Přesnost pozorování změn hydrologické bilance z hlediska bilancování využitelných vodních zdrojů

Ing. Radek Vlnas

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 30/2582, 160 00 Praha 6
e-mail: radek_vlnas@vuv.cz, tel: 220 197 334

Příspěvek se zabývá sledováním změn hydrologické bilance pomocí detekce trendu v časových řadách hydrologických bilančních veličin. K dispozici byla řada různých datových sad umožňující sledovat komplexně případné změny hydrologického cyklu. Jakkoli se jedná o relativně krátké řady, jejich výhodou je podobné zpracovávané období a tedy možnost vzájemného porovnání.

Data

Byly zpracovány tyto tři typy dat: (a) bilanční veličiny z výkazů Hydrologické bilance, kterou podle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a vyhlášky Ministerstva zemědělství č.431/2001 Sb každoročně zpracovává ČHMÚ (2015a). Jedná se o tyto veličiny: srážkové úhrny, zásoba vody ve sněhu, teplota a relativní vlhkost vzduchu, potenciální a aktuální evapotranspirace, pozorované a přirozené průtoky, vše v měsíčním kroku. Termínem přirozené průtoky se rozumí průtoky očištěné od vlivu odběrů, vypouštění a manipulací na nádržích. Vzhledem k návaznosti na přirozené průtoky, jejichž evidence je vedena od roku 1979, zahrnují všechny uvedené veličiny období 1979–2013.

Existence trendu byla šetřena v jednotlivých bilančních povodích (74 povodí) a dále v bilančních oblastech (10 oblastí) zvlášť pro jednotlivé měsíce roku a pro roční hodnoty veličin.

Další skupinu dat představují (b) data ze zpracování přírodních zdrojů podzemních vod ČHMÚ. Jedná se o řady pozorovaných průtoků a základního odtoku ve 161 vodoměrných stanicích v denním časovém kroku v období 1971–2011. Základní odtok byl separován metodou podle Eckardta (2005) s roční korekcí parametru BFI metodou klouzavých minim. Pro hodnocení trendu byla i tato data agregována měsíčně. Přítomnost trendu byla sledována v řadách průměrných a minimálních hodnot obou veličin opět pro jednotlivé měsíce roku a pro roční hodnoty. Pro odstranění vlivu extrémně nízkých hodnot při zpracování minim byly řady před měsíční a roční agregací vyhlazeny pomocí 7denních klouzavých průměrů.

Poslední skupinu dat představují (c) údaje o sledování podzemních vod. Jedná se o vydatnosti pramenů a stavy hladin vody v mělkých vrtech hlásné sítě ČHMÚ (2015b) převážně z let 1971–2011 většinou v týdenním, v případě vrtů v posledních letech i v denním kroku. Za účelem jednotného hodnocení trendu byla i tato data agregována měsíčně a přítomnost trendu byla zjišťována pro jednotlivé měsíce roku a pro roční hodnoty, a to opět v oblasti průměrných a minimálních hodnot. Pro umožnění porovnání byl trend těchto veličin hodnocen jako změna standardní odchylky (SD).

Metoda

Existence trendu byla šetřena pomocí neparametrického Mann-Kendall testu a Sen testu v prostředí R (2011).

Mann-Kendall test je často používán pro analýzu trendu v datových sadách environmentálních systémů (Kendall, 1975; Libiseller a Grimvall, 2002). Jedná se o test neparametrický, který nepředpokládá normalitu reziduí a není citlivý vůči odlehlým hodnotám a nelineárním trendům nízkého stupně. Test lze použít v případech, kdy je v datových sadách předpokládána spojitá monotónní rostoucí nebo klesající funkce času a rezidua rozložení s nulovou střední hodnotou. Jinými slovy za předpokladu, že rozptyl rozložení je v čase konstantní (stacionarita 2. stupně).

Statistická významnost trendu byla testována na hladině 0,05. Do hodnocení byly zahrnuty pouze statisticky významné trendy.

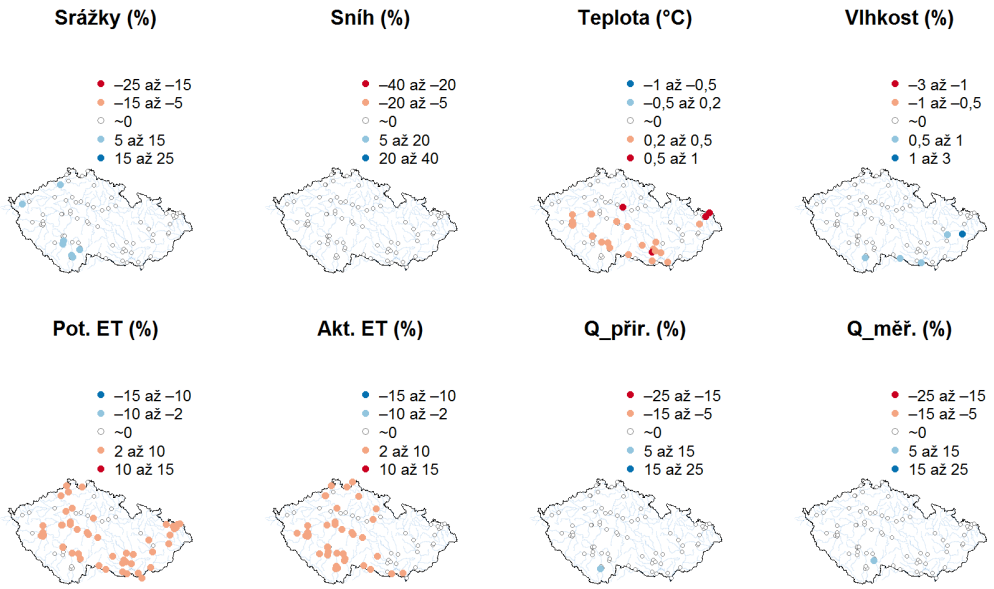
Pro zpracování měsíčních řad byla použita sezónní varianta Mann-Kendall testu (Hirsch and Slack, 1984; Gilbert, 1987). V tomto testu jsou jednotlivé měsíce šetřeny zvlášť. Statistika testu je počítána jako suma statistik jednotlivých měsíců a celkový rozptyl rovněž jako suma měsíčních odhadů rozptylů.

Velikost trendu (velikost změny v čase) byla počítána podle Sena (1968). Směrnice trendu je tak mediánem směrnic všech párových srovnání s každým párovým rozdílem děleným počtem let mezi jednotlivými

pozorováními. Výsledný trend sledovaných veličin je uváděn jako průměrná změna za 10leté období.

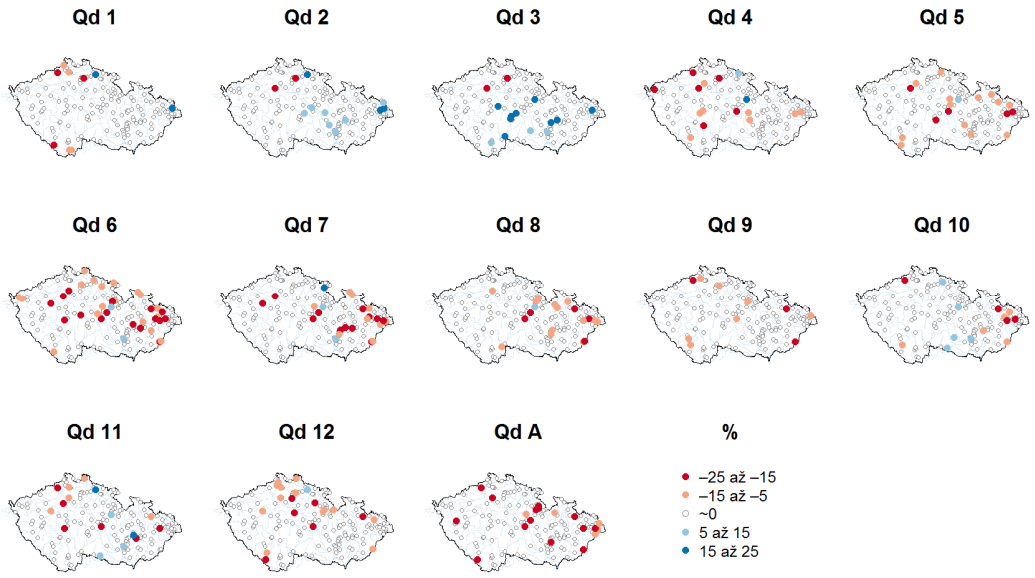
Výsledky

V ročních řadách hodnocených bilančních veličin byl zjištěn především nárůst teplot až o 1 °C, v j-z Čechách místy nárůst srážek až o 15 % a nárůst evapotranspirace až o 10 % především v Čechách (Obr. 1). V ročních agregacích denních průtoků (Obr. 2) a základního odtoku byl u řady vodoměrných stanic převážně v s-v části ČR zjištěn pokles minim až o 25 %. Podobně byl často zjištěn pokles vydatností pramenů (Obr. 3) a hladin vrtů u řady objektů převážně do 0,5 SD jak v průměrných hodnotách tak i v minimech. Lokálně u části objektů došlo k nárůstu (až o 0,5 SD) vydatností i hladin.

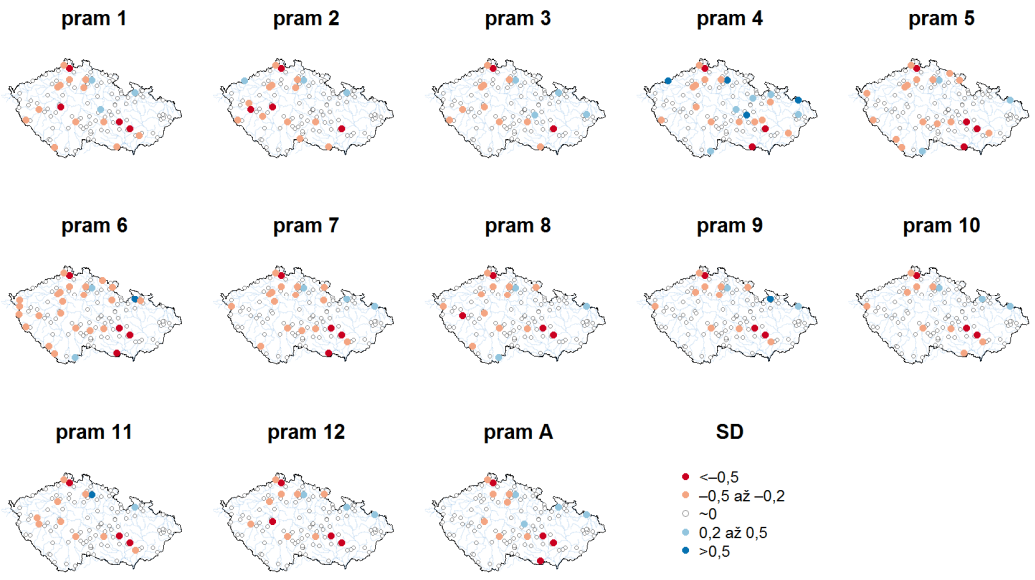


Obr. 1 Trend průměrných ročních hodnot bilančních veličin.

V měsíčních agregacích denních průtoků lze u řady stanic sledovat nárůst v březnu (až 25 %) a pokles v květnu, červnu a prosinci (o 15 % i více), u minim jsou poklesy výraznější a četnější na úkor nárůstu (Obr. 2), k poklesům dochází např. i v červenci, což se celkově promítá do výše zmíněného celkového ročního poklesu minim. U základního odtoku byl zjištěn převážně pokles minim v průběhu celého roku (až 25 %), ale vyskytují se i nárůsty, které jsou však kompenzovány poklesy v jiných částech roku.



Obr. 2 Trend v měsíčních a ročních agregacích klouzavých minim pozorovaných denních průtoků.



Obr. 3 Trend minimálních měsíčních a ročních vydatností pramenů.

V průběhu roku (všechny měsíce) byl u vydatností celé řady pramenů zjištěn pokles (převážně do 0,5 SD), místy ale i nárůst v březnu a dubnu. U minimálních vydatností zřetelně převažují poklesy nad nárůsty (Obr. 3). Trend hladin v mělkých vrtech je podobný trendu pramenů, poklesů je méně, vzestupů hladin více (jarní měsíce), nicméně i v tomto případě převažují poklesy.

Reference

ČHMÚ (2015a) Bilance množství a jakosti vody ČR [online], ČHMÚ [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://voda.chmi.cz/opzv/bilance/bilance.htm>

ČHMÚ (2015a) Stav podzemních vod [online], ČHMÚ [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P10_0_Aktualni_situace/P10_2_Hydrologie/P10_2_3_Stav_podzemnich_vod&last=false>

Eckhardt, K. (2005) How to construct recursive digital filters for baseflow separation. *Hydrol. Processes* **19**: 507–515.

Gilbert, R.O. (1987) Statistical methods for environmental pollution monitoring. V*an Nostrand Rienhold Company*, Inc., New York.

Hirsch, R.M., Slack, J.R. (1984) A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence, *Water Resources Research* **20**, 727–732.

Kendall, M. G. (1975). Rank correlation methods. *Griffin*. London.

Libiseller, C., Grimvall, A. (2002) Performance of partial Mann Kendall tests for trend detection in the presence of covariates, *Environmetrics* **13**, 71–84.

R Development Core Team (2011) *R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0.

Sen, P.K. (1968) Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*. **63**, 1379–1389.