

**České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební**

**Czech Technical University in Prague  
Faculty of Civil Engineering**

**Ing. Josef Křeček, CSc.**

**Paleohydrologie a historická hydrologie**

**Paleohydrology and historical hydrology**

## Souhrn

Cílem paleo- a historické hydrologie je extrapolace časových řad instrumentálních pozorování klimatických a hydrologických veličin zejména se zřetelem poznání vlivu klimatických změn na genezi hydrologických procesů. Metody paleohydrologie spočívají v identifikaci změn hydrologického režimu pomocí nepřímých indicií (proxy-dat) přírodní povahy (změny depozice a eroze geologických vrstev, glaciálních útvarů, biologických charakteristik – letokruhů dřevin, pylového složení v sedimentech) a datování těchto údajů. Historická hydrologie vychází především z psaných záznamů, jejichž délka se geograficky liší s rozvojem místních civilizací.

Prehistorické a historické informace jsou důležitým nástrojem vodohospodářské praxe, slouží zejména k doplňování trendů řad, pozorovaných povodňových průtoků, a určení vlivu dlouhodobých změn klimatu na periodicitu povodní. Takto mohou být prodlužovány pozorované řady průtoků standardně pro období posledních deseti tisíc let.

Prehistorické a historické studie takto umožňují předvídaní budoucích změn vodního režimu a rozšíření oblasti testování předpovědních modelů. Získané poznatky poskytují důležitou možnost korekce soudobých počítačových simulací dopadů klimatických změn. Studium paleo- a historické hydrologie je současně orientováno na širší aplikace oborů krajinné ekologie, archeologie a historie (objasňování konkrétních historických událostí). Metody a výsledky paleo- a historické hydrologie vedou zároveň k prohloubení poznání a pochopení hydrologických procesů, a jsou tudíž považovány za důležitou součást výuky hydrologie.

## **Summary**

The main aim of paleo- and historical hydrology is to extrapolate instrumental data-series of hydrological and climatological variables. Particularly, special attention has been paid to impacts of the global climate change on hydrological processes. Methods of paleohydrology are based on identification of changes in the hydrological regime by proxy-data found in archives of the nature (deposition and erosion in sedimentary layers or glaciers, tree rings development, composition of pollens in sediments etc.), and dating of those changes. The length of historical archives depends on the civilization development in given geographic conditions. The nature archives include informations on the prehistoric development of the Earth; important are particularly the proxy-data of the last ten thousand years.

In water engineering, paleo- and historical studies have been used to estimate both age and magnitude of extreme flood events incorporated in the flood frequency analysis. Nowadays, research activities are oriented, namely, on the identification of long-term climate change impacts on the flood frequency. Paleo- and historical studies are also used to test and correct existing mathematical simulations of extreme hydrological processes. Paleo- and historical studies running in different regions of the Earth are often included into interdisciplinary research projects on landscape ecology, archeology, and history (clarification of historical events). Generally, results of paleo- and historical hydrology can improve the understanding of links between climate, land-use and hydrological processes, and should be included in the education system of hydrology (both under- and graduate levels).

## **Klíčová slova**

Paleohydrologie; historická hydrologie; využívání povodí; geomorfologie vodních toků a jezer; geochemie sedimentů; dendrochronologická analýza; radiouhlíkové datování; pravděpodobné maximum průtoku; vodní bilance; klimatické změny; hydrologický determinismus; krajinná ekologie; archeologie; vodní hospodářství.

## **Keywords**

Paleohydrology; historical hydrology; land use; geomorphology of water courses and lakes; geochemistry of sedimentary layers, tree rings analysis; radiocarbon dating; probable maximum flood; water cycle; climate change; hydrological determinism; landscape ecology; archeology; water management.

## **Obsah**

1.	Úvod	6
2.	Metodika	6
3.	Aplikace	12
	3.1. Využití ve vodohospodářské praxi	12
	3.2. Víceúčelové aplikace	15
	3.3. Příspěvek k poznání historických událostí	17
	3.4. Uplatnění ve výuce hydrologie	18
4.	Závěr	19
5.	Literatura	19

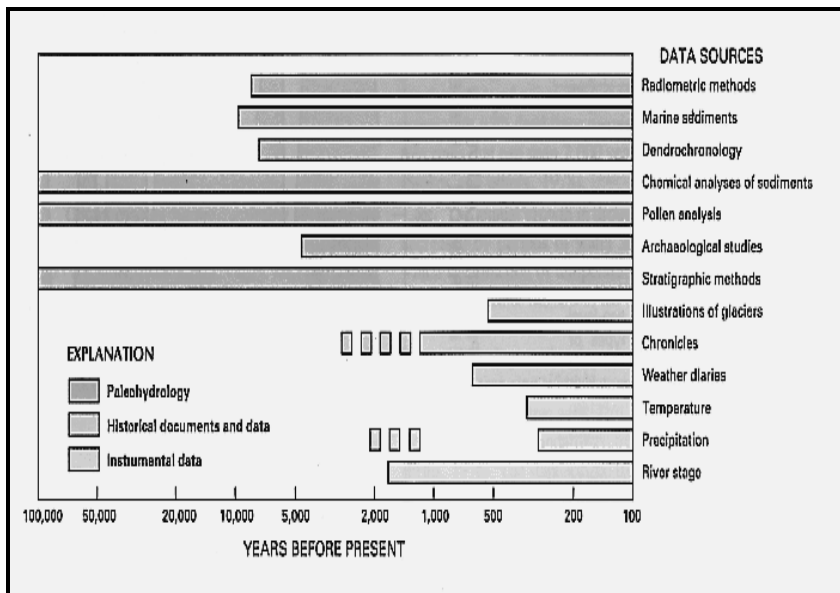
## 1. Úvod

Historická hydrologie vychází z relevantních informací archivních záznamů ve vztahu k vodnímu prostředí, zatímco paleohydrologie se zabývá studiem hydrologických systémů Země v prehistorickém období, pro které neexistují psané archivní záznamy (Britannica online encyclopedia, 2012). Cílem obou těchto disciplin je extrapolace časových řad instrumentálních pozorování klimatických a hydrologických veličin s cílem poznání vlivu klimatických změn na genezi hydrologických procesů; zejména získání informací o intenzitě změn klimatu v minulosti se zřetelem možných budoucích „klimatických překvapení“ (Solomon *et al.*, 2007).

Poznatky paleo- a historické hydrologie (White, 1942; Johnson, 1986; Chapron, 2005) umožňují předpovídat budoucí fluktuace vodního režimu zájmových povodí s vývojem klimatu, a rozšiřují tak oblast testování současných předpovědních klimatických a hydrologických modelů. Dreyfus (1994) zdůrazňuje rostoucí význam paleo- a historických poznatků právě ve smyslu nenahraditelné korekce současných počítačových simulací. Vodohospodářská praxe využívá historických a paleo-informací dosud především k doplňování trendů řad pozorovaných povodňových průtoků a určení vlivu dlouhodobých změn klimatu na periodicitu povodní (Jarret, 1991; Fenske, 2003). Takto jsou prodlužovány pozorované řady průtoků standardně pro období holocénu - posledních deseti tisíc let (Knox, 2003), ale i pro delší období (Gasse & Palevol, 2006).

## 2. Metodika

Metody paleohydrologie spočívají v identifikaci změn hydrologického režimu pomocí nepřímých indicií (proxy-dat) přírodní povahy (změny depozice a eroze geologických vrstev, glaciálních útvarů, biologických charakteristik – letokruhů dřevin, pylového složení v sedimentech, a datování těchto údajů), Lane *et al.* (2011).



**Obr. 1.** Přehled časových řad poznatků paleo- a historických metod ve srovnání s instrumentálními daty (Solomon *et al.*, 2007).

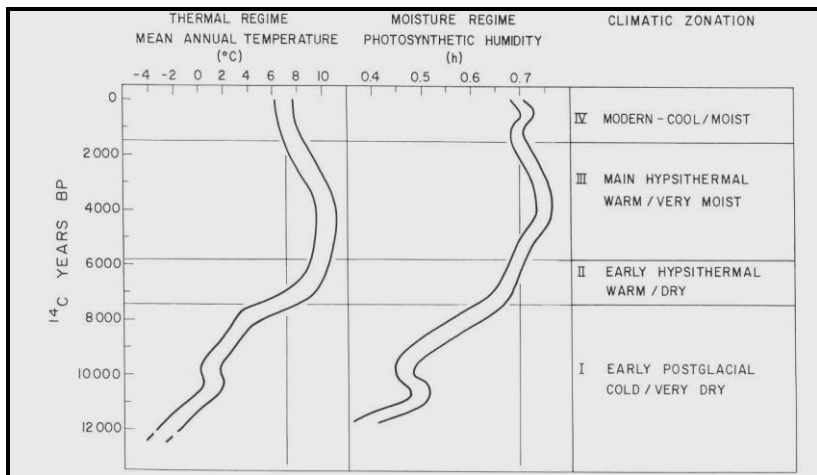
Časový rozsah informací, získávaných jednotlivými metodami paleo- a historické hydrologie je uveden v **Obr. 1.** „Přírodní archívy“ zahrnují geologickou historii Země. Pro evidenci klimatických změn se používají analýzy pylového složení, vrstev sedimentu (jezer a oceánu), vrstev ledovců, případně dendrochronologie dřevin (Solomon *et al.*, 2007). K odhadu časových řad průměrných ročních průtoků lze použít roční dendrochronologie, extrémní průtoky jsou odvozovány z geomorfologie koryt záplavových území (England *et al.*, 2010), období sucha jsou indikována botanickým průzkumem a dendrochronologií stromů v záplavovém území. Délky záznamů historických kronik se

geograficky liší s rozvojem místních civilizací - Egypt, Čína: cca 2000 let, Evropa: cca 1000 let, USA: cca 200 let (Lane *et al.*, 2011).

Datování analyzovaných proxy-dat hydrologických jevů umožňuje radiouhlíková metoda zjišťování stáří biologického materiálu ve vrstvách záplavových území, používaná od roku 1940, Thordycraft *et al.* (2003). Tato metoda je založena na poznatku, že přírodní radioaktivní izotop uhlíku  $^{14}\text{C}$  (vytvářející se neustále vlivem kosmického záření) je do organismů v průběhu jejich života doplňován z okolního prostředí a po jejich odumření dochází k přerušení tohoto příjmu. Pro poločas rozpadu  $^{14}\text{C}$  (5730 let) je určováno datum úmrtí sledovaného organismu. Přesnost této metody je uváděna pro období holocénu s přesností  $\pm 100$  let. Podobně je datováno stáří podzemních vod za předpokladu, že příjem  $^{14}\text{C}$  je přerušen vstupem do sledovaného kolektoru (Livingston, 2003). Kromě radiometrického datování je používána metoda dendrochronologie letokruhů stromů, případně metoda relativního datování pomocí srovnávání geologických horizontů.

V přírodě se přirozeně vyskytuje 329 nuklidů - 273 stabilních a 56 radioaktivních (Fontes *et al.*, 1983). Rozdíly izotopového obsahu ve sledovaných organismech jsou důsledkem globálních geochemických cyklů (koloběh vody, dusíku, uhlíku aj.). K rekonstrukci teploty a vlhkosti prostředí je používána analýza obsahu stabilního izotopu  $^{18}\text{O}$  v celulóze jezerních fosilií (Anderson & Rosenbaum, 2007). Východiskem této metody je předpoklad nárůstu výparu (společně s růstem obsahu izotopu  $^{18}\text{O}$  v tělech vodních organismů) v relativně teplejších obdobích. Rekonstrukci teplotního a vlhkostního režimu v období holocénu pak umožňuje kombinace analýz obsahu izotopu  $^{18}\text{O}$  společně s datováním radiouhlíkovou metodou, **Obr. 2** (Edwards & McAndrews, 1989).





**Obr. 2.** Odvození charakteristik vlhkostního režimu pomocí obsahu izotopu <sup>18</sup>O v celulóze jezerních fosilií a radiouhlíkového datování, Ontario (Edwards & McAndrews, 1989).

V posledním desetiletí (Sachse *et al.*, 2012) byla vyvinuta metoda studia ekosystémů minulosti pomocí molekulární paleohydrologie, založené na analýze četnosti výskytu deuteria (izotop vodíku <sup>2</sup>H) ve vzorcích tuku vodních i suchozemských živočichů. Tato metoda vychází z poznatku, že obsah deuteria v tuku organismů významně koreluje s podmínkami jejich růstu (prostředí, vodní režim). Současně je analyzován poměr četností <sup>2</sup>H/H vzorků organického materiálu v sedimentech různých geologických období.

Při datování vrstev ledovců jsou používány kromě radio-uhlíkové metody také radio-izotopy <sup>210</sup>Pb <sup>32</sup>Si a <sup>39</sup>Ar. Tyto metody poskytují relativně přesné datování pro období holocénu, pro starší období roste nejistota exponenciálně se stářím vzorku ledu (vlivem komprese, deformace, případně odtoku vody z ledovce). Vrstva cca 1000 m horního ledu reprezentuje období cca 50 tisíc let, zatímco další vrstva

mocnosti 50m odpovídá období 100 tisíc let. Sezónní proměnlivost horních vrstev (stáří několika tisíc let) koresponduje s obsahem izotopu  $^{18}\text{O}$ , tudíž poměr  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  indikuje stáří uzavřených bublin vzduchu, případně prachových částic ve vrstvách ledu (Solomon *et al.*, 2007).

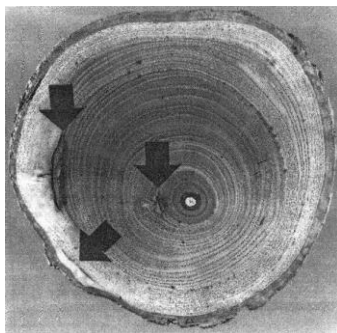
Geochemická data sedimentů zájmových toků a jezer charakterizují interakce mezi vstupy z povodí, vegetace, ovzduší a interními procesy ve vodním prostředí, Stehlík & Kadlec (2012). Výskyt Si a Al v sedimentech indikuje zvýšenou aktivitu zvětrávání, tj. relativně teplejší a vlhčí klima. Vyšší rozpustnost Al za kyselých podmínek umožňuje odhadovat historický vývoj pH vody. Obsahy Na a K v sedimentačních profilech charakterizují intenzitu zvětrávání hornin a eroze půdy a jejich zvýšené hodnoty indikují intenzivní erozní procesy (obvykle následkem odlednění nebo odlesnění povodí). Ca a Mg se vyskytují ve většině geologického podloží, jejich vyšší výskyt v sedimentech také indikuje zvýšenou erozi, případně nízkou stabilitu půd v povodí. Zvýšená salinita sedimentů (vyšší poměr Mg/Ca) vypovídá o relativně intenzivní evaporaci. Obsah Fe a Mn (ve formě minerálů, oxidů, koloidních částic nebo organických komplexech) indikují kyselé nebo redukční podmínky, které zvyšují mobilitu těchto prvků (například jejich zvýšený přísun v periodách okyselení půd při zastoupení jehličnatých porostů v povodí).

Fytoplankton je bohatší na N a má nižší poměr C/N než terestrická vegetace, tudíž poměr C/N je nástrojem pro rozlišení dlouhodobých přechodů mezi terestrickým a jezerním ekosystémem, které mohou být výsledkem fluktuace jezerní hladiny či migrace velkých říčních delt.

Výpovědní hodnota paleohydrologické informace závisí na charakteru přírodního záznamu, tj. velikosti a vlastnostech povodí sledovaných vodních toků a jezer (Knox, 2003, Rambeau, 2010). Obecně jezera s nízkou sedimentační rychlostí poskytují relativně delší záznam, naopak jezera s vysokou akumulací rychlostí sedimentu a nízkou bioturbulencí poskytují záznamy s vyšším rozlišením. Sedimenty jezer, případně recipientů malých povodí archivují lokální události, které se

nemusí shodovat s regionálním schématem změn prostředí. Naopak sedimenty profilů (případně jezer) velkých povodí v sobě nesou signály ze širší oblasti, ale jejich záznamy mohou zakrývat lokální nebo krátkodobé procesy.

Dendrochronologický záznam indikuje roční hodnoty transpirace, případně průměrných ročních průtoků. Pro dřeviny rostoucí v záplavovém území může záznam letokruhů datovat výskyt významných povodňových jevů, **Obr. 3.**, případně - v záplavových územích s předpokládanými periodickými destrukcemi břehů - poskytuje informaci o minimálním období od poslední extrémní povodně (Fenske, 2003).



**Obr. 3.** Znamky „povodňových jizev“ v chronologii letokruhů stromu, rostoucího v záplavovém území (Yanoski & Jarret, 2002, in Fenske, 2003).

Historická hydrologie vychází z archívu psaných záznamů (extrémů počasí, rozsahu a následků povodňových jevů, zemědělských výnosů, map, dobových obrazů aj.), případně pramenů kulturní povahy (dobových obrazů, kalendářů, astrologických pranostik), Kakos (1977), Kynčil (1982), Svoboda *et al.* (2003). Aplikace této metody předpokládají možnost rekonstrukce hydraulických parametrů koryt

zájmových vodních toků a následný odhad příčného průtočného profilu pomocí historických stop. Metody historické hydrologie jsou využívány při archeologickém výzkumu, lokalizaci nebo objasnění konkrétních historických událostí (File, 1991); zároveň přispívají k dlouhodobé diskuzi na téma úlohy klimatického a hydrologického determinismu v dějinách lidstva (Acot, 2005).

### 3. Aplikace

#### 3.1. Využití ve vodohospodářské praxi

Při řešení řady vodohospodářských projektů bylo použito historických a paleohydrologických informací k extrapolaci pravděpodobnosti překročení extrémních průtoků. Fenske (2003) uvádí schéma využití paleohydrologických dat v projekční praxi US Corps of Engineers, **Obr. 4**. Historická a paleohydrologická data vedou obecně ke snižování nejistot při stanovení čáry opakování N-letých průtoků.

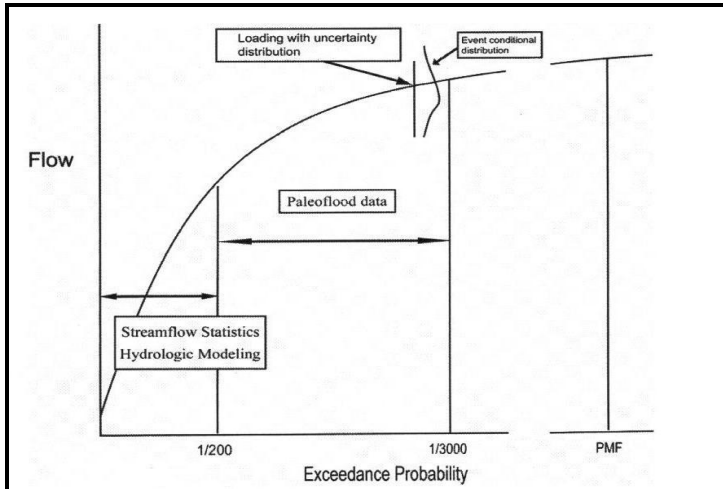
Hodnota pravděpodobného maxima průtoku (PMF) vychází z předpokladu nejnepříznivější kombinace meteorologických a hydrologických podmínek (výskyt pravděpodobně maximálního srážkového jevu v zájmové oblasti při plně nasyceném povodí). Uvažovaná hodnota PMF musí převyšovat maximální průtoky odvozené z paleohydrologické analýzy posledních deseti tisíc let (Jarret, 1991).

Paleohydrologické studie mají samozřejmě svá omezení, poskytují důležité informace o kulminačních průtocích, ale postrádají výpověď ohledně objemu povodňových vln (Rambeau, 2010). Četnost paleohydrologických informací se také mění s regionálním klimatem. V aridních a semi-aridních oblastech, kde existují kaňony s výraznými indikátory extrémních průtoků, roste i význam paleohydrologických studií (Reed, 2002).

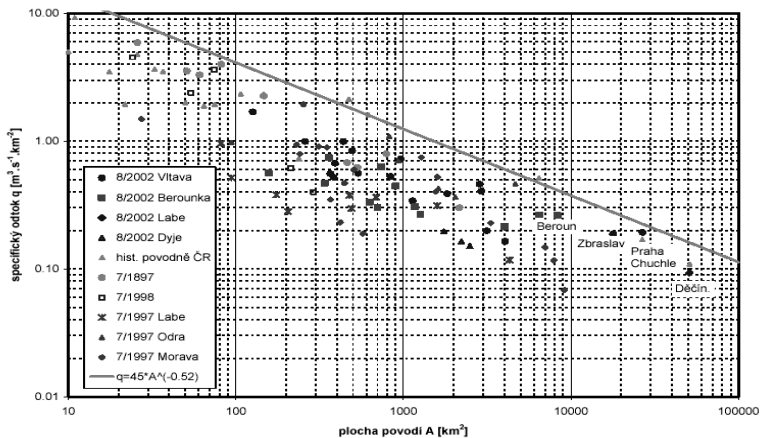
Thordycraft *et al* (2003) identifikovali 56 paleo-povodní v geologickém podloží řeky Llobregat (Pont de Vilomara, Španělsko). V osmi případech odpovídající kulminační průtoky převyšují maximální průtok, odvozený zpracováním dat „instrumentálního období“ (1500 m<sup>3</sup>/s). Pomocí radiokarbonového datování byla určena dvě kritická období výskytu povodní (Doba bronzová: cca 2000 - 800 př. K., a Malá doba ledová: 16. - 17. století), kde hodnoty maximálního průtoky převyšují hodnotu PMF (odvozenou z řady pozorování v „instrumentálního období“) o 38 a 47 %.

Na základě výsledků pre-historického průzkumu (England *et al.*, 2010) byl například odvozen desetitisíciletý návrhový průtok pro stavbu přehrady Pueblo Dam v Coloradu (USA). Podobně Jarret (2003) provedl pomocí paleohydrologické studie holocénu korekci návrhového povodňového průtoky přehrady Olympus Dam (Estates Park, Colorado, USA), což vedlo k úspoře projektu o 184 milionů USD.

Historickými povodňovými průtoky na území ČR se zabývali zejména studie Kakose (1977), Kynčila (1982, 1983), Vašků (1997), Müllera & Kakose (2003) a Svobody *et al.* (2003). Výsledkem jsou chronologické informace o významných povodňových epizodách na území ČR od počátku 10. století v souvislosti s popisem meteorologických situací. Blízká historická data (19. - 20. století) byla pak použita k doplnění regionální obalové křivky maximálních specifických průtoků pro území ČR (ČHMÚ, 2003), **Obr. 5**.



**Obr. 4.** Paleohydrologická informace ve schématu stanovení pravděpodobnosti dosažení nebo překročení průtoku Nathan (2001, in Fenske, 2003), (PMF - pravděpodobné maximum průtoku).



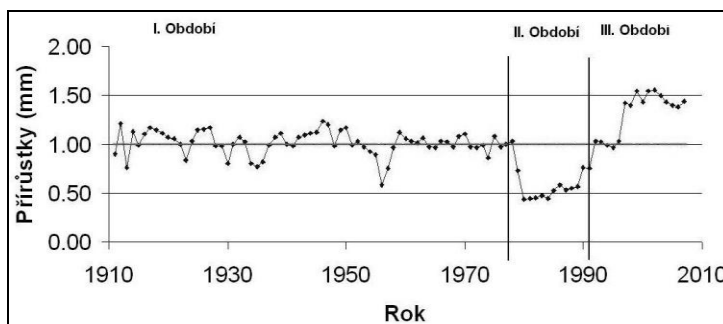
**Obr. 5.** Obalová přímka maximálního specifického odtoku v závislosti na ploše povodí ČR (ČHMÚ, 2003)

### 3.2. Víceúčelové aplikace

Z analýzy sedimentů aluvia v povodí Mississippi (Knox, 2003) vyplývá větší četnost povodňových průtoků v relativně chladnějších periodách Holocénu (5000-3500 př. K.) oproti nižším a více proměnlivým povodňovým jevům v období relativně teplejším (3500 př. K. - 1300). Tendence vzniku extrémních povodní byla identifikována ve fázi intenzivních klimatických změn, ke kterým docházelo v období kolem 3000-2700 př. K., 500-200 př. K., 200-500, 1000-1250, a 1450-1600). Tato zkušenost koresponduje se zvýšenou frekvencí povodní na řece Mississippi, která nastává od roku 1950, a je vysvětlována vlivem současného globálního oteplování. Podobně Chapron (2005) pro povodí Rhony (analýzou sedimentu za období 7500 let v jezeře Le Bourget) uvádí zvýšený výskyt povodní v období Malé doby ledové a v relativně chladnějších periodách holocénu (cca 5200 př. K., 3200 př. K., 800 př. K., 400 a 1800). Tato období odpovídají proudění vzduchu vlivem negativního indexu NAO (severoatlantická atmosférická oscilace). Pro oblast Skalistých hor (USA) dospěl Jarret (2003) pomocí paleohydrologického výzkumu ke stanovení limitu nadmořské výšky pro genezi významných povodní z přivalových dešťů (cca 1700 m v severních a 2200 m v jižních oblastech), v nižších nadmořských výškách převažují povodně z tání sněhu.

Webb *et al.* (1988) uvádějí častější výskyt sucha a minimálních průtoků v relativně teplejších periodách holocénu (3500-2000 př. K., 1250-1450 a 1850-1950). Dendro-chronologické studie v pramenných oblastech řeky Colorado (3000 m n. m.) a výzkum sedimentu v nivě řeky Colorado a jezer Yellow Lake a Bison Lake (Anderson & Rosenbaum, 2007), vedly k detekci relativně velmi vlhkého posledního století, a nalezení vztahů mezi klimatem, kolísáním hladiny jezer, vlhkostním režimem povodí a zastoupením biologické složky v povrchových vodách.

Brázdil *et al* (2002) provedli analýzu letokruhů jedle (*Abies alba*) na jižní Moravě pro období 1376-1996 s cílem rekonstrukce sezónních srážkových úhrnů období března až června. U standardních chronologií letokruhů smrkových porostů (*Picea abies*) na náhorní plošině Jizerských hor (Křeček & Vrtiška, 2011) je možné identifikovat tři základní období (**Obr. 6**): I – přírůst neovlivněný (do 1975), II – přírůst významně redukován, doprovázen nižší transpirací lesa (1975-1990) a III – přírůst významně zvýšený (1995-2010). Období sníženého přírůstu (II) koresponduje s vývojem znečištění ovzduší a kyselé atmosférické depozice ve sledované oblasti. V období revitalizace (III) se sledované stromy vyvíjejí lépe než v předcházejících etapách (I a II) pravděpodobně vlivem současné změny klimatu.



**Obr. 6.** Standardní chronologie smrkového porostu, Jizerské hory (Křeček & Vrtiška, 2011).

Environmentální a socio-ekonomické aspekty ve vztahu k historii řeky Moravy analyzují Stehlík & Kadlec (2012): přírodním archivem je 17 m náplav holocénu v nivě řeky Moravy (oblast Stražnického Pomoraví). Získané informace umožňují rekonstrukci řeky Moravy v minulosti a zároveň vedou k hodnocení vlivu přírodních a antropogenních faktorů (zejména s ohledem k vodní a větrné erozi



půdy) ve vztahu k pádu Velké Moravy, středověké kolonizaci a současné intenzifikaci zemědělského využívání povodí. Radiokarbonové datování kmenů stromů a uhlíků, nacházených v uloženinách Moravy, ukázalo, že k významným povodním docházelo hlavně v posledním tisíciletí. Pouze na okraji říční nivy jsou pomocí pylových a rozsivkových analýz doloženy sedimenty z konce poslední doby ledové. Lidská činnost velmi ovlivnila charakter povodňových sedimentů Moravy, uložených v první polovině minulého tisíciletí. Od začátku 12. století byla osídlována, odlesňována a zemědělsky využívána krajina ve vyšších nadmořských výškách. V důsledku člověkem vyvolané eroze, došlo ke smývání jílovitých zvětralin z hornatých oblastí povodí (Bílých Karpat a Javorníků). Během tohoto období se v nivě Moravy uložilo několik metrů jílovitých povodňových sedimentů. Tok Moravy měl v té době podobu řeky s množstvím větvicích se koryt a malou energií proudící vody. Ke změně tohoto říčního systému na dnešní meandrující koryto došlo na začátku 16. století zřejmě v důsledku zvýšení srážek během Malé doby ledové (1450-1850).

Fukushima & Křeček (2007) uvádějí výskyt historických povodní Žluté řeky v Číně, zaznamenaných ve výročních zprávách, ve vztahu k zastoupení lesa v centrální části povodí. Zatímco v období Dynastie T'ang (618-907, plocha lesa 74 %) byla evidována v průměru jedna zaznamenaná (=významná) povodeň za sto let, v období Dynastie Ming (1368-1644, 46 %) 155 a ve 20. století (12 %) 403 povodní.

### 3.3. Příspěvek k poznání historických událostí

Počátek dokumentace interakcí mezi lidskou činností a fyzikálními podmínkami prostředí je přisuzována práci Marshe (1864, in Acot, 2005). Huntington (1906, in Acot, 2005) bývá pokládán za zakladatele koncepce klimatického a hydrologického determinismu lidských dějin: změnami klimatu a vodního režimu krajiny dokládá zásadní historické mezníky (rozvrat Západořímské říše, konec Mayské civilizace, invazi

Mongolů, nebo události Velká francouzská revoluce). Naopak Acot (2005) namítá, že klimatické a hydrologické podmínky nelze považovat za determinující, důležitá je jen schopnost člověka těmto podmínkám se přizpůsobit.

Metody paleo- a historické hydrologie přispěly k upřesnění několika důležitých událostí Evropské historie, File (1991). Wright *et al.* (1997) analyzují vliv kolísání vydatnosti pramenů (situovaných na severních svazích Machu Picchu) na vývoj místní civilizace Inků. Obdobně je spojován zánik Keltských osad na území ČR mimo jiné i s nedostatečnou úrovní zásobování vodou a sanitárního inženýrství (Droberjar, 2006).

Důležitým příspěvkem paleohydrologie minulých let jsou studie, vedoucí k objasnění „potopy světa“, známé z bible i mýtů národů Evropy, Blízkého a Středního východu. Ryan & Pitman (2000) dospěli pomocí radiouhlíkové metody k datování této události do roku 5600 př. K., následkem průniku vody ze Středozemního moře Bosporskou úžinou do dosud sladkovodní černomořské oblasti. Autoři odhadují povodňový průtok Bosporem cca 42 tisíc m<sup>3</sup>/den po dobu 300 dnů. Současně bylo detekováno původní pobřeží Černého moře přibližně sto metrů pod dnešní hladinou. Naproti tomu Livingston (2003) vychází z časové posloupnosti historických záznamů (zejména v Egyptě), legendy o Gilgamešovi a biblických textů, a posunuje pravděpodobné datum „potopy světa“ do úrovně cca 3000 př. K.

#### 3.4. Uplatnění ve výuce hydrologie

Dreyfus (1994) upozorňuje, že výuka hydrologie patří dnes k nejobtížnějším pedagogickým úkolům, a ve své knize „What computers still can't do“ klade důraz na začlenění empirických a historických poznatků do výuky.

Studie Karterakise *et al* (2007) zdůrazňuje důležitost začlenění historického vývoje oběhu vody z pohledu jednotlivých civilizací a kultur (názorů na vodní oběh od Čínské civilizace po Homéra, Aristotela, Vitruvia, novověký přístup Kirchera atd.) do výuky. Důležitou součástí výuky hydrologie by měla být kromě historického přehledu „instrumentální terénní observace“ také aplikace studií paleo- a historické hydrologie a poznatky o přístupu jednotlivých civilizací k pozorování hydrologických procesů.

#### **4. Závěr**

Prehistorické a historické informace umožňují prodloužení časové řady hydrologických veličin (zejména průměrných ročních a extrémních průtoků), pozorovaných v obdobích instrumentálních. Dosavadní studie povahy paleo- a historické hydrologie, provedené v různých regionech světa poskytují důležité poznatky, využitelné ve vodohospodářské praxi, aplikacích krajinné ekologie, archeologie a studiu konkrétních historických událostí.

Paleohydrologická a historická data poskytují základ pro testování hypotéz o příčinách klimatických změn a jejich vlivů na hydrologické procesy. Metody a výsledky paleo- a historické hydrologie vedou k poznání a pochopení hydrologických procesů, a jsou považovány za důležitou součást výuky hydrologie.

#### **5. Literatura**

- Acot, P. (2005): Historie a změny klimatu. Nakladatelství Karolinum, 237 p.
- Anderson, L. & J.G. Rosenbaum (2007): Holocene paleohydrology of the upper Colorado River from lake sediment studies on the White River plateau, Colorado. Proceedings of the GSA Annual Meeting, Denver, 28–31 October 2007, Paper 159-1.
- Arnaud-Fassetta, G., Carre, M.B., Marocco, R., Maselli, F., Pugliese, N. S., Zaccaria, C., Bandelli A. Bresson, V., Manzoni, G., Montenegro, M.E.,

- Morhange, C., Pipan, M., Prizzon, A., Siché I. (2003): The site of Aquileia (northeastern Italy): example of fluvial geoarchaeology in a Mediterranean deltaic plain. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 4: 227-246
- Brázdil, R., Dobrovolný, P., Elleder, L., Kakos, V., Kotyza, O., Macková, J. & H. Valášek (2005): Studium historických povodní v České republice jako příspěvek k historické hydrologii. Hydrologické dny 2005, 311-329
- Brázdil, R., Štěpánková, P., Kyncl, T. & J. Kyncl (2002): Fir tree-ring reconstruction of March – July precipitation in southern Moravia (Czech Republic), 1376 – 1996. *Climate Research*, 20: 223–239
- Britannica online encyclopedia (2012): Paleohydrology. [www.britannica.com](http://www.britannica.com)
- ČHMÚ (2003): Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002. Etapa 1-3, ČHMÚ, Praha
- Chapron, E., Arnaud, F., Noel, H., Revel, M., Desmet, M. & L. Perdereau (2005): Rhone River flood deposits in Lake Le Bourget: a proxy for Holocene environmental changes in the NW Alps, France. *Boreas*, 34: 404–416
- Dreyfus, H.L. (1994): What computers still can't do. MIT Press, Cambridge (MA, USA), 96 p.
- Edwards, T.W.D. & J.H. McAndrews (1989): Paleohydrology of a Canadian shield lake interfered from <sup>18</sup>O sediment cellulose. *Canadian Journal of Earth Science*, 26: 1850-1859
- Droberjar, E. (2006): Plaňanská skupina grossromstedtské kultury. In: Archeologie barbarů 2005, Praha 2006, 11–90.
- England J.F., Godaire, J.E., Klinger, R.E., Bauer, T.R. & P.Y. Julien (2010): Paleohydrologic bounds and extreme flood frequency of the Upper Arkansas River, Colorado, USA. *Geomorphology*, 124: 1-16
- Fenske, J. (2003): Application of paleohydrology to corps flood frequency analysis. U.S. Army Corps of Engineers, RD-47, 28 p.
- File, D. (1991): Weather facts. Oxford University Press, Oxford (UK), 142 p.
- Fontes, J.Ch., Coque, R., Dever, L., Filly, A. & A. Mamou (1983): Paleohydrologie isotopique de l'Oued el Akarit (sud tunisie) au Pleistocene superieur et a l'Holocene. *Palaeohydrology, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 43: 41-62
- Fukushima, Y. & J. Křeček (2007): Historical changes in forests and catastrophic floods in the Yellow River watershed. In: Proceedings of 3rd International Workshop on Yellow River Studies (In Japanese), *RIHN*, Kyoto, p. 38-42

- Gasse, F. & C. R. Palevol (2006): Climate and hydrological changes in tropical Africa during the past million years. Académie des sciences. Published by Elsevier SAS, 9 p.
- Jarrett, R.D. (1991): Paleohydrology and its value in analyzing floods and droughts. U.S. Geological Survey, *Water-Supply Paper*, 2375: 105-116
- Johnson, P.G. (1986): Holocene Paleohydrology of the St. Elias Mountains, British Columbia and Yukon. *Géographie physique et Quaternaire*, 40: 47-53
- Kakos, V. (1977): Velké povodně na Vltavě v Praze ve vztahu ke Klementinským pozorováním počasí. In: Sborník příspěvků ze semináře k 200. výročí observatoře v Praze Klementinu (14.–16. 9. 1976), 37–42
- Karterakis, S.M., Karney, B.W., Singh, B. & A. Guergachi (2007): The hydrologic cycle: a complex history with continuing pedagogical implications. *Water Science & Technology: Water Supply*, 7: 23–31
- Knox, J. C. (2003): Large upper Mississippi River floods and climate change over the past 7000 years. *Proceedings of the XVI. INQUA Congress*, Paper 7-7, p.126
- Křeček, J. & J. Vrtiška (2011): Vliv revitalizace povodí a klimatických změn na dendrochronologii smrkového porostu v Jizerských horách. Sborník závěrečného semináře k výzkumnému záměru MSM6840770002, FS ČVUT, Praha, p. 108-110
- Kynčil, J. (1982): Excerpta z díla Ch.G. Pötzche. Povodí Ohře, Chomutov, 33
- Kynčil, J. (1983): Povodně v Krušných horách a jejich podhůří v letech 1784 - 1981. Povodí Ohře, Chomutov, 109 p.
- Lane, S.N., Landström, C. & S.J. Whatmore (2011): Imagining flood futures: risk assessment and management in practice. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 369: 1784-1806
- Livingston, D.D. (2003): A universal flood: 3000 BC. *Ancient days*. <http://davelivingston.com/universalflood.htm>
- Müller, M. & V. Kakos (2003): Hydrometeorologické srovnání s vybranými historickými případy dešťových povodní na Vltavě v Praze. *Meteorologické zprávy*, 56: 214-225
- Rambeau, C.M.C. (2010): Palaeoenvironmental reconstruction in the Southern Levant: synthesis, challenges, recent developments and perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 368: 5225-5248
- Reed, D.W. (2002): Reinforcing flood-risk estimation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 360: 1373-1387

- Ryan, W. C. & W.B.F. Pitman (2000): Noah's flood. *Toughstone*, New York, 303 p.
- Sachse, D., Billault, I., Bowen, G.J., Chikaraishi, Y., Dawson, T.E., Feakins, S.J., Freeman, K.H., Magill, C.R., McInerney, F.A., Van der Meer, M.T.J., Polissar P., Robins, R.J., Sachs, J.P., Schmidt, H.L., Sessions, A.L., White, J.W.C., West, J.B. & J.A. Kahmen (2012): Molecular Paleohydrology: Interpreting the Hydrogen-Isotopic Composition of Lipid Biomarkers from Photosynthesizing Organisms. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 40: 221-249
- Sheffer, N.A., Enzel, Y., Benito, G., Grodek, T., Poart, N., Lang, M., Naulet, R. & D. Coeur (2003): Paleofloods and historical floods of the Ardèche River, France. *Water Resources Research*, 39: 1376
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. & H.L. Miller (eds.) (2007). Climate change 2007: The physical science basis. IPCC Fourth Assessment Report (AR4), Cambridge University Press, Cambridge, 996 pp.
- Stehlík, F. & J. Kadlec (2012): Down-stream of the Morava River in Holocene (In Czech). *Vesmír*, 91: 100-102
- Svoboda, J., Vašků, Z. & V. Cílek (2003): Velká kniha o klimatu zemí koruny české. *Regia*, Praha, 592 p.
- Thordycraft, V.R., Benito, G., Sopena, A., Sanchez-Moya, Y. & M. Rico (2003): A 3,000 year rekord of extrémé floods in the Llobregat basin, North- east Spain. *Proceedings of the XVI. INQUA Congress*, Paper 7-14, p. 84
- Thordycraft, V.R., Benito, G., Sanchez-Moya, Y. & A. Sopena (2012): Bayesian age modelling applied to palaeoflood geochronologies and the investigation of Holocene flood magnitude and frequency. *The Holocene*, 22: 13– 22
- Vašků, Z. (1997): Naše malé pluvíaly. *Vesmír*, 76: 512-515
- Webb, R. H., O'Connor, J. E. & V.R. Baker (1988): Paleohydrologic reconstruction of flood frequency on the Escalante River, south-central Utah. In Baker, V. R., Kochel, R. C., and P.C. Patton (eds.), *Flood geomorphology*, Wiley, New York, p. 403
- White, G. F. (1942): Human adjustment to floods: a geographical approach to the flood problem in the United States. *Department of Geography Research Paper 29*, University of Chicago (USA), 46 p.
- Wright, K.R., Witt, G.D. & A.F. Zegarra (1997): Hydrogeology and paleohydrology of ancient Machu Picchu. *Ground Water*, 35: 660-666

## **Josef Křeček**

### **Odborný životopis**

Datum narození: 29.4. 1950

Národnost: Česká

### **Vzdělání:**

Vysokoškolské: 1973, Fakulta stavební ČVUT v Praze (Vodní stavby a vodní hospodářství).

Vědecká hodnost (CSc.): 1977 (Dizertace: Vliv lesní těžby na hydrologické procesy), školitel: Prof. Ing. Miloš Holý, DrSc (FS ČVUT).

### **Zaměstnání:**

1973: Asistent (Katedra hydromeliorací, FS ČVUT v Praze).

1973-1974: Projektant vývojového oddělení (Hydroprojekt, Praha).

1974-1977: Řádná vědecká aspirantura (školitel: Prof. Ing. Miloš Holý, DrSc, FS ČVUT).

1977-1987: Vědecký pracovník (Výzkumný ústav lesního hospodářství, Praha-Strnady).

1987-1997: Vědecký pracovník (Institut aplikované ekologie, ČZU v Praze).

Od roku 1999: Odborný asistent (Katedra hydrauliky a hydrologie, FS ČVUT v Praze).

### **Výzkumné aktivity:**

Hydrologie malého povodí; vliv lesnické činnosti na hydrologické procesy v pramenných oblastech; evapotranspirace stanovená pomocí mikrometeorologického observačního systému; vliv kyselé atmosférické depozice na biotickou složku a doplňování vodních zdrojů.

## **Přehled pedagogické praxe:**

### ČVUT FSv:

Bakalářské studium: Hydrologie a klimatologie 1 (2+2, Z, Zk), zimní semestr, Hydrologie a klimatologie 2 (1+1, Z), letní semestr.

Magisterské studium: Aplikovaná hydrologie (2+1, Z, Zk), zimní semestr.

Doktorandské stadium: Kvantitativní hydrologie (2+0)

Vedení studentských projektů:

SGS 10-143-OHK1-2T-11 (Epizodická acidifikace), 2010-11

SGS 12-128-OHK1-2T-11 (Horizontální srážky), 2012-13

Institut aplikované ekologie, ČZU v Praze, 1987-1997:

Vedení postgraduálního kurzu Ekologie ve vodním hospodářství, zimní a letní semestr.

TWU Denton (Texas, USA), 1995 – 1996:

Vedení základního kurzu (Graduate course on Hydrology for Environmental Health), letní semestr.

Oxford Brookes University (Oxford, UK), 2005 – 2008:

Účast v modulu U21136: GEOGRAPHY IN THE FIELD

(dvoutýdenní terénní projekty základního studia, letní semestr).

RIHN (Kyoto, Japonsko), 2006 – 2007:

Výuka postgraduálního kurzu (Graduate course on Forest Hydrology), zimní semestr.

## **Navazující aktivity:**

Členství v České bioklimatologické společnosti (od roku 1975).

Členem Českého výboru Vodohospodářské společnosti ČSVTS (1977 – 1992).

Vedení skupiny pro životní prostředí České vodohospodářské společnosti (1977 – 1992).

Členství v komisi pro lesní půdy ČSAV (1984 – 1990).



Členem pracovní skupiny hydrologie lesa (Forest Hydrology) IUFRO (1980 – 2002).

Členem pracovní skupiny pro horská povodí (Working Party on the Management of Mountain Watersheds) EFC/FAO-UN (od roku 1992), členem výkonného výboru této skupiny (1994-2002) a předsedou (1998-2000).

### **Absolvované vědecké a odborné stáže:**

Hunan University (Changsha, Hunan, Čína), September 1989: Project on Micrometeorology in stands of Chinese fir (*Picea lanceolata*).  
Institute for Inland Waters, Environment Canada (Burlington, Ontario, Canada), August, 1990: Project on Acidification of headwater catchments.

Redwood Science Laboratory, Humboldt University (Arcata, California, USA), September 1990: Project on Forest clear-cut effects on fish populations, the Caspar Creek Basin.

Karst Research Centre (Shíráz, Írán), 1991 – 1993: Project on Integrated watershed management to protect the Maharlu Lake, Central Persia.

University of Delhi (New Delhi, India), September – October, 1994: Project on experimental catchment hydrology in Nainital (Uttar Pradesh).

TWU (Denton, Texas, USA), 1995 – 1996: Účast na výzkumném projektu (Role of wetlands in flood control at the Trinity River), a výuka základního kurzu (Hydrology for Environmental Health, letní semestr).

RIHN (Kyoto, Japonsko), 2006 -2007: Účast na mezinárodním projektu (Water circulation in the Yellow River basin, China) a účast na výuce postgraduálního kurzu (graduate course on Forest Hydrology, zimní semestr).

## Vybrané publikace (2006-2012)

- Křeček, J. - Haigh, M.: *Environmental role of wetlands in headwaters*. NATO Science series. Springer, Dordrecht: Springer Netherlands, 2006. 354 p. ISBN 1-4020-4227-2
- Křeček, J. - Haigh, M. - Hofer, T. – Kubin, E.: *Management of Mountain Watersheds*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012. 267 p. ISBN 978-94-007-2475-4
- Křeček, J.: Impact of the acid atmospheric deposition and commercial forest practices in protected watersheds of the Jizera Mountains (Czech Republic). In *Europe's ecological backbone: recognising the true value of our mountains*. Copenhagen: European Environment Agency, 2010, vol. 1, p. 100-101. ISBN 978-92-9213-108-1
- Křeček, J. - Hořická, Z.: Recovery of headwater catchments and lakes affected by the acid atmospheric deposition. In *Integrated watershed management*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2010, p. 200-207. ISBN 978-90-481-3768-8
- Křeček, J. - Nováková, J. - Hořická, Z.: Ellenberg's indicator in water resources control: the Jizera Mountains. *Ecological Engineering*. 2010, vol. 36, no. 9, p. 1112-1117. ISSN 0925-8574
- Křeček, J. - Turek, J. - Ljungren, E. - Stuchlík, E. - Šporka, F.: Hydrological processes in small catchments of mountain headwater lakes: The Tatra Mountains. *Biologia*. 2006, vol. 61, no. S18, p. S1-S10. ISSN 0006-3088
- Křeček, J. - Nováková, J.: Soil water content and plant succession after the harvest of mature spruce stands in a mountainous catchment. *Ecology (Bratislava)*. 2009, vol. 28, no. 2, p. 213-224. ISSN 1335-342X
- Nováková, J. - Křeček, J.: Soil erosion and plant succession at clear-cut areas in the Jizera Mountains, Czech Republic. *Ecology (Bratislava)*. 2006, vol. 25, no. 3, p. 259-269. ISSN 1335-342X
- Křeček, J. - Hořická, Z.: Forests, air pollution and water quality: influencing health in the headwaters of Central Europe's "Black Triangle". *Unasylva*. 2006, roč. 57, č. 224, s. 46-49. ISSN 0041-6436
- Křeček, J. - Punčochář, P.: Design of climate station network in mountain catchments. *Hungarian Geographical Bulletin*. 2012, vol. 61, no. 1, p. 19-29. ISSN 0015-5403
- Benčoková, A. - Stuchlík, E. - Křeček, J.: Impacts of global climate change on the hydrological cycle in a small alpine catchment. *Acta Universitatis Carolinae: Environmentalica*. 2009, vol. 23, no. 1-2, p. 162-172. ISSN 0862-6529

Křeček, J. - Hořická, Z.: Impacts of acid rain and forest practices on run-off genesis in the Jizera Mountains, Czech Republic. In *HydroEco' 2006*. Praha: Czech Association of Hydrogeologists, 2006, p. 73-76. ISBN 80-903635-1-2

Křeček, J. - Hořická, Z. - Nováková, J.: Ellenberg's indicator values and water resources recharge. In *HYDROECO2009*. Vienna: Universität für Bodenkultur Wien, 2009, p. 257-260. ISBN 978-3-900962-80-7

Křeček, J. - Hořická, Z. - Nováková, J.: Environmental impacts of the acid atmospheric deposition and forest clear-cut in a mountain catchment. In *From Headwaters to the Ocean*. Leiden: CRC Press/Balkema, 2008, p. 105-110. ISBN 978-0-415-47279-1

Nováková, J. - Křeček, J.: Hydrological processes and succession changes in a mountain catchment affected by the acid atmospheric deposition. In *Conservation biology and beyond: from science to practice*. Praha: ČZU Praha, 2009, p. 196-197. ISBN 978-80-213-1961-5

Kubin, E. - Křeček, J.: Impact of forestry practices on groundwater quality in the boreal environment. In *From Headwaters to the Ocean*. Leiden: CRC Press/Balkema, 2008, p. 91-96. ISBN 978-0-415-47279-1

Van de Griend, A.A. - Wigneron, J.P. - Waldteufel, P. - Křeček, J.: The European SMOS for large-scale water balance and climate modelling studies. In *From Headwaters to the Ocean*. Leiden: CRC Press/Balkema, 2008, p. 375-380. ISBN 978-0-415-47279-1

Vančura, K. - Křeček, J. - Hořická, Z.: *Les a voda*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, ÚPÚ, 2007. 305 s. ISBN 978-80-7084-634-6