

PREJAVY EXTRÉMNEHO SUCHA NA LESNÝCH DREVINÁCH NA TRVALÝCH MONITOROVACÍCH PLOCHÁCH ČMS LESY

Pavel Pavlenda • Jozef Pajčík • Zuzana Sitková • Tibor Priwitzer
• Hana Pavlendová

Pavlenda, P., Pajčík, P., Sitková, Z., Priwitzer, T., Pavlendová, P.: Manifestations of extreme drought on forest trees species in permanent monitoring plots of PMS Forests. APOL, 2022, vol. 3, no. 2, p. 94–101.

Abstract: The paper focuses on the assessment of meteorological variables, drought indicators and changes in crown condition in 2022 based on dataset from Partial monitoring system Forests (PMS Forests / ČMS Lesy). According to precipitation data, climatic water balance and other drought indicators, the cumulative precipitation deficit and intensity of drought achieved extreme level in July. In 2022, the defoliation of broadleaved trees on monitoring plots across Slovakia was significantly higher than in the previous year. The most affected tree species were European beech and hornbeam. However, the symptoms rather differ between regions, tree species as well as individual trees in the monitoring plot. The real consequences of the drought in 2022 on the vitality, growth and physiology of forest trees in Slovakia will be more reliably assessed only in the upcoming years.

Key words: drought; defoliation; climate change; forest monitoring; ICP Forests

Úvod

Nárast globálnych teplôt vzduchu prináša so sebou stúpajúcu intenzitu a frekvenciu klimatických extrémov (IPCC 2021), ktoré majú dopady na všetky živé zložky prírodného prostredia, vrátane lesných ekosystémov. Zrážková zabezpečenosť lesa je základným predpokladom podmieňujúcim jeho produkciu a vitalitu. Podľa viacerých národných i európskych oficiálnych dokumentov patrí v súčasnosti sucho k významným škodlivým faktorom zhoršujúcim stav lesov. Kvantifikovať dopady sucha na lesné dreviny nie je jednoduché, nakoľko jeho dôsledky sa často objavujú až s istým časovým odstupom (Wilhite & Glantz 1985). Závažnosť následkov sucha pritom závisí predovšetkým od dĺžky a intenzity trvania nepriaznivého stavu. Meteorologické sucho ako odchýlka zrážkových úhrnov od dlhodobého normálu nemusí ešte zákonite vyvolať vodný stres vegetácie (Škvarenina et al. 2018). Avšak v prípade, že evapotranspiračné požiadavky drevín na pôdnu vodu nie sú po dlhšiu dobu dostatočne dotované, rastlina začína trpieť suchom, čo sa prejaví narušením fyziologických procesov a v konečnom dôsledku znížením produkcie aj vitality (Střelcová et al. 2011).

Doterajší priebeh počasia v roku 2022 z hľadiska zrážok i teplôt možno považovať za značne extrémny, preto sa v tomto príspevku venujeme predbežnému hodnoteniu údajov o defoliácii lesných drevín na základe pozorovaní počas monitorovacích terénnych prác v sieti trvalých monitorovacích plôch (TMP) Čiastkového monitorovacieho systému Lesy.

Monitoring lesov a možnosti hodnotenia vplyvov meniacej sa klímy na lesy

Čiastkový monitorovací systém Lesy (ČMS Lesy) je jedným z desiatich monitorovacích systémov o životnom prostredí Slovenskej republiky, ktoré sa realizujú na základe Uznesenia vlády SR č. 449 z 26. mája 1992, ktorým vláda SR schválila Konceptiu monitoringu životného prostredia a Konceptiu IS ŽP SR). **Monitoring lesov** na Slovensku sa však začal realizovať už v roku 1987, a to ako súčasť medzinárodného programu ICP Forests, ktorý mal vtedy dva hlavné ciele: poskytovať periodický pre-

hľad o priestorových rozdieloch a časových zmenách stavu lesa vo vzťahu k antropogénnym a prírodným stresovým faktorom (zvlášť vo vzťahu k znečisteniu ovzdušia) prostredníctvom reprezentatívneho monitoringu v systematickej sieti monitorovacích plôch a prispieť k lepšiemu pochopeniu vzťahov medzi stavom lesných ekosystémov a stresovými faktormi, hlavne znečistením ovzdušia, prostredníctvom intenzívneho monitoringu na vybraných trvalých výskumných plochách.

Program monitoringu lesov Európe sa postupne vyvinul do rozsiahleho unikátneho systému biomonitoringu, ktorý poskytuje informácie o lesoch i faktoroch, ktoré na ne pôsobia, a to v širších environmentálnych súvislostiach vrátane problematiky vplyvu klimatickej zmeny na lesy. Národný systém monitoringu lesov (ČMS Lesy), rovnako ako program ICP Forests, má dve základné zložky:

- monitoring I. úrovne – veľkoplošný extenzívny monitoring,
- monitoring II. úrovne – intenzívny monitoring.

Na plochách I. úrovne v sieti 16 × 16 km (112 TMP) sa každoročne uskutočňuje zisťovanie stavu korún (defoliácie, zmeny sfarbenia), poškodenia stromov a meranie obvodu kmeňov. Okrem toho sa tu realizovali jednorazovo alebo opakovane ďalšie rozsiahle zisťovania (klasifikácia a vlastnosti pôd, indikátory biodiverzity a pod.). Na plochách II. úrovne monitoringu sa vykonáva široká škála prieskumov od kontinuálneho merania meteorologických parametrov a prírastku cez základné hodnotenia s frekvenciou 2× za mesiac (vrátane odberu zrážkových vôd a hodnotenia fenológie) až po zisťovania realizované raz za niekoľko rokov.

Základným indikátorom stavu drevín a ich vitality je **defoliácia**, teda strata asimilačných orgánov. Patrí aj do súboru kritérií a indikátorov trvalo udržateľného obhospodarovania lesov MCPFE. Je to parameter, v ktorom sa odrážajú vnútorné i vonkajšie vplyvy faktorov ovplyvňujúce život jedinca (genetické, klimatické a stanovištné vplyvy, vplyv znečistenia ovzdušia a iné). Hodnotí sa vizuálne – odhadom v percentách so zaokrúhlením na 5 %. Na základe defoliácie sú jednotlivé stromy zaradované do stupňov defoliácie. Podobne sa hodnotí aj zmena sfarbenia (diskolorácia, žltnutie). Metodické podrobnosti možno nájsť v manuáli ICP Forests (<http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>) a viacerých publikáciách (Ferretti & Fischer 2013; Pavlenda & Pajtk & Priwitzer et al. 2014).

Šesť z trvalých monitorovacích plôch II. úrovne je od roku 2009 vybavených automatickou meteorologickou stanicou a tie sú súčasťou siete **lesníckeho meteorologického monitoringu** (www.forestweather.sk), ktorú Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav vo Zvolene prevádzkuje v spolupráci s Technickou univerzitou vo Zvolene. V súčasnosti do tejto staničnej siete patrí 34 automatických meteorologických staníc s online prenosom dát cez internet (z toho 15 staníc v správe NLC). Digitálne automatické meteorologické stanice (výrobca EMS Brno, CZ) sa nachádzajú v rôznych orografických celkoch, v rozpätí nadmorských výšok od 225 do 1 560 m n. m. a prakticky pokrývajú všetky lesné vegetačné stupne Slovenska, aj keď ich rozloženie nie je v rámci Slovenska rovnomerné. Metodika meraní aj spracovania údajov sa opiera o platný meteorologický manuál európskeho monitoringu lesov ICP Forests. Podrobnejšie informácie o lesníckom meteorologickom monitoringu boli publikované v predchádzajúcich prácach (Sitková et al. 2019, 2020, 2021) alebo sú dostupné v užívateľskej príručke priamo na stránke www.forestweather.sk.

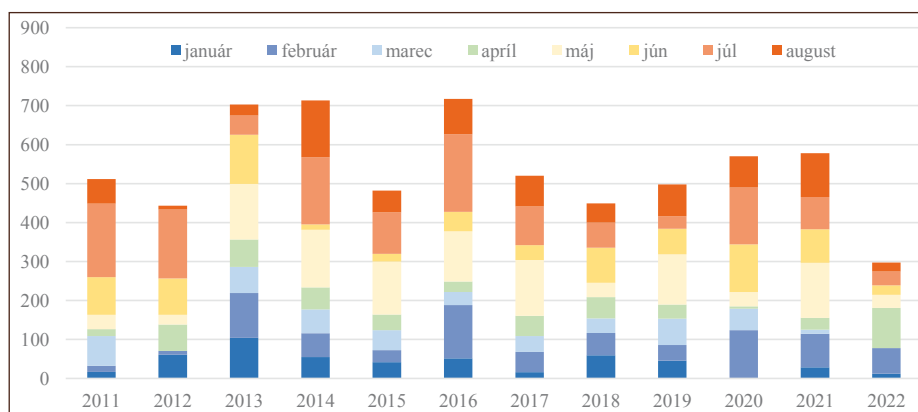
Bioklimatické hodnotenie sucha v roku 2022

Pojem „sucho“ je používaný v klimatológii v rôznych súvislostiach. Rozlišuje sa meteorologické sucho, hydrologické sucho, pôdne sucho a mnoho rôznych indexov sucha a ukazovateľov vodnej bilancie. Väčšina známych indexov na hodnotenie sucha je zameraná na klimatologické hľadisko alebo na posudzovanie rizika sucha vo vzťahu k poľnohospodárskym plodinám. Zložitejšie metódy popri samotných údajoch o zrážkach zahŕňajú aj teplotu, vietor a radiáciu, niektoré počítajú aj priamo s evapotranspiráciou a zohľadňujú charakteristiky pôdy (Vido et al. 2016). Medzi jednoduchšie ukazovatele patria napríklad Langov dažďový faktor (zohľadňuje zrážky a teplotu) alebo Končekov index zavláženia (zohľadňuje teplotu, vietor a zrážky, ktoré rozdeľuje na zimné a letné). Rozdiel medzi zrážkami a potenciálnou evapotranspiráciou sa vyhodnocuje ako klimatická vodná bilancia (KVB=Z-PET) (Baumgartner & Liebscher 1990).

Ukazovateľ klimatickej vodnej bilancie (KVB, mm) je odvodený na základe meraní úhrnov zrážok (Z) a počítanej potenciálnej evapotranspirácie (PET) na konkrétnom stanovišti či meteorologickej stanici a za určitý čas. Na staniách lesníckeho meteorologického monitoringu (www.forestweather.sk) vychádza z rozdielu Z-PET počítanom pre 30-denné klzavé okno, pričom záporné hodnoty vodnej bilancie (PET>Z) znamenajú deficit zrážok a riziko sucha, a naopak kladné hodnoty (PET<Z) predstavujú nadbytok zrážok a priaznivú vlhkosť na danej lokalite.

Na TMP II. úrovne boli podpriemerné zrážkové úhrny boli za január a február. Mimoriadne suchý bol marec, keď na 4 zo 7 TMP druhej úrovne boli nulové zrážky a na ďalších troch plochách boli úhrny v rozpätí 2 až 6 mm – oproti priemerným hodnotám 22 až 88 mm. V apríli síce boli zrážky vo všeobecnosti pomerne vysoké, aj tak bol kumulovaný úhrn zrážok ku koncu apríla pod priemerom (na úrovni 56 až 92 % priemeru z rokov 2011 až 2021). Oproti údajom za predchádzajúcu dekádu boli zrážky extrémne nízke za nasledovné tri mesiace (máj až júl), keď na žiadnej z monitorovacích plôch II. úrovne nedosiahli namerané hodnoty ani 50 % z priemeru rokov 2011 až 2021 pre dané tri mesiace. Na TMP Poľana–Hukavský grúň a Jasenie (Nízke Tatry) to bolo iba 32 %, na TMP Žibritov v Štiavnických vrchoch 22 %, na TMP Svetlice v Laboreckej vrchovine 20% a na TMP Turová v Kremnických vrchoch 19 %.

Doterajšie mesačné zrážky a ich kumulované úhrny do augusta v roku 2022, ako aj ich porovnanie s predchádzajúcimi rokmi na príklade TMP Poľana-Hukavský grúň je na obrázku 1. Relatívne vyjadrené pomery medzi zrážkami v roku 2022 a príslušným priemerom za roky 2011 až 2021 (v %) za vyššie komentované obdobia sú v tabuľke 1.



Obrázok 1. Mesačné úhrny zrážok na monitorovacej ploche Poľana-Hukavský grúň v rokoch 2011 až 2022 za mesiace január až august

Figure 1. Monthly precipitation at monitoring plot Poľana-Hukavský grúň in years 2011–2022 for months January to August

Tabuľka 1. Relatívne vyjadrené úhrny zrážok na monitorovacích plochách v roku 2022 z priemeru rokov 2011 až 2021 za definované obdobia (%)

Table 1. Relative amount of precipitation in monitoring plots in year 2022 to mean precipitation of years 2011–2021 for defined months (%)

Lokalita	% z priemeru rokov 2011 až 2021 za príslušné obdobie		
	január až júl	január až apríl	máj až júl
TMP Čífare	54	59	50
TMP Žibritov	41	66	22
TMP Turová	42	69	19
TMP Poľana	56	92	32
TMP Jasenie	52	77	32
TMP Železnô	59	81	45
TMP Svetlice	36	56	20

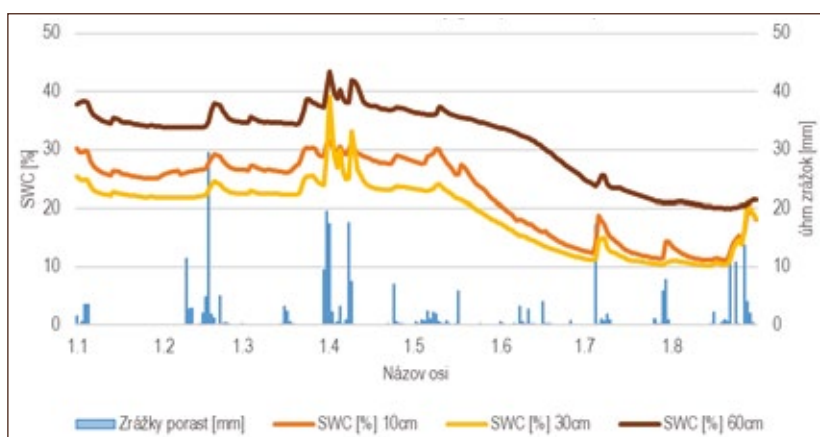
Aj z hodnôt KVB sa dá pozorovať nástup negatívnej vodnej bilancie už v marci 2022 a to na všetkých hodnotených lokalitách. Po krátkej dotácii zrážkami sa situácia prechodne mierne zlepšila v apríli, ktorý bol zároveň aj teplotne podnormálny (studený až veľmi studený), avšak následne od mája nastúpil nedostatok zrážok a výrazné, prehlbujúce sa klimatické sucho až do konca augusta. V sprievode niekoľkých vln horúčav priniesol tento výrazný deficit zrážok viditeľné symptómy (sfarbenie až opad)

na korunách viacerých druhov lesných drevín (najmä breza, ale aj lipa, javor, dub, hrab atď.) a vo viacerých regiónoch Slovenska, najmä na juhu stredného Slovenska. Relatívne najpriaznivejšia situácia a mierne lepšie vlhkosťné podmienky boli z lokalít lesníckeho meteorologického monitoringu na Husáriku na Kysuciach. Zaujímavé je, že napriek nepriaznivému vývoju zrážok a teplôt na TMP II. úrovne, kde sa podrobne sleduje aj fenológia, ešte neboli zaznamenané výrazné fenologické prejavy, ktoré by poukazovali na sucho (krútenie a zosychanie listov, zmena farby listov, predčasný opad zelených listov či listov so zmenenou farbou).

Podľa správ Slovenského hydrometeorologického ústavu júl 2022 priniesol na Slovensko dve výrazné vlny horúčav. Na niektorých meteorologických staniciach SHMÚ boli zaznamenané nové rekordy maximálnej dennej teploty vzduchu pre mesiac júl. V tomto období platilo varovanie pre zvýšené nebezpečenstvo vzniku požiarov a v niektorých okresoch bola vyhlásená mimoriadna situácia pre nedostatok pitnej vody. Od mája 2022 sa zhoršovala aj hydrologická situácia, znižovala sa vodnosť tokov aj hladina podzemných vôd (SHMÚ, 2022).

Meteorologické sucho, t. j. deficit zrážok a zvýšený výpar sa v priebehu sezóny 2022 prirodzene odrazil aj na hodnotách pôdnej vlhkosti. Na obrázku 2 je opäť príklad z TMP Poľana-Hukavský grúň. V horskom zmiešanom bukovo-jedľovo-smrekovom poraste tu bol zistený deficit zrážok už v priebehu marca, kedy do porastu ku dňu 30. 3. padlo len 6,3 mm zrážok (priemer z 8 automatických zrážkomerov v poraste). Zrážková dotácia a hodnoty objemovej vlhkosti pôdy (SWC) sa vylepšili v priebehu apríla, avšak od konca mája klesalo percento vlhkosti pôdy najmä v horných dvoch hĺbkach (10 a 30 cm) až na 10 %. Priaznivejšiu vlhkosť preukazovala pôda v hĺbke 60 cm.

Začiatkom tretej júlovej dekády sucho vrcholilo a až na prelome júla a augusta sa opäť vyskytli zrážky. Podľa informácií z integrovaného systému pre sledovanie sucha na Slovensku (www.intersucho.sk) bolo k 24. 7. 2022 až na takmer 60 % územia Slovenska extrémne sucho (najvyšší stupeň intenzity sucha v pôde), na 11 % územia bolo výnimočné sucho a iba na zvyšných približne 29 % územia (v niektorých častiach severného a východného Slovenska) bolo začínajúce až výrazné sucho.



Obrázok 2. Priemerná denná objemová vlhkosť pôdy (%) v troch pôdnych hĺbkach a denné úhrny porastových zrážok (mm) v období január – august 2022 v zmiešanom poraste buka, jedle a smreka na TMP Poľana-Hukavský grúň (850 m n.m.)

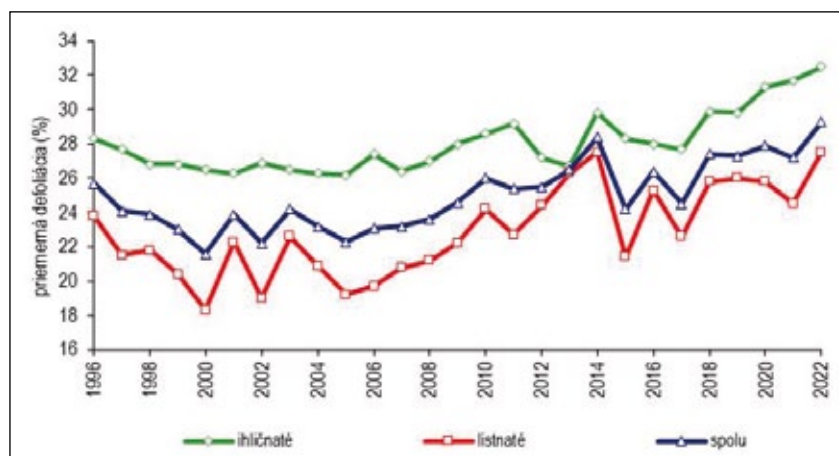
Figure 2. Daily mean values of soil water content (vol%) measured in the three soil depths and daily precipitation (mm) over the January–August 2022 in mixed (beech-fir-spruce) mountain forest at PMP Poľana-Hukavský grúň (850 m asl)

Predbežné výsledky zisťovaní na trvalých monitorovacích plochách I. úrovne

Terénne hodnotenia na TMP I. úrovne sa v roku 2022 realizovali od 11. 7. do 12. 8., pričom hodnotenie defoliácie, diskolorácie, prejavov poškodenia a prírastku bolo vykonané štandardným spôsobom v súlade s manuálom ČMS Lesy a ICP Forests. Na základe defoliácie jednotlivých stromov sa následne vypočítava priemerná defoliácia za drevinu a plochu, alebo sa hodnotí podiel stromov v jednotlivých triedach defoliácie (0 – 10 %, 11 – 25 %, 26 – 60 %, 61 až 99 %, 100 %), pričom dôležitý je najmä podiel stromov s defoliáciou nad 25 %, ktoré sú už považované za poškodené. Pre zjednodušenie v tomto

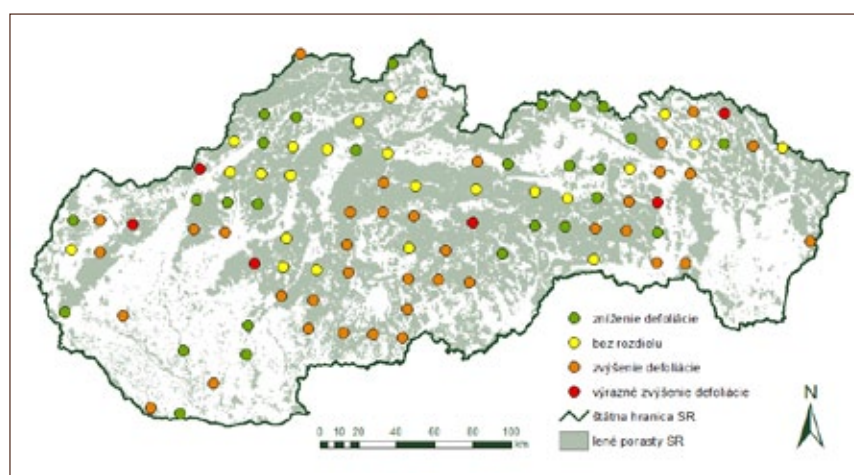
príspevku používame ako indikátor iba priemernú defoliáciu.

Na úrovni celého Slovenska došlo v roku 2022 oproti predchádzajúcemu roku k signifikantnému zvýšeniu priemernej defoliácie za všetky dreviny spolu, za skupinu listnatých aj za ihličnatých drevín (obr. 3). Výrazné bolo najmä zvýšenie defoliácie listnatých drevín. Priemerná defoliácia buka sa zvýšila o 4,5 % na hodnotu 26,5 %, čo predstavuje najvyššiu priemernú defoliáciu buka za celé sledované obdobie 1988 – 2022. U hraba sa hodnota zvýšila až o 6,2 % na hodnotu 27,0 % (druhá najvyššia hodnota za sledované obdobie). Výrazné zhoršenie defoliácie týchto dvoch významných drevín spôsobilo zvýšenie priemernej defoliácie listnatých drevín spolu o 3,0 % na hodnotu 27,5 %, čo je takisto najvyššia hodnota za sledované obdobie. Historické maximá priemernej defoliácie boli v roku 2022 pozorované aj pri ihličnatých drevinách spolu a pri všetkých drevinách spolu (32,5 %, resp. 29,3 %). K minimálnym zmenám došlo pri drevinách borovica, dub a jedľa (zvýšenie o 0,2 %, 0,4 %, resp. 0,6 %).



Obrázok 3. Vývoj priemernej defoliácie za ihličnaté dreviny, listnaté dreviny a všetky dreviny spolu
Figure 3. Development of mean defoliation of conifers, broadleaved trees and all tree species together

Zmena hodnôt priemernej defoliácie v roku 2022 oproti predchádzajúcemu roku na TMP Slovenska je znázornená na obrázku 4. Kategória „bez rozdielu“ znamená, že defoliácia sa nezmenila o viac ako 2 % (oboma smermi), kategória „výrazné zvýšenie defoliácie“ znamená zvýšenie o viac ako 10 %. Z obrázka je zrejmé, že nepriaznivý vývoj bol najmä v regiónoch s dominanciou listnatých drevín.



Obrázok 4. Zmena priemernej defoliácie drevín na TMP v roku 2022 oproti roku 2021
Figure 4. Change of mean defoliation in PMP in 2022 to year 2021

Konkrétne prejavy sucha boli regionálne veľmi rozdielne a často netypické: nemožno hovoriť iba o predčasnom žltnutí či hnednutí listov alebo predčasnom opade listov (časti ihličia). Na niektorých

plochách, najmä s dominanciou ihličnatých drevín, neboli zaznamenané prakticky žiadne špecifické prejavy sucha, naopak výrazné prejavy žltnutia až usychania listov bolo najmä pri breze a lipe. Zaujímavosťou sú úplne uschnuté bazy čierne v podraсте na trvalej monitorovacej ploche s agátovo-cerovým lesným porastom.

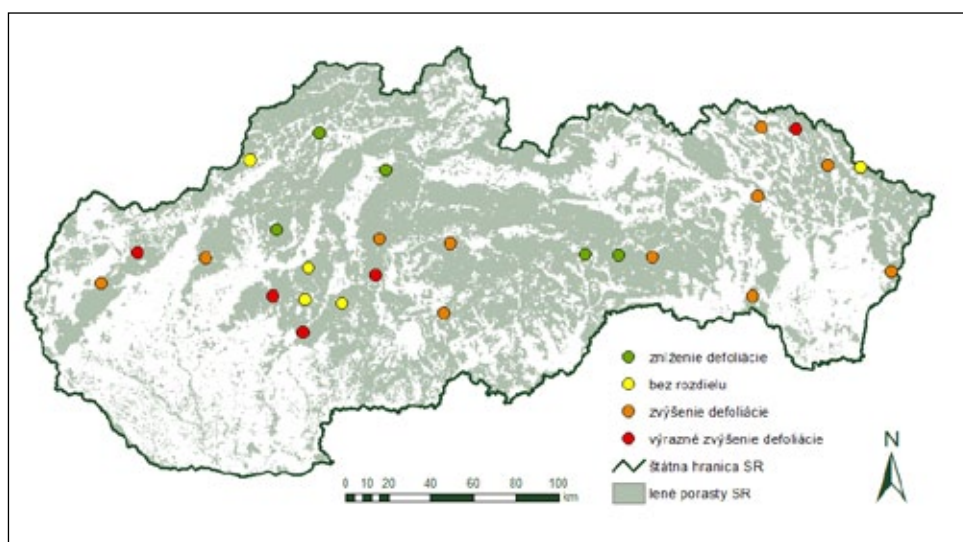
Keďže buk je najviac zastúpenou drevinou na Slovensku a v roku 2022 bolo zaznamenané výrazné zvýšenie defoliácie, venujeme sa tu hodnoteniu stavu tejto dreviny podrobnejšie. Priamo na monitorovacích plochách boli aj z vnútra porastov viditeľné výrazné rozdiely medzi jedincami: od prakticky nepoškodených stromov až po stromy silne defoliované. Často aj stromy s defoliáciou v minulom roku okolo 10 až 25 % mali v roku defoliáciu vyše 60 %. Typický stav bukov v regiónoch najvýraznejšie postihnutých suchom bol taký, pri veľmi vysokej plodivosti bola horná časť koruny takmer úplne odlistená (vďaka bukvičiam s čiaškami sa z diaľky koruna javila ako hrdzavá), kým v spodnej časti koruny bol stav takmer prirodzený a bez zmeny sfarbenia listov. V takýchto oblastiach bolo však typické aj čiastočné hrdzavenie mladín a taktiež ich výrazné odlistenie v hornej časti korún bukových mladín (obr. 5 a 6).



Obrázok 5 a 6. Typický stav buka so silnou defoliáciou na TMP ploche C7 v Malých Karpatoch: silná plodivosť a horná časť koruny takmer úplne odlistená (vľavo). Lesný porast v blízkosti TMP C7: silne odlistené koruny bukov a výrazné hrdzavenie mladín so stratou listov v hornej časti koruny (vpravo)

Figure 5 and 6. Characteristic beech crown condition with strong defoliation at monitoring plot C7 in the Small Carpathians: abundant fruiting, almost defoliated top of the crown (left). Forest stand near PMP C7: strongly defoliated beech crowns and significant discoloration of young beech (right)

Na nasledovnej mape (obr. 7) je farebne znázornená distribúcia plôch s dominanciou buka (zastúpenie nad 70 %). Z obrázka je zrejmé, že rovnaký stav ako v predchádzajúcom roku alebo zlepšenie stavu (nižšia defoliácia) bolo najmä v severnejšie lokalizovaných TMP a vo vyšších polohách, kým najvýraznejšie zhoršenie bolo v juhozápadnom až južnom Slovensku (od Malých Karpát po Štiavnické vrchy, juh Kremnických vrchov a Ostrôžky).



Obrázok 7. Zmena priemernej defoliácie buka v roku 2022 oproti predchádzajúcemu roku na TMP s dominanciou buka (nad 70 %)

Figure 7. Change of mean defoliation of beech trees in 2022 relative to previous year at PMP with domination of beech

Záver

Prezentované poznatky a údaje sú predbežným výsledkom z údajov z monitoringu lesov ČMS Lesy, získaných v rámci terénnych prác z roka 2022. Je z nich zrejmé, že napriek výraznému deficitu zrážok a nepriaznivej klimatickej vodnej bilancii v prvom polroku a hlavne v prvej polovici vegetačného obdobia nedošlo k všeobecným a rovnako výrazným vplyvom na defoliáciu a diskoloráciu drevín (žltnutie, hrdzavenie, hnednutie) na TMP. Za súbor plôch celého Slovenska však bol stav oproti predchádzajúcemu roku výrazne horší.

Prejavili sa značné rozdiely medzi pohoriami a oblasťami i rozdiely v individuálnych prejavoch drevín. Z hlavných drevín najvýraznejšie zmeny boli pri buku a hrabe, a to na západnom Slovensku a juhu stredného Slovenska na rozhraní panónskeho a alpského biogeografického regiónu, teda od Malých Karpát cez Považský Inovec až po Štiavnické vrchy a Krupinskú planinu, čiastočne aj na východnom Slovensku. Na stave buka a jeho defoliácii sa však prejavila aj mimoriadne silná plodivosť. Veľmi dôležité bude sledovať ďalšiu reakciu najmä silnejšie poškodených stromov, a to najmä v kombinácii s možným „vysilením“ stromov pri silnej plodivosti.

Dopady sucha v roku 2022 na ihličnaté dreviny ako aj na rastové charakteristiky (prírastok) drevín na jednotlivých plochách bude možné spoľahlivejšie posúdiť až v nasledovnom období. Naším zámerom je ďalšie podrobné hodnotenie stavu nielen z hľadiska defoliácie a diskolorácie, ale aj z hľadiska prírastku a dlhodobějších následných vplyvov na vitalitu drevín, ako aj analýzy stavu drevín vo vzťahu ku priestorovej distribúcii deficitu zrážok a indikátorov sucha. Predpokladáme aj možnosť hodnotenia vývoja a porovnania reakcie rôznych drevín v rôznych porastových zmesiach i konkurenčných vzťahov na ploche pri daných podmienkach. Nepochybne možno očakávať zaujímavé výsledky aj z celoeurópskych výsledkov monitoringu lesov v rámci programu ICP Forests, ktorého súčasťou je národná monitorovacia sieť ČMS Lesy.

Podakovanie: Táto publikácia vznikla vďaka projektu TreeAdapt, financovaného z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301), podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva (kód ITMS: 313011S735), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja a vďaka projektu Výskum a vývoj bezkontaktných metód pre získavanie geopriestorových údajov za účelom monitoringu lesa pre zefektívnenie manažmentu lesa a zvýšenie ochrany lesov FOMON (ITMS 313011V465)

na základe podpory operačného programu integrovaná infraštruktúra financovaného z Európskych štrukturálnych a investičných fondov a z projektu APVV–20–365.

Literatúra

- Baumgartner, A., Liebscher, J., 1990: Allgemeine Hydrologie, quantitativ Hydrologie. Berlin-Stuttgart: Gebrüder Borntraeger, 650 s.
- Ferretti, M., Fischer, R. (eds.), 2013: Forest Monitoring. Methods for terrestrial investigations in Europe with an overview of North America and Asia. 1st Edition, Elsevier, 508 p.
- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.
- Pavlenda, P., Pajtk, J., Priwitzer, T. et al., 2014: Monitoring lesov Slovenska. Správa za ČMS Lesy za rok 2013. Zvolen, NLC – LVÚ Zvolen, 150 s.
- Sitková, Z., Leštianska, A., Střelcová, K., Fleischer, P. st., Fleischer, P. ml., Galko, J., 2019: Lesnícky meteorologický monitoring: možnosti využitia operatívnych dát v ochrane lesa. In: Kunca, A. (ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa 2019. Zborník recenzovaných referátov z medzinárodnej konferencie konanej 31. – 1. 2. 2019 v Kongresovom centre Kúpeľov Nový Smokovec, Zvolen, Národné lesnícke centrum, s. 82–88.
- Sitková, Z., Pavlenda, P. et al., 2021: Nová online web-aplikácia lesníckeho meteorologického monitoringu na Slovensku. Realizačný výstup č. 3 z projektu Výskum a vývoj na podporu konkurencieschopnosti lesného hospodárstva (SLOV-LES). Zvolen, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 37 s.
- Sitková, Z., Střelcová, K., Vido, J., 2020: Lesnícky meteorologický monitoring – operatívne údaje o počasi z lesných oblastí Slovenska. Les & Letokruhy, 76(7): 26–28.
- Střelcová, K., Sitková, Z., Kurjak, D., Kmeř, J., 2011: Stres suchom a lesné porasty. Zvolen, Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 266 s.
- Škvarenina, J., Vido, J., Mindaš, J., Střelcová, K., Škvareninová, J., Fleischer, P., Bošela, M., 2018: Globálne zmeny klímy a lesné ekosystémy. Zvolen, Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 210 s.
- Vido, J., Střelcová, K., Nalevanková, P., Leštianska, A., Kandřík, R., Pástorová, A., Škvarenina, J., Tadesse, T., 2016: Identifying the relationships of climate and physiological responses of a beech forest using the Standardized Precipitation Index: a case study for Slovakia. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 64(3): 246–251.
- Wilhite, D. A., Glantz, M. H., 1985: Understanding the drought phenomenon – the role of definitions. Water International, 10(3): 111–120.

Adresa:

Ing. Pavel Pavlenda, PhD., Ing. Jozef Pajtk, Ph.D., Ing. Zuzana Sitková, PhD., Ing. Tibor Priwitzer, PhD., Ing. Hana Pavlendová, PhD.
Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 2175/22, SK – 960 01 Zvolen
e-mail: pavel.pavlenda@nlcsk.org