

ANALÝZA VPLYVU SUCHA NA LESNÉ PORASTY V REGIÓNE ORAVY V OBDOBÍ 2015 – 2021

Jozef Rozkošný • Gabriela Ivaňáková • Ivan Mrekaj • Maroš Turňa
• Lívia Labudová • Ivana Krčová • Ivan Špilda • Jakub Ridzoň
• Katarína Mikulová

Rozkošný, J., Ivaňáková, G., Mrekaj, I., Turňa, M., Labudová, L., Krčová, I., Špilda, I., Ridzoň, J., Mikulová, K.: Analysis of drought impact on forest stands in Orava region during the period 2015 – 2021.

APOL, 2022, vol. 3, no. 2, p. 75–86.

Abstract: The aim of this work was the analysis of drought occurrence, which was determined by the deficit of precipitation and the deficit of soil moisture in the time period 2015 till 2021 in the Orava region. This was compared with the extent of damages caused by the drought and important biotic pests on the adult forests, which had been registered by the foresters of the Lesy SR, the state enterprise. The biotic malign factors *Ips typographus* L., *Pityogenes chalcographus* L. and *Armillaria* sp. were chosen for their high multitudes and for their predisposition to continue in the process of the degradation of woods as the secondary, respectively the tertiary malign factor beside the drought. The Orava region was chosen because of the long-term spruce forests decline and the occurrence of more severe drought, which had been rare in the past there. The long-term soil water deficit can expressively weaken the forests, that was finally confirmed in our work. The condition of forest vegetation has the long-term feedback to the bad availability of soil moisture, which depends on the specific species resistance to the drought stress. The ascertained results confirm the suitability of the chosen methodics for the drought monitoring, because its outputs are in good agreement with the reports of drought impacts by the end users.

Key words: drought; forest ecosystems; dieback of spruce; drought impacts

Úvod

Sucho bolo v poslednej dekáde v Európe často diskutovanou témou na vedeckej, ako aj politickej úrovni. Región Stredomoria bol určený ako najviac postihnutý suchom v rámci európskeho územia (Spinoni et al. 2017; IPCC, 2021). Územie strednej Európy bolo spomínané v súvislosti s výskytom sucha len sporadicky, a to dokonca aj napriek tomu, že sucho malo dôsledky aj na ekonomiku, najmä v oblasti poľnohospodárstva a vodného manažmentu (Labudová et al. 2017; Žalud et al. 2017; Fendeková et al. 2017; Fendeková et al. 2018). Hänsel et al. (2019) poukázali na dôležitosť sledovania vývoja sezónneho sucha a trendov v oblasti strednej Európy, pričom odhalili postupné vysychanie, najmä v jar-ných a letných mesiacoch. V kontexte zmeny klímy sa pozoruje rastúci trend teploty vzduchu v oblasti Európy (IPCC, 2021), ale taktiež aj na území Slovenska (Labudová et al. 2015). Rastúca teplota vzduchu zvyšuje potrebu vody, keďže teplejší vzduch dokáže absorbovať viac vodnej pary, a tým sa zvyšuje aj potenciálna evapotranspirácia. Preto je dôležité používať indikátory, ktoré berú do úvahy okrem zrážok aj potenciálnu (prípadne referenčnú) evapotranspiráciu.

Veľmi suché obdobia zaznamenané v minulosti na území Slovenska boli motiváciou k vytvoreniu monitoringu sucha, pomocou ktorého je možné včasne varovať pred výskytom závažného sucha. Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) spustil monitoring meteorologického a pôdneho sucha v roku 2015, neskôr v roku 2017 sa k nemu pripojil aj monitoring stavu podzemných a povrchových vôd a monitoring dopadov sucha. Monitoring dopadov sucha zaisťuje spoľahlivé a z praxe vychádzajúce informácie o aktuálnom suchu a jeho dopadoch. Reportérmi národnej reportovacej siete sú najmä odborníci z praxe – poľnohospodári, ovocinári, vinohradníci, lesníci, ale aj široká verejnosť, ktorí dotazníkovou formou posielajú týždenne hlásenia o aktuálnom stave porastov, vodnej bilancie a do-

padoch sucha na jednotlivé plodiny a porasty v katastroch ich pôsobenia. Vďaka reportérom dopadov sucha a ich pravidelne zasielaným hláseniam je možné zaistiť aktuálne a spoľahlivé informácie, ktoré umožňujú včas reagovať na situáciu, ako zo strany poľnohospodárskych a lesníckych organizácií, tak aj zo strany verejnosti a verejných činiteľov (Turňa et al. 2021). Samozrejme, čím vyšší bude počet reportérov národnej reportovacej siete, tým budú hlásenia v jednotlivých okresoch objektívnejšie.

Dreviny sú dlho žijúce organizmy a počas života sú vystavované meniacim sa podmienkam prostredia. Počas evolúcie sa u nich preto vyvinuli rôzne stratégie adaptácie na zmeny prostredia (Slováková & Mistrík 2007). Do istej miery sú dreviny schopné suchu tolerovať. Tolerancia je ovplyvnená intenzitou, trvaním sucha a predispozičnými vlastnosťami organizmu vystaveného suchu. Pokiaľ je prekročená hranica tolerancie voči suchu, nastáva na drevinách stres zo sucha a ním spôsobené škody. Podľa údajov Zelených správ je sucho v lesných porastoch tretím najvýznamnejším abiotickým škodlivým činiteľom na Slovensku (Zelená správa, 2021).

Odumieranie lesov je často spôsobené vplyvom abiotických a biotických faktorov, ktoré limitujú rast stromov, redukujú asimiláciu a oslabujú koreňový systém (Garcia 2009). Rozpad lesných porastov môže výrazne ovplyvniť stres zo sucha, ktorý je zosilnený zvýšeným pôsobením vysokých teplôt vzduchu a nadmerným ožiarením asimilačných orgánov (Škvarenina et al. 2018). Horúce a suché klimatické podmienky pôsobia negatívne najmä pre lesné ekosystémy strednej Európy, ktoré nie sú prispôbené suchu (Buras et al. 2020). Sucho v lesných porastoch zároveň vyvoláva predispozíciu na ďalšie poškodzovanie lesov, či už drevokaznými hubami alebo podkôrnym hmyzom. Dlhodobá perióda sucha znižuje rezistenciu stromov, pričom naopak podporuje aktivizáciu iných biotických škodcov (najmä podkôrny hmyz). Viaceré druhy podkôrníkov môžu reagovať na dlhodobu teple a suché klimatické podmienky multivoltínnym správaním (Jactel et al. 2012). Invázne druhy hmyzu sa môžu šíriť ešte rýchlejšie do nových oblastí (Ayres & Lombardero 2000). Najnebezpečnejšie pre lesné porasty je časový výskyt periód sucha, hlavne v období tvorby asimilačných a reprodukčných orgánov. Jarné periód sucha nemusia výrazne ovplyvniť lesné porasty, pretože dreviny môžu využiť zásobu vody v pôde naakumulovanú počas zimného obdobia (Škvarenina et al. 2018). Dlhodobý deficit vody v pôde negatívne vplýva na stromy tým, že limituje fyziologickú aktivitu rastlín a tvorbu fyto-masy. Deficit vody v pôde môže ovplyvniť zmenu nutričných hodnôt stromov, a to zmenou obsahu vody, uhľohydrátov a dusíka v ich tele (Breda et al. 2006).

Vo všeobecnosti však môžeme tvrdiť, že najviac poškodzované dreviny suchom sú ihličnany, obzvlášť smrek. V roku 2003 po veľmi suchej a teplej perióde počas vegetačného obdobia bolo potvrdené sucho ako hlavná príčina odumierania smrekových porastov (Holuša et al. 2010). Podobne ako v roku 2003 nastala podobná situácia aj v roku 2018 v Nemecku, avšak mortalita stromov sa prejavila až v roku 2019 (Therfelder 2020). Predispozície na poškodenie suchom dáva smreku jeho plytký koreňový systém, ale aj vhodnosť stanovišťa. Smrekové porasty na nevhodných stanovištiach sú výrazne viac ohrozené ako na vhodných stanovištiach (Holuša 2004). Podľa Petráša et al. (1985) má smrek väčšiu listovú biomasu ako drevina buk a borovica, čo môže byť jedným z dôvodov jeho vyššej ohrozenosti na poškodenie suchom. Takisto Roberts (1983) predpokladá, že smrek v porovnaní s borovicou má nižšiu rezistenciu povrchu ihlíc, a preto má vyššiu transpiráciu v rovnakých klimatických podmienkach. Väčšia plocha asimilačných orgánov by mohla byť spolu so zníženou rezistenciou povrchu ihlíc voči výparu jedným z dôvodov zvýšenej náchylnosti smreka na stres suchom (Střelcová et al. 2011). Oslabené smrekové suchom sú často napádané hubou *Armilaria* sp., ktorá ich ešte viac oslabuje a môže spôsobovať zvýšenú mortalitu smrekov, ako aj znižovať odolnosť voči podkôrnemu hmyzu (Hlásny & Sitková 2010). V Nemecku počas dlhej periód sucha v roku 2018 bola zaznamenaná aktivizácia *Ips typhographus* a spôsobila zvýšenie mortality stromov o 50 % (Oblanden et al. 2021).

Cieľom práce bola analýza výskytu sucha na základe deficitu zrážok a pôdnej vlahy v rokoch 2015 až 2021 v regióne Oravy a jeho následné porovnanie s vývojom zaznamenaných škôd pracovníkmi Lesov SR, š. p., spôsobených suchom a významnými biotickými škodcami na dospelých lesných porastoch. Biotické škodlivé činitele lykožrút smrekový, lykožrút lesklý a podpňovka boli zvolené z dôvodu ich vysokej početnosti a ich predispozícií pokračovať v rozpade porastov ako sekundárny, resp. terciárny škodlivý činiteľ v nadväznosti na poškodenia suchom. Región Oravy bol vybraný na základe dlhodobého odumierania smrekových porastov a výskytu výraznejšieho sucha v danej lokalite, ktoré sa

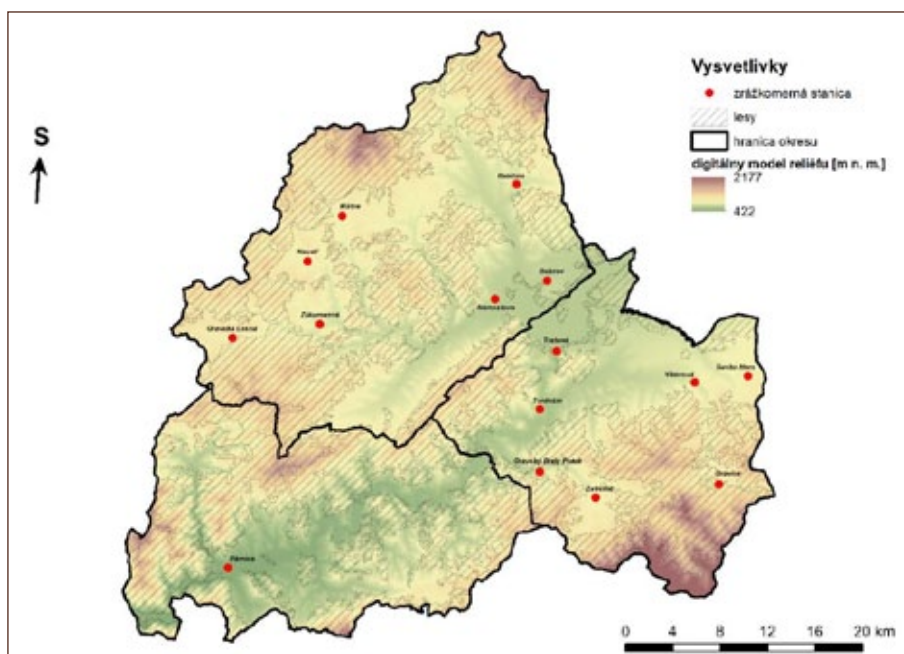
tam v minulosti nevyskytovalo. Navyše, v podloží tejto oblasti sa nachádzajú flyšové vrstvy, ktoré nedokážu akumulovať väčšie množstvo vody pod povrchom, preto je región výrazne závislý na zrážkovej vode. Jej nedostatok sa tak môže prejaviť rýchlejšie ako v oblastiach so schopnosťou akumulovať väčšie zásoby vody v podzemí.

Metodika

Podklady k vyhodnoteniu pôdneho sucha boli získané vďaka spolupráci s českými kolegami z Ústavu výzkumu globálnej zmeny AV ČR (Czechglobe), so sídlom v Brne, v rámci monitoringu pôdneho sucha s názvom Intersucho, ktorý je dostupný na www.intersucho.sk. Na uvedenej stránke sú každý týždeň aktualizované celoštátne a okresné mapy intenzity sucha a relatívneho nasýtenia pôdneho profilu. Miera intenzity sucha sa posudzuje podľa odchýlky aktuálneho stavu v porovnaní s obvyklými podmienkami v rovnakom ročnom období (± 10 dní od posudzovaného dátumu) v priebehu rokov 1961 – 2010. Rozlišujeme 7 úrovní intenzity sucha. Normálny stav je bez rizika, intenzita sucha S0 predstavuje len zníženie úroveň vlhkosti v pôde, S1 je začínajúce sucho, S2 mierne sucho, S3 výrazné sucho, S4 výnimočné sucho a S5 je extrémne sucho (Intersucho, 2021a). Extrémne sucho predstavuje extrémne nízku hodnotu pôdnej vlhky, ktorá sa v danom období v priemere opakuje raz za 100 rokov a súčasne relatívne nasýtenie je nižšie ako 50 % po dobu viac ako jeden mesiac. Pôdny horizont je v tejto metodike rozdelený ďalej do dvoch vrstiev, 0 – 40 cm a 40 – 100 cm. Limitujúcim faktorom bolo obdobie, nakoľko uvedený monitoring pôdneho sucha funguje na SHMÚ od roku 2015.

Deficit pôdnej vlhky (DPV) predstavuje odchýlku zásoby pôdnej vlhky v mm v porovnaní s dlhodobým priemerom vypočítaným za obdobie 1961 – 2010. Krivka DPV pre región Orava bola získaná z modelu SoilClim2. Jednotlivé hodnoty predstavujú priemerný DPV pre celý región pre každý deň v období od 1. 1. 2015 do 31. 12. 2021.

Deficit zrážok (DZR) je vypočítaný ako deficit zrážok za posledných 90 dní vždy k danému dátumu, pričom referenčné obdobie pre výpočet deficitu je 1981 – 2010. Hodnoty DZR boli určené ako priemer meraní z 15 zrážkomerných staníc z databázy SHMÚ v danej oblasti (obr. 1).



Obrázok 1. Mapa zrážkomerných staníc SHMÚ v regióne Orava
Figure 1. Map of the SHMI rain-gauge stations in the Orava region

Monitoring dopadov sucha prebieha na základe hlásení registrovaných užívateľov národnej reportovacej siete. Je dostupný a pravidelne raz týždenne aktualizovaný na stránke www.intersucho.sk.

sk, v časti „Dopady na lesy“. Mapové podklady zobrazujú vyhodnotenie súhrnu odpovedí reportérov za daný týždeň pre jednotlivé okresy. Na základe dotazníkov sa vyhodnocujú dopady sucha na vybrané lesné dreviny. Súčasťou hlásení sú aj komentáre a informácie z jednotlivých okresov, ktoré vyjadrujú reálny vplyv sledovaného sucha na lesné porasty. Prvé hlásenia od lesníkov sme začali zaznamenávať v roku 2018. Keďže dotazník dostatočne nevyhovoval odborným požiadavkám lesníckych reportérov, bol po konzultácii s pracovníkmi Lesy SR, š. p., od 1. 1. 2019 upravený do súčasnej podoby.

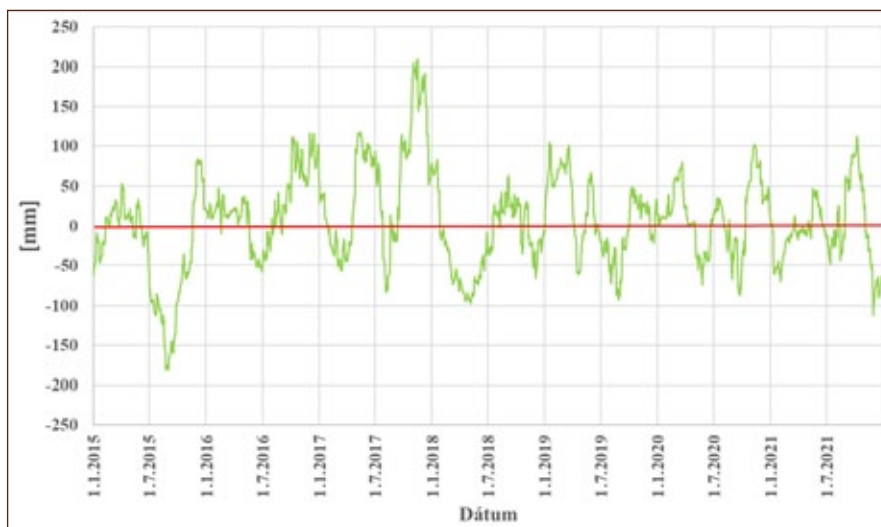
Lesnícke údaje pre analýzu boli získané z lesnej hospodárskej evidencie Lesy SR, š. p., (LHE). Predmetom analýzy boli škody spôsobené abiotickými (sucho) a biotickými škodlivými činiteľmi: lykožrút smrekový – *Ips typhographus* L. (IT), lykožrút lesklý – *Pityogenes chalcographus* L. (PCH), podpňovka – *Armillaria* sp. na drevine smrek (SM) v regióne Orava.

Výsledky a diskusia

Deficit atmosférických zrážok, deficit pôdnej vlahy a intenzita sucha v rokoch 2015 až 2021

Posledné zimné sezóny v regióne Orava boli poznačené nízkym počtom dní so snehovou pokrývkou a podobne aj nízkou sumou výšky snehovej pokrývky. Preto v jarnom období dreviny nemohli využiť zásobu vody v pôde naakumulovanú počas zimného obdobia. Pri menšom počte dní so snehovou pokrývkou, prípadne pri jej skoršom roztopení, sa prízemná vrstva vzduchu rýchlejšie zohrieva. V kombinácii s veterným a teplým počasím, narastajúcim deficitom zrážok a deficitom pôdnej vlahy v letnom až jesennom období sa epizódy sucha vyskytovali častejšie a boli intenzívnejšie.

Najväčší deficit zrážok bol v sledovanom období v regióne Orava zaznamenaný na konci augusta 2015, a to až -182 mm (24. 8. 2015). Následný výrazný deficit zrážok bol v máji 2018, a to -97 mm. Deficit zrážok pod -85 mm bol aj v auguste 2019 (-92 mm), v auguste 2020 (-87 mm) a v novembri 2021 (-112 mm). Na obrázku 2 je znázornený priebeh denných hodnôt deficitu zrážok v mm za posledných 90 dní pre región Orava v rokoch 2015 až 2021.

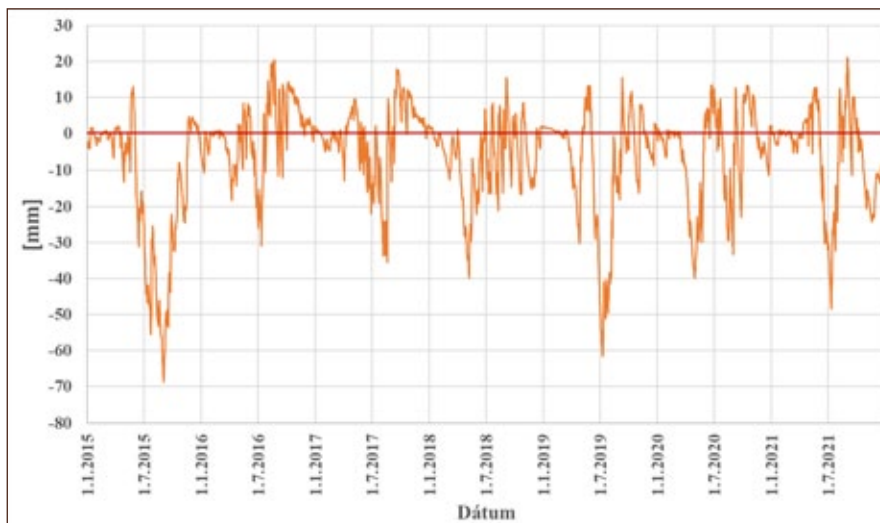


Obrázok 2. Deficit zrážok v mm za posledných 90 dní pre región Orava v období 2015 až 2021

Figure 2. Deficit of precipitation [mm] during the last 90 days in the Orava region in the period 2015 – 2021

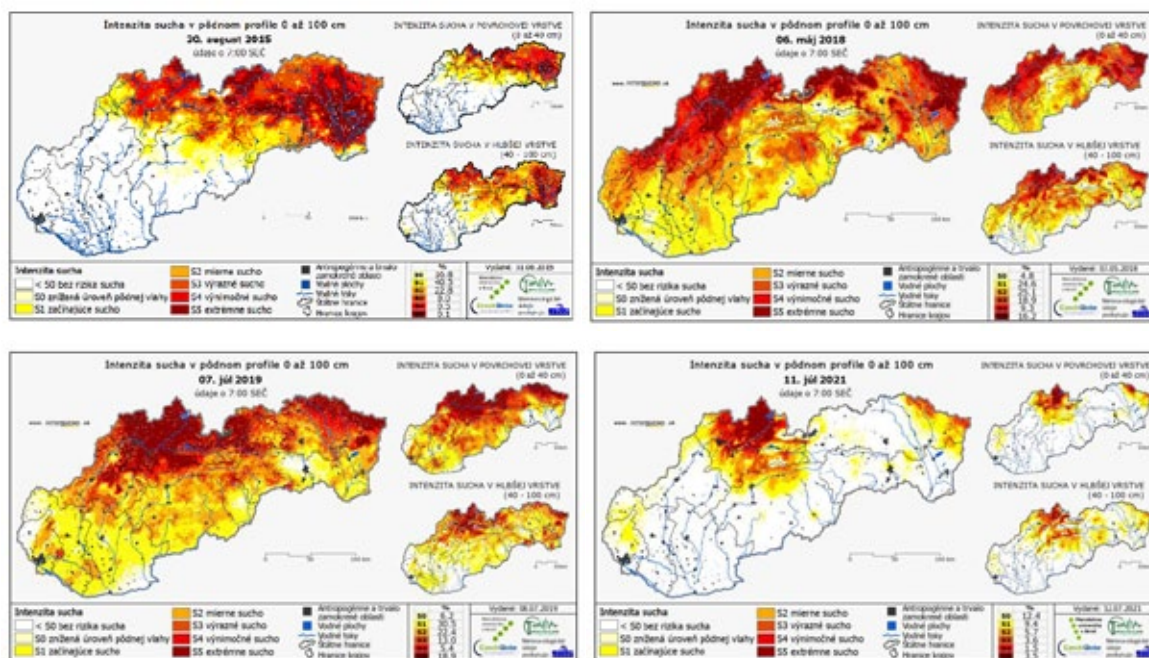
Priebeh denných hodnôt deficitu pôdnej vlahy v mm pre Oravu v rokoch 2015 až 2021 je znázornený na obrázku 3. Najväčší deficit pôdnej vlahy bol v auguste až septembri 2015, s najväčšou zápornou hodnotou -69 mm (2. 9. 2015). Významne vysoké hodnoty deficitu pôdnej vlahy boli aj v júli 2019 (-62 mm), v júli 2021 (-48 mm) a v máji 2018 (-40 mm). Tieto suché epizódy môžeme porovnať s hodnotami deficitu zrážok za posledných 90 dní za rovnaké obdobie 2015 až 2021 (obr. 2). Podľa intenzity pôdneho sucha bolo na prelome augusta a septembra 2015 v tomto regióne výrazné až extrémne sucho. V máji 2018 sme zaznamenali taktiež extrémne sucho (6. 5. 2018) a v júli 2019 bolo su-

cho opäť extrémne (celé obdobie 30. 6. – 4. 8. 2019). V roku 2021, keď deficit pôdnej vlhky bol v júli –48 mm, sa v danom regióne vyskytovalo taktiež výrazné až extrémne suchu (27. 6. – 11. 7. 2021). Obdobia s vysokým deficitom zrážok, ktorý sa priamo podieľa na vzniku vysokého deficitu pôdnej vlhky, sú v súlade s výskytom období výrazného až extrémneho sucha.



Obrázok 3. Deficit pôdnej vlhky v mm v regióne Orava za obdobie 2015 až 2021
Figure 3. Deficit of the soil moisture [mm] in the Orava region in the period 2015 – 2021

Súhrn najvýraznejších epizód sucha pre región Orava za obdobie rokov 2015 až 2021 sa nachádza v tabuľke 1. Výrazný deficit zrážok spôsobil výrazný deficit pôdnej vlhky, čo sa prejavilo na zvýšenej intenzite sucha v danom regióne. Dokumentujú to aj mapy intenzity sucha na Slovensku vo vybraných dňoch (obr. 4). Podľa intenzity sucha bolo suchu v regióne Orava najviac rozšírené v máji 2018 a v júli 2019, kedy sa extrémne suchu vyskytlo v celom regióne a v obidvoch pôdnych profiloch, t. j. 0 – 40 cm a 40 – 100 cm.



Obrázok 4. Intenzita sucha na území Slovenska vo vybraných dňoch. Zdroj: Intersucho.sk
Figure 4. Drought intensity at selected dates in Slovakia. Source: Intersucho.sk

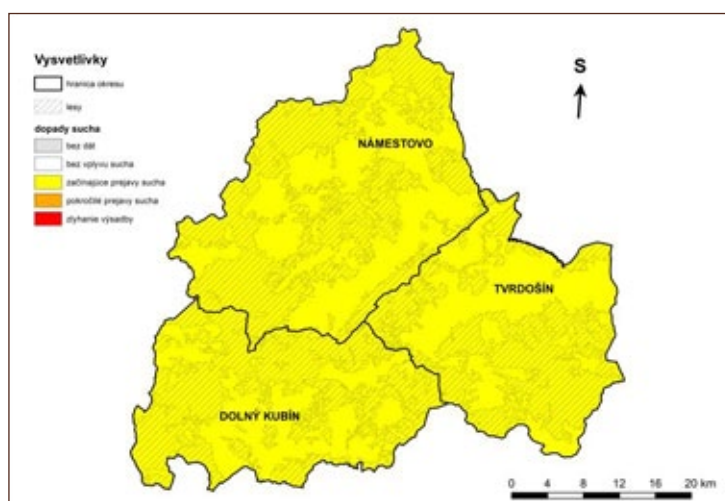
Tabuľka 1. Najvýraznejšie epizódy sucha v regióne Orava v období 2015 – 2021**Table 1.** The most severe dry episodes in the Orava region in the period 2015 – 2021

| Epizóda sucha | Minimálna hodnota | | Intenzita sucha |
|-------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| | deficitu pôdnej vlahy (mm) | 90-dňového deficitu zrážok (mm) | |
| August – september 2015 | –69 | –182 | Výnimočné až extrémne |
| Máj 2018 | –40 | –97 | Extrémne |
| Júl – august 2019 | –62 | –92 | Extrémne |
| Júl – august 2021 | –48 | –50 | Extrémne |

Dopady sucha na lesné porasty podľa reportérov národnej reportovacej siete

Reportéri lesníckeho dotazníka vo svojich týždenných reportoch hlásili v obdobiach epizód sucha v rokoch 2018 – 2021 zníženú hladinu vodných tokov v lesoch, stratu vlhkosti vrchnej vrstvy pôdy, presychanie hrabanky, riziko lesných požiarov a extrémne vysušenú pôdu do hĺbky viac ako 20 cm, najmä na otvorených plochách a holinách. Deficit pôdnej vlahy a veterné počasie v jarnom období mali negatívny vplyv na priebeh zalesňovacích prác pri umelej obnove lesa. V konečnom dôsledku sa výrazne znížilo percento ujatosti sadeníc. Okrem hlásení na epizódy sucha boli lesníkmi hlásené aj prívalové zrážky spojené s intenzívnou búrkovou činnosťou, ktoré spôsobovali lokálne na svahoch intenzívnu vodnú eróziu a problémy s dostupnosťou mechanizmov do lesov.

Najvýznamnejšie odhadované dopady sucha na obnovu hlavných drevín v rokoch 2018 až 2021 sú zobrazené na obrázku 5. Podľa hlásení reportérov národnej reportovacej siete sa v uvedenom období v regióne Oravy vyskytovali začínajúce prejavy sucha na porastoch smreka, ktoré sa podľa metodiky dopadov sucha prejavujú ako vädnutie, hrdzavenie a usychanie jednotlivých jedincov.

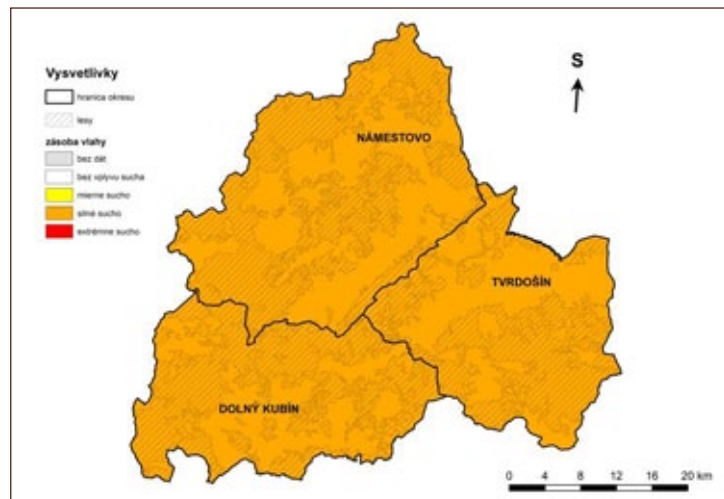


Obrázok 5. Najvýznamnejšie odhadované dopady sucha na obnovu hlavných drevín v regióne Orava v období 2018 – 2021
Figure 5. The most significant assessed drought impacts on the recovery of main wood species in the Orava region in the period 2018 – 2021

Z hľadiska najnižšej odhadovanej zásoby vody boli kultúry a dospelé lesné porasty smreka v období rokov 2019 až 2021 v regióne Oravy ohrozené až silným suchom (obr. 6). To sa vyznačuje deficitom zrážok s pozorovateľnými negatívnymi dopadmi ako: pôda je vysušená do hĺbky asi 15 cm, hlavný vodný tok s minimom vody, pokles prietoku lesných prameňov, zníženie hladín v lesných nádržniciach je výrazné.

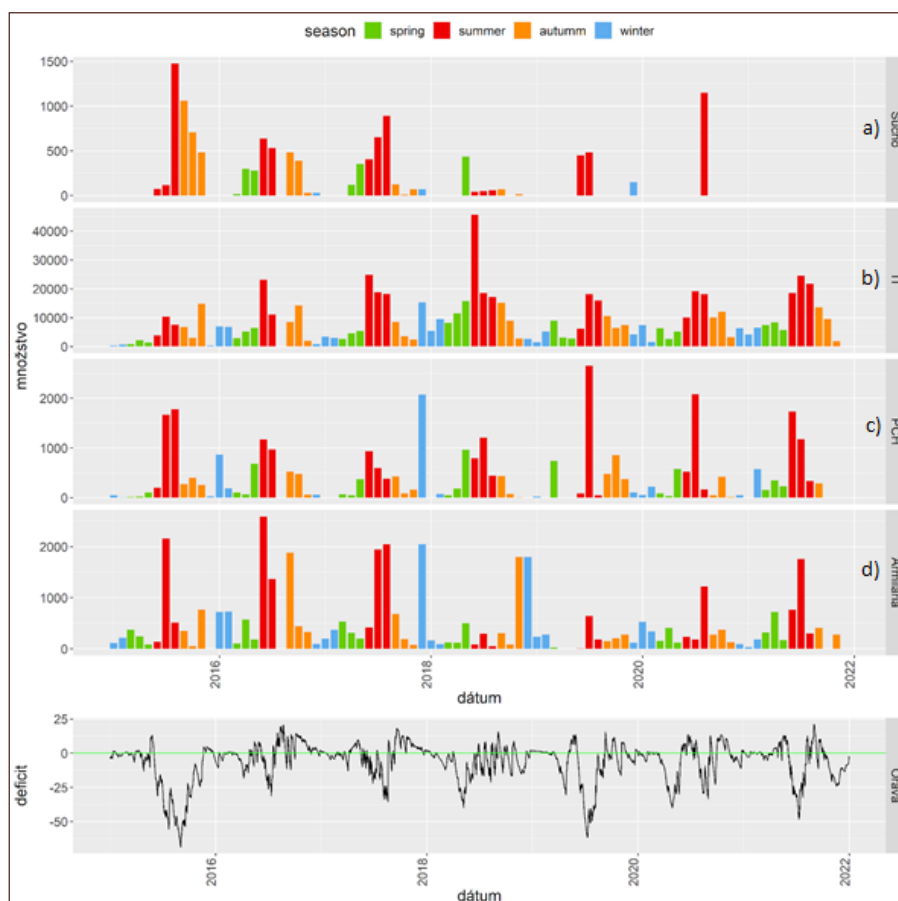
Vývoj škôd na dospelých lesných porastoch podľa LHE v rokoch 2015 až 2021

Obrázok 7 zobrazuje vývoj škôd spôsobených vybranými škodlivými činiteľmi. Škody suchom a podpŕňovkou majú v pozorovanom období klesajúci trend. Naopak IT má trend stúpajúci a PCH má



Obrázok 6. Najnižšia odhadovaná zásoba vody v lesných porastoch v regióne Orava v období 2019 – 2021
Figure 6. The lowest assessed water storage in forests in the Orava region in the period 2019 – 2021

trend vyrovnaný. Na grafe môžeme pozorovať aj sezónnosť výskytu škôd s vrcholom práve v letnom období, kedy má vrchol aj DPV. Z grafu vidno taktiež vplyv výskytu výraznejšieho DPV na výšku poškodenia na lesných porastoch.



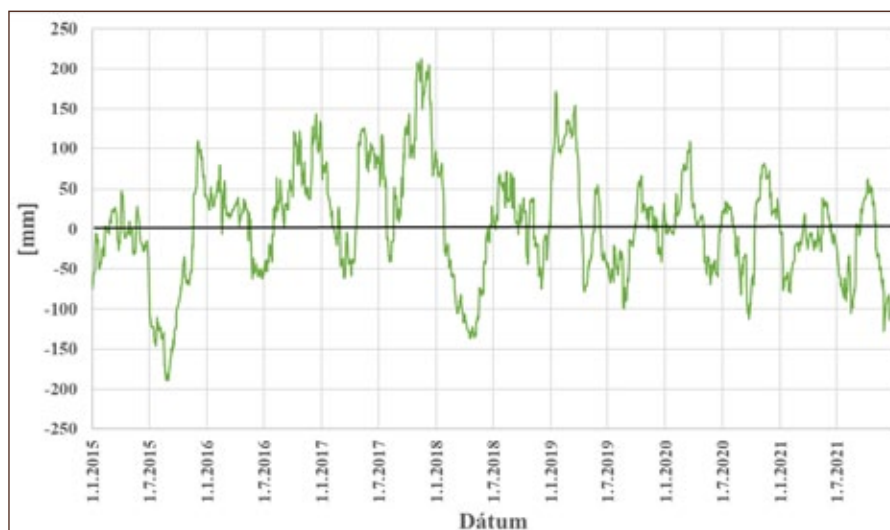
Obrázok 7. Porovnanie vývoja náhodných ťažieb vybraných škodlivých činiteľov v m^3 a deficitu pôdnej vlhky v mm v regióne Orava za obdobie 2015 až 2021

Figure 7. Comparison of the incidental felling development of selected pests in m^3 and soil water deficit in the Orava region in the period 2015 – 2021

Škody suchom

Predpokladáme, že výrazný deficit vody v pôde v spojení s nadpriemernou teplotou vzduchu v mesiacoch jún až september v roku 2015 sa prejavil na vysokej náhodnej ťažbe počas mesiacov september až november v roku 2015 (obr. 7a). V roku 2016 bol deficit vody v pôde počas vegetačného obdobia výrazne nižší, čo sa mohlo prejavíť aj vo výrazne nižšej náhodnej ťažbe v danom roku. O niečo vyšší deficit vody v pôde sme zaznamenali v roku 2017, kedy sa sucho stupňovalo od apríla až do augusta, čo sa postupne prejavilo aj vo vyšších náhodných ťažbách spôsobených suchom (august 2017 – takmer 1 000 m³ drevnej hmoty). Zaujímavá bola kombinácia teplej a veľmi suchej jari (apríl – máj) v roku 2018, ktorá mohla spôsobiť zvýšené odumieranie smrekov, pretože v mesiaci máj sme zaznamenali vôbec najvyššiu náhodnú ťažbu v tomto roku. V roku 2021 sme taktiež zaznamenali výraznú náhodnú ťažbu spôsobenú suchom v mesiaci august (cez 1 000 m³ drevnej hmoty), po výrazne dlhšom deficite vody v pôde (jún, júl, august). Z uvedenej analýzy vyplýva, že interval medzi začiatkom sucha a následným odumieraním smrekov je približne od 1 do 2 mesiacov.

Zaujímavou hodnotou je výška poškodenia porastov suchom v auguste 2020. V tomto regióne sa výraznejšie sucho prejavilo na konci marca a v priebehu apríla. Monitoring sucha však nezobrazuje výrazné poškodenie porastov suchom. Preto sme pre zvolenú lokalitu vygenerovali krivku DZR (obr. 8). Lokality s výrazným poškodením sucha sa nachádzali v blízkosti zrážkomerných staníc v Oravskej Lesnej, Novoti a Zákamennom, preto bola krivka DZR počítaná ako priemer DZR z týchto staníc.



Obrázok 8. Deficit zrážok v mm za posledných 90 dní počítaný zo zrážkomerných staníc Oravská Lesná, Novotá a Zákamenné v období 2015 až 2021

Figure 8. Deficit of precipitation in mm during the last 90 days at the rain-gauge stations Oravská Lesná, Novotá and Zákamenné in the period 2015 – 2021

Na konci augusta 2015 bol deficit zrážok v uvedenej lokalite na Orave až –188 mm, pričom je to zároveň najväčší deficit zrážok za toto vybrané obdobie. Druhý najväčší deficit zrážok bol v máji 2018 (–136 mm). Deficit zrážok pod –100 mm bol aj v septembri 2020 (–112 mm), v auguste 2021 (–104 mm) a v novembri 2021 (–128 mm).

Hodnoty deficitu zrážok, ako aj deficitu pôdnej vlhky potvrdzujú, že poškodenie porastov v auguste 2020 mohlo byť zapríčinené z dôvodu kumulovaného pôsobenia sucha v predchádzajúcom období. Zároveň sa vytvorili podmienky pre následné poškodenie porastov sekundárnymi, resp. terciárnymi škodlivými činiteľmi ako je podkôrny hmyz a podpňovka.

Škody spôsobené podkôrnym hmyzom vo vzťahu k suchu

Suché a teplé počasie podporuje vývoj podkôrneho hmyzu a negatívne vplyva na stav lesných porastov. Počas obdobia 2015 – 2021 mal trend náhodnej ťažby u *P. chalcographus* vyrovnaný a u *I. typhographus* stúpajúci charakter (obr. 7b, 7c). Predpokladáme, že vzniknutá ťažba spôsobená suchom a podpňovkou v spojitosti so suchým a teplým počasím počas vegetačných období mohla akcelerovať populáciu *I. typhographus* najmä v roku 2018, kedy sme zaznamenali viac ako 40 000 m³ náhodnej ťažby spôsobenej týmto škodcom. Hlavným dôvodom vysokej náhodnej ťažby v roku 2018 bola pravdepodobne snehová kalamita, ktorá sa vyskytla počas zimy 2017/2018 v predmetnom území. V ďalších rokoch bola náhodná ťažba výrazne nižšia, ale v rokoch 2020 a 2021 výška ťažby *I. typhographus* opäť stúpla, ako aj ťažba spôsobená podpňovkou. Je pravdepodobné, že sucho v spojení s vysokými teplotami vzduchu oslabuje smrek v regióne Orava, podporuje aktivizáciu podpňovky a vytvára tak dostatok vhodného dreveného materiálu pre podkôrný hmyz.

Škody spôsobené podpňovkou vo vzťahu k suchu

Výrazný deficit vody v pôde počas mesiacov jún až august 2015 zrejme vytvoril vhodné podmienky pre aktivizáciu podpňovky, kedy sme zaznamenali najmä v júli vysoký nárast náhodnej ťažby spôsobenej podpňovkou (obr. 7d). Deficit vody v pôde pokračoval až do leta 2016, kedy sme v mesiaci jún zaznamenali vôbec najvyššiu náhodnú ťažbu za celé obdobie. O niečo nižšiu náhodnú ťažbu sme zaznamenali aj v roku 2017 počas mesiacov júl a august a taktiež počas obdobia s výraznejším deficitom vody v pôde. Zaujímavý je rok 2018, kedy sme zaznamenali pomerne dlhé obdobie s deficitom vody v pôde (apríl – november), ale náhodná ťažba bola zaznamenaná až v mesiacoch november a december, ktorá bola porovnateľná s letnými mesiacmi v rokoch 2015 až 2017. V roku 2019 boli náhodné ťažby spôsobené podpňovkou výrazne nižšie, aj keď po mesiacoch boli ťažby pomerne vyrovnané. V roku 2020 sme zaznamenali dve pomerne výrazné periódy deficitu vody v pôde (január – marec a máj – júl), čo mohlo spôsobiť vhodné podmienky pre aktivizáciu podpňovky, a tým aj vyššiu náhodnú ťažbu v auguste 2020 (asi 1 000 m³). Podobný vývoj sme zaznamenali aj v roku 2021. Náhodná ťažba spôsobená podpňovkou vznikla približne 1 až 2 mesiace od začiatku suchej periódy.

Viacerí autori uvádzajú, že zmena klímy (častejšie a intenzívnejšie suchá, rastúca teplota vzduchu) výrazne ovplyvňuje mortalitu stromov (Anderegg et al. 2013; Allen et al. 2010; Mantgem et al. 2009). Odumieranie stromov môže nastať až po istom čase od periódy s výrazným deficitom vody v pôde. Počas sucha sa môžu vo vodivých pletivách stromu začať tvoriť embólie. Ak je počet embólií vysoký, strom odumiera aj počas zmiernenia deficitu vody v pôde (Hartmann et al. 2018). Stromy môžu mať rôzne stratégie, ako sa ubrániť stresu zo sucha. Môžu vytvárať hlbší koreňový systém (lepší prístup k vode), vytvárať vodivé pletivá odolnejšie voči tvorbe embólií alebo kontrolovať stratu vody pomocou uzatvorených prieduchov (Marti-StPaul et al. 2017; Choat et al. 2018). Sucho bolo potvrdené ako hlavný faktor spôsobujúci odumieranie smrekov v nížinách Českej republiky (Holuša et al. 2010). Navyše, oslabené stromy suchom boli následne napadnuté hubou rodu *Armilaria*, ktorá napadnuté stromy ešte viac oslabil a poškodila koreňový systém. Poškodený koreňový systém stromov už nedokázal dodávať vodu do kmeňa, i keď bolo dostatok vody v pôde. Následne boli oslabené stromy napadnuté podkôrnym hmyzom (Holuša & Liška 2002; Hlásny & Sitková 2010). Holuša et al. (2018) uvádzajú 50 % napadnutie smrekov podpňovkou v porastoch po dlhodobej suchej perióde.

Záver

Dlhodobý deficit vody v pôde môže výrazne oslabiť lesné porasty, čo potvrdili aj výsledky našej práce. Lesná vegetácia odpovedá na zníženú dostupnosť vlhky s dlhším časovým odstupom v závislosti od odolnosti voči stresu zo sucha. Predpokladáme, že periódy sucha sa prejavili na lesných porastoch približne do 2 mesiacov od výskytu výraznej suchej periódy. Preto sme prvé hlásenia z monitorin-

gu dopadov sucha na jarné epizódy sucha zaznamenávali koncom jari alebo až v letnom období. Hlásenia však veľmi dobre korešpondovali s obdobiami s vysokým deficitom zrážok, ktorý sa priamo podieľa na vzniku vysokého deficitu pôdnej vlahy, a sú v súlade s výskytom období výrazného až extrémneho sucha.

Sucho vytvára vhodné podmienky pre aktivizáciu podpŕnky, ktorá následne vytvára dostatok vhodného materiálu pre obsadenie podkôrnym hmyzom. Teplé a suché počasie priaznivo vplyva na vývoj podkôrneho hmyzu a v spojení so snehovými alebo vetrovými kalamitami môže spôsobiť pomerne vysokú náhodnú ťažbu, ako to bolo v roku 2018 (40 000 m³/mesiac). Do budúca sa bude pravdepodobne deficit vody opakovať čoraz častejšie a s čoraz vyššou intenzitou aj v lokalitách, kde to v minulosti nebolo bežné. Preto možno v najbližšom období očakávať čoraz vyššie škody na lesných porastoch a náhodné ťažby spôsobené suchom budú mať pravdepodobne rastúci trend. Možným riešením by bola výsadba provinencií smreka obyčajného odolnejšiemu voči suchu, prípadne zvolíť drevinu v danej lokalite, ktoré lepšie znášajú stres suchom. Ďalšou možnosťou by bolo využitie vodozádržných opatrení v povodiach, ktoré by mohli oddialiť, resp. mierne znižovať dopad deficitu atmosférických zrážok v okolí povodí. Vplyvom zmeny klímy sa klimatické podmienky menia pomerne rýchlo a zatiaľ je otáznne, ako rýchlo sa lesné porasty dokážu adaptovať na zmenené podmienky. Preto bude do budúca potrebné dodržiavať aktívnu ochranu v lesných porastoch pred škodcami, zvyšovať odolnosť lesných porastov vhodnými pestovnými zásahmi, ako aj zvyšovať drevinovú skladbu lesných porastov.

Uvedené zistenia potvrdzujú vysokú zhodu identifikácie výskytu epizód sucha medzi deficitom zrážok a deficitom pôdnej vlahy, pôdnym modelom využívaným pre monitorovanie pôdneho sucha, ako aj hláseniami z portálu www.intersucho.sk a údajmi z lesnej hospodárskej evidencie. Zistené výsledky potvrdzujú vhodnosť využívanej metodiky pre monitoring pôdneho sucha, nakoľko jeho výstupy sú vo vysokej zhode s hláseniami dopadov sucha od koncových užívateľov. Preto sa prepojenie vedeckej činnosti s praxou javí ako najlepšie riešenie na aktuálne problémy dopadov zmeny klímy.

Podakovanie: Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: „Údajová a vedomostná podpora pre systémy rozhodovania a strategického plánovania v oblasti adaptácie poľnohospodárskej krajiny na klimatické zmeny a minimalizáciu degradácie poľnohospodárskych pôd“ (kód ITMS2014+313011W580), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., Mcdowell, N., Vennetier, M. et al., 2010: A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *For. Ecol. Manag.*, 259: 660–684. doi: 10.1016/j.foreco.2009.09.001
- Ayres, M. P., Lombardero, M. L., 2000: Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *The science of total environment*, 262: 263–286.
- Bréda, N., Huc, R., Granier, A., Dreyer, E., 2006: Temperate forest trees and stands under severe drought: A review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Ann. For. Sci.*, 63: 625–644. doi:10.1051/forest:2006042
- Buras, A., Rammig, A., Zang, C. S., 2020: Quantifying impacts of the 2018 drought on European ecosystems in comparison to 2003. *Biogeosciences*, 17: 1655–1672.
- Fendeková, M., Danáčová, Z., Gauster, T., Labudová, L., Fendek, M., Horvát, O., 2017: Analysis of hydrological drought parameters in selected catchments of the southern and eastern Slovakia in the years 2003, 2012 and 2015. *Acta Hydrologica Slovaca*, 18(2): 135–144.
- Fendeková, M., Gauster, T., Labudová, L., Vrablíková, D., Danáčová, Z., Fendek, M., Pekarová, P., 2018: Analysing 21st century meteorological and hydrological drought events in Slovakia. *J. Hydrol. Hydromech.*, 66(4): 393–403. doi: 10.2478/johh-2018-0026

- Garcia, A., 2009: Simple and effective forest stand mortality model MCFNS, 1, 1.
- Hartmann, H., Moura, C. F., Anderegg, W. R. L., Ruehr, N. K., Salmon, Y., Allen, C. D. et al., 2018: Research frontiers for improving our understanding of drought-induced tree and forest mortality. *New Phytol.*, 218: 15–28. doi: 10.1111/nph.15048
- Hänsel, S., Ustrnul, Z., Łupikasza, E., Skalak, P., 2019: Assessing seasonal drought variations and trends over Central Europe. *Advances in Water Resources*, 127: 53–75.
- Hlásny, T., Sitková, Z. (eds.), 2010: Spruce forests decline in the Beskids. National Forest Centre – Forest Research Institute Zvolen & Czech University of Life Sciences Prague & Forestry and Game Management Research Institute, Zvolen, Praha, Jíloviště – Strnady, 184 s.
- Holuša, J., 2004: Health condition of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. stands in the Beskid Mts. *Dendrobiology*, 51: 11–17.
- Holuša, J., Liška, J., 2010: Combined effects of drought stress and Armillaria infection on tree mortality in Norway spruce plantations. *Forest Ecology and Management*, 427: 434–445.
- Holuša, J., Lubojacký, J., Čurn, V., Tonka, T., Lukášová, K., Horák, J., 2018: Combined effects of drought stress and Armillaria infection on tree mortality in Norway spruce plantations. *For. Ecol. Manage.*, 427: 434–445. doi:10.1016/j.foreco.2018.01.031
- Holuša, J., Lubojacký, M., 2010: Distribution of double-spined spruce bark beetle *Ips duplicatus* in the Czech Republic: spreading in 1997–2009, *Phytoparasitica*, 38: 435–443.
- Choat, B., Brodrigg, T. J., Brodersen, C. R., Duursma, R. A., López, R. and Medlyn, B. E., 2018: Triggers of tree mortality under drought. *Nature*, 558: 531–539. doi: 10.1038/s41586-018-0240-x
- Jactel, H., Petit, J., Desprez-Loustau, M. L., Delzon, S., Piou, D., Battisti, A., Koricheva, J., 2012: Drought effects on damage by forest insects and pathogens: a metaanalysis. *Glob. Change Biol.*, 18: 267–276.
- Labudová, L., Faško, P., Ivaňáková, G., 2015: Changing Climate and Changes in Climate Regions. *Moravian Geographical Reports*, 23(3): 71–82.
- Liesebach, M., 2020: On the Adaptability of Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) to the projected Change of Climate in Germany. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 121(1): 130–144.
- Mantgem, P. J. V., Stephenson, N. L., 2007: Apparent climatically induced increase of tree mortality rates in a temperate forest. *Ecol. Lett.*, 10: 909–916. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01080.x
- Martin-Stpaul, N., Delzon, S., Cochard, H., 2017: Plant resistance to drought depends on timely stomatal closure. *Ecol. Lett.*, 20: 1437–1447. doi: 10.1111/ele.12851
- Obladen, N., Dechering, P., Skiadaresis, G., Tegel, W., Keßler, J., Höllerl, S., Kaps, S., Hertel, M., Dulamsuren, C., Seifert, T., Hirsch, M., Seim, A., 2021: Tree mortality of European beech and Norway spruce induced by 2018–2019 hot droughts in central Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, 307.
- Petráš, R., Košút, M., Oszlányi, J., 1985: Listová biomasa stromov smreka, borovice a buka. *Lesnícky časopis*, 31: 121–136.
- Roberts, J., 1983: Forest transpiration: a conservative hydrological process? *Journal of Hydrology*, 66: 133–141.
- Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J. V., 2017: Pan-European seasonal trends and recent changes of drought frequency and severity. *Glob Planet Change*, 148: 113–130. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.11.013>
- Štrélcová, K., Sitková, Z., Kurjak, D., Kmeť, J., 2011: Stres suchom a lesné porasty, aktuálny stav a výsledky výskumu. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, 266 s.
- Škvarenina, J., Vido, J., Mindáš, J., Štrélcová, K., Škvareninová, J., Fleischer, P., Bošela, M., 2018: Globálne zmeny klímy a lesné ekosystémy: Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, 210 s.
- Thierfelder, S., 2020: Extremjahre im Laubwald. LWF aktuell 2. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Zentrum Wald-Forst-Holz Weißenstephan, Freising.

- Turňa, M., Ivaňáková, G., Krčová, I., Labudová, L., Ridzoň, J., 2022: Zhodnotenie sucha na Slovensku v roku 2021. *Acta Geographica Universitatis Comenianae*, 66: 3–23.
- Turňa, M., Ivaňáková, G., Krčová, I., Mrekaj, I., Ridzoň, J., 2021: Zhodnotenie sucha na Slovensku v roku 2020. *Meteorologický časopis*, 24: 11–20.
- Žalud, Z., Hlavinka, P., Prokeš, K., Semerádova, D., Balek, J., Trnka, M., 2017: Impacts of water availability and drought on maize yield – A comparison of 16 indicators. *Agric. Water Manag.*, 188: 126–135. doi: 10.1016/j.agwat.2017.04.007

Internetové zdroje

<https://www.intersucho.sk>

<https://www.intersucho.sk/sk/o-suchu/co-je-sucho/?mapcountry=sk>

Hypotéza hynutí smrkových porostů ve Slezsku (Česká republika). Hypothesis of spruce forest decline in Silesia (the Czech Republic)

Intersucho, 2021a. Ako sucho monitorujeme. [online] [cit. 2022-02-20]. Dostupné na: <<https://www.intersucho.sk/sk/o-suchu/ako-sucho-monitorujeme/?mapcountry=sk>>

IPCC, 2021: 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. In Press.

Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky, 2020: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2018- Zelená správa, NLC, 66

Adresa:

Ing. Jozef Rozkošný, PhD., RNDr. Gabriela Ivaňáková, Mgr. Maroš Turňa, Mgr. Lívia Labudová, PhD., RNDr. Ivana Krčová, Mgr. Jakub Ridzoň, Mgr. Katarína Mikulová, PhD.
Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, SK – 833 15 Bratislava
e-mail: jozef.rozkosny@shmu.sk; gabriela.ivanakova@shmu.sk; maros.turna@shmu.sk; livia.labudova@shmu.sk; ivana.krcova@shmu.sk; jakub.ridzon@shmu.sk; katarina.mikulova@shmu.sk

Ing. Ivan Mrekaj

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a envitomentalistiky, T. G. Masaryka 24, SK – 960 01 Zvolen
e-mail: xmrekaj@is.tuzvo.sk

Ing. Ivan Špilda, PhD.

LESY Slovenskej republiky, štátny podnik, generálne riaditeľstvo, Námestie SNP 8, SK – 975 66 Banská Bystrica, e-mail: ivan.spilda@lesy.sk