

VÝSKYT METEOROLOGICKÉHO SUCHA V HURBANOVE OD ROKU 1881

Terézia Janáčová¹ a Mgr. Lívia Labudová¹

¹Katedra fyzickej geografie a geoekológie, Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave, Mlynská dolina, 84215 Bratislava

Abstract

Meteorological drought based on the deficit of precipitation was analysed using three different indices. The method of Šamaj a Valovič is based on the daily precipitation totals and the SPI and the SPEI use the monthly precipitation totals. The analysis of drought was evaluated for the station Hurbanovo in the period 1881 – 2013. Hurbanovo is the oldest meteorological station in Slovakia and it provides long consist homogeneous data set. As well, the location of Hurbanovo in the warmest area of Slovakia made an assumption to obtain important information about a studied phenomenon. Not only precipitation, but also other meteorological elements have an influence on the occurrence, duration and intensity of droughts. It is an air temperature, which affects a potential evapotranspiration and then influences the important component of a simple water balance. In all cases, it was noted that drought occurred more often and with longer duration in the second half of the period. In terms of its occurrence during the year, the dry periods are mostly recorded in the spring and autumn, at least in summer. This is related to an annual precipitation regime. The maximum precipitation amounts fall in June (62 mm) and then the period without precipitation does not have the possibility to develop significantly. A regular temperature singularity called “Medard’s drop” may also have an influence in late June. According to the Šamaj and Valovič method, all significant dry periods are identified during the seasons with low precipitation totals. Although, the autumn droughts are more important than those in the spring. Considering the number of episodes per year, the maximum reached 23 episodes in the 1928 and 2012. On the other hand, the minimum number (11 episodes per year) was recorded in the years 1900, 1944, 1947, 2013. We can conclude that droughts with the longest duration were observed in the years with low drought occurrence. The analysis of meteorological drought based on the monthly precipitation totals was assessed at different time levels. The SPI and the SPEI were calculated for 1, 3, 6 and 12 monthly step. Important fact for the interpretation of the indices is that the period is not characterized as a period without precipitation. Agriculture, which quickly responds to a precipitation or water balance deficit through soil moisture, is the best to analyse on the short time levels such as 1-3 months. The values are characterized by high variability of wet and dry periods. Conversely, the long time levels (6-12 months) react slower to the changes of precipitation. It results in a longer cumulative deficit. Such periods have a response in groundwater flow, the level of water reservoirs and the other components of a water management. The most intensive dry periods identified by SPI can be recognized in the years 2011 - 2012, 2003 and 1967 - 1969. The first two periods were associated with long lasting low precipitation in the combination with very warm periods than their long term average. In the terms of duration, the longest drought periods were recorded in the 1883-1887 (49 months), then in the 1931-1935 (40 months) and three other dry periods from 1981 to 1992. When we take into account the impact of the potential evapotranspiration, dry periods showed a longer duration using the SPEI than the SPI. However, the precipitation has still a major role in the occurrence of meteorological

drought. In some cases, droughts identified by the SPEI became more intensive than droughts identified by the SPI, e.g. in the years 1917 and 2006 - 2007.

Anotation

Meteorological drought was analyzed for the station Hurbanovo in the period 1881 - 2013. Drought was evaluated through the SPI and the SPEI (for time scales 1,3,6 and 12 months), which are based on the monthly precipitation totals. Drought was also identified using the Method of Šamaj and Valovič based on the daily precipitation totals.

Key words: meteorological drought, SPI, SPEI, Method of Šamaj and Valovič, Hurbanovo

Anotácia

Meteorologické sucho bolo analyzované v Hurbanove pre obdobie 1881 – 2013. Hodnotenie sucha bolo prostredníctvom indexov SPI a SPEI (časové úrovne 1, 3, 6 a 12 mesiacov), ktoré pracujú s mesačnými úhrnmi zrážok. Metódou podľa Šamaja a Valoviča sa sucho identifikovalo na základe denných úhrnov zrážok.

Kľúčové slová: Meteorologické sucho, SPI, SPEI, Metóda podľa Šamaja a Valoviča, Hurbanovo

Úvod

Prítomnosť klimatickej zmeny, sprevádzanej narastajúcou teplotou vzduchu, prináša neustále čoraz viac sa vyskytujúci klimatický jav – sucho. Ako každý klimatický úkaz, aj sucho predstavuje určitú hrozbu. Jeho najvýraznejší vplyv sa prejavuje v najteplejších oblastiach. V našich zemepisných šírkach, najohrozenejšie a náchylnejšie oblasti predstavujú nížiny Panónskej panvy. Najčastejšie sa rozlišujúce kategórie sucha sú poľnohospodárske, hydrologické, socioekonomické a meteorologické sucho. Každému suchému obdobiu ktoréhokoľvek typu predchádza deficit úhrnov zrážok, čiže poznanie meteorologického sucha je dôležité.

V stredných zemepisných šírkach meteorologické sucho predstavuje dočasnú zápornú odchýlku od dlhodobého charakteru vývoja počasia (Fendeková a kol., 2010). Problémom pri monitorovaní a analýze sucha je, že neexistuje exaktná definícia meteorologického sucha. Avšak v závislosti od určitých meteorologických prvkov, ako úhrn zrážok, teplota vzduchu, rýchlosť vetra, vlhkosť vzduchu a výpar, možno vytvoriť rôzne definície tohto pojmu. Najmarkantnejším činiteľom suchého obdobia je nedostatok zrážok, zatiaľ čo zvyšné, už spomínané meteorologické prvky, jeho účinky zosilňujú. V súčasnosti je veľa indexov využívaných na identifikáciu sucha, opis trvania suchých období, intenzity a opakovania, resp. návratnosti sucha. Napríklad, McKee a kol. (1993) navrhli definíciu sucha na základe štandardizovaných zrážok. Túto funkčnú definíciu využili v jednej z najpoužívanejších metód pre analýzu sucha, a to metóde Štandardizovaného zrážkového indexu (SPI). Vo svojej práci index aplikovali na príklade Fort Collins, Colorado pre časové obdobie 1889 – 1991. S metódou SPI pracovalo veľa ďalších autorov či už na svetovej alebo domácej úrovni. Príkladom môžu byť Mishra a Sighn (2010) a ich zhodnotenie vplyvu sucha na celom svete v posledných desaťročiach alebo Lloyd-Hughes a Saunders (2002), ktorí analyzovali meteorologické sucho pre celú Európu v 20. storočí práve pomocou SPI. S indexom pracovali aj autori v susedných krajinách ako Szalai a kol. (2000), ktorý skúmal sucho na staniách v Maďarsku, a v Česku to boli autori Brázdil a kol. (2008), Dubrovský a kol. (2008), Potopová a kol. (2012, 2015). Na území Slovenska autori Fendeková a kol. (2010), Brušková (2007), ktoré porovnávali SPI s inými indexmi pre analýzu meteorologického sucha. Z pohľadu agroklmatického sucha pracovali s SPI Klementová a Litschmann (2004) a veľa ďalších.

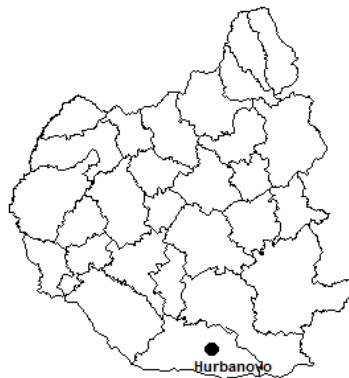
Okrem indexu SPI, ktorý pracuje len s úhrnmi zrážok, sa niektorí autori venovali indexu, ktorý zohľadní aj vplyv teploty vzduchu na výskyt meteorologického sucha. Doposiaľ sa

považoval za pridružený meteorologický efekt. Avšak jeho výrazný vplyv na evapotranspiráciu podnietil veľa odborníkov preskúmať danú problematiku. Vicente-Serrano a kol. (2010) publikovali nový index, a to štandardizovaný zrážkový a evapotranspiračný index (SPEI). Ten je založený okrem zrážok aj na teplote vzduchu, resp. potenciálnej evapotranspirácii. Práve pomocou týchto dvoch daných indexov sme v článku analyzovali meteorologické sucho v Hurbanove pre sledované obdobie 1881 – 2013 na základe mesačných úhrnov zrážok.

Vo veľa prípadoch sa môžeme stretnúť aj s definíciou meteorologického sucha alebo jeho charakterizovaním ako počtom po sebe idúcich dní, v ktorých nebol prekročený určitý, vopred stanovený zrážkový limit. Takýmto spôsobom sa na území Slovenskej republiky vo svojej práci zaoberali analýzou suchých a vlhkých období autori Šamaj a Valovič (1972). Autori spracovali v 15 lokalitách, ktoré rovnomerne rozmiestnili po Slovensku, pravdepodobnosť výskytu suchých období v závislosti od doby ich trvania. Stanice sa nachádzali v rôznych orografických podmienkach a v rôznych nadmorských výškach. Pre vymedzenie suchých epizód boli prijaté tri kritériá. Meteorologické sucho, na báze denných úhrnov zrážok, sme v štúdiu hodnotili práve pomocou metódy týchto autorov.

Metodika

V práci sme použili údaje, ktoré nám poskytol Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ). Namerané údaje predstavovali denné úhrny zrážok v Hurbanove od roku 1881 a priemerné denné teploty vzduchu v Hurbanove, ktoré však v elektronickej podobe boli dostupné len od roku 1901. Hurbanovo (Obr.1), ako najstaršia meteorologická stanica na Slovensku, nám poskytuje dostatočne dlhý homogénny časový rad údajov pre analýzu meteorologického sucha. Nami analyzované obdobie je 1881 – 2013, len v prípade indexu SPEI je toto obdobie skrátené na 1901 – 2013 práve z dôvodu nedostupných údajov. Analýza bola robená v softvérovom prostredí R- 3.0.1, v ktorom sme pracovali v package SPEI (Beguería a Vincente-Serrano, 2013). Všetky ďalšie kroky sme realizovali v tomto programe, ktorý nám slúžil pre štatistické výpočty a grafiku.



Obr. 1 Lokalizácia Hurbanova v rámci západného Slovenska

Štandardizovaný zrážkový index (SPI)

Štandardizovaný zrážkový index (SPI) pracuje len na základe mesačných úhrnov zrážok. V metóde autori McKee a kol. (1993) vychádzajú z definície sucha na základe štandardizovaných zrážok. Podľa autorov sú štandardizované zrážky „rozdiel zrážok od priemeru pre špecifické obdobie, delený štandardnou odchýlkou, kde priemer a štandardná odchýlka sa určí z minulých záznamov“. Priemer a štandardná odchýlka sú odvodené

z použitého teoretického rozdelenia. Pre výpočet týchto zrážok by sme mohli použiť matematické vyjadrenie:

$$SPI = \frac{(P_i - \bar{P})}{\sigma}$$

P_i – mesačný úhrn zrážok

\bar{P} – dlhodobý priemerný úhrn zrážok

σ – štandardná odchýlka.

Taktiež zrážky nemajú normálne, tzv. Gaussovo rozdelenie. Preto je potrebné údaje preložiť Gama funkciou. Vhodnosť Gama-rozdelenia bola testovaná autormi Lloyd–Hughes a Saunders (2002) a preukázali, že ide o najlepšiu distribúciu pre všetky časové úrovne. Veľakrát bol SPI porovnávaný s inými indexmi. Pozitívne na SPI je, že jeho aplikácia je možná v zime aj v lete, a taktiež rátať na rôznych časových úrovniach. Ako každý index má aj svoje nevýhody, a to pomalšie reagovanie na zmeny v zrážkach a limitácia na základe spoľahlivosti použitých údajov.

V našej štúdií SPI bolo analyzované pre časové úrovne 1, 3, 6 a 12 mesiacov. Hodnoty SPI sa pohybujú od 3 po -3, pričom v extrémnych prípadoch majú aj nižšie, resp. vyššie hodnoty. Záporné hodnoty odzrkadľujú suché obdobia a kladné hodnoty zasa vlhké obdobia. Kategórie sucha sme vymedzili v Tab. 1 na základe autorov McKee a kol. (1993).

Tab. 1 Kategórie sucha podľa SPI (McKee a kol. 1993)

Hodnoty SPI	Kategórie sucha
(0 až -1)	mierne sucho
< -1 až -1, 5)	stredné sucho
< -1, 5 až -2)	silné sucho
-2 a menej	extrémne sucho

Štandardizovaný zrážkový a evapotranspiračný index (SPEI)

Aj iné meteorologické prvky, okrem úhrnov zrážok, ovplyvňujú účinky meteorologického sucha. Autori Vincente-Serrano a kol. (2010) predstavili nový index, Štandardizovaný zrážkový a evapotranspiračný index (SPEI), ktorý okrem zrážok zohľadňuje aj potenciálnu evapotranspiráciu. V našej práci bola vyrátaná pomocou metódy Thornthwaita (1948). Metóda využíva údaje o priemernej teplote vzduchu a geografickej polohe analyzovaného územia. Matematický vzorec pre výpočet jednoduchej vodnej bilancie je:

$$D_i = P_i - PET_i$$

D_i – jednoduchá vodná bilancia

P_i – mesačný úhrn zrážok

PET_i – mesačná suma potenciálnej evapotranspirácie.

Ide len o upravený SPI index, avšak jeho nasledovné kroky sú takmer identické. Okrem toho, že SPEI ráta s potenciálnou evapotranspiráciou, tak využíva log-logistické rozdelenie pravdepodobnosti namiesto Gama-rozdelenia.

Metóda podľa Šamaja a Valoviča

V roku 1972 Šamaj a Valovič publikovali metodiku, ktorá pracuje s kumulatívnymi úhrnmi zrážok. Umožňuje tým prísnejšie identifikovať suché obdobia. Autori použili tri kritériá pre vymedzenie sucha:

1. počas najmenej 15 dní spadlo 1 mm zrážok alebo menej
2. počas najmenej 20 dní spadlo 2,5 mm zrážok alebo menej

3. počas najmenej 30 dní spadlo 5 mm zrážok alebo menej

Na základe týchto kritérií vieme stanoviť začiatok, koniec a trvanie suchých období. Rovnako sme si stanovili počet výskytov sucha za rok, z toho tie, ktoré boli za teplý polrok (apríl až september). Pomocou percentilov q_{50} , q_{90} a q_{95} sme si rozdelili suché obdobia na krátkodobé, stredne dlhodobé a dlhodobé. V rámci dlhodobých sme si vymedzili aj najdlhšie suchá. Tie sa nachádzali nad percentilom q_{95} . V práci sme zohľadnili aj predchádzajúce podmienky sucha 10-dňovým úhrnom zrážok pred každým suchým obdobím. Podmienky pred nástupom epizódy môžu zmierňovať najmä ich začiatok.

Výsledky

Pri interpretácii výsledkov indexov SPI a SPEI treba brať do úvahy a upozorniť na niekoľko vecí. Obdobie sucha identifikované týmito metódami nepredstavuje obdobia bez úhrnov zrážok. Ide o kumulujúci sa deficit počas x - mesiacov. Dané indexy sa môžu vyrátať pre rôzne časové úrovne. Pričom tie kratšie sa prejavujú častejším striedaním vlhkých/suchých epizód. Naopak tie dlhšie reagujú pomalšie na zmeny zrážok, preto vznikajú dlhšie periódy. Napríklad 3-mesačný SPI má väčšiu váhu v danom mesiaci, plus sa k nemu vzťahujú dva predchádzajúce mesiace. Výpočty na rôznych časových škálach sú užitočné pre aplikovanie indexov v rôznych vedeckých oblastiach (McKee a kol., 1993).

Štandardizovaný zrážkový index (SPI)

Pre mesačné SPI sa v sledovanom období ako silne a extrémne suché prejavili mesiace s počtom 133, z čoho 72 bolo extrémne suchých. Za najčastejšie extrémne suché mesiace môžeme označiť január a február. Najviac sa ich vyskytlo v rokoch 1881, 1947 a 1990. Je pravdepodobné, že sa prejavia aj na dlhšej časovej škále.

Pri 3-mesačnom SPI sa ako extrémne suché obdobia preukázali roky 1882 a 1959 s trvaním tri mesiace, v septembri 1924, v ktorom sa nahromadilo počas 8 mesiacov 4 - mesačné extrémne sucho. Z hľadiska dĺžky trvania podľa SPI3 najdlhšie sucho trvalo 16 mesiacov v roku 2011. Tomuto obdobiu predchádza ďalšie 6-mesačné mierne sucho, čo by sa pri dlhších časových úrovniach SPI6, resp. SPI 12 malo prejavovať v dĺžke trvania sucha alebo v jeho intenzite. Podobnými rokmi sú 1932, 1943 a 1967. SPI3 sa rovnako ako SPI1 stále prejavuje značnou striedavosťou kladných a záporných hodnôt, resp. vlhka a sucha. Na takto krátkych časových škálach sa najlepšie interpretujú zmeny v pôdnej vlhkosti, ktoré najrýchlejšie reagujú na deficit vody. (McKee a kol. 1993, Szalai a kol., 2000).

Na Obr. 2 je zobrazený 6-mesačný SPI. Prostredníctvom neho sa môže interpretácia začať spájať s úrovňou hladiny vodných nádrží a anomáliami prietokov. Taktiež napomáha v oblasti informácií o úhrnoch zrážok za dôležité obdobie október až marec. To predchádza nástupu vegetačného obdobia so začiatkom na jar (National Drought Mitigation Center, 2015). Takto sa preukazujú roky 1882 s extrémnym suchom práve v apríli a máji, rovnako 8-mesačné sucho v roku 1924, 1931, ktoré trvalo až 25 mesiacov a rok 1949. Druhá polovica 132 ročného časového radu sa preukazuje častejšími a dlhšie trvajúcimi suchými obdobiami. Uviest' môžeme tri zo štyroch najdlhších suchých období, ktoré sa vyskytli práve po roku 1947. Boli to roky 1989 s trvaním až 26 mesiacov, následne 23-mesačné sucho v roku 2011, a o mesiac kratšie trvalo meteorologické sucho v roku 1970.

Najvýraznejšie suché obdobia, ktoré boli naznačené v SPI6, ale s menšou intenzitou, sa nám prejavujú až pri SPI s časovou úrovňou 12-mesiacov. Preto sa najčastejšie spája s interpretáciou dopadov na podzemné vody a iné. Dôvodom je, že reagujú až na dlhodobejšie narastajúci deficit zrážok. Na Obr. 3 je pre porovnanie znázornený SPI12, kde už na prvý pohľad sú vidieť najvýraznejšie suché obdobia, ktoré nabrali na intenzite zlúčením

niekoľkých súch vymedzených pri SPI6. Najintenzívnejšie suché obdobie sa vyskytlo so začiatkom v septembri 2011, pričom jeho extrémnosť sa prejavila až v roku 2012. Dané 19-mesačné sucho dosiahlo najvyššiu magnitúdu s hodnotou $-1,73$, čo nasvedčuje o tom, že suché obdobie bolo výrazne silné. Príčinou môže byť kombinácia vysokej teploty vzduchu, ktorou sa dané roky vyznačujú a nízkych úhrnov zrážok, ktoré dosahovali približne 360 mm. S o niečo nižšou hodnotou $-1,43$ sa prejavilo meteorologické sucho v roku 2003 s dĺžkou trvania 13 mesiacov. Ďalšie stredné sucho s magnitúdou $-1,33$ sa prejavilo 19-mesačné obdobie v roku 1967 a 38 mesiacov dlhé suché obdobie v roku 1989 s hodnotou magnitúdy $-1,09$. Na Obr. 3 už je jednoznačne vidieť, že suché obdobia nadobúdajú častejší výskyt, dosahujú väčšiu intenzitu a aj zvyšujúcu sa dĺžku trvania.

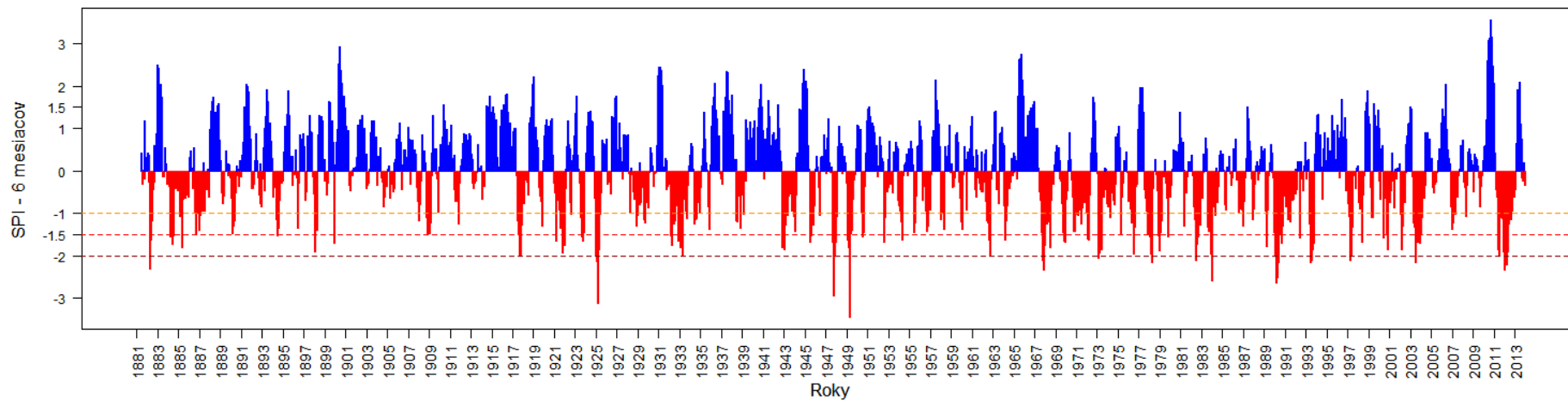
Štandardizovaný zrážkový a evapotranspiračný index (SPEI)

Meteorologické sucho, na základe úhrnov zrážok a teploty vzduchu, resp. potenciálnej evapotranspirácie bolo analyzované pre obdobie 1901 – 2013. V tomto časovom rade sa podľa SPEI1 najčastejšie extrémne suchá presunuli na mesiace september a apríl. Najextrémnejší bol august v roku 1992. Aj pri SPEI1 sa prejavuje výrazné striedanie vlhkých a suchých periód. Roky s výrazným počtom suchých mesiacov boli 1917, 1947, 1949, 1967 a 2003. Najčastejšie bolo 7 suchých mesiacov v roku, až na výnimku, a to je rok 2011, ktorý je začiatkom dlhšie pretrvávajúcich suchých mesiacov s počtom 19.

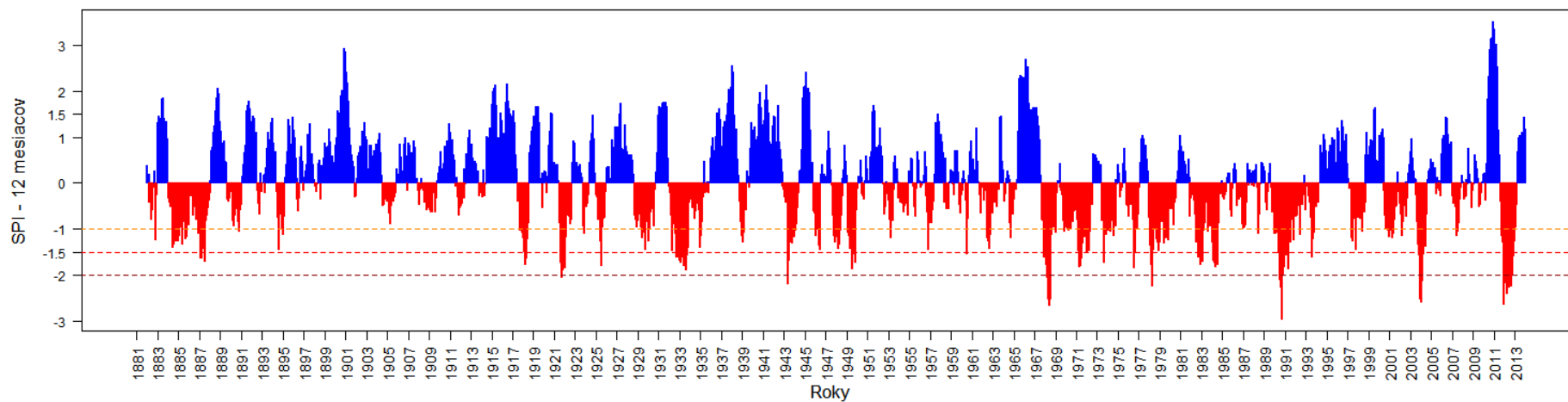
Na základe trojmesačnej váhy, vzťahujúcej sa k danému mesiacu, môžeme za najvýraznejšie suché obdobia považovať 7 mesačné suchá v rokoch 1917, 1925 a 1947, kedy zo 6 mesiacov bolo 5 výrazne suchých. Ďalej významné bolo obdobie 1967 a 1968, kde sa v oboch rokoch vyskytli výrazné suché obdobia. Od tohto obdobia väčšina spadala do mierne suchých periód ako 11-mesačné sucho v rokoch 1982 a 1983. To trvalo do roku 1989, kedy bolo opäť výrazné suché obdobie, ktoré sa s ďalšími kratšími obdobiami prejaví v dlhodobejšom meradle. Najvýraznejšie suché periódy podľa SPEI3 preukázali roky 2000, 2006 a 2003 s intenzívne pretrvávajúcim silným suchom. V roku 2011 bolo extrémne 22-mesačné sucho so začiatkom vo februári.

Váhu šiestich mesiacov berie do úvahy SPEI6 na dlhodobejšej časovej škále (Obr. 4). Tu sa nám najvýraznejšie suché obdobie preukázalo 15-mesačné silné sucho v roku 2003, kedy dosiahlo vysokú magnitúdu $-1,5$. Oveľa dlhšie trvajúce a silnejšie sucho sa preukázalo v roku 2011 so začiatkom v marci a trvalo až 23 mesiacov. Pri oboch extrémnych suchých obdobiach vysokú úlohu zohrali veľmi nízke úhrny zrážok, a zároveň rok 2003 sa považoval za výrazne teplý, v porovnaní s inými. S najvýraznejšími magnitúdami sa stredne suché obdobia vyskytli v rokoch 1947 (9 mesiacov), 2006 (14 mesiacov), 1924 (8 mesiacov) a 1967 (18 mesiacov).

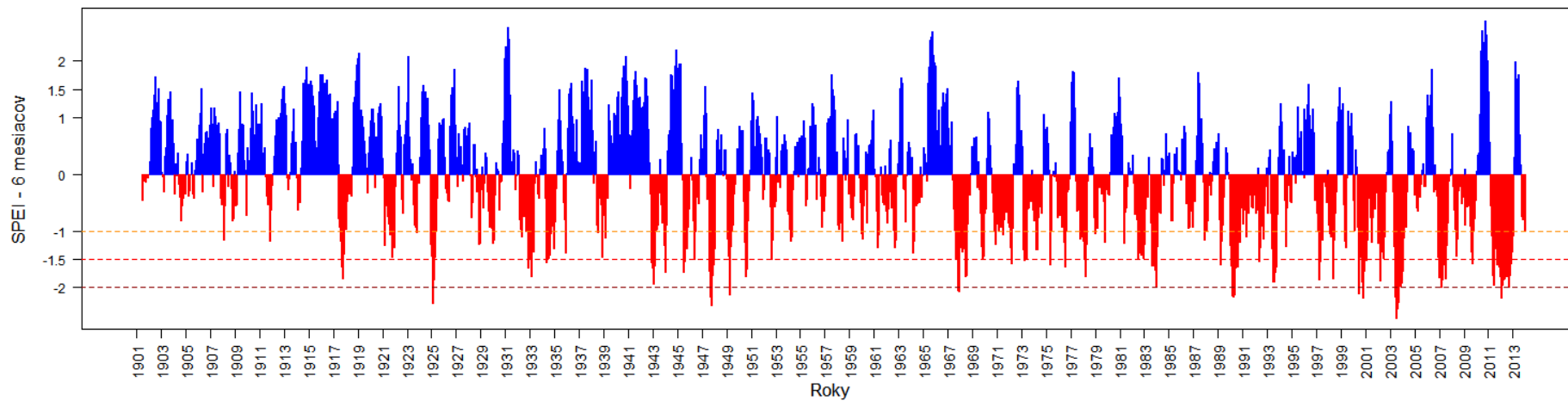
Pri 12-mesačnom SPEI, ktorý znázorňuje Obr. 5, je výrazne vidieť, že do roku 1947 prevládajú výrazné vlhké obdobia a za týmto rokom, naopak, výrazné suché periódy. Suché obdobia sú v rokoch 2003 a 2011. Pričom 21-mesačné sucho so začiatkom v novembri 2011 sa prejavilo silnejšie. Jeho magnitúda stúpila z $-1,6$ pri SPEI6 na $-1,92$.



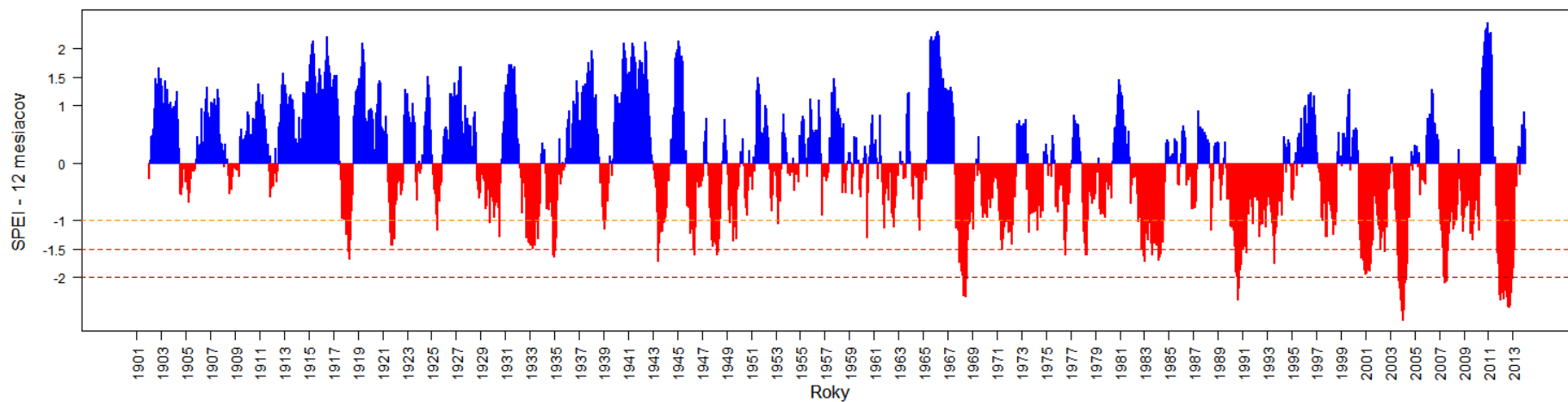
Obr. 2 – SPI 6 (Hurbanovo 1881 – 2013)



Obr. 3 – SPI 12 (Hurbanovo 1881 – 2013)



Obr. 4 – SPEI 6 (Hurbanovo 1901 – 2013)



Obr. 5 – SPEI 12 (Hurbanovo 1901 – 2013)

Metóda podľa Šamaja a Valoviča

Hodnotenie meteorologického sucha, z hľadiska troch rôznych kritérií jeho vymedzenia, bolo analyzované za rovnaký časový rad ako u SPI.

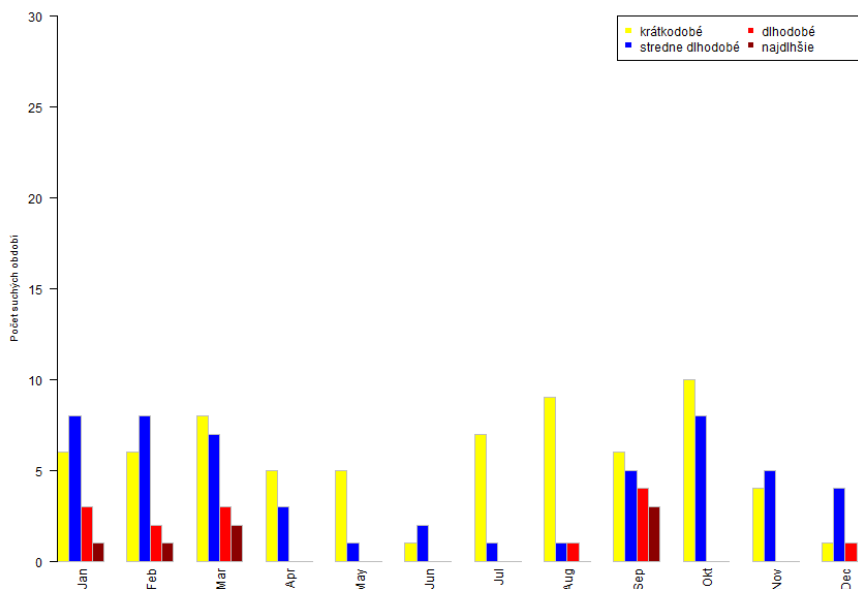
V prípade prvého kritéria sa v nami skúmanom období vyskytlo 430 suchých epizód. Z nich môžeme za najdlhšie vyznačiť 23. Hranicu tvoril percentil q_{95} , ktorý predstavoval 34 dní a viac. Z hľadiska celkového počtu suchých období, najväčšie hodnoty dosahujú mesiace september (57), október a november (46). Ako dôvod vysokej prítomnosti suchých epizód v mesiacoch september a október môžeme pripísať vplyvu tlakovej výše, ktorá na našom území spôsobuje ďalšiu teplotnú singularitu, známu ako Babie leto (Trizna M., 2012). Mesiac s najnižším počtom ich výskytu je jún, v ktorom sa sucho vyskytlo 17-krát. Letné mesiace preukazujú pomerne nízky výskyt dlho trvajúcich suchých epizód, kedy sa nemôžu rozvinúť dlhé bezzrážkové obdobia. Druhé kritérium hodnotilo meteorologické sucho o niečo prísnejšie ako prvé. Celkový počet suchých období vymedzených druhým kritériom bolo 302. Za najdlhšie sa považujú tie, ktorých dĺžka trvania je 40 dní a viac. Takýchto období sa v rokoch 1881 – 2013 vyskytlo 17. Mesiace s najvyšším a najnižším výskytom sledovaných období sú rovnaké ako pri predchádzajúcom kritériu. Prostredníctvom posledného, tretieho vymedzenia meteorologického sucha, sa vyskytlo 135 suchých epizód. Len 10 z nich považujeme za najdlhšie podľa hranice 56 dní a viac. Maximálny počet suchých období dosahujú mesiace marec a október, kedy ich bolo 18. V tomto prípade bolo jesenné maximum výraznejšie ako jaré. Minimum je v mesiaci jún s počtom 3. Prehľad celkového počtu suchých období meteorologického sucha uvádza Tab. 2.

Tab. 2 Celkový počet suchých období podľa metódy Šamaja a Valoviča v Hurbanove (1881 - 2013)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Máj	Jún	Júl	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
(A) 15 dní < 1mm	34	30	46	37	25	17	34	36	57	46	28	30
(B) 20 dní < 2, 5mm	25	26	34	23	15	11	27	26	38	38	18	21
(C) 30 dní < 5 mm	17	16	18	8	6	3	8	11	15	18	9	6

Z hľadiska kategórií dĺžky trvania sucha, môžeme povedať, že v prípade A sa nevyskytlo žiadne dlhodobé ani najdlhšie sucho v mesiacoch jún a júl. Mesiace bez najvýraznejších suchých období sú aj v prípadoch B a C. Počet mesiacov v prípade C narástol až na 6. Najväčšie počty suchých epizód boli v januári v prípade A a B, kedy sa viažu na zimné minimum zrážok. Pri poslednom kritériu, resp. v prípade C sa najviac dlhodobých suchých epizód vyskytlo v mesiaci september, kedy sa vyskytujú taktiež obdobia nižších zrážok a predĺžením suchých období vznikajú tie najdlhšie suchá. Obr. 6 znázorňuje kategórie dĺžky trvania sucha v prípade C, ktorý prísnejšie vymedzuje daný jav.

Podľa Tab. 2 najdlhšie obdobia sucha sú v mesiacoch, v ktorých sa najčastejšie vyskytujú. Vplyv na rozloženie suchých období, či už z hľadiska dĺžky trvania alebo výskytu, môžeme prirovnať k dlhodobému priemeru úhrnov zrážok (DP) za obdobie 1881 – 2013. Tie dosahujú svoje maximum najmä v mesiaci jún (62 mm podľa DP), kedy sa suché epizódy nemôžu výrazne rozvíjať a prevládajú krátkodobé suchá. Tie v prípade A predstavujú suchá do 18 dní a dosahujú v júni počet 6, maximum v septembri (34). V prípade B je najväčší výskyt krátkodobých suchých období, ktoré majú trvanie do 24 dní, taktiež v septembri (20), avšak počet v júni je 7. V prípade C sa v júni 2000 vyskytlo len jedno krátkodobé sucho, ktorého trvanie bolo 32 dní a dve stredne dlhodobé. Ich hranice predstavovali do 35 dní a stredne dlhodobé suchá do 49 dní. Maximum sa presúva na mesiac október (10). Z toho vyplýva, že keď úhrny zrážok majú nižšie stavy, dochádza k zvýrazneniu suchých období, ako v mesiacoch september, december, január a február. Zvyšuje sa ako počet ich výskytu, tak aj dĺžka ich trvania.



Obr. 6 Kategórie dĺžky trvania sucha podľa metódy Šamaja a Valoviča (kritérium C)

Uviedli sme si výskyt suchých období z hľadiska mesiacov. Avšak potrebné je vedieť aj to, ktoré roky najviac trpeli ich výskytom, a naopak, v ktorých sa nevyskytli ani raz. V prípade A s najväčším počtom výskytu sucha boli roky 1885, 1886 a 1992. Dôležité pri hodnotení sucha je, že počas roku sa môže vyskytnúť vysoký počet suchých období, ale daný rok môže byť výdatný tak na zrážky, že účinky sucha nie sú také vážne. Príkladom je rok 1992, v ktorom sa vyskytlo jedno z najdlhších such s trvaním 42 dní, avšak pri zohľadnení 10-dňových zrážok predchádzajúcich tomuto suchu, ktoré dosahovali 113,2 mm, môžeme usúdiť, že dopad daného sucha na krajinu by nemusel byť až tak výrazný. Podľa kritéria A sa v sledovanom časovom rade vyskytli 4 roky bez výskytu sucha. V roku 1961 sa vyskytli 4 suché obdobia a všetky v teplom polroku (apríl až september). Dokonca je to maximálny počet výskytu sucha v teplej polovici roka. V kritériu B dosiahol maximálny počet výskytu sucha za rok hodnotu 6, a to v roku 1885. Z nich polovica bola v teplom polroku. Podľa tohto kritéria sa počet rokov bez sucha zvýšil na 11. V prípade C sa najväčší počet za rok, oproti prvým dvom kritériám, znížil na štyri v roku 1959. V teplom polroku sa najviac vyskytla polovica z maxima, čiže dve suchá. Počet rokov bez suchých období narástol až na 41 rokov. Najdlhšie trvajúce suché epizódy sú znázornené v Tab. 3. V nej sa vo všetkých troch prípadoch (A, B, C) vyskytlo sucho v septembri 1947, avšak sa líšia v dĺžke jeho trvania. V prípade A trvalo 63 dní, avšak predchádzajúce 10-dňové zrážky, ktoré dosiahli 0,6 mm, naznačujú, že toto suché obdobie pravdepodobne trvalo dlhšie. Preto sa pri druhom kritériu jeho dĺžka predĺžila na 83 dní a v prípade C až na 88 dní. Ďalšie významné suchá boli v januári 1882 a v marci 2003. Tie sa v jednotlivých kritériách opäť odlišujú v dĺžke ich trvania. V prípade C sa dlhšie trvajúce 66-dňové sucho ako v roku 2003, vyskytlo vo februári 1887. V porovnaní s dlhodobým priemerom zrážok, bolo vo februári najmenej spadnutých zrážok (31,7mm). Priemerná dĺžka trvania sucha v prípade A je 20 dní, v prípade B 27 dní a v poslednom prípade C je 38 dní.

Tab. 3 Prehľad najdlhšieho trvania sucha a rok ich výskytu podľa metódy Šamaja a Valoviča

	Jan	Feb	Mar	Apr	Máj	Jún	Júl	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
A	1882	1975	2003	2007	1979	1885	1933	1992	1947	1969	1983	1888
	56 dní	41 dní	53 dní	40 dní	32 dní	29 dní	29 dní	49 dní	63 dní	37 dní	39 dní	39 dní
B	1882	1998	2003	1946	1884	1932	2013	1992	1947	1921	1983	1888
	58 dní	43 dní	59 dní	42 dní	33 dní	30 dní	44 dní	49 dní	83 dní	36 dní	39 dní	44 dní
C	1882	1887	2003	1946	1973	1932	2013	1992	1947	1988	1920	1953
	71 dní	66 dní	59 dní	48 dní	44 dní	40 dní	45 dní	50 dní	88 dní	42 dní	44 dní	50 dní

Metóda podľa Šamaja a Valoviča preukazuje, že v prvej polovici nami sledovaného 132-ročného radu, čiže do roku 1947, môžeme spozorovať, že sa vyskytujú najdlhšie suchá menej ako v druhej polovici. Ako aj rastie ich dĺžka trvania.

Záver

Zámerom príspevku bola analýza meteorologického sucha v Hurbanove pre obdobie 1881 – 2013. Použité boli indexy SPI a SPEI, využívané na celosvetovej úrovni, ktoré pracujú s mesačnými úhrnmi zrážok a potenciálnou evapotranspiráciou. Z domácej literatúry sme použili metódu podľa Šamaja a Valoviča pre hodnotenie sucha na základe denných úhrnov zrážok. Dosiahnuté výsledky preukázali, že najčastejší výskyt suchých období počas roka je na jar a jeseň, kedy sa viažu na zrážkové minimá, a najnižší v letných mesiacoch. Taktiež sme v štúdiu dosiahli častejší výskyt meteorologického sucha v druhej polovici nami sledovaného obdobia, kde suché obdobia naberali nielen na intenzite ale aj na dĺžke trvania. Za najvýraznejšie suché obdobie môžeme označiť 21-mesačné sucho v rokoch 2011 – 2012 s magnitúdou -1,92 identifikované pomocou 12-mesačného SPEI.

Ak by sme mali porovnať nami získané výsledky so závermi iných autorov, môžeme povedať, že suchá identifikované v susedných krajinách ako napr. Česko a Maďarsko sa odzrkadlili aj na Slovensku. Príkladom je rok 2003, ktorý bol výrazne suchý aj v štúdiách mnohých autorov (Brázdil a kol., 2008, Potopová a kol., 2015 a iní). Dokonca osobitnú štúdiu roku 2003 venoval Faško a kol. (2003), ktorý sa venoval extrémne teplej sezóne máj až august. Nami najvýraznejšie identifikované obdobie bolo v rokoch 2011 – 2012 v Hurbanove a podobne silné sucho bolo v Česku (Potopová a kol., 2015). Okrem tohto sa aj autorom prejavili pri SPEI, v porovnaní s SPI, výraznejšie obdobia 1978 – 1982 a 2006 – 2007. Tie sa odzrkadlili aj u nás, najmä 19-mesačné sucho 2006 – 2007. V skoršom článku Potopová a kol. (2012) autori dospeli k záverom, že SPEI sa prejavuje dlhšie trvajúcimi obdobiami oproti SPI, a to najmä v dlhodobých časových úrovniach, čo potvrdzujú aj nami získané závery. Rovnako zvyšujúci sa počet výskytu suchých epizód a ich silnejšími a dlhšie trvajúcimi prejavmi zaznamenali vo svojich prácach aj autori Potopová a kol. (2012), Mishra a Singh (2010) a iní.

Použitá literatúra

- BEGUERÍA, S. a VICENTE-SERRANO, S. M., 2013. Calculation of the Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index. Version: 1.6, Type: package, Package: SPEI.
- BRUŠKOVÁ, Valéria, 2007. Hodnotenie meteorologického sucha v povodí horného toku Torysy. In: *Podzemná voda*, 8, 2007, č. 2, s. 169-176.
- BRÁZDIL, R., a kol., 2008. Variability of droughts in the Czech Republic, 1881-2006. In: *Theoretical and Applied Climatology*. Vol. 97, s. 297-315.

- DUBROVSKÝ, M., SVOBODA, M. D., TRNKA, M., HAYES, M. J., WILHITE, D. A., ŽALUD, D. a HLAVINKA, P., 2008. Application of relative drought indices in assessing climate-change impacts on drought conditions in Czechia. In: *Theoretical and Applied Climatology*. Vol. 96, s. 155-171.
- FAŠKO, P., LAPIN, M., SEKÁČOVÁ, Z. a ŠŤASTNÝ, P., 2003. Extraordinary climatic anomaly in 2003. In: *Meteorologický časopis*, 6, 3, 2003, s. 3-7.
- FENDEKOVÁ, M., ŽENIŠOVÁ, Z. (eds.). 2010. *Hydrogeologické sucho*. Slovenská asociácia hydroológov, Katedra hydrologie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Bratislava, s. 190.
- KLEMENTOVÁ, E. a LITSCHMANN, T., 2004. The agro-climatic drought in Slovakia in 2003. In: *Meteorologický časopis*, 7, 2004, s. 11-16.
- LLOYD-HUGHES, B. a SAUNDERS, M. A., 2002. *A drought climatology for Europe*. In: *International Journal of Climatology*. Vol. 22, Issue 13, s. 1571-1592. ISSN 1097-0088.
- McKEE, T. B., DOESKEN, N. J. a KLEIST, J., 1993. *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. In: 8th Conference on Applied Climatology (17-22 January 1993, Anaheim, CA). Boston: American Meteorological Society. S. 179-184.
- MISHRA, A. a SINGH, V., 2010. *A review of drought concepts*. In: *Journal of Hydrology*. Vol. 391, Issue 1-2, s. 202-216. ISSN 0022-1694.
- NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER, 2015. Interpretation of 6-Month Standardized precipitation index map [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://drought.unl.edu/MonitoringTools/ClimateDivisionSPI/Interpretation/6month.aspx>
- POTOPOVÁ, V., MOŽNÝ, M. a SOUKUP, J., 2012. Drought evolution at various time scales in the lowland regions and their impact on vegetable crops in the Czech Republic. In: *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. 156, s. 121-133.
- POTOPOVÁ, V., ŠTEPÁNEK, P., MOŽNÝ, M., TÜRKÖTT, L. a SOUKUP, J., 2015. Performance of the standardised precipitation evapotranspiration index at various lags for agricultural drought risk assessment in the Czech Republic. In: *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. 202, s. 26-38.
- SZALAI, S., SZINELL, C., ZOBOKI, J., 2000. *Drought monitoring in Hungary*. In: Wilhite, D. A., Sivakumar, M. V. K., Wood, D. A. (eds.). 2000. *Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management*, VMO, s. 182-199.
- ŠAMAJ, F. a VALOVIČ, Š., 1972. *Suché a vlhké obdobia na Slovensku*. In: Balco, M. *Malá vodnosť slovenských tokov*, 1990, Veda, Bratislava.
- THORNTON, C. W. (1948): An approach toward a rational classification of climate. In: *Geographical Review*, Vol. 38, p. 55-94.
- TRIZNA, M., 2012. *Klimageografia a hydrogeografia*. Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave: Geografika, edícia Extern. S. 143. ISBN 978-80-89317-20-2.
- VICENTE-SERRANO, S. M., BEGUERÍA, S. a LÓPEZ-MORENO, J. I., 2010. A multiscale drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. In: *Journal of Climate*. Vol. 23, Issue 7, s. 1696-1718. Online ISSN 1520-0442. Print ISSN 089-8755.