

Hodnocení rizika vzniku závažného požáru v Česku

Severe fire risk assessment in the Czech Republic

Martin Možný, Vojtěch Vlach, Adéla Musilová, Lenka Hájková

Oddělení biometeorologických aplikací
Na Šabatce 2050/17
143 06 Praha 4-Komořany
✉ martin.mozny@chmi.cz

This article deals with reassessment of the methodology of wildfire risk conditions after the unprecedented fire in the Bohemian Switzerland National Park during July and August 2022. The original methodology took into account mainly critical fire weather conditions based on maximum temperatures, relative humidity and wind speed. However, the large-scale fire mentioned above has shown that this approach is no longer sufficient under changing climatic conditions. Therefore, multiple inputs were implemented within the new severe wildfire risk calculation. The severe wildfire risk assessment uses a combination of the fire weather index, the Haines index expressing the instability of the atmosphere, the area vulnerability index, which expresses the actual density of wildfires over the last decade, and the drought intensity expressed by the antecedent precipitation index. The newly developed Severe Wildfire Risk index can help to detect the risk of large and difficult-to-extinguish wildfires in advance.

KLÍČOVÁ SLOVA: požár přírodní – počasí požární – sucho – riziko závažného požáru – předpověď rizika

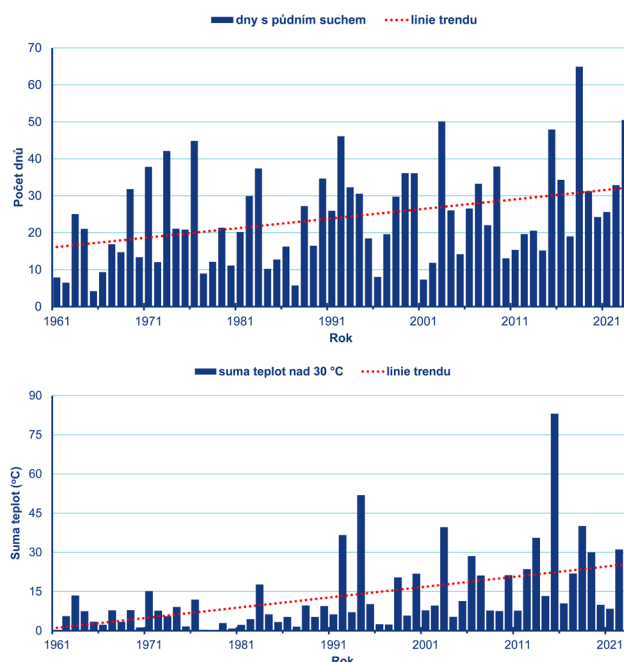
KEYWORDS: wildfire – fire weather – drought – severe wildfire risk – risk forecast

1. Úvod

Za požáry v přírodním prostředí, dále jen přírodní požáry, jsou považovány všechny nekontrolované, volně se šířící požáry vegetačního pokryvu zahrnující jak přírodní, tak umělé ekosystémy. Přírodní požáry se na území Česka nejčastěji vyskytují v teplé polovině roku, od března do října. Přírodní požáry jsou na našem území obecně méně ničivé než v oblastech s větším výskytem sucha, jako je jih Evropy, nebo naopak na severu Evropy v oblastech s větším zalesněním a nižší hustotou osídlení. Většina požárů vegetace má v Česku rozlohu menší než 5 hektarů, avšak jejich frekvence postupně roste. Za více než 95 % požárů může lidská nedbalost, ale roste podíl požárů způsobených úderem blesku. Díky zlepšující se prevenci a kvalitní

technické základně se daří udržovat rozsah požárů na stabilní úrovni, přesto v posledních dvaceti letech došlo v Česku k nárůstu počtu těchto požárů. Nicméně, studie z nedávných let již prokázaly postupný nárůst počtu požárů vegetace i významnou závislost jejich četnosti na povětrnostních podmínkách (Možný et al. 2020). Ve všech regionech Česka v posledním desetiletí přispěla ke zvýšenému výskytu požárů vegetace kombinace půdního sucha a vysokých teplot (obr. 1). Je také patrné, že růst hustoty obyvatel v zázemí velkých sídel hraje v tomto případě významnou roli. Spolu s rostoucím počtem dnů s vhodným souběhem počasí umožňující rychlé šíření požáru (požární počasí) a sucha – tyto faktory poměrně zřetelně vystihují trend poslední desítky let, kdy narůstá počet „požárně rizikových dnů“.

Pro varování před vznikem přírodních požárů se používají různé modely a indexy založené na hodnocení požárního počasí a sucha (Di Giuseppe et al. 2016). V Evropě jsou lesní požáry sledovány Evropským informačním systémem o lesních požárech (EFFIS), který poskytuje historické údaje a data v téměř reálném čase o výskytu a průběhu lesních požárů v EU a sou-



Obr. 1 Trend průměrného počtu dnů s půdním suchem (nahore) a sumy průměrných denních maximálních teplot vzduchu nad 30 °C (dole) mezi roky 1961 a 2023 v Česku. Půdní sucho je vymezeno půdní vlhkostí pod 30 % využitelné vodní kapacity v profilu 0–40 cm.

Fig. 1. Trend in the average number of days with soil drought (top) and sum of average daily maximum air temperatures above 30 °C (bottom) between 1961 and 2023 in the Czech Republic. Soil drought is defined by soil moisture below 30% of the available water capacity in the 0–40 cm profile.

sedních zemích. Na webu centra jsou přístupné předpovědi nebezpečí požárů s využitím kanadského indexu nebezpečí požáru FWI (Wotton 2009; Vitolo et al. 2019), který jako zdrojová data používá výstupy z předpovědních modelů počasí ECMWF, DWD a MétéoFrance. Hlavními vstupními daty pro model jsou minimální vlhkost vzduchu, maximální teplota vzduchu, úhrn srážek a maximální rychlost větru a jeho směr.

Kromě indexu FWI a jeho dílčích parametrů, se používají i další indikátory hodnotící vhodné povětrnostní podmínky pro přírodní požáry: i) v blízkosti zemského povrchu index Hot-Dry-Windy (HDW) a ii) ve spodní troposféře kontinuální Hainesův index (CHI). Tyto indexy udávají míru obtížnosti zvládnutí požárů v přírodním prostředí a lze je vypočítat s časovým a prostorovým rozlišením v dané oblasti, které se nejlépe přizpůsobí řízení prevence a boje s nimi. Hainesův kontinuální index, který odráží podmínky nestability a sucha v nižších vrstvách atmosféry a může být spojen s explozivními a rychle se šířícími požáry (Potter et al. 2008); a index Hot-dry-windy, který je ovlivněn teplem, vlhkostí a větrem v blízkosti povrchu (Srock et al. 2018). Forest fire danger index (FFDI) je australský index (McArthur et al. 1967), který ve svých vstupech kombinuje teplotu vzduchu, rychlost větru a faktor sucha (faktor sucha reprezentuje vliv nedávného průběhu teploty vzduchu a úhrnu srážek na dostupnost hořlavého materiálu). Obdobně je konstruován i Finnish fire index (FFI) (Heikinheimo et al. 1998).

Většina modelů využívá velmi podobné hodnocení „požárního počasí“ představujícího vysoké riziko požáru při interakci klíčových meteorologických prvků. Ideálními podmínkami pro vznik a šíření požárů jsou vysoké teploty, silný vítr, nízké vlhkosti vzduchu a atmosférická instabilita. Tyto faktory společně vytvářejí prostředí, které podporuje rychlý růst a šíření ohně. Vysoké teploty a nízká vlhkost vzduchu způsobují suchost materiálu v lese, což zvyšuje hořlavost vegetace. Silný vítr pak pomáhá šířit plameny do okolí, zatímco atmosférická nestabilita může přinést bouřky s blesky, které mohou spustit nové požáry, nebo posílit ty existující. Tyto podmínky jsou často spojeny se suchými obdobími a klimatickými změnami, které mohou zvýšit riziko vzniku a rozšíření lesních požárů. Dalšími faktory, které přispívají k této situaci, jsou zhoršení kondice vegetace vlivem sucha nebo škůdců, jako je např. kůrovec (lýkožrout smrkový), suburbanizace nebo zvyšující se intenzita dopravy. Na jihu Evropy hraje velmi významnou roli i struktura vegetace, která je méně odolná vůči ohni (Pausas a Paula 2012).

Ověření metod odhadu výskytu požárů s reálným výskytem požárů je klíčové pro posouzení přesnosti a spolehlivosti těchto metod. Např. Jurečka et al. (2019) pracoval s průběhem hodnot tří indexů (FWI, FFDI a FFI) pro odhad požárního počasí. Trnka et al. (2020) provedl porovnání těchto tří indexů (FWI, FFDI a FFI) s reálným výskytem přírodních požárů během období 1991–2018. Výsledky těchto studií mohou být klíčové pro zdokonalení metod odhadu požárního počasí a přispět k vývoji efektivnějších strategií prevence a zvládnutí požárů. Na základě výsledků vycházejících ze stanovených modelů a indexů vznikají strategie a řízení zásahu proti požárům a různá další opatření, která působí jako prevence vzniku

požárů – sledování počasí, letecké a družicové sledování krajiny, výstrahy a upozornění na nebezpečí rozdělávání ohňů či následné stanovení priorit pro ovlivnění šíření požáru. Preventivní opatření a včasné vydání výstrahy mohou hrát klíčovou roli při minimalizaci rizika požárů a ochraně životů a majetku.

Cílem tohoto příspěvku je ukázat, že pro hodnocení nebezpečí závažných požárů s rozlohou nad 10 ha je vhodné doplnit dosavadní index nebezpečí požáru o hodnocení suchosti krajiny, instability atmosféry a zohlednit zranitelnost konkrétního území vůči požárům.

2. Návrh nového hodnocení rizika vzniku závažného požáru

Výpočet rizika vzniku závažného požáru se skládá z pěti kroků (obr. 2):

– Krok 1: Výpočet indexu nebezpečí požáru (FWI).

Index FWI popisuje nebezpečí požárů pro otevřenou krajinu pokrytou vegetací. Nebezpečí požárů je rozděleno do pěti úrovní v souladu s mezinárodní praxí: 1 – velmi nízké, 2 – nízké, 3 – střední, 4 – vysoké a 5 – velmi vysoké. Čím je hodnota indexu vyšší, tím je vyšší riziko požárů. Vstupními daty jsou naměřené údaje ze sítě stanic ČHMÚ a předpovězené hodnoty meteorologických parametrů z modelu ALADIN (1.–3. den) a ECMWF (4.–6. den). Index hodnotí povětrnostní podmínky pro šíření požárů.

– Krok 2: Zohlednění suchosti krajiny.

Pro hodnocení se využívají data hodnotící předchozí srážky za posledních 30 dní (index API30). Vstupními daty pro první den výpočtu jsou naměřené údaje ze sítě srážkoměrných stanic ČHMÚ, pro výhled úhrnů srážek na následující dny je použita předpověď srážek dle modelu ALADIN.

– Krok 3: Zohlednění zranitelnosti území vůči požárům.

Hodnocení vyjadřuje faktickou hustotu výskytu přírodních požárů v posledních pěti letech podle výjezdů hasičů k požárům. Tato vrstva se každý rok aktualizuje a zohledňuje kromě zranitelnosti vegetace i zvýšení četnosti požárů v důsledku vyšší koncentrace obyvatelstva a dopravy.

– Krok 4: Zhodnocení instability atmosféry.

Hodnocení se provádí pomocí výpočtu Hainesova indexu, který měří potenciál suchého, nestabilního vzduchu ve spodní



Obr. 2 Schéma výpočtu rizika vzniku závažného požáru (SWR).

Fig. 2. Scheme of the calculation of the Severe Wildfire Risk (SWR).

vrstvě atmosféry přispívát k rozvoji velkých lesních požárů. Čím je hodnota Hainesova indexu vyšší, tím větší je potenciál, že se stávající požár rychle rozroste. Všechny velké přírodní požáry v Evropě během posledních let se vyskytly při vysokých hodnotách tohoto indexu v době vzniku požáru.

– Krok 5: Výpočet rizika vzniku závažného požáru (SWR)

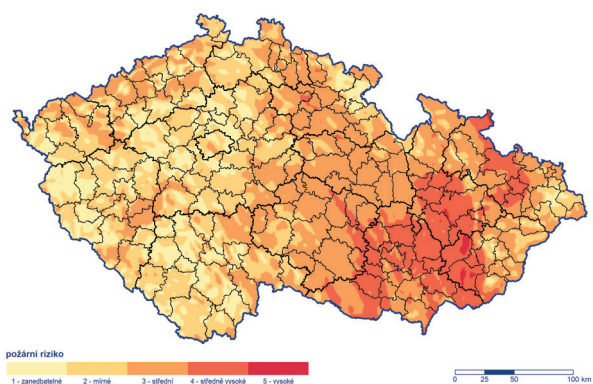
Stupnice rizika vzniku závažného požáru ČHMÚ vyjadřuje, jak závažným (intenzivním) by se mohl přírodní požár stát, pokud by vznikl na daném území. Riziko vzniku závažného požáru je rozděleno do čtyř úrovní: nízký, střední, vysoký a extrémní. Hodnocení rizika vzniku závažného požáru se využívá v rámci Systému integrované výstražné služby (SIVS) pro vyhlášení rizika nebezpečí požárů.

3. Ukázky využití rizika závažného požáru (SWR)

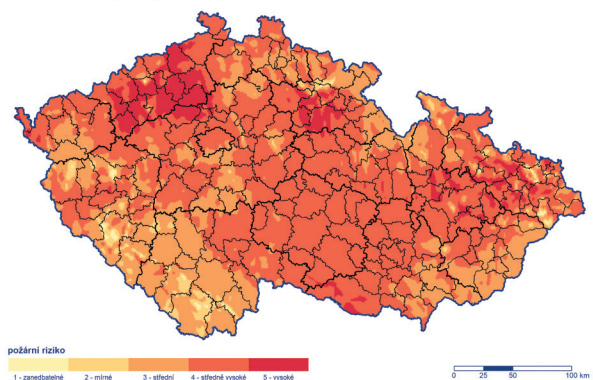
3.1 Požár v Národním parku České Švýcarsko

Dne 24. července 2022 vypukl v NP České Švýcarsko, v oblasti zvané Malinový důl, přírodní požár, který byl podle záznamů HZS ČR dosud největší na území Česka. Pro samotné rozšíření požáru bylo kritické počasí v prvních třech dnech od zjištění požáru (Možný a kol. 2022). Na obr. 3 jsou znázorněny mapy s indexem nebezpečí požáru (FWI) a rizikem vzniku závažného požáru (SWR) pro tyto tři dny. Zatímco index nebezpečí požáru byl na zájmovém území střední 24. 7., středně vysoký 25. 7.

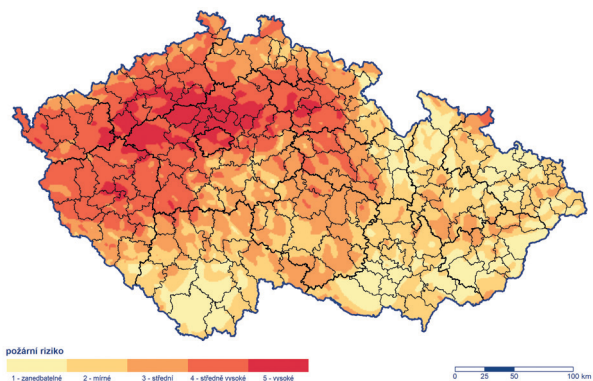
Index nebezpečí požáru pro 24. 07. 2022



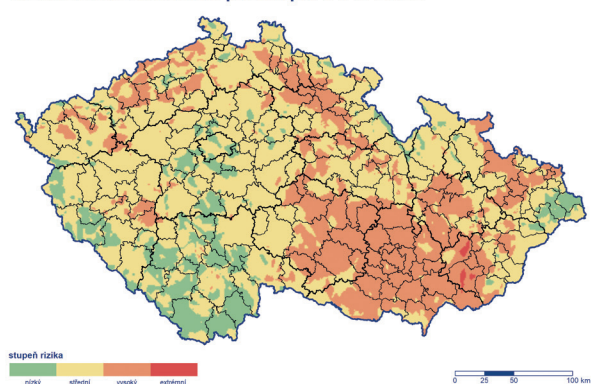
Index nebezpečí požáru pro 25. 07. 2022



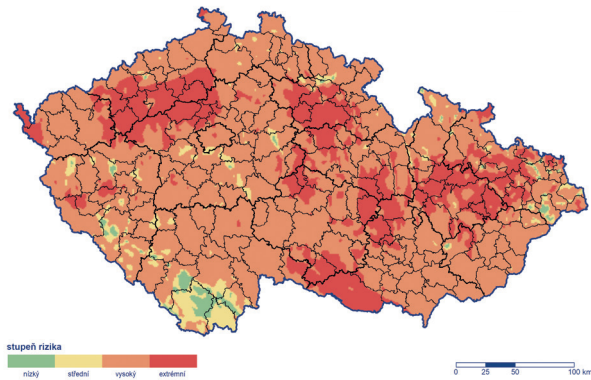
Index nebezpečí požáru pro 26. 07. 2022



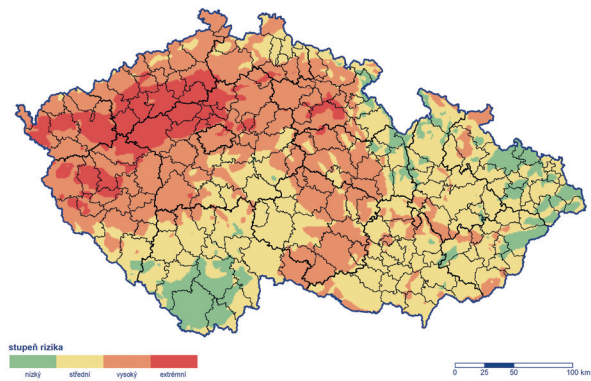
Riziko vzniku závažného požáru pro 24. 07. 2022



Riziko vzniku závažného požáru pro 25. 07. 2022



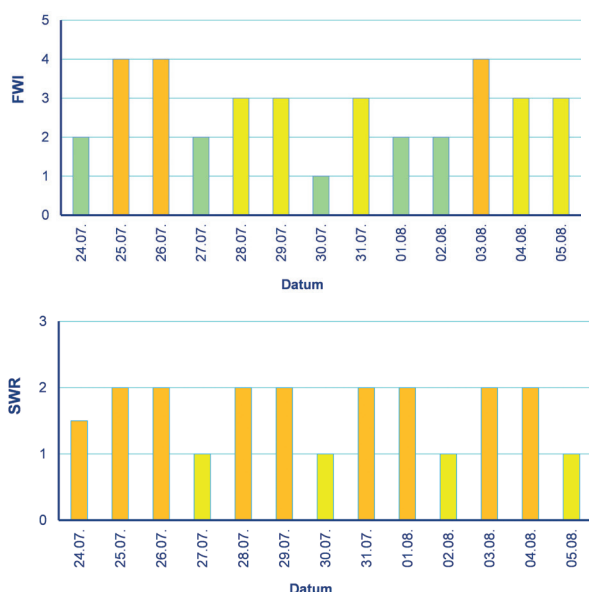
Riziko vzniku závažného požáru pro 26. 07. 2022



Obr. 3 Index nebezpečí požárů (vlevo) a riziko závažného požáru (vpravo) pro 24.–26. července 2022. Vyznačeny hranice obcí s rozšířenou působností.

Fig. 3. Fire Weather Index (left) and Severe Wildfire Risk (right) for 24–26 July 2022. Boundaries of municipalities with extended competence are marked.

a střední až středně vysoký 26. 7., riziko závažného požáru bylo nízké až vysoké 24. 7., vysoké až extrémní 26. 7. a 27. 7. (obr. 3). Ukazatel SWR tedy dokázal lépe vystihnout riziko závažnějšího požáru než FWI.



Obr. 4 Index nebezpečí požáru (FWI – škála 1 až 5) a riziko závažného požáru (SWR – škála 0 až 3) ve dnech 24. července až 5. srpna 2022. Zeleně – riziko žádné, žlutě – riziko nízké, oranžově – riziko vysoké.

Fig. 4. Fire Weather Index (FWI – scale 1 to 5) and Severe Fire Risk (SWR – scale 0 to 3) from 24 July to 5 August 2022. Green – no risk, yellow – low risk, orange – high risk.



Obr. 5 Úspěšnost předpovědi závažného požáru (2. až 4. stupeň požárního poplachu) za období 2021–2023 u indexu nebezpečí požáru (FWI), hodnocení sucha a rizika závažného požáru (SWR).

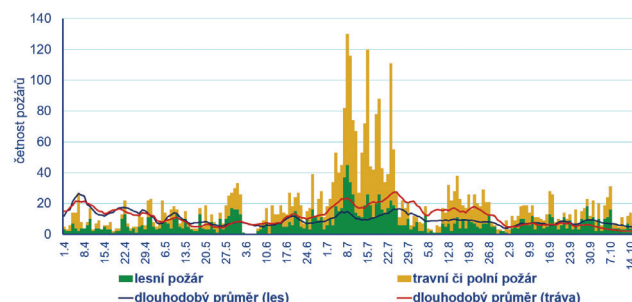
Fig. 5. Severe fire prediction success (fire alarm level 2 to 4) for the period 2021–2023 for the Fire Weather Index (FWI), drought assessment, and Severe Wildfire Risk (SWR).

Z obr. 4 je patrné, že hodnoty FWI v období od 24. července do 5. srpna v NP České Švýcarsko kolísaly od 1 (žádné) do 4 (středně vysoké riziko). Středně vysoké riziko požáru bylo zaznamenáno pouze 25. a 26. července a 3. srpna. Oproti tomu vysoké riziko závažného požáru (2) bylo zaznamenáno 25., 26., 28., 29. a 31. července a 3. a 4. srpna. Ve zbývajících dnech bylo zaznamenáno střední riziko (1). SWR dokázalo lépe vystihnout nebezpečí většího požáru než samotný FWI.

3.2 Hodnocení v období 2021 až 2023

U závažnějších přírodních požárů vyhláší HZS ČR stupně poplachu, které předurčují potřebu sil a prostředků pro záchranné a likvidační práce v závislosti na rozsahu a druhu mimořádné události. Vyhláší se čtyři stupně poplachu (1.–4. stupeň). U závažnějších požárů může být vyhlášen 2. až nejvyšší 4. stupeň. Za roky 2021 až 2023 byl 2. stupeň vyhlášen 12×, 3. stupeň 3× a 4. stupeň 6×. Na obr. 5 je znázorněna úspěšnost předpovědi závažnějšího přírodního požáru, definovaného dosažením stupně 2 až 4, v období 2021–2023. Nejvyšší úspěšnost 90,5 % měly předpovědi podle indexu rizika závažného požáru (SWR). Horší úspěšnost měl index nebezpečí požáru (FWI, 61,9 %) a hodnocení sucha (37,9 %).

Během roku 2023 bylo na našem území zaznamenáno celkem 3 800 přírodních požárů. Dle databáze HZS ČR bylo 1 516 požárů lesních a 2 284 požárů travního či polního porostu (obr. 6). V porovnání s dlouhodobým průměrem se vymyká zejména měsíc červenec, kdy byla celková četnost požárů lesa, travních či polních porostů téměř trojnásobná. Naopak jarní



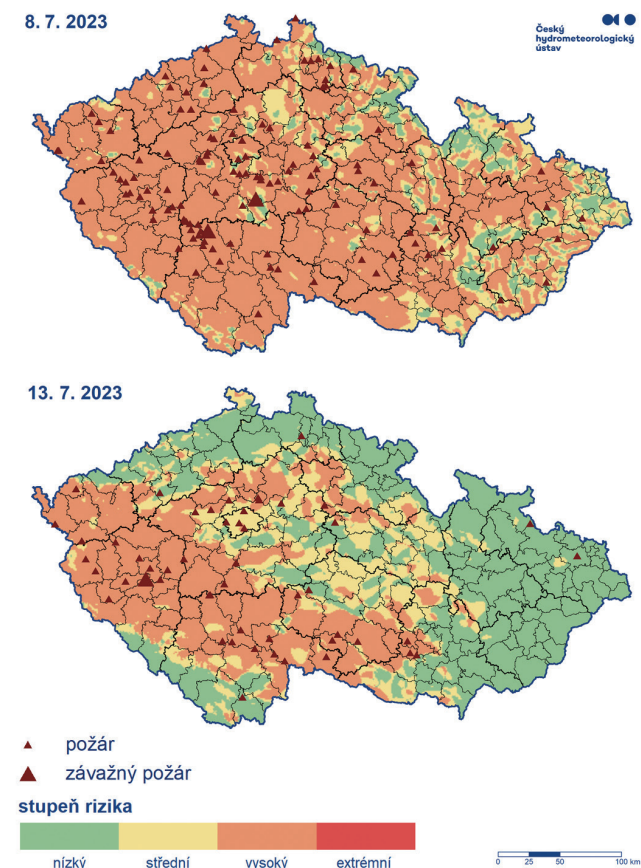
Obr. 6 Výjezdy hasičů k travním a lesním požárům v roce 2023 v porovnání s dlouhodobým průměrem.

Fig. 6. Firefighter call-ups to grass and forest wildfires in 2023 compared to the long-term average.

Tab. 1 Závažné přírodní požáry v roce 2023 (stupeň poplachu vyšší nebo roven 2 dle HZS ČR).

Table 1. Severe wildfires in 2023 (degree of alert equal or higher than 2 according to the Firefighter Service of the CR).

Datum	Okres	Obec	Souřadnice	Typ požáru	Stupeň
10. 5.	Děčín	Kytlice	50.82° N, 14.55° E	lesní	2
8. 7.	Benešov	Olbramovice	49.68° N, 14.62° E	lesní	3
8. 7.	Písek	Boudy	49.45° N, 14.04° E	lesní	2
9. 7.	Tachov	Horní Kozolupy	49.86° N, 12.96° E	travní (polní)	2
13. 7.	Plzeň-jih	Útušice	49.67° N, 13.38° E	travní (polní)	2
15. 7.	Písek	Jetětice	49.39° N, 14.28° E	lesní	4
18. 7.	Jičín	Sobotka	50.48° N, 15.21° E	lesní	2
20. 7.	Hl. m. Praha	Praha	50.04° N, 14.49° E	lesní	3
21. 7.	Trutnov	Havlovice	50.49° N, 16.02° E	travní (polní)	2
22. 7.	Karlovy Vary	Útvina	50.06° N, 12.91° E	lesní	3
14. 8.	Hodonín	Šardice	48.98° N, 17.05° E	travní (polní)	2
26. 9.	Jihlava	Dolní Cerekev	49.35° N, 15.43° E	lesní	2
2. 10.	Žďár n. S.	Žďár n. S.	49.54° N, 15.95° E	travní (polní)	2



Obr. 7 Riziko a faktický výskyt přírodních požárů ve dnech 8. 7. (nahore) a 13. 7. 2023 (dole).

Fig. 7. Risk and actual occurrence of wildfires on 8 July (top) and 13 July 2023 (bottom).

sezóna byla (s výjimkou přelomu května a června) normální, co se počtu přírodních požárů týče.

Závažných požárů, tedy těch případů, kdy je vyhlášen 2. až 4. stupeň požárního poplachu, bylo celkem 13 (tab. 1). Závažné požáry se vyskytly v drtivé většině během červencové epizody, kdy se k poměrně silnému suchu přidalo i nebezpečné požární počasí, zejména poměrně silný vítr a vysoké teploty (obr. 7). Souběh těchto okolností významně přispěl k vyšší četnosti výjezdů k požárům. Konkrétně 8., 9., 15. a 23. července 2023 přesáhl denní počet výjezdů k přírodním požárům stovku. Zároveň se 8. červenec stal jediným dnem v roce, kdy byly ohlášeny dva závažné požáry během jednoho dne (obr. 7), kdy v obou případech šlo o požár lesního porostu. Celkem 38,5 % všech závažných požárů se stalo o víkendech, kdy lze očekávat zvýšenou aktivitu lidí v přírodě.

Situace požárního rizika a faktického výskytu požárů je vyobrazena pro 8. a 13. července (obr. 7). Během 8. července bylo vysoké požární riziko téměř rovnoměrně platné pro celé naše území, čemuž následně relativně dobře odpovídalo i rozmístění nastalých požárů. Naproti tomu 13. července už bylo jak riziko, tak potažmo výskyt požárů omezenější spíše na jihozápadní třetinu Česka a část středních Čech. HZS ČR zaznamenává všechny výjezdy i k malým požárům, které mohou vzniknout prakticky kdekoli, i v místech s méně vhodným požárním rizikem. Příčinou většiny požárů jsou případy lidské neopatrnosti či nedbalosti (pálení trávy a větví na zahradách nebo v lese, odhozené nedopalky atd.), v některých případech však i úmyslné zháření.

U předpovědi požárního rizika je navíc složitější interpretace „úspěšnosti“. Zatímco např. u výstrah před vysokými teplotami, větrem apod. je poměrně snadno měřitelné, jestli onen jev opravdu nastal a v jaké intenzitě, u požárů je potřeba ještě navíc spouštěč, kterým je většinou člověk či jeho činnost, jenž požár způsobí. Tudiž i při vysokém až extrémním riziku požárů, kdy se sejdou všechny potřebné faktory (vysoké hodnoty indexu nebezpečí požárů, Hainesova indexu a silné sucho), nakonec nemusí k žádnému závažnému požáru v dané lokalitě dojít.

Při analýze výskytu všech přírodních požárů v červenci 2023 (dle reálných výjezdů HZS ČR) vyšlo najevo, že 78 % zaznamenaných výjezdů proběhlo během vysokého či extrémního rizika vzniku závažného požáru. Při započtení i středního (žlutého) stupně požárního rizika se „úspěšnost“ předpovědi dokonce zvýšila na 84 %. Stále je ale třeba zohlednit zbývajících cca 16 % požárů ohlášených na místech, kde bylo riziko nízké. Tento fakt hovoří jednak pro potřebu dalšího zpřesňování metodiky výpočtu, ale také částečně vysvětluje nejistotu a nepředvídatelnost způsobenou člověkem, který je nejčastější příčinou vzniku samotného požáru.

4. Diskuze a závěr

I přes významnou roli počasí při vzniku požárů vegetace nelze v podmínkách měnícího se klimatu pominout další faktory, kterými člověk přímo či nepřímo zvyšuje riziko vzniku požáru, např. suburbanizace, intenzivní doprava nebo nevhodné změny v krajině. Zejména v blízkosti měst na úrovni regionálních center však dochází k nárůstu hustoty osídlení, které prokazatelně zvyšuje četnost výskytu požárů vegetace. Rozhraní mezi volnou přírodou a městem je právě nejčastějším místem, kde vzniká největší množství přírodních požárů.

Rozvoj bydlení na okrajích měst a lesů výrazně zvyšuje riziko a četnost požárů nejen ve střední Evropě, ale i v celé Severní Americe a dalších oblastech světa, kde se vyskytuje fenomén suburbanizace (Radeloff et al. 2018). Mezi lety 1971 a 2015 byl průměrný podíl lesních požárů na celkovém počtu požárů vegetace pouze kolem 11 % oproti 89 % požárů travních či polních (Možný et al. 2020). Analýza dat z posledních 5 let však ukazuje, že se tento poměr rychle mění. Podíl lesních požárů se v období 2019–2023 zvýšil na 24 %, pro samotný rok 2023 bylo lesních požárů dokonce 39 %.

Vztah mezi četností požárů vegetace a vlnami veder a sucha je velmi důležitý při sezónní předpovědi nebezpečí požárů vegetace s přihlédnutím k faktu, že se jejich četnost dlouhodobě zvyšuje ve všech krajích Česka. Kombinace sucha a horkých vln, trvající déle než 6 dní, byla nejčastější příčinou vzniku požárů vegetace v letech 1992, 2003, 2012 a 2015 (Trnka et al. 2021). Tyto události (tzv. compound events) složené z více faktorů mohou významně ovlivnit výskyt pro člověka nebezpečných jevů, nejen požárů vegetace. Nedávný příklad závažného požáru v Českém Švýcarsku během léta 2022 jasně doložil, že s měnícím se klimatem i ve střední Evropě narůstá riziko rozsáhlých požárů tak, jak je známe spíše ze států jižní Evropy. I proto věříme, že nově nastavený systém výpočtu rizika vzniku závažného požáru dokáže lépe podchytit nebezpečný souběh podmínek, který je pro vznik takového požáru v našich podmínkách potřeba, a s dostatečným předstihem před ním varovat.

Nové hodnocení rizika vzniku závažného požáru (SWR) může lépe vystihnout situace, kdy hrozí riziko plošně rozsáhlého požáru na našem území. Nové hodnocení může být vhodným doplňkem předpovědi založených pouze na hodnocení požárního počasí pomocí indexu nebezpečí požáru (FWI). Analýza závažnějších přírodních požárů na základě stupňů poplachu podle HZS ČR v letech 2021–2023 ukázala, že SWR dokázalo detekovat 90,5 % závažnějších požárů, FWI 61,9 % a hodnocení podle sucha jen 37,9 %. Samotný ukazatel sucha nelze využít s dostatečnou spolehlivostí pro předpověď rizika vzniku závažného požáru pro území Česka. Vhodné požární počasí totiž dokáže způsobit bleskové sucho (flash drought) ve vrchní vrstvě půdy a následné rychlé šíření požáru v porostu. Vzhledem k menší četnosti závažnějších požárů v rámci Česka testují autoři článku SWR i pro další lokality v Evropě v rámci iniciativy Destination Earth (DestinE) zaměřené na adaptaci na změnu klimatu a prognózu extrémních jevů počasí.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku, PERUN“ (SS02030040), který je podporován Technologickou agenturou ČR.

Literatura:

- DI GIUSEPPE, F. et al., 2016. The potential predictability of fire danger provided by numerical weather prediction. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol. **55**, s. 2469–2491. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-15-0297.1>.
- HEIKINHEIMO, M., VENÄLÄINEN, A., TOURULA, T., 1998. A soil moisture index for the assessment of forest fire risk in the boreal zone. In: *COST 77, 79, 711*. International Symposium on Applied agrometeorology and Agroclimatology.
- JUREČKA, F. et al., 2019. Comparison of methods for the assessment of fire danger in the Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Vol. **67**, s. 1285–1295. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.11118/actaun201967051285>.
- MCARTHUR, A. G., 1967. Fire Behaviour in Eucalypt Forests. Australia: Forestry and Timber Bureau, Leaflet **107**, 36 s.
- MOŽNÝ, M. et al., 2020. Past (1971–2018) and future (2021–2100) pan evaporation rates in the Czech Republic. *Journal of Hydrology*, Vol. **590**, Article 125390. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125390>.
- MOŽNÝ, M., TRNKA, M., BRÁZDIL, R., 2021. Climate change driven changes of vegetation fires in the Czech Republic. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. **143**, s. 691–699. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03443-6>.
- MOŽNÝ, M. et al., 2022. Výjimečný přírodní požár v Národním parku České Švýcarsko v létě 2022. *Meteorologické zprávy*, roč. **75**, č. 5, s. 144–150, ISSN 0026-1173.
- PAUSAS, J. G., PAULA, S., 2012. Fuel shapes the fire-climate relationship: evidence from Mediterranean ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, Vol. **21**, s. 1074–1082. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2012.00769.x>.
- POTTER, B. E. et al., 2008. Computing the low-elevation variant of the Haines index for fire weather forecasts. *Weather and Forecasting*, Vol. **23**, s. 159–167. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/2007WAF2007025.1>.
- RADELOFF, V. C. et al., 2018. Rapid growth of the US wildland-urban interface raises wildfire risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. **115**, s. 3314–3319. Dostupné z: <https://doi.org/10.1073/pnas.1718850115>.
- SROCK, A. F. et al., 2018. The hot-dry-windy index: A new fire weather index. *Atmosphere*, Vol. **9**, 279. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/atmos9070279>.
- TRNKA, M. et al., 2020. Systém indikátorů rizik přírodních požárů (ověření různých postupů stanovení rizika vzniku přírodních požárů) včetně návodu na použití integrovaného předpovědního systému. Certifikovaná metodika (NmetS1), projekt MZP/2020/020/326, www.firerisk.cz.
- TRNKA, M., et al., 2021. Observed and estimated consequences of climate change for the fire weather regime in the moist-temperate climate of the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. **310**, Article 108583. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108583>.
- VITOLO, C. et al., 2019. A 1980–2018 global fire danger re-analysis dataset for the Canadian Fire Weather Indices. *Scientific data*, Vol. **6**, Article 190032. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/sdata.2019.32>.
- WOTTON, B. M., 2009. Interpreting and using outputs from the Canadian Forest Fire Danger Rating System in research applications. *Environmental and ecological statistics*, Vol. **16**, s. 107–131. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10651-007-0084-2>.

Lektoři (Reviewers):

RNDr. Radim Tolasz, Ph.D., Mgr. Adam Valík, Ph.D.