

ANALÝZA KLÍMY A PRIEBEHU POČASIA V ROKU 2020 NA SLOVENSKU

Zuzana Sitková • Milan Konôpka

Sitková, Z., Konôpka, M.: Climatological analysis of the year 2020 in Slovakia. APOL, 2021, vol. 2, no. 2, p. 189–197.

Abstract: The results of our meteorological measurements carried in 7 selected forest areas of Slovakia showed a further increase in air temperature in 2020, evident especially in the winter months. The negative climate water balance and a more pronounced period of drought occurred in April to May, which was due not only to the deficit of precipitation in this period, but also to low water reserves due to insufficient snow cover during the winter of 2019/2020. On the contrary, in June and October there were measured significant precipitation totals in some localities resulted in to the flash flood events. Overall, the year of 2020 was more favorable in terms of humidity than the previous two years. The results of the 2020 climate assessment again signal ongoing unfavorable trends (warmer winters, low snow cover, drought in spring, flash floods), which may have adverse effects not only on the vitality of forest trees and the overall weakening of forest ecosystems, but also bring complications in terms of common operational activities in forest restoration and protection.

Key words: forest meteorological monitoring; weather stations; water balance; soil moisture; drought; climate extremes

Úvod

Na globálnej úrovni dosiahli koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére v roku 2020 nové historické maximá. Predbežné analýzy založené na satelitných pozorovaniach dostupných už od roku 2003 naznačujú, že koncentrácie CO₂ vzrástli v roku 2020 síce v menšej miere ako v predchádzajúcich rokoch (čiastočne v dôsledku COVID pandémie), zato nárast koncentrácií CH₄ bol rapidný (Copernicus Climate Change Service, European State of the Climate 2020). Podľa správy svetovej meteorologickej organizácie o stave globálnej a regionálnej klímy v roku 2020, je zrejma ďalšia akcelerácia otepľovania klimatického systému (WMO 2021). Posledných 6 rokov vrátane extrémne teplému roku 2020 patriť medzi najteplejšie od histórie meraní vôbec a posledné desaťročie (2011 – 2020) bolo celkovo najteplejšou dekadou od roku 1880. Na základe týchto poznatkov sa odhaduje, že globálny priemer teploty vzduchu prekročí kritickú hodnotu oteplenia klimatického systému 1,5 °C, približne o 11 rokov skôr ako sa očakávalo podľa situácie v roku 2000 (Pecho & Markovič 2021). Aj v rámci Európy bol rok 2020 najteplejším rokom v histórii meteorologických meraní, pričom dovtedy najteplejší predošlý rok 2019 bolo prekonaný o celých 0,4 °C. Priemerná teplota v zimných mesiacoch presiahla dlhodobý normál 1981 – 2010 o 3,4 °C a bola o 1,4 °C teplejšia ako najteplejšia zima v predchádzajúcom období.

V rámci Slovenska na regionálnej až lokálnej úrovni už dlhodobo pozorujeme kopírovanie obdobných trendov v priebehu počasia a v zmenách vo vývoji klímy. Predmetom príspevku je rámcovo zhodnotiť vývoj počasia a základné klimatologické ukazovatele počas roku 2020 na Slovensku a to na základe údajov z vybraných staníc lesníckej meteorologickej siete, ako aj podľa voľne dostupných informácií a údajov Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ).

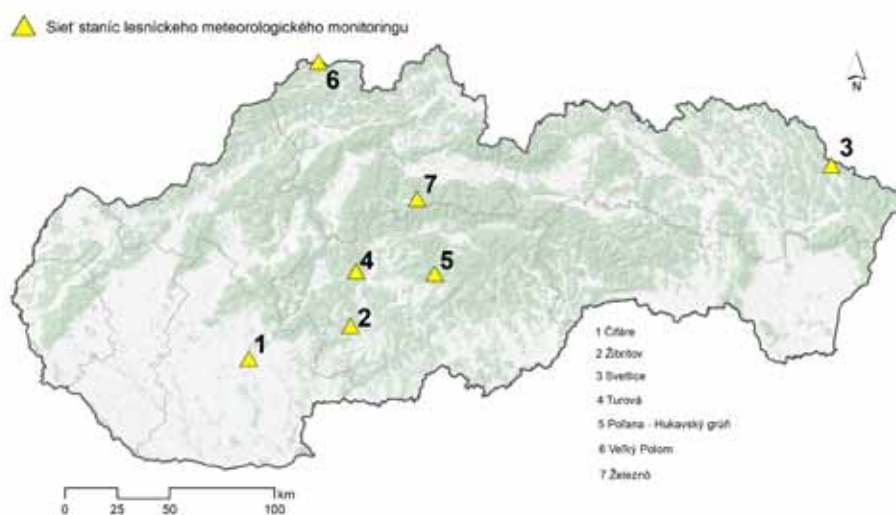
Metodika a údaje

Pre analýzu vývoja počasia v roku 2020 a klimatologické zhodnotenie sme použili vlastné meteorologické údaje namerané na vybraných 7 staniciach siete lesníckeho meteorologického monitoringu, ktorý realizuje Lesnícky výskumný ústav v Národnom lesníckom centre vo Zvolene. Podrobnejšie informácie o lesníckom meteorologickom monitoringu ako aj prístup k online dátam z celej staničnej meteorologickej siete NLC sú v súčasnosti dostupné na www.forestweather.sk.

Časť meteorologických staníc a výskumných plôch patrí do siete trvalých monitorovacích plôch druhej úrovne v rámci medzinárodného programu ICP Forests (TMP Level II). Digitálne automatické meteorologické stanice s online prenosom dát na internet, z ktorých boli spracované údaje za rok 2020, sa nachádzajú v rôznych orografických celkoch a v rozpätí nadmorských výšok od 225 do 1 000 m n. m. (obr. 1, tab. 1). Stanice reprezentujú lesné lokality a trvalé výskumné plochy s rôznym druhovým zložením lesných porastov (dub cer, dub zimný, buk lesný, smrek obyčajný, jedľa biela).

Údaje o teplote vzduchu (°C) meranej vo výške 2 m a úhrnoch zrážok meraných vo výške 1 m (mm) boli spracované na základe meraní v 2 až 5-minútovom intervale s ukladaním do pamäte centrálného datalogera (EdgeBox V8) každých 10 minút. Údaje o pôdnej vlhkosti sú spracované na základe kontinuálnych 30 minútových meraní na plochách TMP Poľana-Hukavský grúň (850 m n. m.) a TMP Žibritov (520 m n. m.). K meraniu objemovej vlhkosti pôdy [$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$] v troch pôdnych hĺbkach (10 – 30 – 60 cm) boli použité senzory typu CS616 s dvoma 30 cm hrotmi pracujúce na princípe reflektometrie (Campbell Sci., U.S.A.). Údaje sa automaticky zaznamenávajú do datalogera model RailBox16P4 SDI (EMS Brno, CZ) s diaľkovým prenosom dát s využitím modemov vybavených SIM kartou.

Klimatická vodná bilancia (climatic water balance, CWB) je parameter odvodený na základe meraných meteorologických prvkov na staniciach. CWB je definovaná ako rozdiel medzi úhrnmi zrážok (Z) a potenciálnou evapotranspiráciou (PET) na danej lokalite a za určité obdobie. V našom prípade sú hodnoty vodnej bilancie k určitému dňu odvodené ako 30-dňové exponenciálne kľzavé vážené priemery, pričom kladné hodnoty charakterizujú nadbytok vlhky a záporné hodnoty naopak sucho. Potenciálna evapotranspirácia je počítaná podľa vzorca Penmana (1948), ktorý vychádza z údajov o teplote a vlhkosti vzduchu, rýchlosti vetra a slnečnom žiarení a vychádza z predpokladu nelimitovanej pôdnej vlhkosti. Kladné hodnoty vodnej bilancie ($\text{CWB} > 0$) predstavujú dostatok zrážok, naopak záporné hodnoty ($\text{CWB} < 0$) znamenajú deficit zrážok na danej lokalite



Obrázok 1. Poloha vybraných 7 automatických staníc lesníckeho meteorologického monitoringu NLC použitých ku analýze vývoja počasia v roku 2020 (číselné kódy staníc zodpovedajú lokalitám uvedeným v tabulke 1)

Figure 1. Location of the 7 automatic forest meteorological stations NFC used for climatological analysis of the weather in 2020 (numeric identifiers of stations correspond to the localities listed in Table 1).

Výsledky

Hodnoty absolútnych minimálnych, maximálnych a priemerných ročných teplôt vzduchu ako aj celkový úhrn zrážok v roku 2020 sú pre vybrané lokality lesníckej meteorologickej siete NLC uvedené v tabuľke 1. Na základe meraní na vybraných staniciach NLC bolo v roku 2020 absolútne teplotné minimum ($-14,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) zaznamenané 25. marca v severnej časti Nízkych Tatier na lokalite Železnô. Nízke teploty pokračovali aj začiatkom apríla. Oproti minulému roku 2019 kedy bola zistená minimálna teplota až $-21,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ išlo v roku 2020 o evidentne teplejšiu zimu. Naopak absolútne teplotné maximum ($33,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) bolo namerané na stanici Čifáre (225 m n. m.) dňa 10. augusta 2020. Maximálna hodnota zistená na tejto lokalite v predchádzajúcom roku ($34,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) tak nebola prekročená.

Priemerná ročná teplota vzduchu sa v rámci hodnotených lesných lokalít pohybovala v roku 2020 v rozpätí od $6,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ na Kysuciach (Veľký Polom) a v Nízkych Tatrách na Železnom, do hodnoty $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ na najnižšie položenej stanici v Čifároch v blízkosti Mochoviec. Podľa údajov SHMÚ, výrazný bol v roku 2020 nárast priemernej ročnej teploty na Lomnickom štíte. V roku 1980 to bolo -5 stupňov, v roku 2020 len $-1,6$ stupňa Celzia. Súvisí to najmä s tým, že na našej najvyššie položenej stanici na Lomnickom štíte ide o počasie vo voľnej atmosfére, v ktorom sa prejavujú cirkulačné podmienky v priestore Európy (Pavel Faško pre TASR, 2021).

Vývoj priemerných denných teplôt vzduchu ako aj iných prvkov nameraných v roku 2020 na vybraných meteorologických staniciach NLC prezentujú grafy na obrázku 2 a 3. Z priebehu hodnôt je zrejme kulminácia teplôt vzduchu na začiatku júla, ale najmä v prvej augustovej dekáde. Vidíme tiež zhodne na staniciach oteplenie začiatkom februára a naopak zrejmy teplotný prepád a výrazné ochladenie koncom marca.

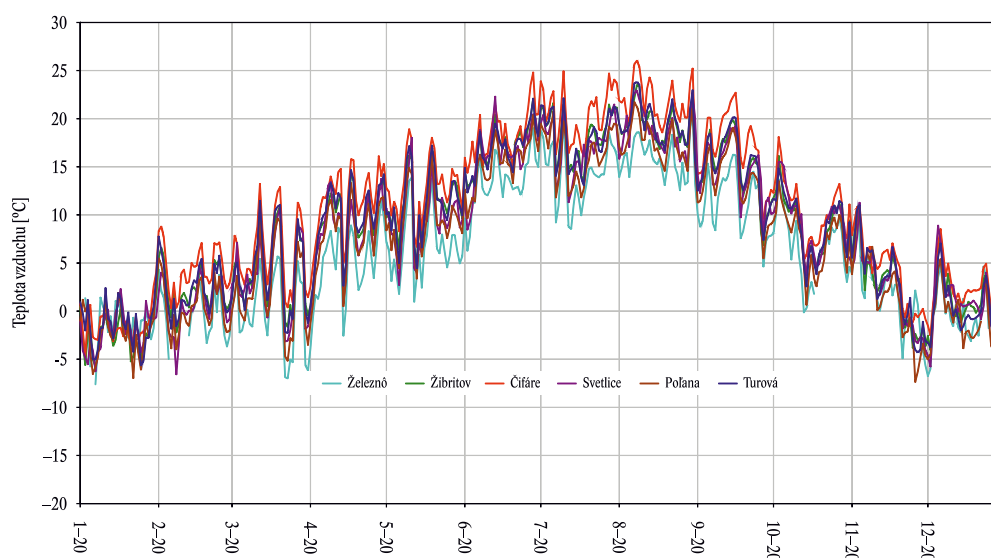
Tabuľka 1. Absolútna minimálna, maximálna a priemerná ročná teplota vzduchu ($^{\circ}\text{C}$) a úhrn zrážok (mm) v roku 2020 na vybraných lesníckych meteorologických staniciach NLC

Table 1. Absolute minimum, maximum and mean annual air temperature ($^{\circ}\text{C}$) and total precipitation (mm) in 2020 at selected forest weather stations of NFC.

Stanica / Lokalita	Kód stanice	Nadmorská výška [m n. m.]	Geomorfologický celok	T_{\min}	T_{\max}	T_{avg}	Z_{sum} [mm]
				[$^{\circ}\text{C}$]			
Čifáre	1	225	Pohronská pahorkatina	$-6,6$	33,1	10,7	641
Žibritov	2	520	Krupinská planina	$-9,6$	30,4	8,9	841
Svetlice	3	570	Bukovské vrchy	$-10,9$	29,6	8,3	1 203
Turová	4	575	Kremnické vrchy	$-9,0$	29,1	9,0	893
Pofana HG	5	850	Polana	$-11,5$	27,2	7,4	984
Veľký Polom	6	1 000	Kysuce - Beskydy	$-9,9$	27,1	6,1	1 126
Železnô	7	1 000	Nízke Tatry	$-14,1$	26,5	6,1	1 206

Ročný úhrn zrážok v roku 2020 sa na vybraných lokalitách Slovenska pohyboval v intervale od 641 mm na trvalej monitorovacej ploche Čifáre (225 m n. m.) po úhrn 1206 mm nameraný na severnej strane Nízkych Tatier na TMP Železnô (1 000 m n. m.). Relatívne vysoký ročný úhrn zrážok 1 203 mm bol zaznamenaný aj na krajnom východe (TMP Svetlice). V porovnaní s predchádzajúcim rokom 2019, ale najmä rokom 2018 bola teda preukazateľne priaznivejšia vlhkostná situácia.

Podľa našich meraní v rámci monitoringu lesov Slovenska (tab. 2), vysoké mesačné úhrny zrážok boli zaznamenané v júni napríklad na horskej lokalite Jasenie v závere Lomnistej doliny v Nízkych Tatrách (246 mm) ako aj na východnom Slovensku v Bukovských vrchoch na ploche Svetlice (242 mm). Podobne zrážkovo výdatný bol mesiac október najmä v horských polohách (Železnô 216 mm, Jasenie 261 mm), čo prinieslo v niektorých regiónoch Slovenska zhoršenie povodňovej situácie (obr. 4). Potvrdzuje to aj hydrologická analýza SHMÚ, v ktorej sa uvádza, že oproti hydrologickým rokom 2018 a 2019 bol hydrologický rok 2020 na Slovensku vodnejší, pričom ako výrazne nadpriemerný oproti dlhodobému priemeru bol mesiac október 2020, kedy bolo zaznamenaných viacero povodňových udalostí. Prívalové povodne boli okrem októbra 2020 zaznamenané aj júni 2020, najmä na východnom Slovensku (Hornád, Bodrog, Poprad) (Aktuality SHMÚ).



Obrázok 2. Priebeh priemerných denných teplôt vzduchu v roku 2020 na 6 vybraných meteorologických staniách NLC, situovaných na trvalých monitorovacích plochách TMP v rámci monitoringu lesov Slovenska a programu ICP Forests (Level II).

Figure 2. The course of daily mean air temperatures in 2020 at 6 selected meteorological stations NFC, situated on permanent monitoring plots (PMP) within the monitoring of forests of Slovakia and the ICP Forests program (Level II).

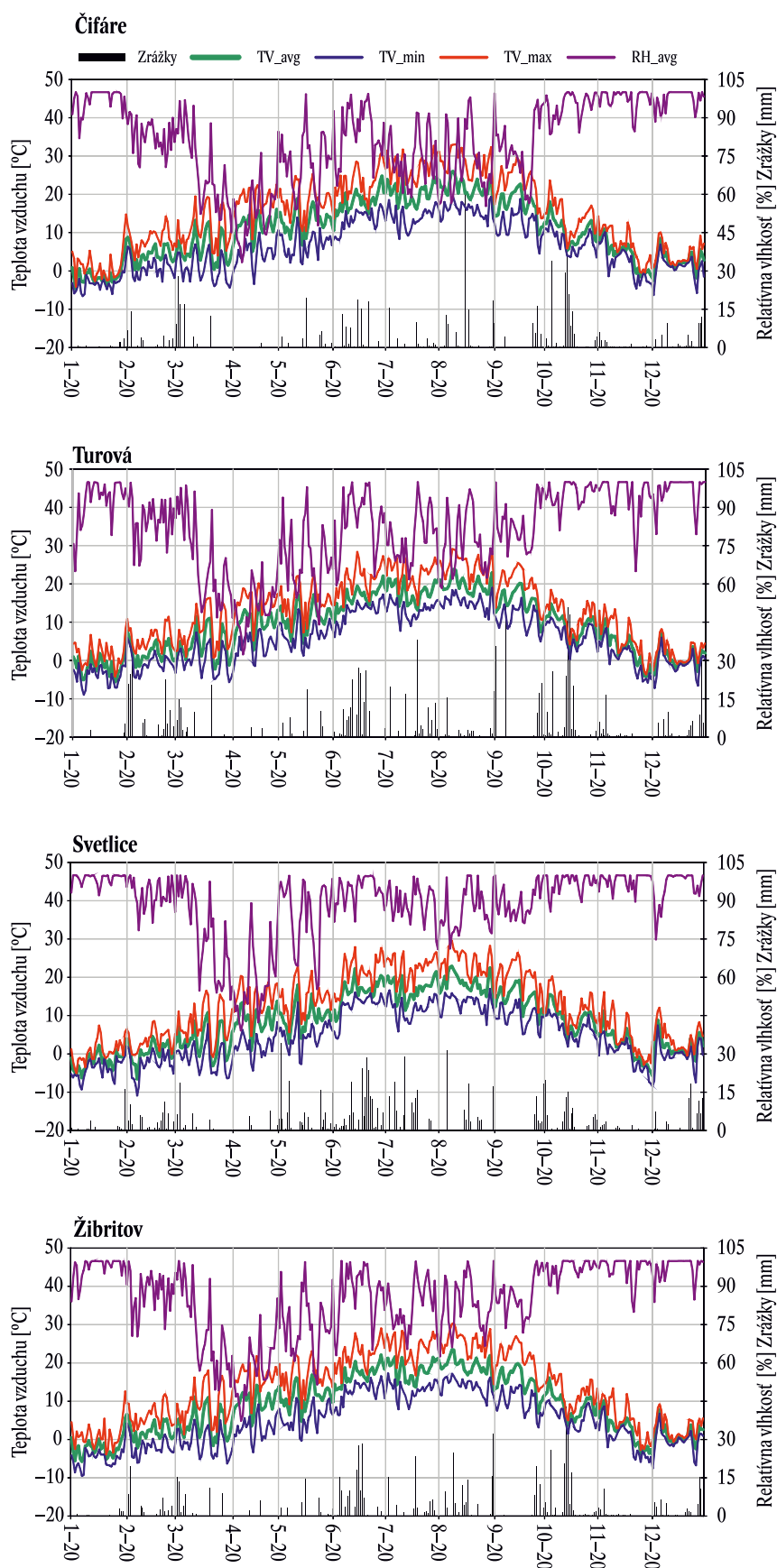
Tabuľka 2. Mesačné a ročné úhrny zrážok na trvalých monitorovacích plochách II. úrovne, na základe dvojtýždenných meraní zrážok v rámci monitoringu lesov Slovenska

Table 2. Monthly and annual total precipitation on Level II permanent monitoring plots, based on biweekly measurements of precipitation within the monitoring of forests in Slovakia.

Mesiac/TMP	Čičáre	Žibritov	Turová	Svetlice	Polana	Železnô	Jasenie
I.	4,6	7,2	0,0	49,6	0,0	0,0	9,1
II.	31,7	61,1	105,0	57,9	123,9	124,5	205,6
III.	57,4	53,6	55,0	98,2	55,5	78,8	114,8
IV.	2,8	5,4	4,2	16,2	5,3	8,2	9,7
V.	34,3	31,9	43,8	129,3	37,3	66,9	107,8
VI.	82,1	116,8	136,3	241,9	122,4	171,0	246,2
VII.	44,1	54,9	91,3	148,9	145,9	150,6	138,7
VIII.	89,9	62,9	18,6	98,2	79,8	46,7	115,2
IX.	61,1	88,3	131,9	71,0	105,0	169,1	149,5
X.	155,4	150,1	174,0	116,1	186,8	216,1	261,0
XI.	22,8	25,1	35,2	46,3	26,1	39,2	48,7
XII.	54,6	76,4	97,3	129,1	95,7	134,7	109,8
Úhrn rok (mm)	640,8	733,7	892,7	1 202,6	983,7	1 205,7	1 516,1

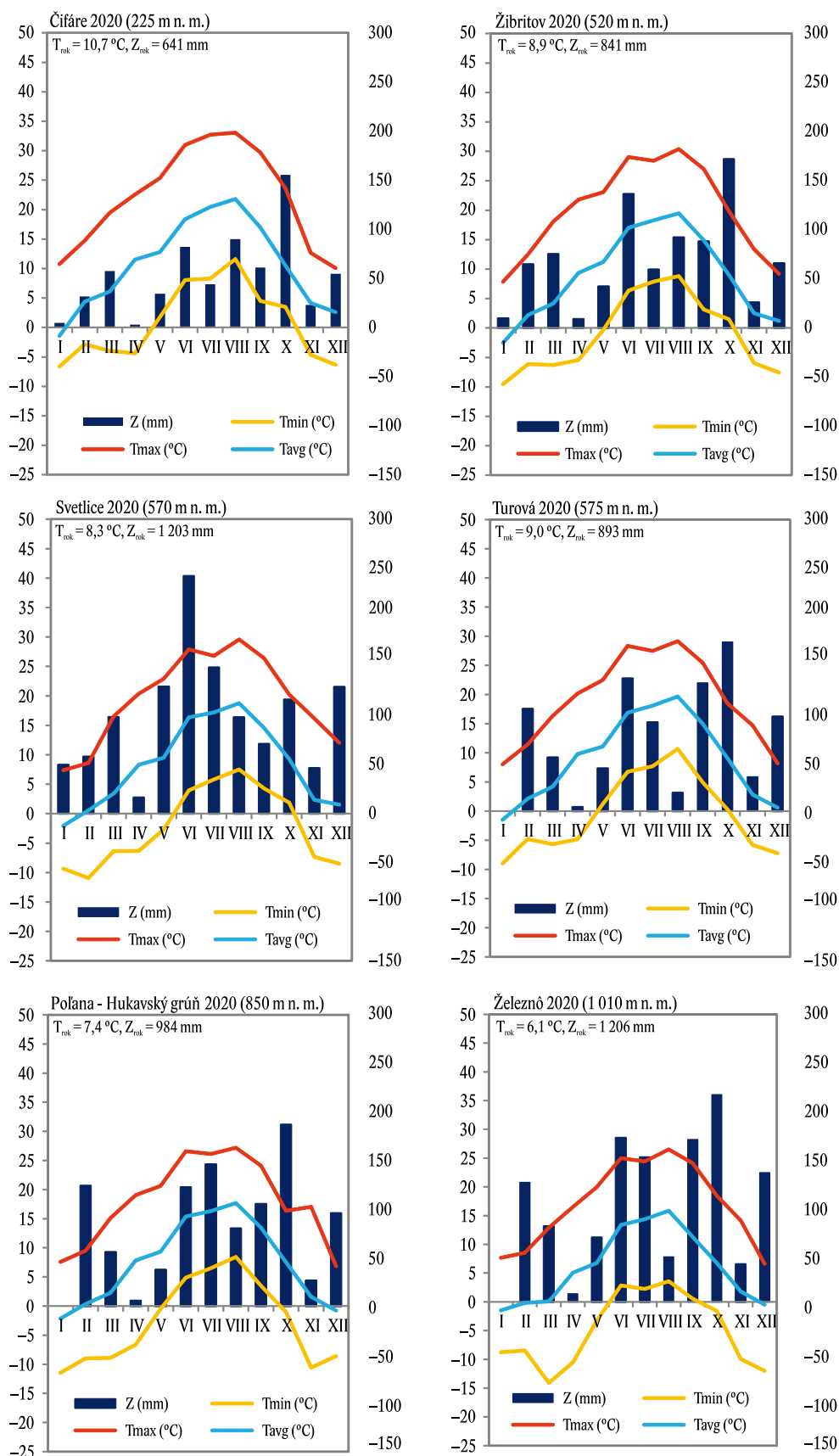
Priebeh klimatickej vodnej bilancie zhodnotený na vybraných výskumných plochách dopĺňa celkový obraz vývoja klimatickej situácie na Slovensku v roku 2020. Vodná bilancia lokalít ako orientačný indikátor meteorologického sucha a klimatických suchých období je počítaná z rozdielu reálnych úhrnov zrážok (Z) a potenciálnej evapotranspirácie (PET) a to v 30-dňovom kĺzavom časovom okne. Kladné hodnoty ($Z > PET$) predstavujú dostatočný príjem zrážok, naopak záporné hodnoty vodnej bilancie ($Z < PET$) znamenajú deficit zrážok a riziko sucha, ktorého závažnosť sa úmerne s dĺžkou trvania podmienok prehĺbuje. Zrážkovo deficitný bol v roku 2020 najmä nástup vegetačného obdobia v apríli a máji pričom na východe Slovenska (TMP Svetlice) bola situácia o niečo priaznivejšia (obr. 4). Obdobie vážnejšieho sucha už nenastalo, letné mesiace s pravidelným prísunom zrážok mali na viacerých lokalitách priaznivejšiu vodnú bilanciu ako v predchádzajúcich dvoch rokoch (obr. 5).

Naše výsledky potvrdzuje aj report a klimatologická analýza publikovaná na stránkach SHMÚ, podľa ktorej rok 2020 nebol z hľadiska meteorologického a pôdneho sucha až taký výnimočný, vyznačoval sa len jednou výraznou epizódou sucha v jarnom období. Na väčšine územia bolo už v druhej polovici apríla výrazné až extrémne sucho, pričom najhorší stav bol dňa 26. apríla 2020. Deficit pôdnej vlhky v tomto období bol na takmer celom území Slovenska. Relatívne nasýtenie v povrchovej vrstve kleslo pod hranicu 50 % na takmer 90 % územia. Tento nepriaznivý stav pretrval približne do polovice mája, na strednom Slovensku lokálne až do prvej júnovej dekády. Tento stav bol spôsobený nie



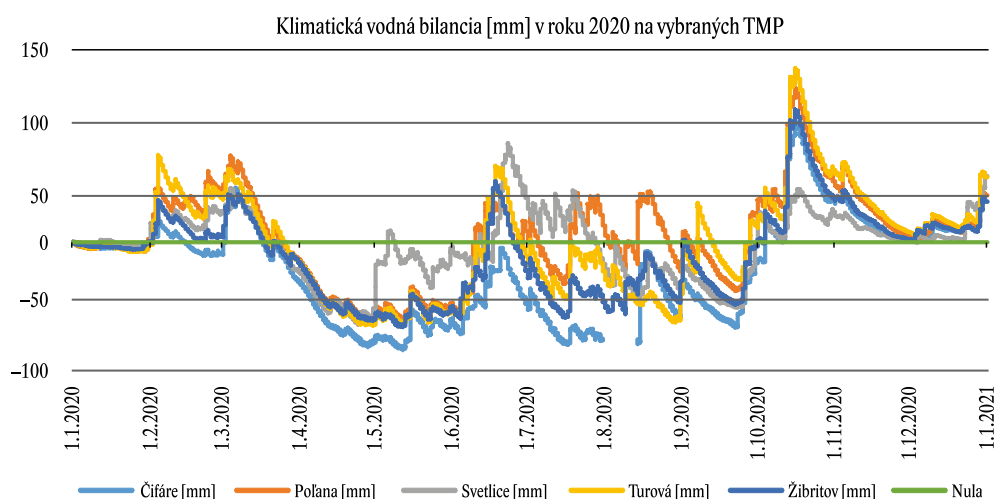
Obrázok 3. Priebeh priemerných denných teplôt vzduchu, relatívnej vlhkosti vzduchu a denných úhrnov zrážok v roku 2020 na 4 vybraných meteorologických staniách NLC

Figure 3. Development of daily mean air temperature, relative humidity and daily total precipitation in 2020 at 4 selected weatherl stations of NFC.



Obrázok 4. Ročné a mesačné úhrny zrážok, priemerné a absolútne minimálne a maximálne mesačné teploty vzduchu v roku 2020 na vybraných meteorologických staniách NLC

Figure 4. Annual and monthly total precipitation, average and absolute minimum and maximum monthly air temperatures in 2020 at selected weather stations of NFC.



Obrázok 5. Klimatická vodná bilancia (mm) v roku 2020 na vybraných trvalých monitorovacích plochách (TMP II. úroveň, ICP Forests). Zobrazené sú original 10 minútové údaje.

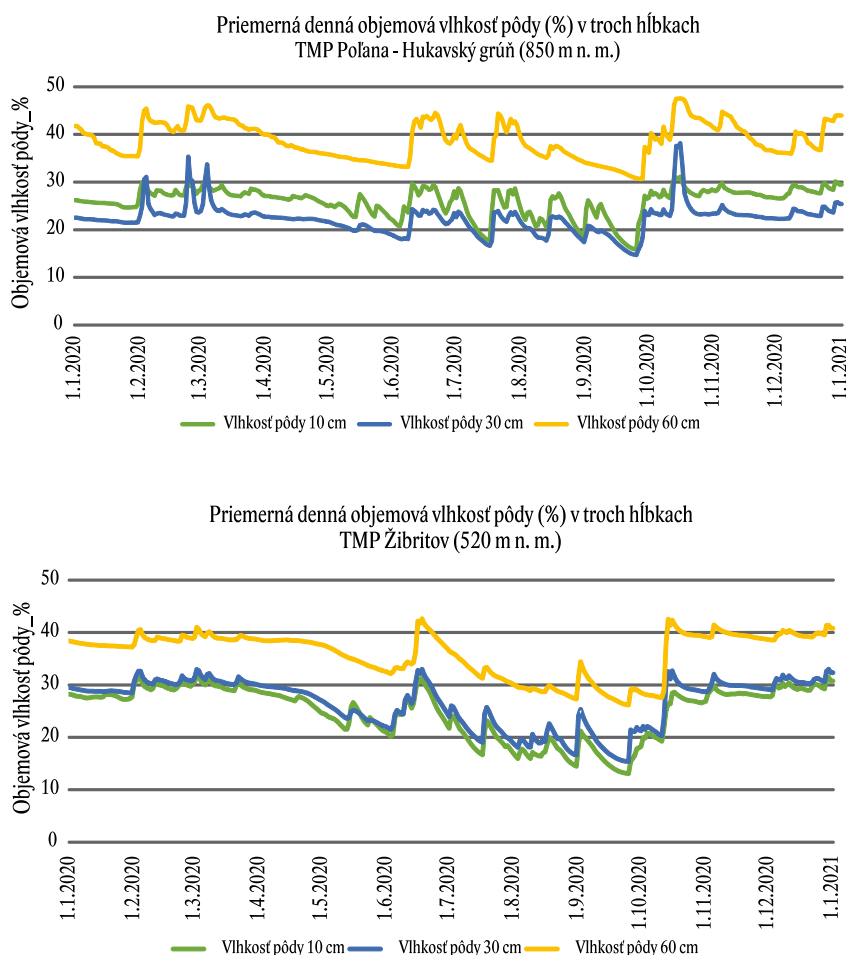
Figure 5. Climatic water balance (mm) during the year 2020 on 5 permanent monitoring plots (Level II PMP, ICP Forests). The raw 10 minute values are displayed.

len suchým počasím v dôsledku deficitu zrážok, ale aj nedostatkom snehovej pokrývky počas zimy 2019/2020 (Aktuality SHMÚ, 2021).

Čo sa týka vývoja vlhkovostnej situácie v pôdnej zóne, na ukážku uvádzame priebehy hodnôt objemovej pôdnej vlhkosti (vol.%) v roku 2020 nameraných v troch pôdnych hĺbkach v dvoch rôznych lesných porastoch na trvalých monitorovacích plochách (TMP) na strednom Slovensku, na Poľane-Hukavskom grúni a na lokalite Žibritov (obr. 6). V zmiešanom smrekovo-jedľovo-bukovom horskom poraste na Poľane bol zistený vo vegetačnom období 2020 (apríl – september) priemer hodnôt objemovej vlhkosti pôdy 24,3 % v hĺbke 10 cm, 20,6 % v hĺbke 30 cm a 36,6 % v hĺbke 60 cm. Najnižšia priemerná denná vlhkosť pôdy bola pozorovaná až na konci septembra 2020 v strednej a hornej hĺbke pôdy (cca 14 – 15 %). Ide o priaznivejšie hodnoty pôdnej vlhkosti ako tomu bolo v predchádzajúcom roku 2019.

V poraste duba zimného na TMP Žibritov (Štiavnické vrchy-Krupinská planina) sa priemerná objemová vlhkosť vo vegetačnom období (apríl – september) s hĺbkou pôdy postupne zvyšovala, od 21,6 % v hĺbke 10 cm cez 23,5 % v hĺbke 30 cm až po vlhkosť 33,5 % v hĺbke 60 cm. Minimálne hodnoty vlhkosti boli namerané koncom septembra v 10 cm (13,1 %), najvyššia vlhkosť pôdy sa prejavila v polovici júna (42,6 %) v hĺbke 60 cm.

Podľa monitoringu sucha na SHMÚ (Zdroj: Aktuality SHMÚ 2021), boli strata vlhkosti vrchnej vrstvy pôdy, presychanie hrabanky, riziko lesných požiarov a negatívny vplyv sucha na zalesňovacie práce najčastejšími hlásenými problémami lesníkov najmä na jar 2020. Najviac poškodzovanými drevinami pri tohtoročných výsadbách boli smrek a buk. K jarnému deficitu vlahy sa pridružil problém neúmerne premnoženej danielaj a muflonej zveri v lesoch, ktorá spôsobovala na mladých lesných porastoch a výsadbách veľké škody. Z hľadiska najnižšej odhadovanej zásoby vody v lesných porastoch boli v roku 2020 najvýraznejšie suchom ohrozené dospelé lesné porasty borovice, smreka a duba, najmä v lokalitách Záhorie, Podunajská nížina, juh stredného Slovenska, Gemer a južná časť východného Slovenska. Výraznejšie sucho sa prejavilo aj v severných regiónoch Slovenska.



Obrázok 6. Priebeh priemernej dennej objemovej vlhkosti pôdy v troch hĺbkach (10 – 30 – 60 cm) v roku 2020 na dvoch výskumných plochách – TMP Poľana Hukavský grúň (850 m n. m.) a TMP Žibritov (520 m n. m.)

Figure 6. Daily Mean values of volumetric soil water content (%) at three soil depths (10 – 30 – 60 cm) during 2020 in two permanent monitoring plots –PMP Poľana Hukavský grúň (850 m a.s.l.) and PMP Žibritov (520 m a.s.l.).

Záver

Výsledky našich meteorologických meraní z vybraných lesných oblastí Slovenska preukázali v roku 2020 nárast teploty vzduchu, zrejmy najmä v zimných mesiacoch. Za pozornosť stojí teplotný prepad a ochladenie na konci marca, teda už prakticky v jarnom období. Záporná klimatická vodná bilancia a výraznejšie obdobie sucha nastalo v apríli až v máji čo bolo dôsledkom nielen deficitu zrážok v tomto období, ale tiež nízkymi zásobami vody z dôvodu nedostatočnej vrstvy snehovej pokrývky počas zimy 2019/2020. Naopak v júni a októbri došlo na niektorých lokalitách k výrazným úhrnom zrážok v dôsledku čoho nastali podmienky pre prívalové povodňové situácie. Celkovo bol rok 2020 vlhkosťne priaznivejší ako predchádzajúce dva roky. Počas vegetačného obdobia sa hodnoty priemernej objemovej vlhkosti v zmiešanom horskom poraste na Poľane pohybovali v rozsahu od 20,6 % v 30 cm do 36,6 % v hĺbke 60 cm. V poraste duba zimného na Žibritove sa priemerná objemová vlhkosť s hĺbkou pôdy postupne zvyšovala od 21,6 % v hĺbke 10 cm po vlhkosť 33,5 % v hĺbke 60 cm.

Výsledky hodnotenia klímy za rok 2020 opäť signalizujú pokračujúce nepriaznivé trendy (teplé zimy, nízka vrstva snehu, sucho na jar, prívalové povodne), ktoré môžu mať nežiadúce dopady nielen na vitalitu lesných drevín a celkové oslabovanie lesných ekosystémov, ale prinášajú komplikácie aj z hľadiska bežných prevádzkových činností v obnove a ochrane lesa.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy APVV-16-0325, APVV-20-0365, s podporou projektu SLOVLES, „Výskum a vývoj na podporu konkurencieschopnosti slovenského lesníctva financovanej z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301)“. Táto publikácia vznikla aj vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Centrum excelentnosti lesnícko-dreárskeho komplexu LignoSilva; (kód ITMS: 313011S735), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra a internetové zdroje

- Aktuality SHMÚ: Sucho na Slovensku v roku 2020. Publikované dňa 8.1.2021. Dostupné na <https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1106>
- Aktuality SHMÚ: Zhodnotenie hydrologického roka 2020. Publikované dňa 9.2.2021. Dostupné na <https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1114>
- Copernicus Climate Change Service 2021: European State of the Climate – Summary 2020. Dostupné online na: https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/2021-04/ESOTC2020_summary.pdf
- Pecho, J., Markovič, L., 2021: Aktuality SHMÚ. Rok 2020 medzi trojicou najteplejších rokov histórie. Publikované dňa 7. 5. 2021. Dostupné online na: <https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1123>
- World Meteorological Organization, 2021: State of the Global Climate 2020. WMO-No. 1264. Dostupné na: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10618. ISBN 978-92-63-11264-4
-

Adresa:

Ing. Zuzana Sitková, PhD., Bc. Milan Konôpka
Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 2175/22, 969 01 Zvolen
e-mail: zuzana.sitkova@nlcsk.org, milan.konopka@nlcsk.org