

LEDVINKA, O., LAMAČOVÁ, A., 2023. Změny ve vydatnosti pramenů na území Česka v letech 1971–2020. In: TOLASZ, R., POLCAROVÁ, E. (Eds.), 2023. Sborník příspěvků z První konference projektu PERUN (TA ČR, SS02030040). Praha: ČHMÚ, 175–178, ISBN 978-80-7653-063-8.
<https://doi.org/10.59984/978-80-7653-063-8.22>

Změny ve vydatnosti pramenů na území Česka v letech 1971–2020 (Spring yield trends in Czechia between 1971 and 2020)

Ondřej Ledvinka, Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, ondrej.ledvinka@chmi.cz

Anna Lamačová, Český hydrometeorologický ústav, Česká geologická služba, anna.lamacova@chmi.cz

Abstrakt: Pro analýzu vydatností pramenů v období 1971–2020 bylo vybráno 136 pramenů v 18 hydrogeologických oblastech (HGR). Byly vyhodnoceny měsíční, sezonní a roční trendy vydatnosti. Většina pramenů (71 %) nevykazovala v ročních vydatnostech žádné dlouhodobé trendy. Jakmile však byl identifikován statisticky významný trend, zmenšování vydatnosti (28 %) převažovalo nad zvětšováním (1,5 %). Roční časové řady u sedmi HGR vykazovaly významný klesající trend ($p < 0,05$). Při analýze ročních vydatností nebyl zjištěn rostoucí trend v žádném HGR.

Klíčová slova: podzemní voda – prameny – trendy – sucho

Abstract: 136 springs in 18 hydrogeological regions (HGR) were selected for analysis of spring yields during the period 1971–2020. Monthly, seasonal and annual trends in yield were evaluated. The majority of springs (71%) showed no long-term trends in annual yields. However, once a statistically significant trend was identified, decreasing yields (28%) outweighed increasing yields (1.5%). The annual time series for seven HGRs showed a significant decreasing trend ($p < 0.05$). When annual yields were analyzed, no increasing trend was found in any HGR.

Keywords: groundwater – springs – trends – drought

1. Úvod

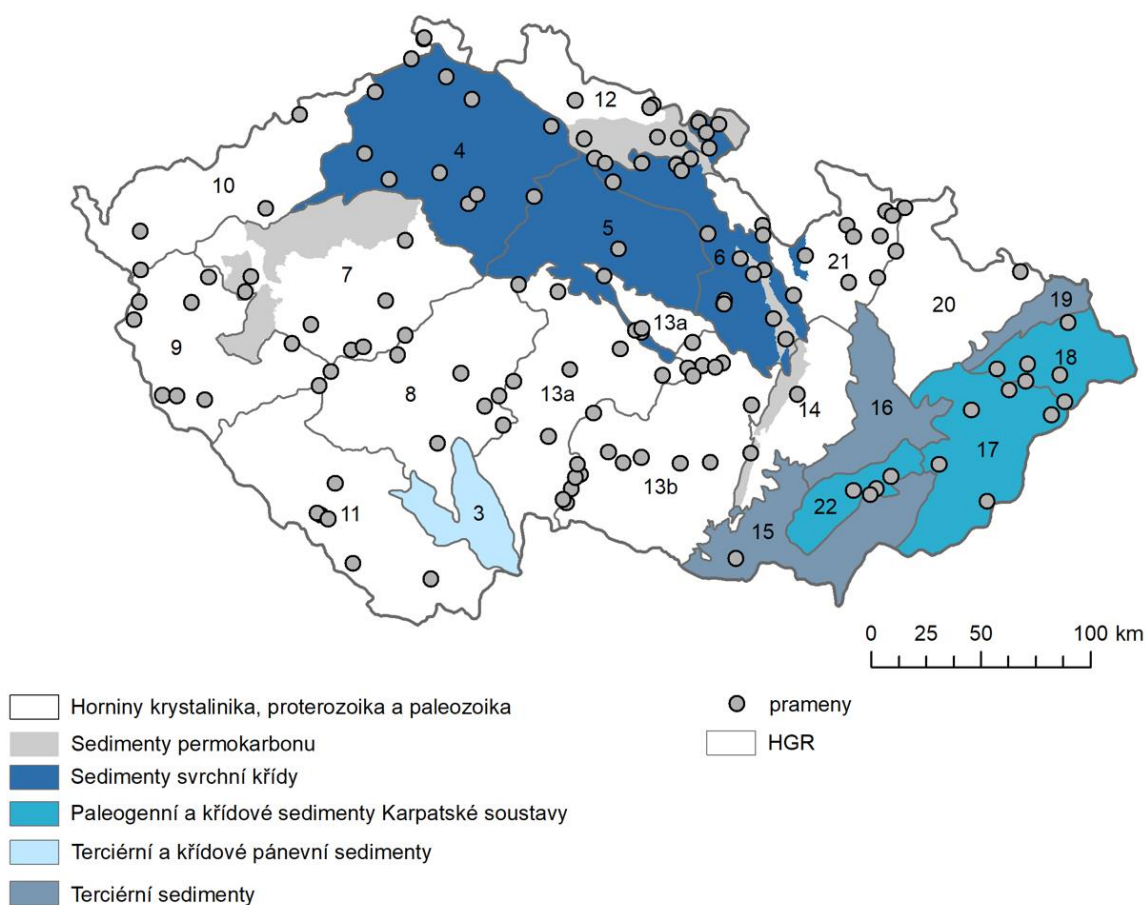
Prameny představují cenný zdroj informací o podzemních vodách. Nárůst teploty vzduchu ve střední Evropě v posledních desetiletích významně ovlivnil hydrologický cyklus, což způsobilo změny v hydrologickém režimu toků (Vlach et al. 2020; Zheng et al. 2021) a sezonnosti sněhu (Jeníček a Ledvinka 2020). Hlavním cílem této studie bylo zjistit statisticky významné trendy ve vydatnostech pramenů v Česku (obr. 1). Za tímto účelem byly testovány údaje 136 pramenů v rámci 18 hydrogeologických oblastí (HGR) za období 1971–2020. Dále byly výsledky porovnány s výsledky získanými v předchozí studii, která hodnotila trendy vydatnosti pramenů v období 1971–2007 (Ledvinka a Lamacova 2015), aby bylo možné zjistit, jak se sucho v letech 2015–2020 projeví na režimu podzemních vod.

2. Data

Bylo vybráno 136 pramenů patřících do monitorovací sítě Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Vydatnost pramenů byla zpravidla měřena přímo na měrném přelivu (převážně konstruovaných jako Thomsonovy přelivy) pomocí kalibrované nádoby jednou týdně dobrovolnými pozorovateli. V posledních deseti letech byla přibližně polovina pramenů

automatizována pomocí hladinoměru sbírajícího data v hodinových intervalech. Vodní stavy byly převedeny na vydatnosti pramenů pomocí měrných křivek pramenů a dále zpracovány pro získání denních časových řad. Abychom se vyhnuli nesrovnalostem mezi týdenními a denními intervaly měření na lokalitách, které byly automatizované, použili jsme každý týden denní hodnotu ze středy. Pro účely této studie pak byly vypočteny měsíční průměry pro každý ze 136 pramenů, z nichž každý měl alespoň 30 let údajů v rámci období 1971–2020 (125 pramenů mělo alespoň 40 let údajů a 98 pramenů mělo alespoň 45 let údajů).

Meteorologické údaje (průměrná měsíční teplota vzduchu a měsíční úhrny srážek; 1971–2020) byly pro území HGR získány agregováním denních hodnot z gridů známých pod pracovním názvem GriSt_DenseNET. Podrobnosti o vzniku takových gridů lze nalézt v publikacích Štěpánek et al. (2013, 2011).

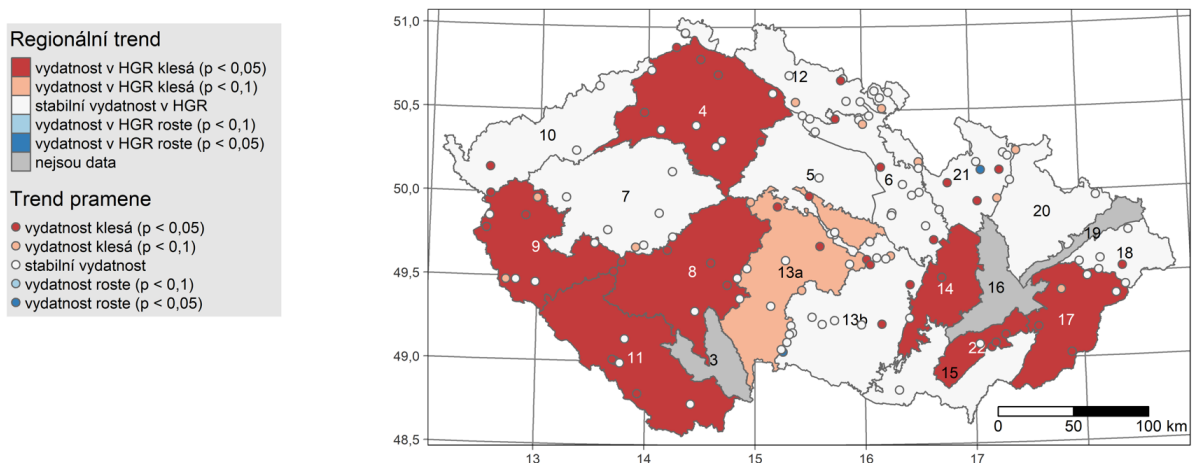


Obr. 1 Hydrogeologické oblasti (HGR) reprezentující různé litostratigrafické jednotky na území Česka se zobrazenými vybranými prameny.

Fig. 1 Hydrogeological regions (HGR) representing different lithostratigraphic units in Czechia, with the selected springs shown.

3. Metoda

Trendy na jednotlivých lokalitách byly testovány pomocí metody TFPW-MK (*Trend-Free Pre-Whitening Mann-Kendall Test*), Yue et al. (2002). Tato metoda zohledňuje autokorelaci ve smyslu autoregresního procesu se zpožděním jedna (AR(1)). Regionální trendy v rámci HGR byly hodnoceny modifikovanou metodou (Yue a Wang 2002), detailní popis metody je možné najít v publikaci Ledvinka a Lamacova (2015).



Obr. 2 Trendy v roční vydatnosti pramenů a hydrogeologických oblastí (HGR) za období 1971–2020.
Fig. 2 Annual spring yields trends at springs and hydrogeological regions (HGR) in the period of 1971–2020.

4. Závěr

Většina pramenů (71 %) nevykazovala v ročních vydatnostech žádné dlouhodobé trendy. Jakmile však byl identifikován statisticky významný trend, zmenšování vydatnosti (28 %) převažovalo nad zvětšováním (1,5 %). Ze sezonního hlediska se vydatnost zmenšovala především v létě (32 % pramenů), zatímco v ostatních ročních obdobích se vydatnost zmenšovala u 23–28 % pramenů. Na měsíční úrovni se vydatnost nejčastěji zmenšovala v květnu (43 % pramenů), červnu (38 %) a červenci (37 %), nejméně často v březnu (15 %) a únoru (18 %).

Roční časové řady u sedmi HGR vykazovaly významný klesající trend ($p < 0,05$). Při analýze ročních vydatností nebyl zjištěn rostoucí trend v žádné oblasti (obr. 2). Jarní zmenšení vydatnosti bylo nejčastější v hydrogeologických oblastech s krystalinickým podložím (5 z 9 HGR). Za zmínku však stojí signifikantní zmenšení vydatnosti v oblasti severočeské křídové pánve, neboť tato oblast představuje chráněnou oblast přirozené akumulace vod. Podobně jako u trendů na jednotlivých lokalitách se většina trendů na regionální úrovni projevila v létě (u 11 HGR) a nejméně v zimě (u 5 HGR).

Nebyly zjištěny žádné významné trendy ($p < 0,05$) ve srážkách na roční ani sezonní úrovni a na měsíční úrovni byly statisticky významné poklesy a nárůsty pouze ojedinělé a vyskytovaly se nahodile. Největší množství klesajících trendů se objevilo v dubnu ($N = 2$ HGR, $p < 0,05$), zatímco největší množství rostoucích trendů bylo pozorováno v květnu ($N = 3$ HGR, $p < 0,05$).

V porovnání s předchozí studií Ledvinky a Lamačové (2015), která hodnotila vydatnosti pramenů v období 1971 až 2007, se počet HGR s výrazně klesajícími regionálními trendy na roční, sezonní i měsíční úrovni výrazně zvýšil. V případě ročních vydatností se počet HGR zvýšil ze čtyř na sedm HGR ($p < 0,05$).

Teplota se významně zvyšovala na roční úrovni, na jaře, v létě a na podzim ve všech HGR; v zimě však nebyl zjištěn žádný významnější trend ($p < 0,05$). Významné zvýšení ($p < 0,05$) na měsíční úrovni bylo zjištěno v dubnu, červnu, červenci, srpnu a listopadu ve všech HGR a v květnu, září, říjnu a prosinci na úrovni $p < 0,1$ ve většině HGR. Nejvýznamnější teplotní trend byl zaznamenán v dubnových datech ($p < 0,0001$; pro všechny HGR, a to včetně těch, pro které nemohly být zjišťovány trendy ve vydatnosti pramenů). V období od ledna do března

však nebyly zjištěny žádné trendy, což lze přisoudit jak metodě zohledňující autokorelaci, tak zvolenému období.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“.

Literatura

JENICEK, M., LEDVINKA, O., 2020. Importance of snowmelt contribution to seasonal runoff and summer low flows in Czechia. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **24**, 3475–3491.
<https://doi.org/10.5194/hess-24-3475-2020>

LEDVINKA, O., LAMACOVA, A., 2015. Detection of field significant long-term monotonic trends in spring yields. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, **29**, 1463–1484. <https://doi.org/10.1007/s00477-014-0969-1>

ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., FARDA, A., 2013. Experiences with data quality control and homogenization of daily records of various meteorological elements in the Czech Republic in the period 1961–2010. *Idojaras*, **117**, 123–141.

ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., HUTH, R., 2011. Interpolation techniques used for data quality control and calculation of technical series: an example of a Central European daily time series. *Idojaras*, **115**, 87–98.

VLACH, V., LEDVINKA, O., MATOUSKOVA, M., 2020. Changing low flow and streamflow drought seasonality in Central European headwaters. *Water*, **12**, 3575.
<https://doi.org/10.3390/w12123575>

YUE, S., PILON, P., PHINNEY, B., CAVADIAS, G., 2002. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrological Processes*, **16**, 1807–1829.
<https://doi.org/10.1002/hyp.1095>

YUE, S., WANG, C. Y., 2002. Regional streamflow trend detection with consideration of both temporal and spatial correlation. *International Journal of Climatology*, **22**, 933–946.
<https://doi.org/10.1002/joc.781>

ZHENG, W., LAMAČOVÁ, A., YU, X., KRÁM, P., HRUŠKA, J., ZAHRADNÍČEK, P., ŠTĚPÁNEK, P., FARDA, A., 2021. Assess hydrological responses to a warming climate at the Lysina Critical Zone Observatory in Central Europe. *Hydrological Processes*, **35**, 14281.
<https://doi.org/10.1002/hyp.14281>