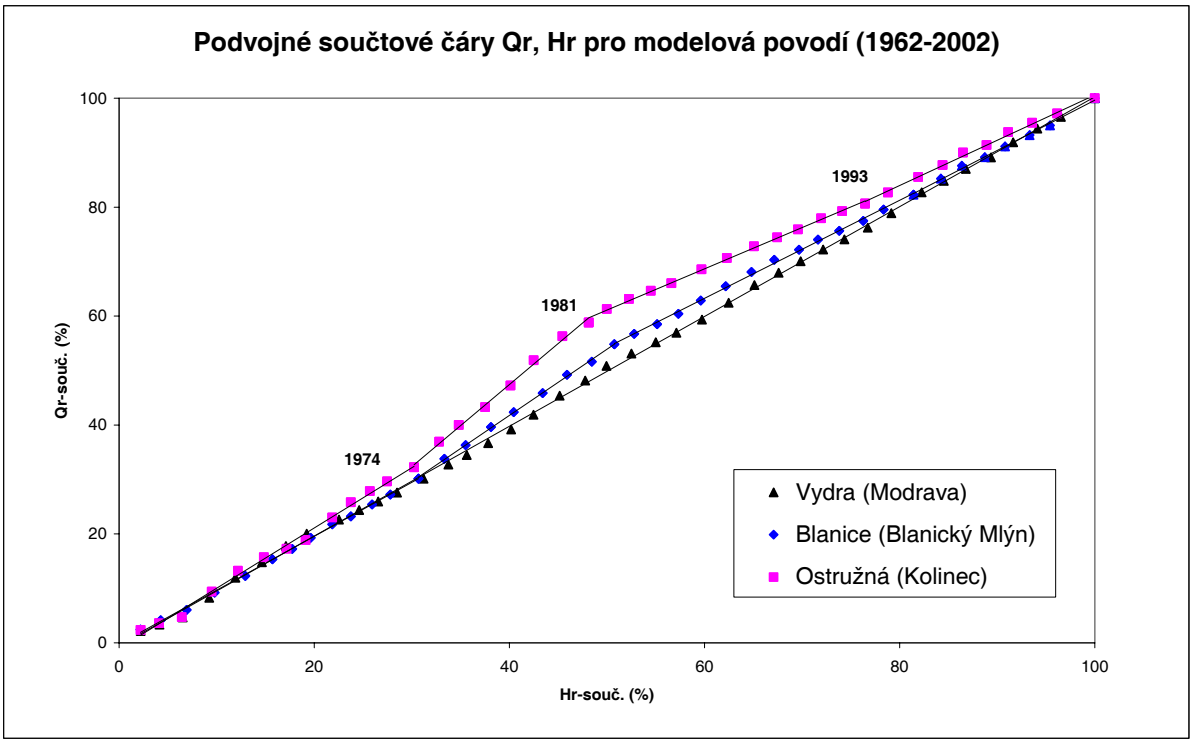
Pro detailnější sledování trendů v odtokovém režimu bylo použito dále společných jednoduchých čar průtoků vody a srážkových úhrnů pro povodí nad daným profilem. Ke konstrukci bylo použito nejprve kumulovaných měsíčních hodnot, posléze pro lepší přehlednost bez ztráty informace kumulovaných ročních hodnot. Délka hodnoceného hydrologické období byla ovlivněna dostupností srážkových dat potřebných pro odvození úhrnu srážky na plochu povodí. Průběhy součtových čar průtoků vody *Qr* a srážkových úhrnů *Hr* potvrzují shodné změny ve velikosti odtoku, které se projevují směrovým odklonem součtové čáry odtoku od součtové čáry srážek, která má bez výjimky lineární charakter. Při porovnání s čarou ročních úhrnů srážek vyplývá, že pozorovaný trend období zvýšeného nárůstu odtoku koresponduje se srážkově bohatšími obdobími a je typický právě pro 70. a 80. léta. Před tímto obdobím, podobně blíže do současnosti, nebyly odchylky pozorovány, součtové řady průtoku vody a srážkových úhrnů řady mají podobný průběh i ve vodných obdobích (viz obr. 3).



Obr. 3 Jednoduché součtové čáry Qr, Hr *v profilu Kolinec v povodí Ostružné*

Fig. 3 Simple mass curves of yearly discharge (Qr) and rainfall (Hr) for gauging sites: Kolinec in the Ostružná river basin

Pro zpřehlednění situace byly pro všechny sledované profily sestrojeny podvojné součtové čáry ročních průtoků vody a ročních úhrnů srážek, které nejlépe vystihují zjištěné změny ve vývoji odtoku. K lomovým bodům podvojné součtové čáry byly doplněny roky. Výsledky potvrdily poznatky z předchozích analýz. V profilu Vydra-Modrava nelze vysledovat změny v odtoku. Nejvýraznější změny je možné naopak pozorovat v profilu Ostružná-Kolinec (nárůst průtoku v období 1975-1980), podobně na Blanici (Blanický Mlýn: nárůst průtoku 1975-1982) – viz obr. 4).



obr. 4 Podvojné součtové čáry Hr, Qr pro profily: Modrava, Kolinec, Blanický Mlýn zdroj dat: ČHMÚ

Fig. 4 Double mass curves of yearly rainfall (Hr)l and yearly discharge(Qr) for gauging sites: Modrava, Kolinec, Blanický mlýn, source: CHMI

Analýza odtoku z pohledu výskytu a četnosti N-letých vod

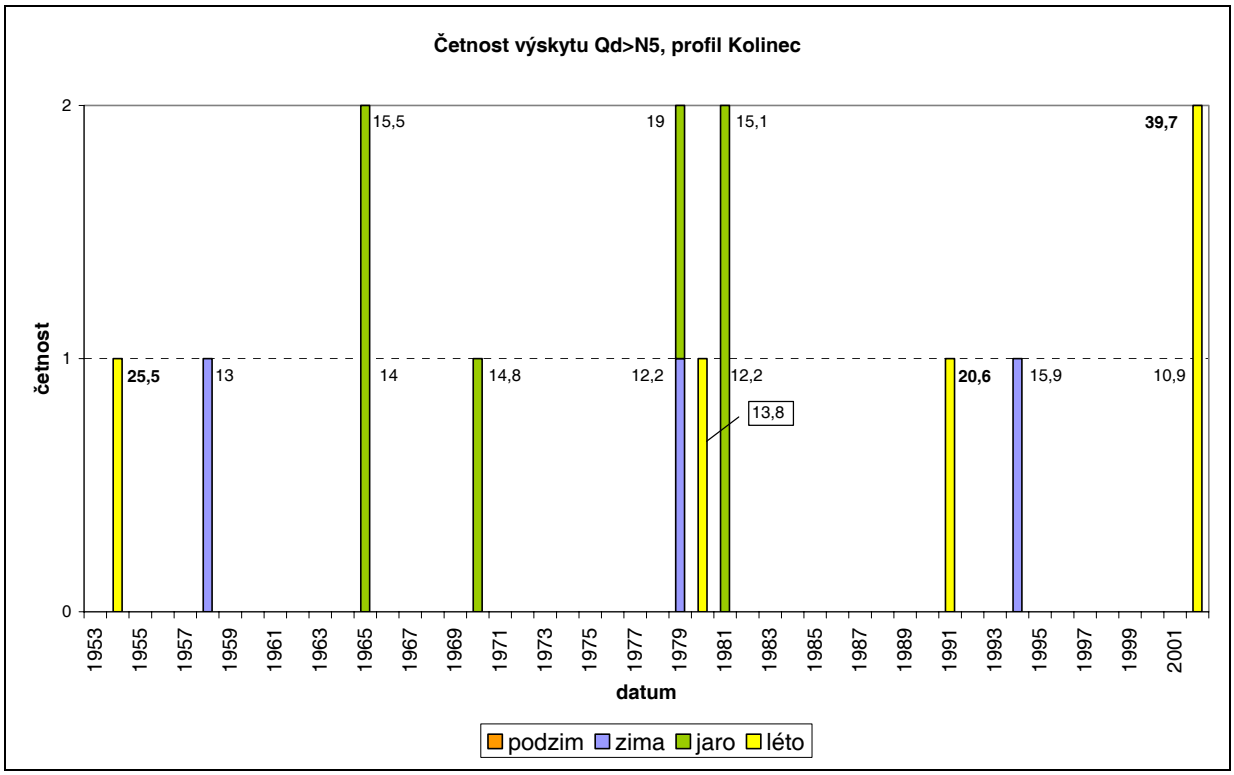
Pro objasnění příčin významných změn v trendu odtoku byly provedeny analýzy četnosti výskytu velkých vod. Hranicí pro vymezení velkých vod byla stanovena úroveň pětileté vody, která byla odvozena empiricky pomocí pravděpodobnostních křivek. Hladina 5-leté vody byla zvolena záměrně, neboť je takto zachycen významný počet zvýšených vodností, které se mohou projevit ve vývojovém trendu odtoku.

Tab. 2 Odvozené 5-leté vody v modelových povodích

Tab. 2 Derived 5-years event in the model water basins

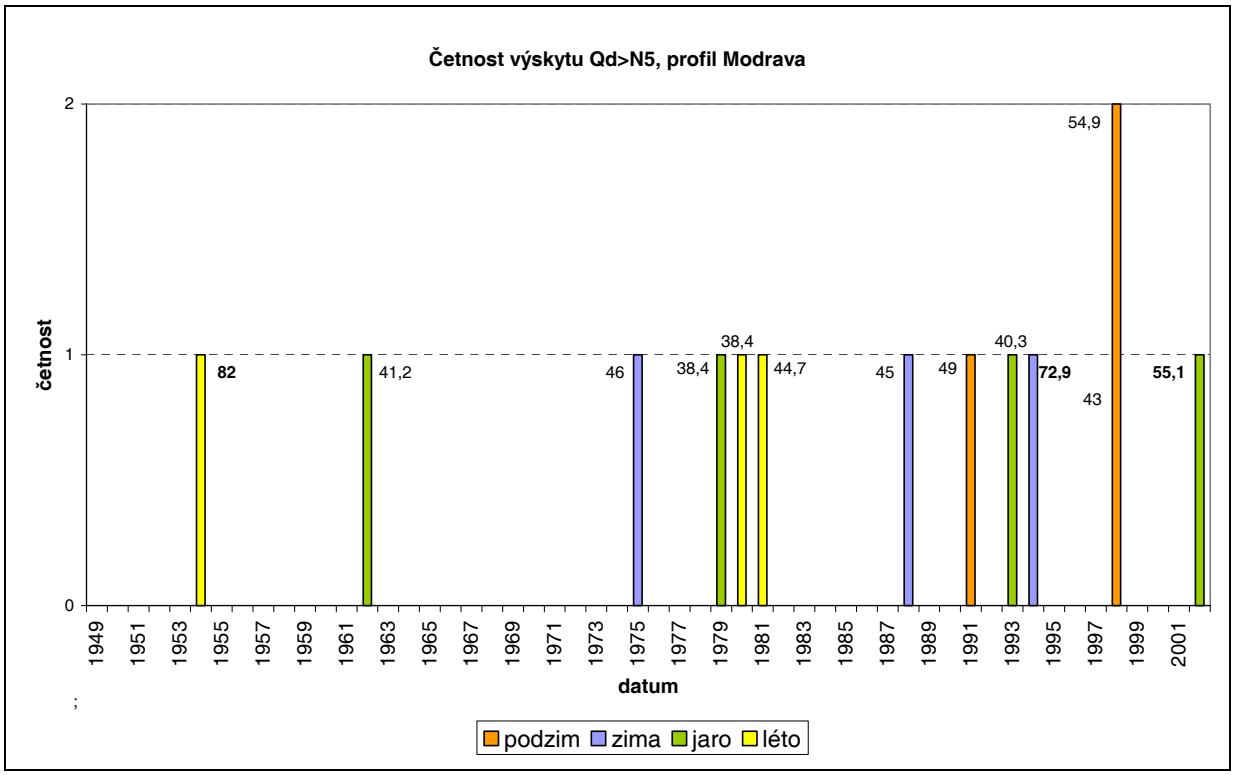
Profil	5-letá voda m^3/s	roční období s nejvyšší četností výskytu N5	Qd max m3/s (datum)
Modrava	38,0	jaro	82,0 (7.7. 1954)
Blanický mlýn	11,4	léto	64,7 (12.8. 2002)
Kolinec	10,5	jaro	39,7 (13.8.2002)

Provedená analýza potvrdila, že zjištěný trend v nárůstu odtoku souvisí s výskytem velkých vod. V období 1979-81 byl zaznamenán koncentrovaný výskyt 5-letých a vyšších vod ve všech profilech Kolinec, Blanický mlýn a Modrava (viz. obr. 5, 6). V profilu Modrava na Vydře byl pozorován výskyt velkých vod rovněž i v období 1988-94, které se stejně jako období 1979-1981 nijak významně v dlouhodobém trendu odtokového režimu neprojevilo. Podobně se neprojevily i velké vody mimo období zjištěného nárůstu odtoku u zbylých povodí. Na základě těchto skutečností je možno konstatovat, že výskyt povodňových průtoků může být průvodním jevem změny trendů, ale není určujícím faktorem změn ve vývoji odtoku.



Obr. 5 Četnost výskytu 5-letých vod v profilu Kolinec, zdroj dat ČHMÚ

Fig. 5 Frequency analysis of 5-years even for gauging site Kolinec, source: CHMI



Obr. 6 Četnost výskytu 5-letých vod v profilu Modrava, zdroj dat ČHMÚ

Fig. 6 Frequency analysis of 5-years event for gauging site Modrava, source: CHMI

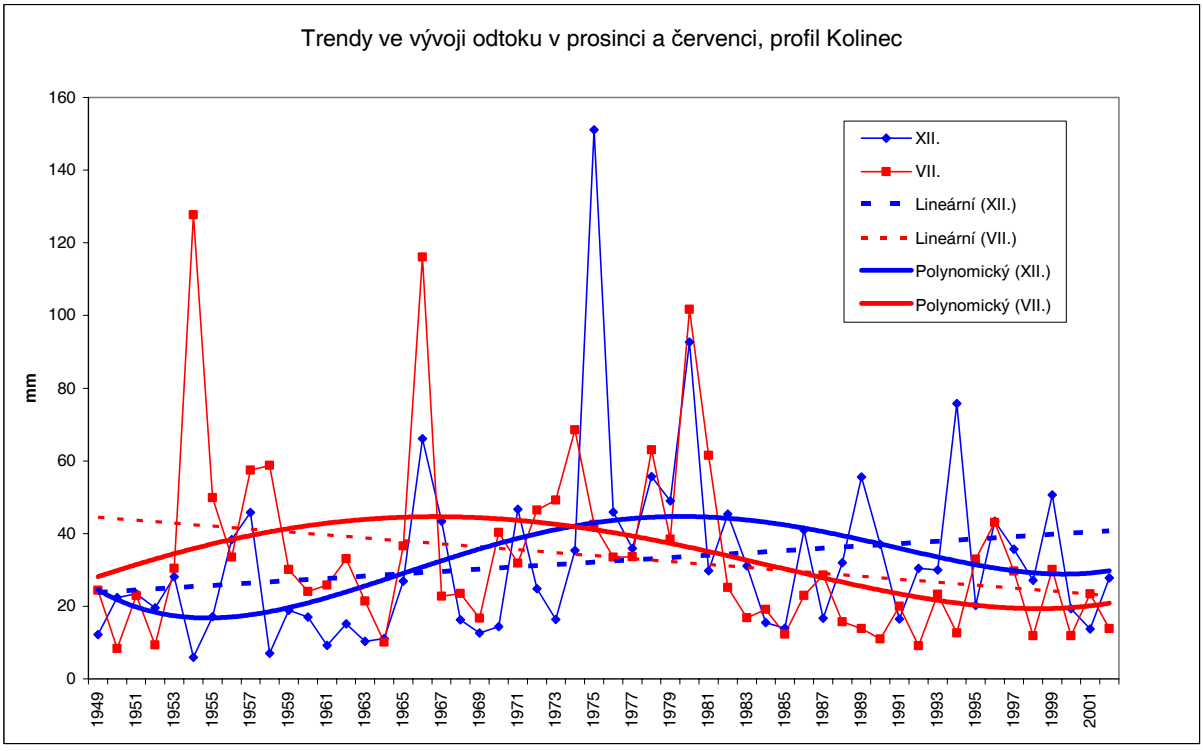
Změny sezónního rozložení odtoku

Změny v rozložení odtoku během roku byly posuzovány na základě vývoje procentuálního zastoupení odtečené vody v jednotlivých měsících, tak pro jednotlivé roční sezóny. Pro odtokový režim za poslední půlstoletí je charakteristické zřetelné navýšení podílu odtoku v zimních měsících zejména po r. 1975 (až o více než 5 %). Na druhé straně můžeme pozorovat ve stejném období až na výjimky (srpen 2002) postupný úbytek odtoku v letních měsících. Největší nárůst procentuálního podílu na celoročním odtoku vykazuje prosinec, hlavní úbytek připadá na červenec. Podíly měsíčních i sezónních srážkových úhrnů zůstávají přitom v uvedených ročních obdobích na přibližně stejné úrovni bez znatelných trendů a odchylek. Pouze v jarním období dochází k určitému snížení podílu, naopak se zvyšuje podíl srážek v podzimním období, který se projevuje i v podílu odtoku. Příkladem může být Ostružná, profil Kolinec (viz. tab. 3 a obr. 7). V povodí Vydry nedochází k významným změnám rozložení odtoku. Změny v podílu odtoku v posledních desetiletích mohou být spojovány s oteplováním klimatu i vyšším zapojením evapotranspirace vlivem změn v krajinném pokryvu.

Tab. 3 Trendy ve vývoji odtoku a srážek podle ročních období, Ostružná, profil Kolinec

Tab. 3 Trends of the runoff and rainfall regime in seasonal periods, profile: Kolinec

Období	*XII.-II.*		*III.-V.*		*VI.-VIII.*		*IX.-XI.*	
	O (%)	**H** (%)	**O** (%)	**H** (%)	**O** (%)	**H** (%)	**O** (%)	**H** (%)
1949-1960	22,3	16,8	35,1	25,9	25,6	38,5	17,0	18,8
1961-1970	17,0	16,9	37,4	27,8	27,3	35,4	18,3	19,9
1971-1980	24,6	16,4	30,4	24,7	25,1	36,0	19,8	22,8
1981-1990	25,4	21,4	36,9	24,3	20,1	33,7	17,5	20,5
1990-2002	25,2	16,4	32,3	21,7	21,9	37,6	20,6	24,2
Průměr	*22,9*	*17,6*	*34,4*	*24,9*	*24,0*	*36,2*	*18,6*	*21,2*



Obr. 7 Trendy ve vývoji odtoku v prosinci a červenci, profil Kolinec

Fig. 7 Trends of runoff regime in December and July,gauging site: Kolinec

VÝVOJ TEPLOTNÍCH A SNĚHOVÝCH POMĚRŮ

Za jednu z přirozených příčin změn odtokového režimu můžeme považovat zjištěné odchylky ve vývoji teplotních poměrů, které ovlivňují sněhové charakteristiky a celkovou hydrologickou bilanci. Pro období několika posledních desetiletí jsou často diskutovány změny v souvislosti s globálním oteplováním. Sněhové a teplotní charakteristiky byly zpracovány pro tři v současnosti měřící klimatické stanice, které reprezentují zastoupením různé nadmořské výšky horskou a podhorskou část Šumavy. Získané poznatky je tak možné vztáhnout na všechna tři modelová povodí. Jednalo se o stanice Churáňov, Kašperské hory a Klatovy (viz tab. 4). Klatovy mají z vybraných stanic nejdelší pozorovací řadu, která umožňuje teplotní a částečně i sněhové charakteristiky vztáhnout k počátku minulého století. Porovnáním průměrů za období 1901-1950 (viz. Tabulky podnebí ČSSR, 1960) a 1951-2003 byl zjištěn nárůst teploty vzduchu ze 7,6°C na 8,1°C. Větší pozornost byla věnována v souvislosti s hodnocenými změnami režimu odtoku ve vybraných modelových povodí období limnigrafického pozorování. Více jak 50. leté řady pozorování prokázaly výraznější nárůst teploty vzduchu v 80. letech a hlavně od začátku 90. let. Určité náznaky je možné, zejména pro zimní období, vysledovat již v 70. letech Největší nárůst teploty vzduchu pozorujeme v únoru a srpnu, déle v lednu, květnu a březnu. Situaci přehledně ukazuje obr. 10 Velmi podobný trend se projevil u všech třech sledovaných stanic.

Sněhové poměry jsou vedle teploty vzduchu ovlivněny množstvím zimních srážek. Ze sněhových charakteristik byla sledovány pro trendy ve vývoji průměrné a maximální sněhové pokrývky a v počtu dní se sněhovou pokrývkou.

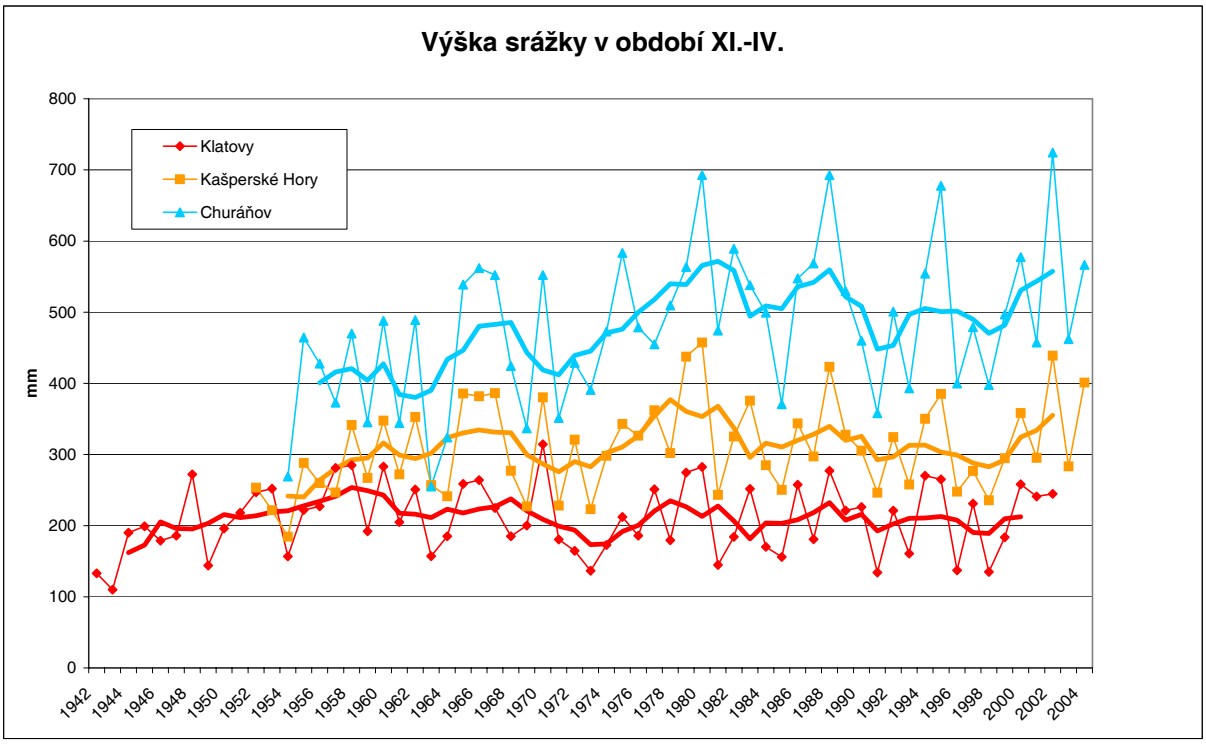
Tab. 4 Charakteristiky teploty vzduchu a sněhové pokrývky (1953-2003)

Tab. 4 Air temperatures and snow cover characteristics

Stanice	Klatovy	Kašp. Hory	Churáňov
Nadmořská výška (m)	430	737	1118
Průměrná roční teplota vzduchu (°C)	8,1	6,2	4,4
Průměrný roční úhrn srážek (mm)	607	830	1098
Průměrná výška sněhové pokrývky (cm)	6,6	14,3	39,1
Průměrná maximální výška sněhové pokrývky (cm)	17,5	39,3	97,5
Průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou	49,9	88	143,9

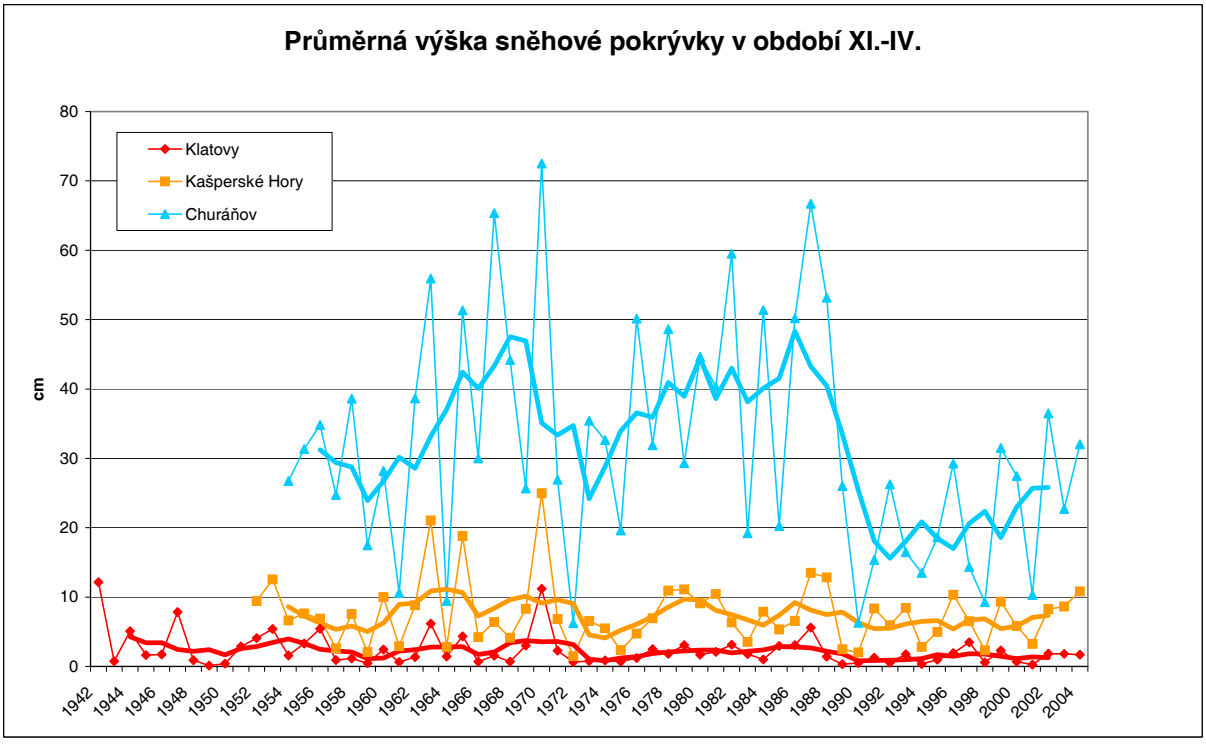
Průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou za období 1950/51-2003/04 (50,2) se prakticky neliší od průměru za období 1920/21-1949/50 (49,1) – viz. Tabulky podnebí ČSSR, 1960. V řadě posledních 50 let můžeme sledovat určitý úbytek počtu dní se sněhovou pokrývkou především u nejníže položené stanice Klatovy od 70. let a výrazně v 90. letech. Současně došlo i přes znatelný nárůst zimních srážek ke snížení průměrné výšky sněhové pokrývky, a to téměř o polovinu při srovnatelném množství zimních srážkových úhrnů. Tento trend je dobře patrný u horské stanice Churáňov, kde jsou ze všech sledovaných stanic nejlepší sněhové podmínky obr 8, 9.

Období zjištěného nárůstu odtoku (1975-1982) můžeme charakterizovat jako teplotně průměrné, v zimě s vyšší průměrnou výškou sněhové pokrývky a vyšším počtem dnů se sněhovou pokrývkou v návaznosti na bohatší zimní srážky. Zejména v nižších polohách se již začíná projevovat určitý úbytek počtu dní se sněhovou pokrývkou, který se projevuje vyšším zastoupením zimního odtoku. Tento trend spolu s nárůstem zimních srážkových úhrnů, zejména ve vyšších polohách a snižováním výšky sněhové pokrývky pokračuje až na výjimky do současné doby. Výraznější zvýšení jarních a letních teplot od začátku 80. let mohlo přispět následně k poklesu odtoku, zejména v letních měsících. V delší pozorovací řadě pro stanici Klatovy bylo podobné zvýšení jarních a letních teplot na rozdíl od zimních teplot v průměrné hodnotě prokázáno i v minulosti, zejména v období po roce 1945.



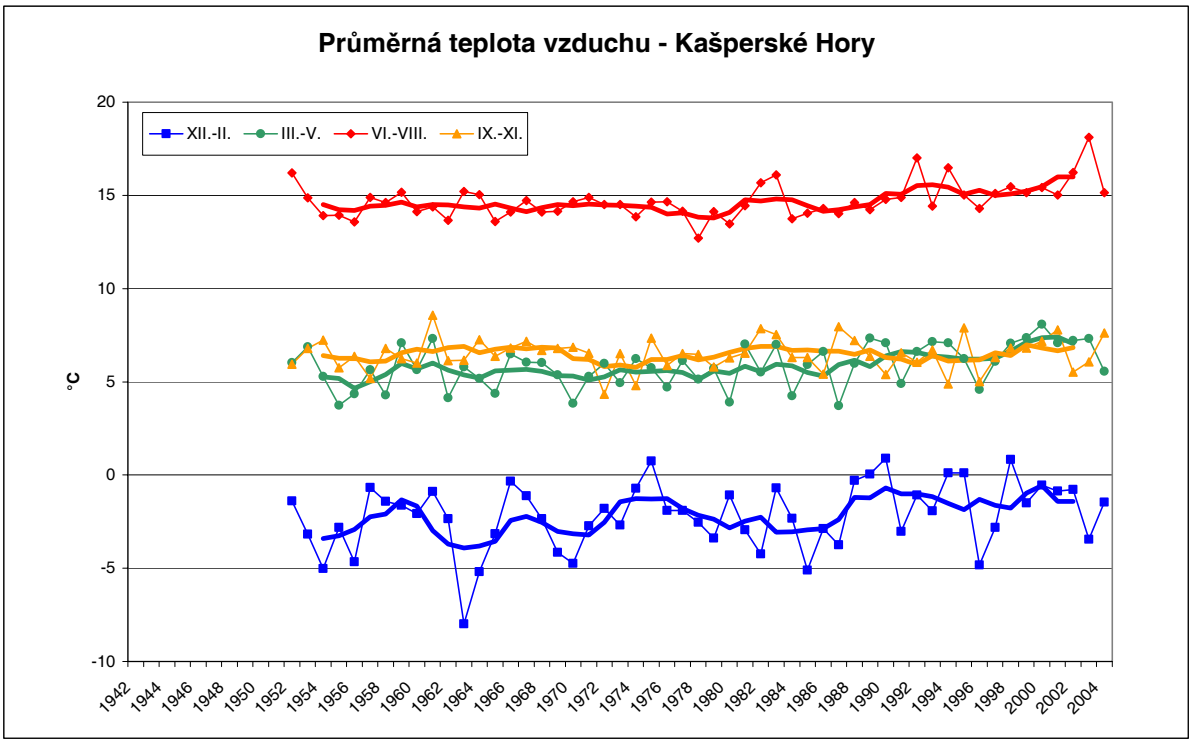
Obr. 8 Průměrná výška srážky, stanice Klatovy, Kašperské hory, Churáňov, zdroj: ČHMÚ

Fig. 8 Average precipitation, stations Klatovy, Kašperské hory, Churáňov, source: CHMI



Obr. 9 Průměrná výška sněhové pokrývky, stanice Klatovy, Kašperské hory, Churáňov, zdroj: ČHMÚ

Fig. 9 Average snow cover height, stations Klatovy, Kašperské hory, Churáňov, source: CHMI



Obr. 10 Chod průměrných teplot vzduchu v jednotlivých ročních období, zdroj TSU+SCE/T-měsíční průměry), ČHMÚ

Fig 10 Development of average air temperatures in season periods, source: TSU+SCE/T-monthly averages, CHMI

ZMĚNY VE VYUŽITÍ KRAJINY

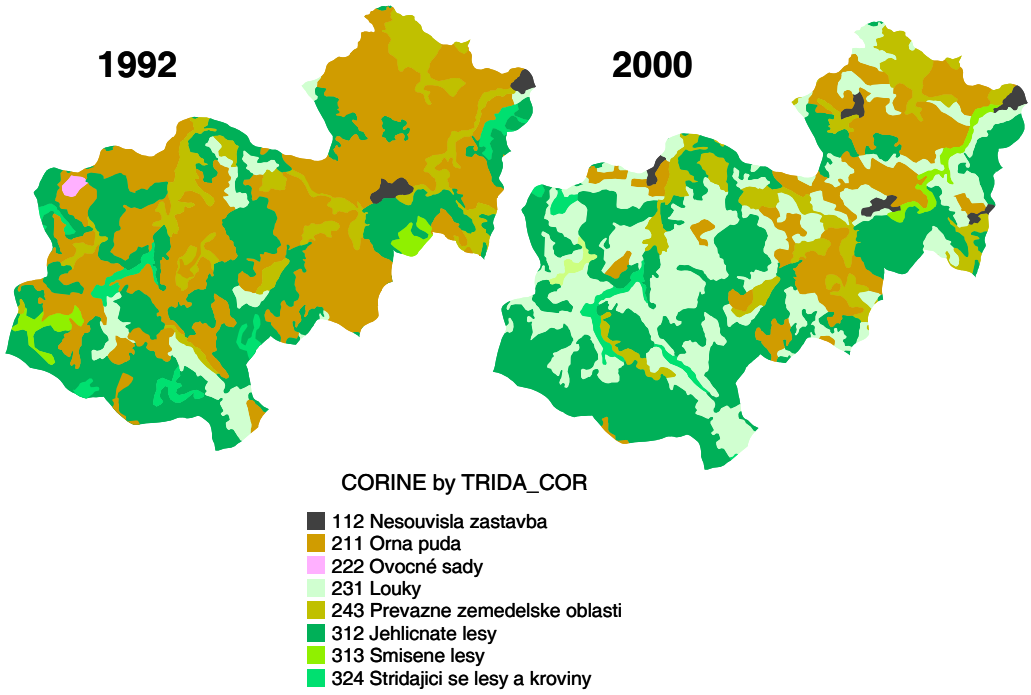
Typ krajinného pokryvu významně ovlivňuje vznik a průběh povrchového odtoku. Vzhledem k svému propojení na procesy evapotranspirace a intercepce má způsob využití území přímý vliv na hydrologickou bilanci a odtokový režim povodí. Dlouhodobé tendence ve vývoji horské a podhorské krajiny Šumavy můžeme v modelových povodích sledovat na základě statistických dat z evidence katastru nemovitostí. Změny v krajině byly odrazem změn politickoekonomických podmínek. Podle studie Bičíka a kol. (2003), která navzájem porovnávala strukturu využití ploch v časových úrovních 1845-1948-1990, dochází po r. 1948 k výraznému úbytku orné půdy ve vyšších polohách (nad 800 m n.m.). Do té doby jde spíše o mírný vzestup jako důsledek pozdní kolonizace. Jednalo se většinou o malá políčka s nekvalitní kamenitou půdou. Úbytek orné půdy je kompenzován zejména nárůstem lesních porostů.V nižších polohách Šumavského podhůří v období 1948-1990 zůstala až na výjimky plocha orné půdy na přibližně stejné úrovni jako v předchozích letech. V období socialistického zemědělství se však značně mění krajinná struktura. Scelováním pozemků do větších celků dochází k likvidaci většiny stabilizačních prvků v krajině, intenzifikace zemědělství je doprovázena plošně rozsáhlým odvodněním zamokřených ploch a napřimováním drobných vodotečí. Tyto změny mohly negativně ovlivnit odtokové charakteristiky území. Po r. 1994 naopak dochází v oblasti Šumavském podhůří vlivem státních dotací k rozsáhlému zatravňování dříve obdělávaných pozemků a jejich přeměně na louky a pastviny. Poslední změny v krajinném pokryvu a jeho současný stav ve sledovaných modelových povodích ukazuje tab. 5.

Tab. 5 Změny v krajinném pokryvu (CORINE Landcover 1992,2000)

Tab. 5 Land cover changes (CORINE Land cover, 1992, 2000)

Třída	CORINE Land cover	**Ostružná** (Kolinec)		**Blanice** (Blanický Mlýn)		**Vydra** (Modrava)	
		1992 (%)	2000 (%)	1992 (%)	2000 (%)	1992 (%)	2000 (%)
112	Městská nesouvislá zástavba	0,9	1,3	0,3	0,3	0,0	0,0
211	Orná půda	45,7	17,2	5,7	0,3	0,0	0,0
222	Ovocné sady a keře	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
231	Louky	4,7	30,2	22,3	16,9	4,2	5,7
243	Území převážně zemědělské	11,1	10,1	6,7	3,9	0,0	0,0
311	Listnaté lesy	0,0	0,5	0,2	0,8	0,0	0,0
312	Jehličnaté lesy	32,5	37,9	41,9	61,2	65,2	58,1
313	Smíšené lesy	1,7	1,2	7,2	2,3	0,3	1,0
321	Trávníky a přirozené pastviny	0,0	0,0	3,0	10,8	1,1	1,1
324	Střídající se lesy a křoviny	3,0	1,7	12,6	3,4	29,2	34,2
Celkem		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Sledovaná povodí se odlišují způsobem i vývojem využití krajiny a krajinného pokryvu za posledních více jak 50 let. Zatímco pro povodí Vydry je charakteristické dominantní zalesnění bez významných změn ve vývoji využití ploch (s výjimkou ploch postižených kůrovcovou kalamitou od 2. pol. 80 let), u zbylých povodí můžeme sledovat výrazné změny v poměru zastoupení kategorií : orné půda x les x zatravněná plocha. K největším změnám dochází v povodí Ostružné, kde orná půda v minulosti zaujímala více jak 45 % plochy. V posledních deseti letech zde byla většina obdělávaných pozemků zatravněna. K podobným změnám, zalesňování dříve zemědělsky využívaných ploch, dochází i v povodí horní Blanice. Tyto změny mohly přispět ke zvýšení vodní retence krajiny a snížení průměrných a minimálních hodnot povrchového odtoku z daných území.



Obr. 11 Změny krajinného pokryvu v povodí Ostružné (CORINE Land cover, 1992, 2000), MŽP ČR

Fig.11 Land cover changes in the Ostružná river basin (CORINE Land cover, 1992, 2000), source: Ministry of Environment, Czech Republic

UPRAVENOST HYDROGRAFICKÉ SÍTĚ A PLOŠNÉ ODVODNĚNÍ

Dalšími významnými antropogenními zásahy v povodích jsou úpravy koryt vodních toků a plošná hydromeliorační opatření. K prvním historickým úpravám vodních toků docházelo zpravidla z důvodu výstavby náhonů k vodním mlýnům, pilám a hamrům. Dále byly prováděny z důvodu ochrany před pravidelným zaplavováním luk a obdělávané půdy v údolní nivě. Prvotní úpravy zpravidla nebyly významným zásahem do půdorysného průběhu koryt vodních toků, tzn. nedocházelo k výrazným délkovým změnám říční sítě. Zpravidla při nich bylo využíváno přírodních materiálů z blízkosti dané lokality. Příkladem je horní tok Blanice, kde byla provedeno opevnění koryta kamennou rovnaninou a kamennou dlažbou položenou na sucho. Úpravy prováděli drobní rolníci hospodařící v údolní nivě Blanice na přelomu 19. a 20. století. V současné době jsou tyto úpravy vodních toků patrné pouze v několika úsecích a charakter koryta toku je možno považovat za přírodě blízký.

K významnějším zásahům do hydrografické sítě docházelo dále v souvislosti s protipovodňovou ochranou, urbanizací krajiny a hydromeliračními opatřeními. V modelových povodích na horních tocích Ostružné a Blanice se jednalo především o úpravy toků související s plošným odvodněním zemědělské půdy, které byly realizované v období 1960-1987.

Nejvyšší stupeň upravenosti toků vykazuje povodí Ostružné, přičemž jsou ovlivněny především přítoky hlavního toku (21%). Úpravy byly prováděny zejména v souvislosti s hydromeliračními opatřeními. Koryta toků byla napřímena, zahloubena a zpevněna.

Povodí Blanice vykazuje výrazně nižší podíl upravených úseků, pokud nezohledníme historické úpravy. Novodobé úpravy jsou koncentrovány především do povodí Zbytinského potoka. Podíl upravených toků celkově dosahuje v povodí horní Blanice pouhých 6 %, přičemž se zde vyskytují výrazné rozdíly v rámci jednotlivých přítoků. Upravenost říční sítě Zbytinského potoka dosahuje 62% (Vondra, 2004). Koryta vodních toků zde byla napřímena, zahloubena a zpevněna betonovými prefabrikáty.

V povodí Vydry nebyly ze Základních vodohospodářských map identifikovány významné antropogenní zásahy do hydrografické sítě. Podle dostupných informací zde byly prováděny odvodnění lesních pozemků v průběhu 19. a 20. století, které souvisely s produkcí a těžbou dřeva (Hais, 2004)

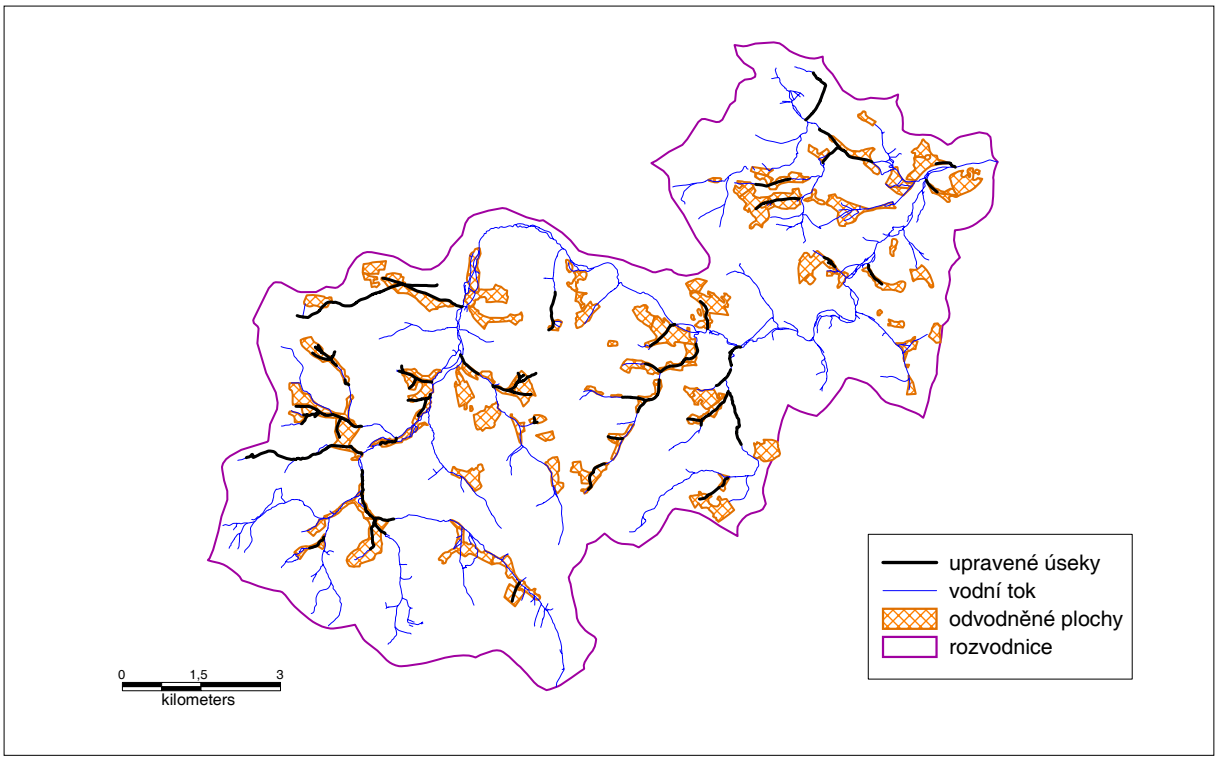
Tab. 6 Úpravy koryt vodních toků v povodí Ostružné a Blanice

Tab. 6 River training in the Ostružná and Blanice river basins

	Ostružná	Blanice
Délka říční sítě (km)	163,9	141,9
Délka upravených úseků (km)	33,7	8,5 (18,4*)
Stupeň upravenosti (%)	20,6	6 (13,0*)

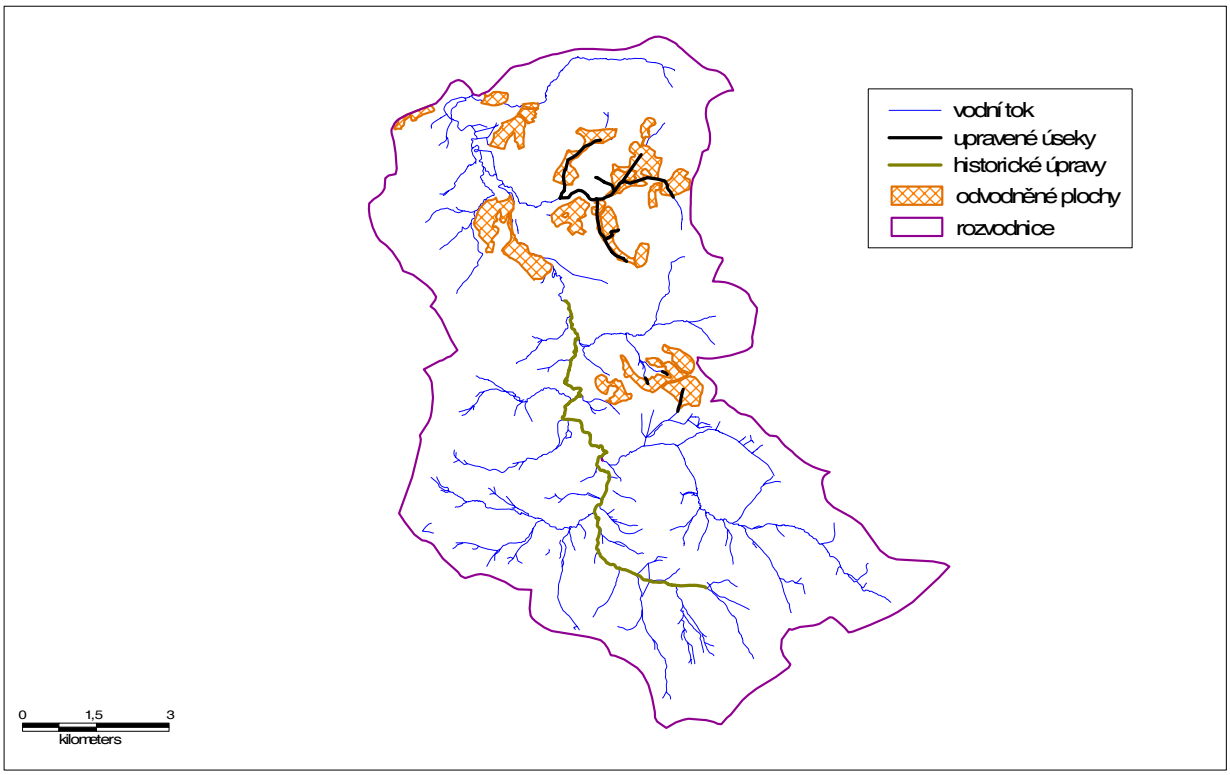
**včetně historických úprav, které dnes mají přírodě blízký charakter*

Dále byly vyhodnoceny realizovaná hydromeliorační opatření v povodí Ostružné a Blanice. Jedná se především o podpovrchové odvodnění. K odvodnění docházelo v souvislosti s intenzifikací zemědělské výroby. V povodí Ostružné byla první opatření realizována již v průběhu 60. let, přičemž k nejintenzivnějšímu nárůstu odvodněných ploch došlo v období 1975-1982. Provedená hydromeliorační opatření jsou relativně rovnoměrně rozprostřena v rámci povodí. Celkový rozsah realizovaných odvodnění v povodí Ostružné činí 829 ha, tj. 8,3 % plochy povodí. V případě Blanice byly prováděny hydromeliorace až od počátku 70. let, přičemž jsou výrazně koncentrovány do povodí Zbytinského potoka. Období největšího nárůstu odvodněných ploch 1972-1982 koresponduje s vývojem v povodí Ostružné. Celkový rozsah plošného odvodnění činí 450 ha, tj. 5,3 % plochy povodí (viz obr. 14).



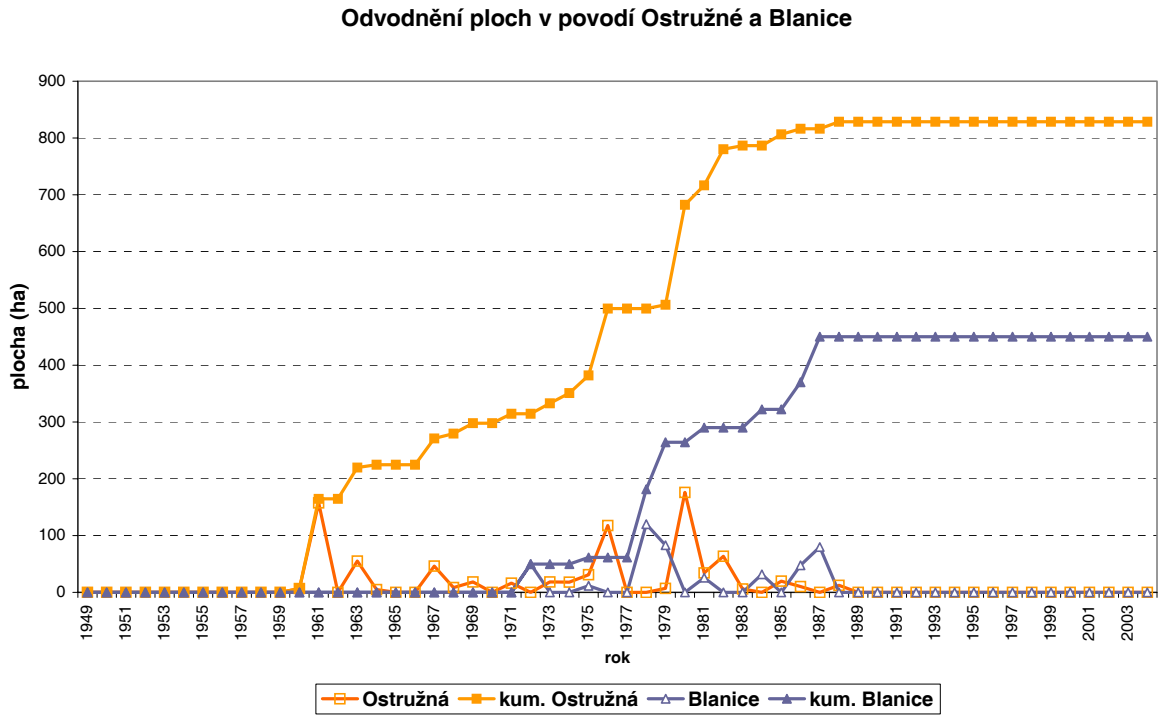
Obr. 12 Upravenost říční sítě a odvodnění ploch v povodí Ostružné, zdroj: ZABAGED, ZVHS Prachatice

Fig. 12 River training and land drainage in the Ostružná river basin, source: ZABAGED, ZVHS Prachatice



Obr. 13 Upravenost říční sítě a odvodnění ploch v povodí Blanice, zdroj: ZABAGED, ZVHS Prachatice

Fig. 13 River training and land drainage in the Blanice river basin, source: ZABAGED, ZVHS Prachatice



Obr. 14 Plošné odvodnění v povodí Ostružné a Blanice, Zdroj: ZVHS Prachatice

Fig. 14 Land drainage in the Ostružná river and the Blanice river basins, source: ZVHS Prachatice

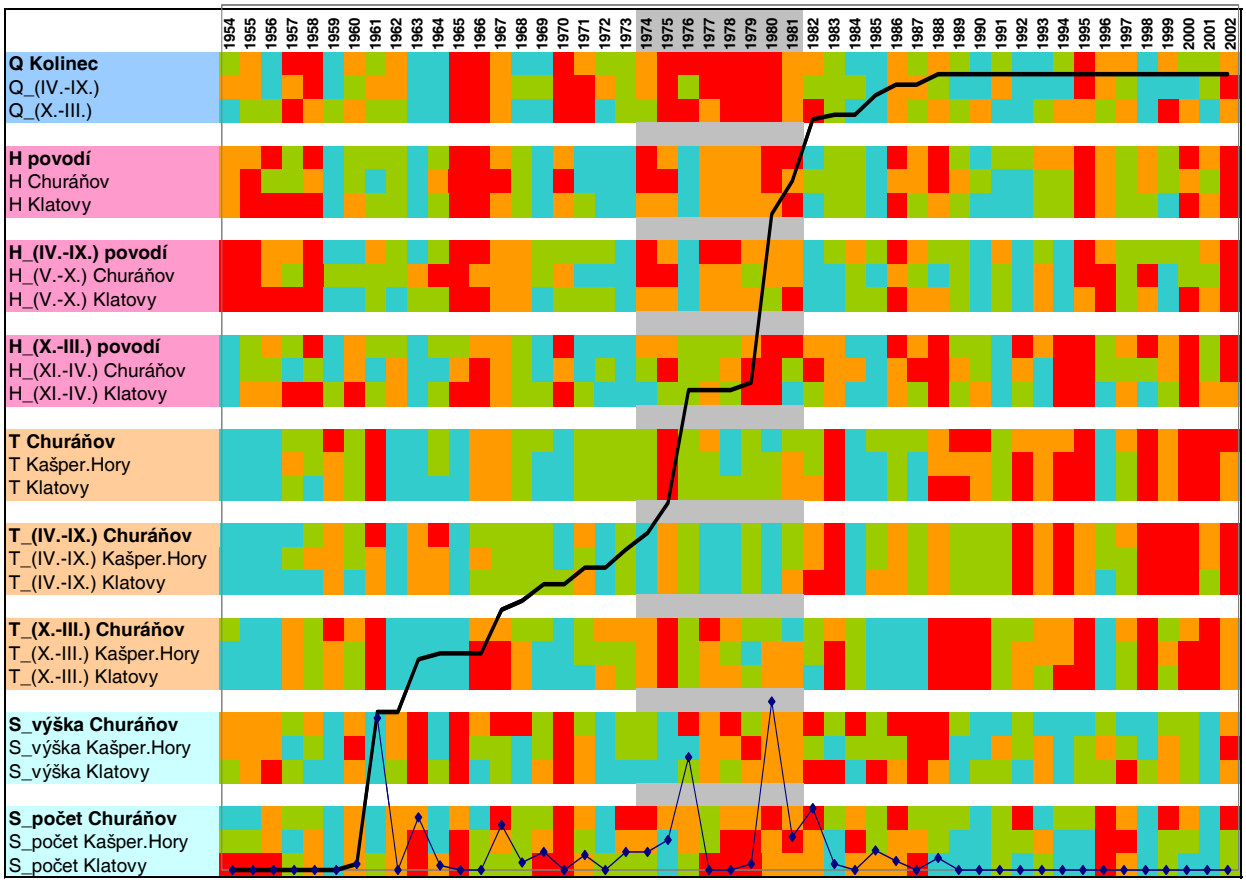
SHRNUTÍ POZNATKŮ

- Sledujeme-li průtokové charakteristiky, je zřejmé výrazné souvislé období vyššího odtoku v období 1975-1980, šířeji vymezené 1974-1982. Výrazně zvýšený odtok se přitom projevuje ve vegetačním i chladném období. Je patrné, že kratší období zvýšených vodností, většinou v délce 2-3 roky, se opakovala několikrát během sledované 50-leté řady: např. 1957-58, 1965-66(67), 1970-71, 1995-(97), 2002. Po r. 1982 můžeme sledovat v průměru nižší až nízké hodnoty odtoku, zejména ve vegetačním období.
- Období vyšších průtoků 1974-1982 souvisí se srážkově bohatším obdobím, v porovnání s obdobnými situacemi (1954-58, 1965-68, 1986-88, 1995-96, 2000-02 aj.) je však možné hodnotit uvedené období z hlediska velikosti průtoků jako nepříliš adekvátní vzhledem k velikosti spadlých srážek. Na druhou stranu se jedná o souvislé období srážkově průměrných až nadprůměrných let bez výrazných výkyvů. Sledujeme-li trendy v celé 50-leté řadě, střídají se vlhčí a sušší období, od konce 70. let je zřetelný úbytek a větší rozkolísanost srážek ve vegetačním období a nárůst srážek v chladném období, zejména ve vyšších polohách.
- Období 1974-1982 náleží mezi období teplotně podprůměrné až velmi chladné. Nízké průměrné teploty připadají zejména na vegetační období, v chladném půlroce je dosahováno naopak průměrné až mírně nadprůměrné teploty. Z hlediska 50-leté řady je zřetelný výrazný nárůst teplot od začátku 80. let a zejména v 90. letech, jak v letních, tak zimních měsících.
- Období 1974-1982 se vyznačuje jako celek nadprůměrnou výškou sněhové pokrývky a nadprůměrným počtem dní se sněhovou pokrývkou (souvislé období). Od konce 80. let se zřetelně projevuje v souvislosti s nárůstem teplot snižování výšky sněhové pokrývky (Churáňov) a pokles počtu dní se sněhovou pokrývkou (hlavně Klatovy). Jedním z důsledků je i změna rozložení odtoku během roku ve prospěch zimních měsíců (od pol. 70. let).

- V krajinného pokryvu nebyly v časovém horizontu 1845-1990 identifikovány významné změny z pohledu využití ploch v jednotlivých povodích, nicméně došlo k významné změně ve struktuře krajiny vlivem scelování pozemků, což se pravděpodobně odrazilo i v trendech odtoku. V období 1992-2002 dochází k významnému poklesu výměry orné půdy (zejména povodí Ostružné), který je kompenzován nárůstem luk a lesa. Tyto změny je možno hodnotit pozitivně z pohledu zvýšení retence vody v krajině a procesu evapotranspirace.
- V povodí Ostružné a Blanice došlo ve 2. polovině 20. století k rozsáhlým hydromelioračním opatřením. Byly provedeny rozsáhlá odvodnění zemědělských ploch a s nimi související úpravy koryt drobných vodních toků. K nejintenzivnějšímu nárůstu odvodněných ploch došlo v letech 1975-1982, což koresponduje se zjištěným trendem nárůstu odtoku v daném období.

ZÁVĚR

Sledováním změn ve srážkoodtokovém procesu s použitím metody jednoduchých a podvojných součtových čar byly prokázány odchylky ve vývoji odtoku. Ze třech vybraných modelových povodí v horské a podhorské části Šumavy se odchylky nejvíce projevily v zemědělsky využívaném povodí Ostružné, méně výrazně v povodí horní Blanice a nebyly naopak zjištěny v přírodním zalesněném povodí Vydry. Změny se projevily zřetelným nárůstem odtoku v 70. a 80. letech minulého století a postupným úbytkem odtoku v následném období. Analýzou vývoje rozložení odtoku a srážek v průběhu roku byly zjištěny určité vazby nárůstu odtoku na jedno ze srážkově bohatších období s vyšším podílem odtoku v mimovegetačním období. Teplotně chladné, relativně souvislé období bylo charakteristické výskytem srážkově průměrných až nadprůměrných let bez výrazných výkyvů s nadprůměrnou výškou sněhové pokrývky a nadprůměrným počtem dní se sněhovou pokrývkou. Po r. 1982, hlavně pak v 90. letech, lze pozorovat zejména v souvislosti s nárůstem teplot v letních i zimních měsících v průměru nižší až nízké hodnoty odtoku, především ve vegetačním období. Vzhledem ke specifičnosti a neopakovatelnosti zjištěného trendu odtoku za více jak 50-leté období můžeme předpokládat, že se vedle přírodních faktorů na něm podílely antropogenně podmíněné zásahy. V tomto smyslu se jedná zejména o rozsáhlá hydromelioračních opatření, provázaná úpravami hydrografické sítě a výstavbou povrchových i podpovrchových odvodňovacích systémů. Období nejintenzivnějšího nárůstu odvodněných ploch časově koresponduje se zjištěným trendem nárůstu odtoku. Významný pokles výměry orné půdy kompenzovaný nárůstem zatravněných a zalesněných ploch v posledním desetiletí mohl naopak přispět spolu se zjištěnými klimatickými trendy ke zvýšení podílu evapotranspirace a tím i k celkovému snížení odtoku. Stanovení váhy a vlivu faktorů ovlivňujících odtok vody z území bude předmětem synchronního monitoringu odtoku na různě využitých dílčích experimentálních plochách v povodí horní Blanice.



Obr. 15 Vývoj klimatu a nárůst plošného odvodnění v povodí Ostružné v období1954-2002, Zdroj:ČHMÚ, ZVHS

Fig. 15 Climate development and increase of land drainage in the Ostružná river basin in period 1954-2002, source CHMI, ZVHS

Vysvětlivky : Q-průměrný průtok, H-úhrn srážek, T-průměrná teplota vzduchu, S_výška – průměrná výška sněhové pokrývky, S_počet – počet dnů se sněhovou pokrývkou. Červeně: hodnoty > horní kvartil, žlutě: <horní kvartil, medián>, zeleně: <medián, dolní kvartil>, modře: <dolní kvartil. Graf, tenká čára: vývoj odvodněných ploch v jednotlivých letech, silná čára: vývoj odvodněných ploch (kumulovaně).

Notes: Q-average discharge, H-precipitation, T-average air temperature, S_výška – average snow cover height, S_počet – number of days with snow cover. Red colour: values > upper quartil, yellow: < upper quartil, median>, green: <median, lower quartil>, blue: <lower quartil. Graph: thin line: development of land drainage, thick line: development of land drainage (cumulative).

Literatura:

Blažková, Š., Kolářová, S. (1994): Vliv odlesnění na hydrologický režim v oblasti Jizerských hor. VÚV T.G.Masaryka. Praha, 76 s.

Bičík a kol. (2003): Vývoj struktury ploch v povodí Otavy. In: Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Sborník výstupů z dílčích úkolů grantu GAČR, PřF UK, Praha, s. 113-121.

Doležal, F. a kol. (2004): Bilanční odhady příspěvku odvodňovacích soustav k průběhu povodní. VÚMOP, Praha.

Föhrer, N. a kol. (2001): Hydrological response to land use changes on the catchment scale. In: Physics and Chemistry of the Earth, 26, s.577-582.

Goudie, A. (1992): The Human Impact on the Natural Environment. Blackwell Publisher. Oxford. 388 s.

Hais, M. (2004): Influence of Drainage on Landscape Functioning in Šumava National Park. In.: Hermann A. (ed.) Extended Abstract – International conference on Hydrology of Mountains Environments. Berchtesgaden, Federal Republic of Germany, 27 September – 1 october 2004. 125 pp.

Jařabáč, M., Chlebek, A. (1984): Vliv lesů a lesního hospodářství na odtoky vod a erozi půdy v Beskydech. Vodní hospodářství, č. 4, Praha, s. 109-116.

Kaňok, J. (1999): Antropogenní ovlivnění velikosti průtoků řek povodí Odry po profil Kozle. Spisy prací Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity, č. 10, Ostravská univerzita, Ostrava.

Kavan, J. (2004): Změna odtokových poměrů v povodí Ostružné. Bakalářská práce, PřF UK Praha, 75 s.

Kliment, Z., Matoušková, M. (2005): Trendy ve vývoji odtoku v povodí Otavy. Geografie-Sborník ČGS, r. 112, č. 1.

Klöcking, B., Haberlandt, U.(2002): Impact of landuse changes on water dynamics – a case study in teperate meso and macroscale river basin. In: Physics and Chemistry of the Earth, 27, s. 619-629.

Křeček, J.(1980): Prognóza vlivu lesní těžby na změnu vodnosti malého povodí. Práce VÚLHM, 56, Praha.

Kříž, V. (1981): Nástin prognózy potenciálních změn hydrického režimu Moravskoslezských Beskyd. Sborník ČSG, 86, č.1, Academia Praha, s.19-27.

Kříž, V. (2003): Změny a zvláštnosti vodního režimu řeky Ostravice. Geografie, 2003, r.108, č. 1, s. 36-48.

Kulhavý, Z. (1999): Hodnocení vlivu zemědělského hospodaření na odtokové poměry malých povodí aplikací metod matematického modelování. ZZP EP 7062, VÚMOP, Praha.

Langhammer, J. a kol. (2003): Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Sborník výstupů z dílčích úkolů grantu GAČR, PřF UK, Praha, 200 s.

Meyer, W.B. (2001): Human impact on the Earth. Cambridge University Press, Cambridge, 253 s.

Netopil, R. (1955): Výzkum vlivu lesa na odtok. Sborník ČSZ, 60, č.1, Academia Praha, s.65-66.

Robinson, M. a kol. (2003): Studie sof the impact of forest on peak flows and baseflows: a European perspective, in: Forest ecology and management, 186, s.85-97.

Sochorec, R. (1997): Ovlivnění hydrologických charakteristik odběry povrchové vody a vypouštěním vody do toků v povodí Odry a horního toku Moravy. Vodní hospodářství, 47, č.9., s.291-292.

Šeborová, V. (1994): Režim a jakost povrchové vody v povodí Smědé. Diplomová práce, PřF UK Praha, 98 s.

Švihla, V.a kol. (1992): Výzkumný objekt Ovesná Lhota. Monografie. VÚMOP Praha, 92 s.

Válek, Z. (1953): Výzkum vlivu lesa na odtok v povodí Kychové a Zděchovky. Vodní hospodářství, č. 10-11, Praha.

Vondra, F. (2004): Fyzickogeografická charakteristika a antropogenní ovlivnění povodí horní Blanice. Bakalářská práce, PřF UK Praha, 68 s.

Autoři

Zdeněk Kliment, katedra fyzické geografie PřF UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2, kliment@natur.cuni.cz

Milada Matoušková, katedra fyzické geografie PřF UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2, matouskova@natur.cuni.cz