

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



Ohrožení lesních porostů požáry na území České republiky

Diplomová práce

Autor: Bc. Roman Berčák

Vedoucí práce: prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Roman Berčák

Lesní inženýrství

Název práce

Ohrožení lesních porostů požáry na území České republiky

Název anglicky

Threat of forest fires on the territory of the Czech Republic

Cíle práce

Cílem práce je vytvořit mapu ohrožení lesních porostů požáry na území České republiky.

Metodika

Z množství faktorů ovlivňujících pravděpodobnost vzniku lesního požáru bude použita pro interpretaci poznatků převládající druh dřeviny, typ stanoviště, geografická distribuce výskytu požárů v území a potenciál klimatických podmínek. Na základě všech parametrů bude území České republiky rozděleno do tří zón ohrožení s hlediska pravděpodobnosti vzniku lesních požárů.

Data o rozšíření dřevin budou převzata z celoevropského statistického mapování dřevin na základě dat národních inventarizací lesa, prediktivního mapování a národních lesnických statistik. Typ stanoviště, především potom jeho vodní režim, a jeho predispozice pro vznik požárů bude hodnocen na základě typologické klasifikace (souboru lesních typů), resp. sloučením jednotlivých typů na základě hydrických řad. Výsledná klasifikace umožní jednoduchý převod SLT, informace dostupné vlastníkům lesa, na jednotky použité v modelu.

Dalším hodnoceným faktorem bude faktor hořlavosti vyjádřený geografickou distribucí počtu, frekvence výskytu požárů na základě evidence HZS. Rastrové reprezentace obsahující geografické rozmístění vstupních hodnot budou pro potřeby kombinovaného vyhodnocení hodnot faktorů standardizovány na jednotné rozpětí 0-1.

Výslednou pravděpodobnost vzniku požárů bude zjištěna na základě vzájemného vynásobení hodnot všech hodnocených faktorů pro každou buňku hodnoceného území.

Doporučený rozsah práce

40 s. včetně příloh

Klíčová slova

lesní požáry; riziko požárů; ochrana lesa

Doporučené zdroje informací

- Barbosa M.R., Seoane J.C.S., Buratto M.G., Dias L.S. D., Raivel J. P. C., Martins F.L. 2010: Forest Fire Alert System: a GeoWeb GIS prioritization model considering land susceptibility and hotspots – a case study in the Carajas National Forest, Brazilian Amazon. *International Journal of Geographical Information Science*, 24: 873-901.
- Holéc J. (eds) 2003. Fire Risk Insurance Model for Forest Stands Growing in the Area of Slovak Paradise. In: *Forest Fire in the Wildland-Urban Interface and Rural Areas in Europe An integral planning and management challenge*, Institute of Mediterranean Forest Ecosystems and Forest Products Technology, Athens, Greece, May 15-16 2003: 161-172.
- Kula E. 1981: Lesní požáry v CSSR. *Lesnictví* 27: 545-566.
- Kula E. 1985: Výskyt a příčiny lesních požárů v CSSR (1979-1983). *Acta Univ. Agric.Brno*, series C (Fac. silvic.), 54 (1-2): 225 – 246.
- Majlingová A. 2007. Analýza zranitelnosti lesných oblastí voči lesnému požiaru s využitím informácií o území. In *Enviro i fórum 2007 [elektronický zdroj]: odborné fórum oenvironmentálnej informatike: 3. ročník konferencie*. Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia: 92-105.
- Tomášek L. 2004: Organizace prevence proti vzniku lesních požárů u podniku Lesy České republiky, s.p. In *Lesní požáry: Sb. ref. ze sem. s mez. účastí: Praha 18. února 2004: Praha, CZU FLE 2004: 17-23*.
- Tuček J., Majlingová A. 2009: Forest fire vulnerability analysis. In *Bioclimatology and natural hazards*. Springer Science+Business Media B.V., Dordrecht.
-

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 2. 5. 2016

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 13. 04. 2017

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Ohrožení lesních porostů požáry na území České republiky vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jaroslava Holušu, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 15.4.2017

.....

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Jaroslavu Holušovi, Ph.D. za poskytnuté rady, připomínky, materiály a čas, který mi při konzultování této práce věnoval. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Jiřímu Trombikovi a doc. RNDr. Tomáši Hlásnému, Ph.D. za pomoc při zpracování statistických a mapových výsledků.

V Praze dne 15.4.2017

Abstrakt

Lesní požár je ničivý činitel, který ovlivňuje veškeré funkce lesa. Znalost chování lesních požárů, jejich předpovídání a připravenost na jejich likvidaci, jsou nezbytné oblasti nejen k ochraně tohoto přírodního bohatství. Cílem práce bylo vytvořit mapu ohroženosti lesních porostů požáry na území České republiky a identifikovat tak nejrizikovější oblasti České republiky z hlediska lesních požárů.

Mapa ohroženosti lesních požárů byla vytvořena interakcí mnoha proměnných jako početnost lesních požárů na určitém území, počet obyvatel, míra turistického ruchu, což se odráží v návštěvnosti lesa. Dále procentuální zastoupení jehličnatých dřevin, procentuální zastoupení borovice nebo hydricita území odvozená ze souboru lesních typů.

Ze statistických výsledků porovnávajících počet požárů s ostatními proměnnými vyplývá, že ohroženost lesních porostů lesními požáry nejvíce ovlivňuje počet obyvatel a návštěvnost území. Další výrazněji ovlivňující proměnnou je procentuální zastoupení jehličnatých dřevin. Mapa ohroženosti lesních porostů požáry vytvořená z hodnot predikovaných regresním modelem ukazuje, že nejvíce je požáry ohrožována oblast středních Čech, oblast Krkonoš, Jizerských hor, Šumavy, Plzeňsko a Karlovarsko.

Klíčová slova: lesní požáry, riziko požárů, ochrana lesů

Abstract

Forest fire is a destructive factor, which affects all forest functions. Knowledge of forest fires behaviour, their forecasts and ways of firefighting are necessary for forest protection. Aim of study was create a map of vulnerability by forest fires in the Czech Republic and identify the most threatened regions.

Map vulnerability by forest fires was create by interaction of several factors like forest fires abundancy, human population, the rate of tourism (which is connected with the forest visiting), percentage of coniferous, percentage of pine forests and habitat moisture.

Analysing relationships of fire abundancy with other variables showed that vulnerability by forest fires is mostly affected by human population and rate of tourism and less by portion of coniferous forests. Map of vulnerability by forest fires showed that the most vulnerable regions are central Bohemia, The Giant Mountains, Jizerské hory mountains, Bohemian Forest mountains and vicinity of Plzeň city and surroundings of Karlovy Vary city.

Keywords: Forest fires, Risk of fires, Forest protection

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíle práce	11
3	Literární rešerše.....	11
3.1	<i>Definice lesního požáru.....</i>	<i>11</i>
3.2	<i>Charakteristika lesního požáru.....</i>	<i>13</i>
3.3	<i>Druhy lesních požárů</i>	<i>18</i>
3.3.1	Pozemní požár.....	18
3.3.2	Korunový požár	19
3.3.3	Podzemní požár.....	20
3.3.4	Požár dutého stromu	20
3.3.5	Kombinace různých druhů požárů a jejich přechody	21
3.3.6	Požár kalamitní plochy	23
3.4	<i>Příčiny vzniku lesních požárů</i>	<i>24</i>
3.4.1	Příroda jako příčina lesního požáru	24
3.4.2	Antropogenní činitel	24
3.5	<i>Faktory ovlivňující vznik a šíření lesního požáru</i>	<i>26</i>
3.5.1	Palivo	27
3.5.2	Meteorologická situace	28
3.5.3	Topografie.....	31
3.5.4	Další stanovištní podmínky	32
3.6	<i>Vliv požáru na lesní ekosystém</i>	<i>33</i>
3.7	<i>Předpovědní systémy nebezpečnosti vzniku lesního požáru.....</i>	<i>35</i>
3.8	<i>Modely chování se lesních požárů</i>	<i>41</i>
3.8.1	Empirické a kvazi-empirické modely	42
3.8.2	Fyzikální a kvazi-fyzikální modely	42
3.8.3	Simulace šíření lesních požárů	43

4	Metodika	45
4.1	<i>Zpracování databáze</i>	45
4.2	<i>Proměnné pro statistické výpočty a mapu ohroženosti</i>	46
4.2.1	Počet lesních požárů v rámci obcí s rozšířenou působností.....	46
4.2.2	Počet obyvatel obcí s rozšířenou působností	48
4.2.3	Návštěvnost obcí s rozšířenou působností	48
4.2.4	Dřevinná skladba lesů v rámci obcí s rozšířenou působností	48
4.2.5	Hydricita lesních porostů v rámci obcí s rozšířenou působností	48
4.3	<i>Statistické zpracování</i>	49
4.3.1	Redundance proměnných.....	49
4.3.2	Významnost prediktorů.....	49
4.3.3	Regresní model	49
4.4	<i>Tvorba mapy ohroženosti České republiky požáry</i>	50
5	Výsledky	50
5.1	<i>Výsledky ze zpracované databáze lesních požárů</i>	50
5.2	<i>Statistické výsledky</i>	53
5.2.1	Redundance proměnných.....	53
5.2.2	Významnost prediktorů.....	54
5.2.3	Regresní model	55
5.3	<i>Mapa ohroženosti požáry na území České republiky</i>	58
6	Diskuze	60
7	Závěr	64
8	Seznam použité literatury	66
9	Seznam příloh	84
10	Přílohy	85

1 Úvod

Lesní požáry, fenomén především zemí jižní Evropy, Kanady, Spojených států amerických či Austrálie začíná díky teplotním anomálním strašit i lesníky dalších koutů Evropy, včetně České republiky. Dlouhá období sucha, úbytek dešťových srážek a mírné zimy jsou jevy vedoucí k úbytku vláhy v lesních porostech, čímž se výrazně zvyšuje zápalnost a hořlavost tohoto prostředí.

Obyvatelé České republiky považují lesní požáry za druhou nejvyšší hrozbu pro lesní porosty na našem území (Riedl a Šišák, 2013). Přesto způsobí člověk svou nedbalostí okolo 70 % lesních požárů. Celkově pak způsobí až 83 % všech lesních požárů, u 15 % požárů se nepodaří příčinu zjistit a zbylá dvě procenta připadnou na vrub bleskům (Kula a Jankovská, 2013; Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015, 2016).

Lesní požáry jsou popisovány jako opravdové katastrofy z ekologického, fyzického a environmentálního hlediska (Rajaeev et al., 2002; Böhm et al., 2011). Lesní požáry v závislosti na jejich rozsahu a místních podmínkách mohou narušit stabilitu lesních ekosystémů. Postižené oblasti ukazují změny ve vodním režimu, v obsahu a složení živin a jejich koloběhu i změny ve fyzikálních a chemických vlastnostech půdy (Boerner, 1982; Kubíček a Šomšák, 1982; Certini, 2005). Proto je velmi důležité přesně vyhodnocovat a pečlivě řídit jejich dopady kdykoliv a kdekoliv k nim dojde. Stejně tak věnovat maximální úsilí jejich předcházení a snaze o minimalizování nežádoucích dopadů v případě jejich propuknutí. Lesní požáry reprezentují jeden z největších problémů týkající se všech lesních porostů na celém světě (Kandya et al., 1998; Tuia et al., 2008).

Proto je nezbytné začít i v České republice hledat oblasti lesními požáry nejvíce ohrožené a věnovat těmto oblastem zvýšenou pozornost, upravit management těchto území, zajistit dostatek zdrojů hasební vody a kvalitní lesní cestní síť, která usnadní pohyb hasičské techniky. Smyslem mojí práce bylo vytipovat tyto oblasti a přenést je do mapových podkladů.

2 Cíle práce

Cílem práce bylo vytvořit mapu ohroženosti lesních porostů České republiky požáry na základě početnosti lesních požárů, návštěvnosti lesů, zastoupení jehličnatých dřevin a hydricitě lesních stanovišť.

3 Literární rešerše

3.1 Definice lesního požáru

Jedinou oficiální zákonnou definicí požáru na území České republiky je definice požáru ve vyhlášce Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb., která definuje požár jako každé nežádoucí hoření, při kterém došlo k usmrcení nebo zranění osob nebo zvířat, ke škodám na materiálních hodnotách nebo životním prostředí a nežádoucí hoření, při kterém byly osoby, zvířata, materiální hodnoty nebo životní prostředí ohroženy.

Podle ČSN EN ISO 13943 (730801) je nekontrolovaný požár samovolné hoření šířící se nekontrolovaně v prostoru a čase.

Výkladový terminologický slovník některých pojmů používaných v analýze a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií (VUBP, v.v.i., 2016) vytvořený Výzkumným ústavem bezpečnosti práce – Odborné pracoviště pro prevenci závažných rizik zase definuje požár jako proces nekontrolovaného hoření, charakterizovaný plamenem a vývinem tepla a zplodin hoření. Prostor, kde požár probíhá, není předem určen a ohraničen (na rozdíl od ohně).

Pro účely požární ochrany podle Konspektů odborné přípravy jednotek požární ochrany se za požár považuje každé nežádoucí hoření, při kterém došlo k usmrcení či zranění osob nebo zvířat, anebo ke škodám na materiálních hodnotách. Za požár se považuje i nežádoucí hoření, při kterém byly osoby, zvířata nebo materiální hodnoty nebo životní prostředí bezprostředně ohroženy (Vilímek, 2009). Požár je proces nestacionární, doprovázený různými chemickými a fyzikálními jevy. Všechny tyto jevy spolu vzájemně souvisí a každý z nich svým způsobem ovlivňuje proces a rozvoj požáru (Ptáček, 2004).

Existuje tedy oficiální zákonná definice požáru, ovšem definice lesního požáru není v našich zákonech ani vyhláškách nikterak přesně stanovena.

Jak je definován les? Les je definován jako území o minimální velikosti 0,5 ha, kde korunový zápoj korun tvoří alespoň 10 %. Stromy považované za les by měly v dospělosti

dosahovat alespoň pětmetrové výšky (FRA, 2000). Tuto definici převzala i Evropská unie (Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 2152/2003).

V České republice se podle zákona č. 289/1995 Sb. § 2 lesy definují jako lesní porosty s jejich prostředím a pozemky určené k plnění funkce lesa. Za lesní porosty jsou považovány stromy a keře lesních dřevin, které v daných podmínkách plní funkce lesa. Dle § 3 lesního zákona se za pozemek určený k plnění funkce lesa (PUPFL) považují:

- Pozemky s lesními porosty a plochy, na nichž byly lesní porosty odstraněny za účelem obnovy, lesní průseky a nezpevněné lesní cesty, nejsou-li širší než 4 m, a pozemky na nichž byly porosty dočasně odstraněny na základě rozhodnutí orgánu státní správy lesů podle § 13 odst. 1 lesního zákona.
- Zpevněné lesní cesty, drobné vodní plochy, ostatní plochy, pozemky nad horní hranicí dřevinné vegetace (hole), s výjimkou pozemků zastavěných a jejich příjezdnicích komunikací, lesní pastviny a políčka pro zvěř, pokud nejsou součástí zemědělského půdního fondu a jestliže s lesem souvisejí nebo slouží lesnímu hospodářství. U těchto pozemků může orgán státní správy lesů nařídit označení jejich příslušnosti k pozemkům určeným k plnění funkce lesa.

Podle předpisů Evropského parlamentu a Rady EU č. 2152/2003 ze dne 17. listopadu 2003 je definován lesní požár tímto způsobem: „Lesním požárem se rozumí požár, který vypukne a šíří se v lese nebo na jiné zalesněné ploše, nebo který vznikne na jiné ploše a šíří se do lesa nebo na jinou zalesněnou plochu. Definice lesního požáru nezahrnuje předepsané nebo kontrolované vypalování, obvykle s cílem redukce nebo eliminace nashromážděného paliva na lesní půdě“ (Alemanno a Cox, 2003).

„Forest fire means fire which breaks out and spreads on forest and other wooded land or which breaks out on other land and spreads to forest and other wooded land. The definition of ‘forest fire’ excludes: prescribed or controlled burning, usually with the aim of reducing or eliminating the quantity of accumulated fuel on the ground“ (Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 2152/2003).

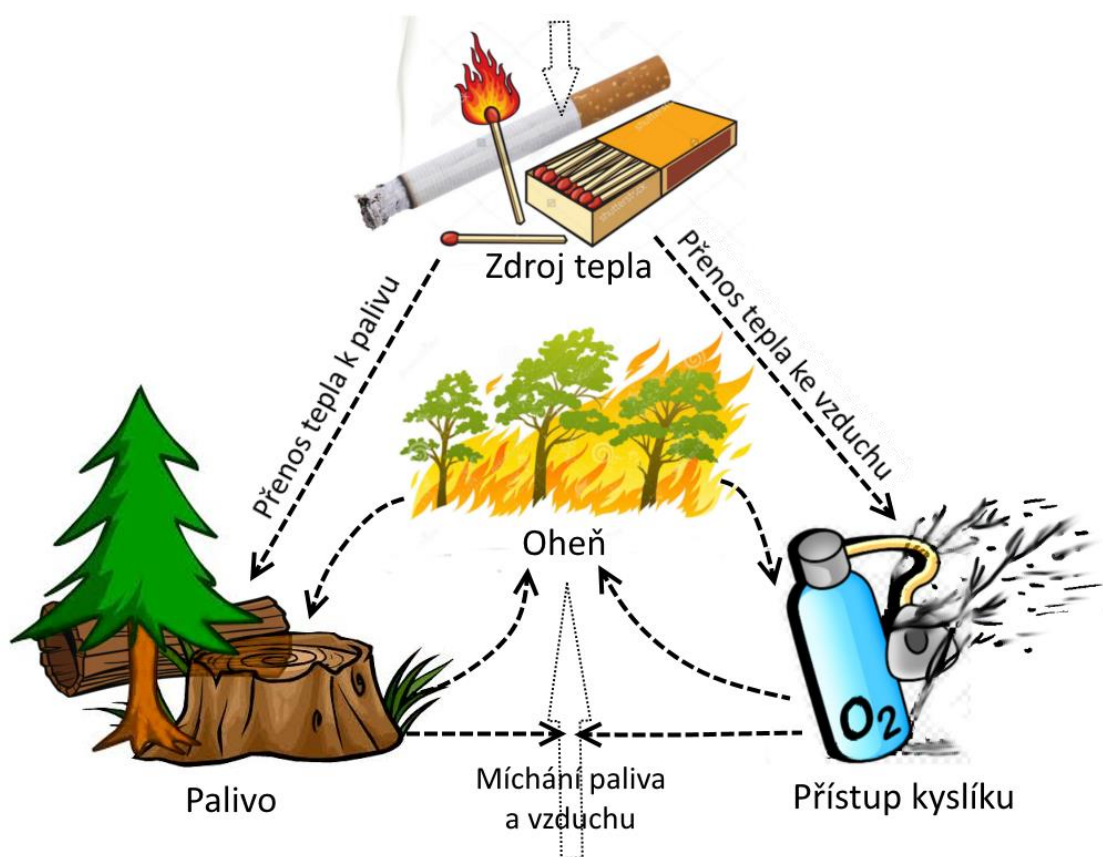
O definici lesního požáru se pokusil Stolina (1985), který definuje lesní požár jako mimořádně škodlivý činitel antropogenního nebo přírodního původu, který poškozuje všechny složky lesních biocenóz, a to jak biotop, tak i rostlinnou a živočišnou složku.

Chromek (2006) uvádí, že hoření lesa je náhlá částečně nebo zcela neovládaná časově a prostorově ohraničená mimořádná událost, která se projevuje nepříznivým dopadem na všechny společenské funkce lesa.

Dřívější autoři (Nechleba, 1927; Něstěrov, 1949; Pfeffer, 1961; Kunt, 1967; Forst et al., 1970) zabývající se lesními požáry pojem lesní požár nedefinují.

3.2 Charakteristika lesního požáru

Podle Chromka (2006) je lesní požár komplex fyzikálně-chemických jevů, jejichž základem jsou procesy hoření, výměny plynů a přenosu tepla, které se mění v prostoru a čase. Hoření lesního prostředí se dá charakterizovat jako hoření celého souboru organických materiálů, ze kterých je lesní prostředí složeno. Pro pochopení lesního požáru jako celku je třeba charakterizovat si hoření jednotlivých částí a vliv teploty na živou organickou hmotu, v tomto případě strom.



Obrázek 1: Trojúhelník hoření podle Osvald (1997).

Nevyhnutelnou podmínkou pro hoření je interakce tří základních zdrojů hoření, dvou materiálových (hořlavé látky a kyslíku) a jednoho energetického (tepleného) zdroje (Zachar, 2009). Podle Baloga a Kvarčáka (1999) nazýváme tyto tři základní zdroje trojúhelníkem hoření. Jako první ho formuloval Lavoisier (1743-1794). Později se objevil v práci Emmonse (1973), následně byl upraven Osvaldem (1997) (Obr. 1).

Živé buňky v lýku dřevin nesnesou teplotu vyšší než 54 °C (Baker, 1929). Ochrana těchto buněk plní u stromu borka a kůra, jakožto izolační vrstva proti obvyklým

výkyvům teploty (Krakovský, 2004; Chromek, 2006). Různé dřeviny mají různě silnou borku a dokážou tak více či méně odolávat požárům. Dřevinou velice odolnou vůči požárům s velice silnou borkou je sekvojovec obrovský (*Sequoiadendron giganteum* Lindl. 1853) (Weatherspoon, 1990). Pokud v lese, kde se nacházejí ohni neodolné dřeviny, působí na dřeviny vyšší žár, tak nastává částečné nebo i celkové odumírání podkorních pletiv, případně i celého stromu. Zvýšená teplota nad 100 °C má vliv na změny fyzikálních, strukturních a chemických vlastností dřeva. Kromě teploty mají na tyto změny vliv i jiné faktory, např. čas, atmosféra, tlak a množství přítomné vody. Tudíž za jistých podmínek lze pozorovat změny dřeva i při teplotách do 100 °C (Fengel a Wegener, 1984; Funaoka et al., 1990). Při teplotě 40 – 80 °C ztrácí dřevo vodu a u jehličnatých dřevin dochází k částečnému vylučování smůly s nízkým bodem varu. Při teplotě 80 – 150 °C se v pletivech i ve dřevě úplně ztrácí voda (Amy, 1961; Shafizadeh, 1984). Déletrvajícím působením plamene o teplotě 250 °C způsobí unikání hořlavých plynů ze dřeva (Gillet a Urlings, 1952; Kollmann, 1960). Dřevo se samo zapálí při teplotě okolo 300 °C (Kollmann, 1960; Marcok et al., 1997). Při teplotě nad 450 °C se vznítí plyny, které unikají ze dřeva již při kontaktu s venkovním vzduchem a při teplotě nad 600 °C se dřevo stává samo zdrojem hoření (Kollmann, 1960). Teplota plamene hořícího dřeva se pohybuje okolo 700 – 800 °C (Pfeffer, 1961; Stolina, 1985; Osvald a Chovanec, 1992; Krakovský, 2004; Chromek, 2006).

Krakovský (2004), Chromek (2006), Vilímek (2008) a International Fire Service Training Association (IFSTA) (Anon, 2010) dělí průběh lesních požárů do čtyř fází:

I. fáze

První fází požáru je období od vzniku požáru k rozhoření hořlavého předmětu. Tato fáze trvá 4 – 10 minut. Charakterizuje jí pomalý růst plochy požáru, nízká teplota a nízká intenzita výměny plynů. Požár v této fázi zpravidla nezpůsobuje velké škody. Likvidace požáru v první fázi je méně náročná.

II. fáze

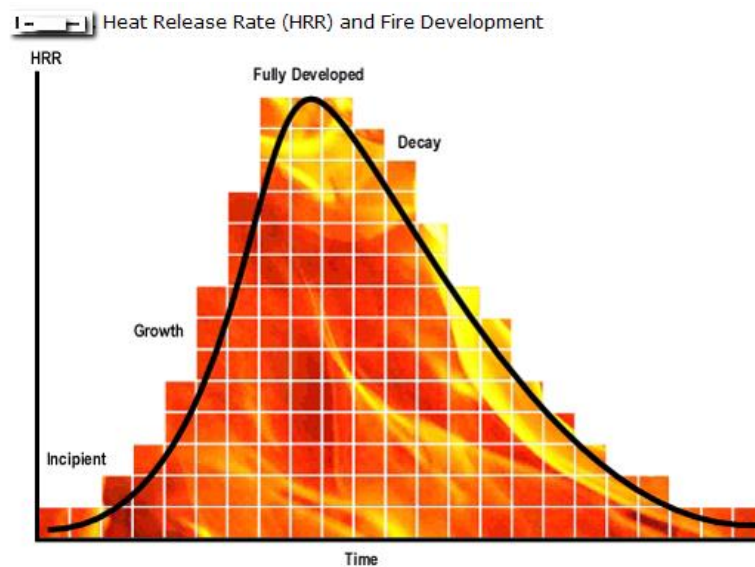
Druhou fází lesního požáru charakterizuje rychlé zvětšování plochy požárů, vysoká teplota a intenzita výměny plynů. Od intenzivně hořících předmětů se postupně zapalují další hořlavé látky a předměty. V této fázi je již k likvidaci potřeba nasazení mnohem většího množství techniky a hasičů na lokalizaci a likvidaci požáru.

III. fáze

Třetí fází lesního požáru je tzv. plně rozvinutý požár. Všechny hořlavé látky v této fázi intenzivně hoří. Dochází k poklesu teploty a zmenšování plochy požáru. Likvidace lesního požáru v této fázi často vyžaduje letecký zásah podporovaný pozemním zásahem s maximálním využitím dostupné pozemní techniky.

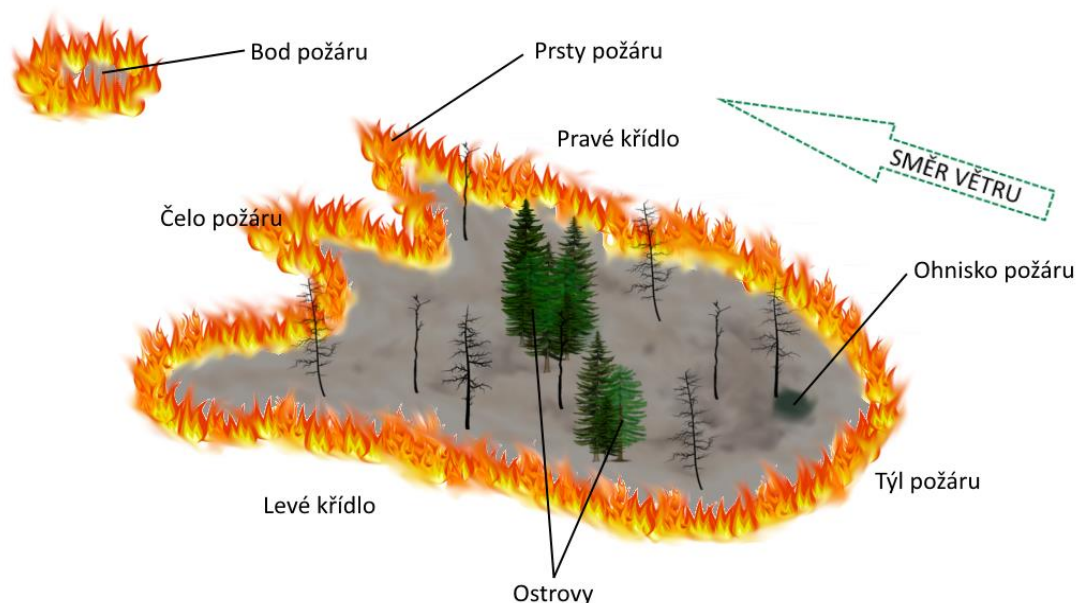
IV. fáze

Čtvrtou fází lesního požáru je odhořívání hořlavých látek až do jejich úplného dohoření.



Obrázek 2: Grafické znázornění rychlosti uvolňování tepla v čase v průběhu jednotlivých fází lesního požáru (Anon, 2010).

Hlavní části lesního požáru jsou ohnisko požáru, čelo požáru, týl požáru, pásy požáru, obvod, ostrovy a bod požáru (Wildfire News 2014) (Obr. 3) –



Obrázek 3: Schéma lesního požáru s označením jeho charakteristických částí dle Krakovský (2004), Wildfire News (2014).

Ohnisko požáru neboli místo vzniku je oblast, kde došlo ke vzniku požáru, resp. označuje bod, ze kterého se oheň začal šířit. Může se nacházet jak v blízkosti komunikací nebo zástavby, stejně tak v odlehlých a nedostupných oblastech. Záleží na příčině vzniku požáru. U zastavěných částí a v blízkosti komunikací bývá iniciátorem často člověk. V nedostupných oblastech je častější vznik požáru bez antropogenního vlivu.

Čelo požáru nazýváno také frontou požáru je část požáru, která se zpravidla nachází na opačné straně směru, ze kterého fouká vítr. Tedy část, která při vanutí větru postupuje nejrychleji ve směru vanutí, intenzivně hoří a způsobuje často nejvíc škod. Pokud se pokoušíme o zdoání lesního požáru je klíčovým prvkem dostat pod kontrolu právě frontu požáru a zabránit formování nové fronty.

Týl požáru se nachází na opačné straně fronty požáru. Vzhledem k tomu, že vanoucí vítr často tlačí týl směrem k frontě, tedy do míst, kde již hoří, nedochází na týlu k tak výraznému šíření jako na frontě požáru. Zpravidla hoří pomaleji, mírněji a dostat jej pod kontrolu je snadnější než v případě čela požáru.

Křídla požáru jsou boční strany lesního požáru. Křídla jsou přibližně rovnoběžná s hlavním směrem šíření požáru a oddělují frontu od týlu požáru. Pokud dojde k odklonění vanutí větru, může docházet k tomu, že se křídlo změní v čelo požáru a křídlo

opačné strany se tedy stává týlem požáru. Změna směru vanutí větru tedy často může výrazně ovlivnit schopnost likvidace lesního požáru.

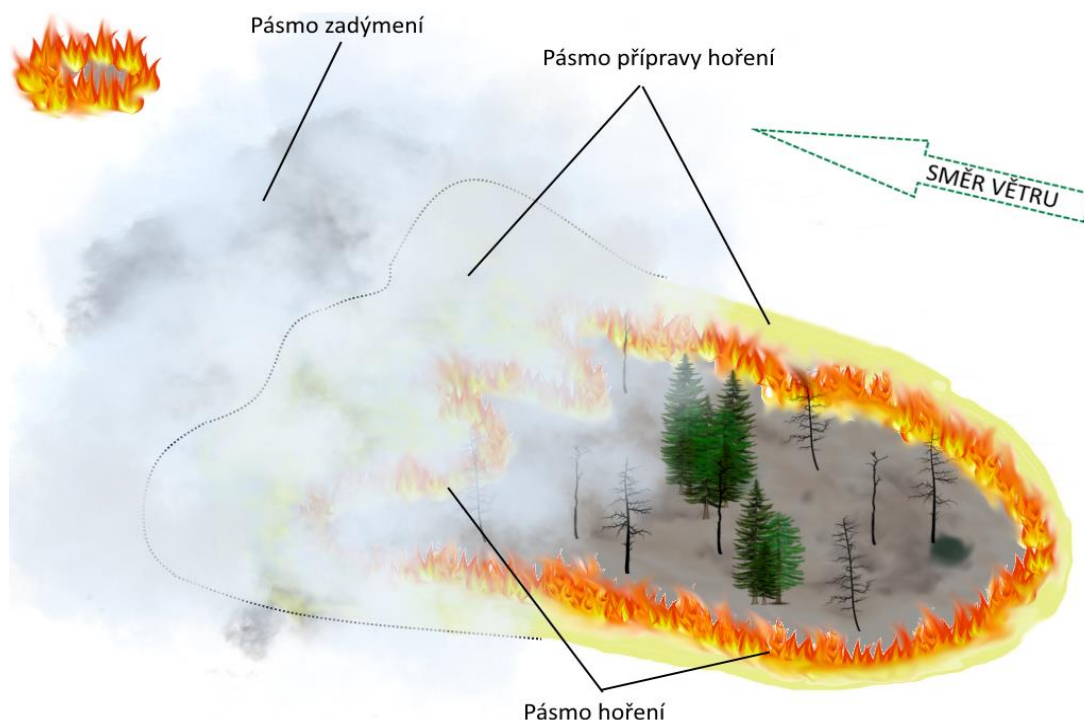
Prsty (pásky) požáru jsou dlouhé úzké pásky požáru, které se rozpínají od hlavního požáru rovnoběžně se směrem větru. Při nekontrolovaném lesním požáru za větrného počasí mohou pásky požáru vytvářet nové fronty požáru.

Obvod požáru je venkovní hranice nebo vzdálenost okolo venkovního pásma hoření a přípravy, viz (Obr. 3). Je také nazývaný jako okraj požáru. Postupně se zvětšuje, a to zpravidla až do doby počátku zdolávání lesního požáru.

Ostrovy jsou místa nacházející se uvnitř požáru, která neshořela. Je nezbytné tyto ostrovy mít pod kontrolou, neboť se na nich nachází potenciálně hořlavé látky, které by mohly začít hořet a opětovně šířit lesní požár.

Bod požáru je místo nacházející se mimo plochu požáru, kde vlivem odletujících jisker, žhavého popela či uhlíků začal vznikat nový požár. Je nezbytné tyto body požáru okamžitě zlikvidovat, neboť jeho rozšíření by mohlo vést ke spojení tohoto bodu požáru s požárem hlavním a obklíčení zasahujících osob či techniky tímto ničivým živlem (Krakovský, 2004).

Lesní požár lze mimo charakteristických částí ještě rozdělit na tři pásma (Obr. 4). Tato pásma spolu navzájem souvisí nebo se mohou navzájem prolínat (Chromek, 2006).



Obrázek 4: Schéma lesního požáru s označením charakteristických pásem dle Krakovský (2004), Chromek (2006), Vilímek (2008).

Pásmo hoření je pásmo, kde se z materiálů v důsledku působení tepla uvolňují plyny a dochází k vlastnímu hoření.

Pásmo přípravy je místo nejbližší k pásmu hoření. V tomto pásmu probíhá proces přípravy materiálů na hoření. Hořlavé materiály se v tomto pásmu zahřívají, dochází zde k odpařování vody, k rozkladu a následně ke vznícení. Bez přípravy materiálů nedochází k hoření, proto se ochlazováním hořlavých látek v pásmu přípravy zabraňuje šíření lesního požáru.

Pásmo zadýmení je pásmo, kde dochází k pohybu dýmových produktů, složených z nejmenších částí plynů a par, tvořících se při hoření a rozkládání látek. U lesních požárů je toto pásmo pohyblivé a závisí na směru a síle větru (Chromek, 2006).

3.3 Druhy lesních požárů

3.3.1 Pozemní požár

Pozemní požár je takový požár, při němž dochází v lese k zapálení půdního krytu (Pfeffer, 1961; Alexander a De Groot, 1988; Alexander a Lanoville, 1989; Francl, 2007; Sahin, 2007). Tento druh požáru se v podmínkách střední Evropy vyskytuje nejčastěji (Krakovský, 2004), stejně jako v zemích okolo Středozemního moře (Sahin, 2007). Zdrojem požáru, respektive látkami vstupujícími do hoření bývají nejčastěji suchá tráva, listí spadané ze stromů, suché jehličí, nízké stromy, nárosty, kůra, ležící větve, kmeny a suché dřevo (Krakovský, 2004; Francl, 2007; Sahin, 2007). Výška plamene při pozemním požáru závisí na zdroji hoření. V případě, že hoří hustá tráva (smilka (*Nardus sp.*), kostřava (*Festuca sp.*)) nebo hrabanka bez přítomnosti klestu a větví, výška plamene dosahuje výšky 5-50 cm. V případě, že hoří borůvčí, brusinka nebo třtina, jsou plameny vysoké od 60 do 150 cm. Plameny, které zachvátily jehličnatý podrost v kmenovině nebo zachvátily plochy, kde je velké množství dřevních zbytků po těžbě dosahují výšky 2-4 m (Něstěrov, 1949). Šíření pozemního požáru závisí především na rychlosti větru (Sahin, 2007). Něstěrov (1949) dělí pozemní lesní požár dvěma kategoriemi:

- letný pozemní požár,
- vytrvalý pozemní požár.

Letný pozemní požár vzniká převážně v jarním a letním období. Rychlost šíření tohoto požáru se pohybuje v hodnotách menších než $0,5 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Podle rychlosti šíření se požáry dělí na slabé (rychlost do $1 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$), střední (rychlost $1-3 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) a silné

(rychlost nad $3 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$). Pokud rozdělujeme pozemní požár podle výšky plamene, slabý požár je definován výškou plamene do 0,5 m, střední 0,5-1,5 m a silný nad 1,5 m (Krakovský, 2004). Pozemní požáry nejsou pro přírodu i člověka vážné nebezpečí, protože suchá tráva a spodní část kmene dřevin neposkytují dostatečné množství materiálu pro vytvoření velkého požáru (Pfeffer, 1961).

3.3.2 Korunový požár

Korunový požár je nejnebezpečnějším druhem lesního požáru. Jeho hlavní nebezpečí spočívá ve velice rychlém šíření požáru a v těžké ovladatelnosti tohoto požáru (Alexander a De Groot, 1988; Alexander a Lanoville, 1989; Krakovský, 2004). Ke vzniku dochází v místech, kde jsou hluboko zavětvené stromy, vysoká buřeň, keře, mlaziny či další podrost. Je tomu tak často na okrajích porostů nebo např. v porostech s přirozeným zmlazením a v tyčovinách (Kunt, 1967; Sahin, 2007).

Tento druh požáru má různé formy v závislosti na složení porostů a mocnosti ohně. Pokud v korunách hoří drobné větévky, dojde k vytvoření ohňového valu, který se rychle šíří porostem, přičemž na stromech zůstávají všechny silnější větve. Dochází k opálení kůry stromů a po zemi volnějším tempem postupuje pozemní požár (Pfeffer, 1961). Krakovský (2004) popisuje pohyb tohoto náhlého korunového požáru v korunách vlnovitě jako voda. Něstěrov (1949) uvádí, že rychlost šíření tohoto náhlého korunového požáru je od 8 do 25 km/hod a zachvacuje hlavně tyčoviny. Vytrvalý korunový požár vzniká v prořídlých starších porostech. Tento druh korunového požáru zachvacuje mimo malých větviček i větve silnější, proto po tomto požáru vzniká ze stromu pouze ohořelý pahýl se zuhelnatělou kůrou. Pohyb požáru je poměrně pomalý, mírně přebíhající v korunách. Při tomto požáru dochází k vypálení hrabanky až na minerální půdu a ke vznícení kořenů a pařezů, popř. uskladněného dříví (Pfeffer, 1961). Rychlost šíření tohoto požáru je 5 až 8 km/hod (Něstěrov, 1949). Krakovský (2004) dělí korunový požár v závislosti na rychlosti šíření. Slabý korunový požár má rychlost do $3 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, střední $3-100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a silný více jak $100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Korunovému požáru jsou schopny odolávat pouze zvláště velké stromy s vysoko nasazenou korunou a velmi silnou borkou. Příkladem jsou stejnorodé porosty severoamerických sekvojí, které byly v mládí postihnuty několika požáry. Tyto požáry zničili přimíšenou douglasku a borovici (Weatherspoon, 1990). Korunové požáry nejsou

příliš časté, ale postihují velké plochy. Zůstávají největším nebezpečím v oblastech s řídkým obydlím s extenzivním lesním hospodářstvím (Pfeffer, 1961).

3.3.3 Podzemní požár

Podzemní požár se nejčastěji vyskytuje v místech, kde se pod povrchem nachází hořlavé látky jako ložiska rašeliny, aktivní vápence a další (Krakovský, 2004; Sahin, 2007). Podzemní požár na rašelinách často prohoří i do spodních vrstev (Francl, 2007). Šíří se podél doutnajících kořenů zbylých pařezů, ve žhnoucí rašelině je schopen přepálit kořeny zdravých stromů, díky čemuž dojde k vyvrácení stromu a jeho následnému úhynu. Podzemní požár produkuje velké teplo, ale prakticky žádný plamen (Sahin, 2007). Lze jej identifikovat pomocí nepříliš hustého dýmu vycházejícího kolem kořenů a pařezů (Pfeffer, 1961). V dnešní době se hojně využívají pro detekci podzemního požáru termokamery (Calle et al., 2006). Tento druh požáru nebývá častý, ani příliš rozsáhlý. Jeho početnost se zvyšuje během suchého letního období, kdy dojde k dostatečnému proschnutí rašelinové vrstvy (Francl, 2007). Bývá velmi vytrvalý a může hořet celé týdny i měsíce (Kunt, 1967). Jedná se o nebezpečný požár, který může relativně snadno přejít do požáru pozemního. Rychlost šíření požáru je velmi malá, nepřesahuje 2 až 5 m za den (Krakovský, 2004). Výskyt podzemních požárů na rašelinných půdách je ve střední Evropě malý (Pfeffer, 1961). Sahin (2007) uvádí vzácný výskyt i v Himalájských smrkových a jedlových porostech.



Obrázek 5: Druhy lesních požárů, a) podzemní požár, b) pozemní požár, c) korunový požár (Sahin, 2007).

3.3.4 Požár dutého stromu

Tento druh požáru se vyskytuje jen velmi zřídka. Požár na rozdíl od ostatních druhů požárů postihuje pouze jednotlivé stromy (Krakovský, 2004). Vykotlaný kmen představuje komín, přičemž požár uvnitř stromu zachvacuje vyhnílé dřevo, které zvolna uhelnatí (Pfeffer, 1961; Forst et al., 1970). Není velký problém tento požár uhasit, zvláště

pokud se jedná o osamocený strom. Pokud se však tento druh požáru nachází v lese, může zapříčinit vznik jiného druhu i velkého druhu požáru (Krakovský, 2004). Strom může prohořet takovým způsobem, že se rozlomí, spadne a žhavé uhlíky způsobí vznik pozemního požáru (Pfeffer, 1961). Příčinnou vzniku může být úder blesku, popřípadě u dutých stromů i samovznícení (Krakovský, 2004). Často tyto požáry vznikaly a v některých zemích vznikají nadále díky pastevcům, kteří s oblibou zakládají ohně v dutých stromech (Pfeffer, 1961).



Obrázek 6: Požár dutého stromu (Chromek, 2016).

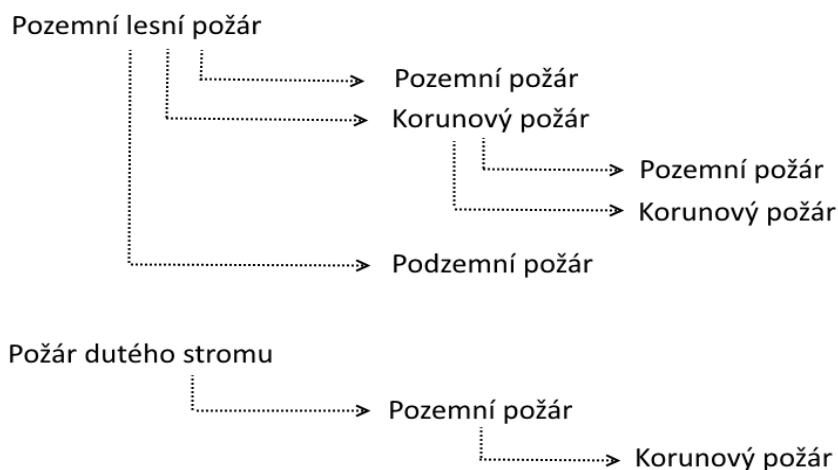
3.3.5 Kombinace různých druhů požárů a jejich přechody

V mnoha případech lesních požárů se nejedná pouze o jeden druh požáru. Jeden druh požáru může postupně přecházet v další a následně mohou hořet současně. Pfeffer (1961) poukazuje, že pokud se pozemní požár rozšíří do jehličnatých mlazín, rychle dochází k přeskočení plamene do korun mladých stromků a brzy se objevuje hořící val od povrchu půdy až k vrcholům. Z mlazín oheň snadno přeskočí do sousedních tyčkovin, ze kterých se může relativně snadno šířit i do korun kmenovin, a tak z relativně málo nebezpečného pozemního požáru vzniká velký problém v podobě korunového požáru. Podobný průběh může mít i víceetážový jehličnatý porost, kdy se z podrostu požár šíří stále do vyšších pater, až podpálí koruny dospělých jedinců.

Nejrozsáhlejším požárem byl požár 427 ha, který způsobilo armádní cvičení ve vojenském újezdu Hradiště. Zasaženy byly dopadové plochy a jejich okolí. Oheň pohltil převážně travnaté plochy a plochy s náletem. Jednalo se tedy o požár na dopadových plochách, který je ve vojenských újezdech relativně častým jevem (Lidovky.cz, 2014).

Nejničivějším požárem za posledních patnáct let je označován lesní požár nedaleko města Bzenec ze dne 24. května 2012. Podle vyšetřování způsobila tento požár lidská nedbalost, konkrétně odhozený cigaretový nedopalek. Oheň pohltil celkem 174 hektarů převážně borových porostů. Během hašení tohoto požáru se vyskytly problémy nejen s nedostatkem hasební vody, ale obtížná byla i orientace v lese. Šíření požáru navíc podporovalo velmi suché a teplé počasí, písčité povrch s množstvím suché trávy a silný vítr. Hašení požáru bylo definitivně ukončeno 30. května 2012 v 9:50 hodin. Na likvidaci požáru se vystřídal přes 1500 hasičů a 300 zásahových vozidel, bylo spotřebováno 21 milionů litrů vody a hektolitry pěnidla. Náklady na pohonné hmoty dosáhly 1,2 milionu korun. O pořádkovou službu se staralo na 200 policistů. Celkové náklady na zásah dosáhly cca 10 milionů korun. Vlastník lesa Lesy ČR, s. p. vyčíslil škodu na lesních porostech ve výši 30 milionů korun (HZS Jihomoravského kraje, 2012).

Nejaktuálnějšími požáry jsou například požár vzácného vřesoviště ze dne 28. března 2017 nedaleko obce Malá Víska na Berounsku v CHKO Brdy. Shořely asi 3 hektary vřesoviště na bývalé dopadové ploše Jordán (iDNES.cz: Zprávy, 2017). Dalším požárem byl požár ze dne 1. dubna 2017 lokality Suchý Žleb v Moravském krasu nedaleko obce Vilémovice. Pravděpodobnou příčinou tohoto požáru bylo označeno pálení kletu, které zde probíhalo několik dní před požárem. Zásah komplikoval velmi silný vítr, nepřístupný terén a také nedostatek hasební vody (Blanenský deník.cz, 2017).



Obrázek 7: Průběh lesních požárů dle Pfeffer (1961).

3.3.6 Požár kalamitní plochy

Na základě zkušeností z likvidace požárů na kalamitních plochách, které vznikly v průběhu větrné kalamity ve Vysokých Tatrách v roce 2004, vytvořili na Slovensku zcela nový druh lesního požáru, jedná se o požár kalamitní plochy (Hlaváč et al., 2005).

Hlaváč et al. (2005) tento druh požáru charakterizují jako plochu případného požářiště, která není výškově diferencovaná, tak jak je běžné pro základní druhy lesních požárů. Plocha požářiště je tvořena zlomy, vývraty, stojícími stromy, zbytky rozkládajících se stromů, bylinným krytem a hrabankou. Rozložení dřevní hmoty je nerovnoměrné, dřevo bývá nahromaděné v několikametrových vrstvách, části korun s asimilačním aparátem se nacházejí i v přízemních vrstvách. Často je zcela zničena lesní cestní síť, tudíž přístup k těmto plochám bývá možný často pouze pomocí letecké techniky.

Po zpracování kalamitního dřeva zůstává velké množství těžebního odpadu, skrývající v sobě vysoké riziko vzniku a šíření požáru. Hoření této plochy může být po zapálení celoplošné, z časového hlediska dlouhodobé (i několik dní), v celém prostoru požářiště, nejen v jeho čele - princip hoření hranice (Hlaváč et al., 2005; Chromek, 2006; Hlaváč et al., 2009; Chromek a Hlaváč, 2016).



Obrázek 8: Ukázka kalamitní plochy – kanton Obwalden, Švýcarsko (WSL, 2017).

3.4 Příčiny vzniku lesních požárů

Požáry vznikají v dnešní době již v drtivé většině případů antropogenně. Ve výjimečných případech jsou způsobeny taktéž přírodou.

3.4.1 Příroda jako příčina lesního požáru

Přirozený vznik lesních požárů je v našich krajích dosti vzácným případem, který je způsobený úderem blesku do suchého či dutého stromu (Nechleba, 1927; Kula, 1985a). Lesních požárů zapříčiněných bleskem bylo v roce 2015 cca 2 % z celkového počtu lesních požárů (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015, 2016). Toto množství lesních požárů zapříčiněných bleskem je dlouhodobé. Kula a Jankovská (2013) uvádějí 1,39 % požárů zapříčiněných bleskem v letech 1992-2004. Nízké procento vzniku lesního požáru bleskem je obvyklá zejména v obydlených územích s intenzivním lesním hospodařením. Čím severněji se nacházejí lesní porosty, tím více jsou požárů zapříčiněny bleskem. V krajinách za polárním kruhem je blesk původcem lesních požárů až v 90 % případů (Post, 1936). Navíc za polárním kruhem žije málo lidí a také jsou zde za polárního léta mimořádně příznivé podmínky pro vznik lesního požáru. Polární den má například na Aljašce délku slunečního svitu 19-24 hodin, teplota zde dosahuje až 37,3 °C a roční úhrn srážek se pohybuje v rozmezí 254-381 mm (Kunt, 1967).

Známý jsou i případy, např. ze Španělska z roku 1979, kdy vznikl obrovský požár způsobený bleskem v odlehlých hornatých oblastech a zničil 30 000 ha lesa (Vélez, 2009). V oblastech světa, kde se nacházejí aktivní sopky, může lesní požáry způsobovat i tento přírodní činitel (Nechleba, 1927).

3.4.2 Antropogenní činitel

Člověk a jeho chování v lese je v současnosti příčinou většiny lesních požárů. Kunt (1967) uvádí, že nebezpečí vzniku lesního požáru vzniká se zvyšující se návštěvností lesa. Les je atraktivním místem pro krátkodobou rekreaci a zvýšený pohyb lidí v lesním prostředí znamená zvýšenou hrozbu vzniku lesního požáru (Kula, 1985a). Podle ústního sdělení gen. Ing. Mgr. Ivana Chromka, PhD. (TUZVO Zvolen) ze dne 24. ledna 2017 je rozhodující, podaří-li se v mimořádných situacích z lesa odstranit iniciátora požáru, v tomto případě člověka. Odstraněním iniciátora dojde velice výrazně ke snížení pravděpodobnosti vzniku lesního požáru. V případě zákazu vstupu do

vybraných oblastí Vysokých Tater při zpracovávání větrné kalamity z roku 2004 nevznikl za dobu zákazu ani jeden požár.

Nejvíce lesních požárů má tzv. nedbalostní příčinu. Nejvýznamnějšími nedbalostními příčinami jsou kouření, zakládání ohňů v přírodě, vypalování porostů, používání otevřeného ohně k osvětlování či ohřívání (Stolina, 1985; Veléz, 2002). Celkový počet vzniklých požárů nedbalostními příčinami se pohybuje okolo 60 % (Franc1, 2007). Podle Zelené zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství v roce 2015 bylo z nedbalosti v tomto roce zapříčiněno 70 % lesních požárů. Podíl požárů zapříčiněných kuřáky v roce 1983 dosáhl 23 % (Kula, 1985a), v letech 1992-2004 to bylo 22,39 % (Kula a Jankovská, 2013). V roce 2015 tento podíl činil cca 14 % (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015, 2016). Pfeffer (1961) a Kunt (1967) považují za neúmyslné založení lesního požáru špatně uhašený nedopalek cigarety nebo nedohašené ohniště. Požár může způsobit i vedení vysokého napětí poškozené například působením větru (Kunt, 1967). Založením lesního požáru zanedbáním povinné péče se myslí neopatrné pálení klestu. Naneštěstí jsou známy i případy, kdy došlo k zapálení lesa úmyslně, a to žhářem (Pfeffer, 1961; Kula, 1985a). Z nedávné doby je znám případ řádění žháře z Bruntálska z roku 2015 (Lesková, 2015). V některých rozvojových zemích jsou nadále známy případy vypalování lesa za účelem vzniku pastvy (Pfeffer, 1961). Barchánek (1932) uvádí za příčinu vzniku některých lesních požárů i rozbité skleněné lahve, jejichž střepy slouží jako lupa.

Pokud se zaměříme na historické příčiny lesních požárů, zjistíme, že v minulosti bylo ohrožení lesními požáry mnohem větší. Kunt (1967) a Pfeffer (1961) uvádějí jako příčiny vzniku lesního požáru odhazující nedopalky cigaret z vozů lokomotiv, stejně jako železnice sama často způsobovala lesní požáry. Kula (1985a) uvádí, že v roce 1934 bylo na území Čech zapříčiněno železničním provozem 23 % všech požárů, což nás zařadilo na první místo na světě. V dalších letech se tento podíl ještě zvyšoval a v roce 1947 dosahoval 46,5 %. Avšak s modernizací železnice, elektrifikací tratí a odstranění parní trakce se tento podíl postupně snižoval. Od roku 1980 byl tento podíl méně než pět procent. Kula a Jankovská uvádějí v letech 1992-2004 podíl 1%. V současnosti jsou lesní požáry způsobovány železnicí výjimečně, například požár z roku 2013 nedaleko slovenské obce Malacky (Anon, 2013). Kunt (1967) popisuje i vznik lesního požáru vyvezením žhavého popela či škváry na skládky u silnic vedoucích lesem. Nebo požár způsobený plamenomety, které se využívaly k ničení buřeně. Stejně jako způsobení lesního požáru vojenskou technikou nebo pálením dřevěného uhlí v milířích. Dále uvádí

požáry zapříčiněné předčasným odhozením svíčky střelmistra při zapalování zápalných šňůr náloží nebo při vykuřování včel a kun. Lesní dělníci mohli způsobit lesní požár mimo vypalování klestu i při asanaci hmyzích a houbových škůdců nebo při zakuřování kultur a školek. Nechleba (1927) ještě uvádí jako poměrně častou příčinu děti a jejich neopatrné manipulování s ohněm Stejně jako Kula (1985a), který dokládá, že v letech 1974-1983 bylo příčinnou vzniku požáru dítě každoročně v zhruba 7 % případů. V letech 1992-2004 toto množství dále kleslo na cca 4,5 % (Kula a Jankovská, 2013).

3.5 Faktory ovlivňující vznik a šíření lesního požáru

Les představuje výrazně hořlavou součást živé přírody. Hořlavost lesního prostředí je závislá na mnoha faktorech. Jedná se o druh půdního pokryvu, druh dřeviny a její stáří, složení porostu a způsobu hospodaření. Je nutno uvažovat i o vlhkosti vzduchu a celého prostředí, denní teplotě, směru a síle větru a na stanovištních poměrech jako jsou expozice, konfigurace terénu či geologické podloží (Pfeffer, 1961). Lesní požáry jsou tím častější, čím sušší je klima, čím je půda poréznější struktury, čím skalnatější je stanoviště, čím více převládají jehličnany, čím je porost stejnotvárnější, čím více se v lese nebo jeho okolí pase a čím je menší porozumění obyvatelstva. Tyto všechny podmínky platí pro celý svět (Pfeffer, 1938).

Chování lesního požáru je v mnoha ohledech komplikovanější než u jiných druhů požárů. Veličiny ovlivňující proces hoření se téměř nepřetržitě mění v závislosti na neustálé změně podmínek v samotném prostoru požáru. Každá z těchto změn může být buď přínosem, nebo i nevýhodou pro získání kontroly nad požárem a samotné zdolávání požáru (Coleman, 1978).

Proces hoření lesního požáru se skládá ze stejných elementů jako ostatní druhy požáru, jsou to: iniciátor (teplo), palivo, přístup kyslíku a čas. Stejně jako v případě ostatních druhů požáru závisí hašení lesního požáru na co nejrychlejším a nejefektivnějším přerušení procesu hoření (Coleman, 1978).

Chandler et al. (1983) definují nebezpečí požáru jako výsledek několika faktorů, které ovlivňují vznik, šíření a obtížnost získání kontroly nad lesním požárem a jím způsobených škod. Mezi tyto faktory patří topografické vlastnosti, vlastnosti paliva a proměnné týkající se počasí, jakožto i náhodných faktorů, jakým je žhářství. Mnohé z těchto faktorů je obtížné kvantifikovat numericky.

3.5.1 Palivo

V průběhu požáru je nezbytné sledovat několik základních parametrů paliva. Tyto faktory mají vliv na intenzitu, trvání a šíření povrchového požáru. Těmito faktory jsou skladba paliva, množství paliva, vlhkost a rozmístění paliva v prostoru (Carlson a Burgan, 2003; Sneeuwjagt a Peet, 1985; Viegas, 1998; Majlingová, 2014).

3.5.1.1 Skladba paliva

Každá látka po zapálení hoří jinou intenzitou (Pfeffer, 1961). Klasifikace paliva podle jeho hořlavosti je nezbytným prvkem pro posouzení rizik spojených s možností vzniku lesního požáru a jeho šíření, stejně jako při plánování obhospodařování daného stanoviště (Chandler et al., 1983). Majlingová (2014) dělí palivo do dvou základních kategorií. Trávy považuje za lehké jemné palivo, které charakterizuje jako lehce zapalitelné, avšak neuvolňující velké množství tepla. Za těžké nebo objemné palivo považuje keře a stromy, které je náročnější zapálit, avšak při hoření je rychlost uvolňování a množství uvolněného tepla mnohem vyšší.

Skladba paliva má významný vliv na rychlost a směr šíření lesního požáru (Carlson a Burgan, 2003; Sneeuwjagt a Peet, 1985; Viegas, 1998). Nejčastěji vzniká požár na travnatých plochách, z důvodu snadného zapálení lehkého jemného paliva a potřeby malého množství tepla ke vznícení. Avšak po zapálení vytváří dostatek tepla, který je potřebný k zapálení jiného paliva (Majlingová, 2014). Zabuřenělá holina s četnými zbytky klestu po těžbě je ideálním místem pro rychlé šíření lesního požáru (Pfeffer, 1961).

Rychlost šíření lesního požáru v listnatých porostech je menší než v jehličnatých (Krakovský, 2004). Hořlavost dřevin samotných je podmíněna určitými chemickými a fyzikálními vlastnostmi (obsah pryskyřice, silic, vlhkost dřeva a listů) stromu živého a souše (výška stromu, tvar koruny) (Pfeffer, 1961). Nejhořlavějšími dřevinami pěstovaných na našem území jsou borovice z důvodu vysokého obsahu pryskyřice a smrk. Konkrétně starší porosty smrku, které mají spodní vrstvy větví suché, tenké a velmi hořlavé (Pfeffer, 1961; Krakovský, 2004). Nebo mladé buky a duby, na kterých zůstává neopadané suché listí dlouho do jara. Naopak za málo hořlavé jsou považovány dřeviny jako modřín, jedle, lípa, javor, atd. (Pfeffer, 1961).

3.5.1.2 *Množství a distribuce paliva*

Množství paliva představuje jednoznačný faktor pro udržení tepla, které je vyžadováno pro zapálení jiného paliva. Množství paliva se vztahuje i na další parametry jako jsou hustota paliva nebo distribuce paliva. Povrchové palivo může být v prostoru rozmístěno nepravidelně, nebo uniformně (hromada klestu). Prostorový vztah mezi jednotlivým palivem není pouze horizontální – od trávy přes keře až ke stromům, ale také vertikální – od nízkého podrostu k vysokým stromům. Keře mohou snadno posloužit jako prostředek pro přeskočení pozemního požáru k požáru korunovému, stejně jako velké množství těžebních zbytků k rychlému rozšíření malého pozemního požáru (Majlingová, 2014).

3.5.1.3 *Vlhkost paliva*

Vlhkost paliva je již dlouhou dobu považována za hlavního činitele, který ovlivňuje vznícení a rychlost šíření lesního požáru (Gisborne, 1928). Vlhkostí paliva se rozumí obsah vody v palivě, který je vyjádřený jako procento váhy paliva po vysušení. Na změny hodnot vlhkosti paliva je nejnáchylnější jemné palivo (trávy, listy, mech, jehlice a větvičky). Mrtvé palivo ležící na zemi (spadené větve, opad) je nebezpečnější, protože je v případě bezdeštného počasí sušší než živé palivo. Vlhkost živého paliva má okrajovou roli v zápalnosti prostředí, avšak tato vlhkost je rozhodující pro šíření vzniklého požáru, jelikož množství vody v palivu přímo souvisí s rychlostí šíření lesního požáru (Carlson a Burgan, 2003; Sneeuwjagt a Peet, 1985; Viegas, 1998). Čím je nižší vlhkost paliva, tím více se jeho hořlavost zvyšuje a je tedy nebezpečnější v rámci lesního požáru (Anderson, 1982). Při bezvětřném počasí se rychlost šíření požáru lineárně snižuje s rostoucí vlhkostí paliva (Anderson a Rothermel, 1966).

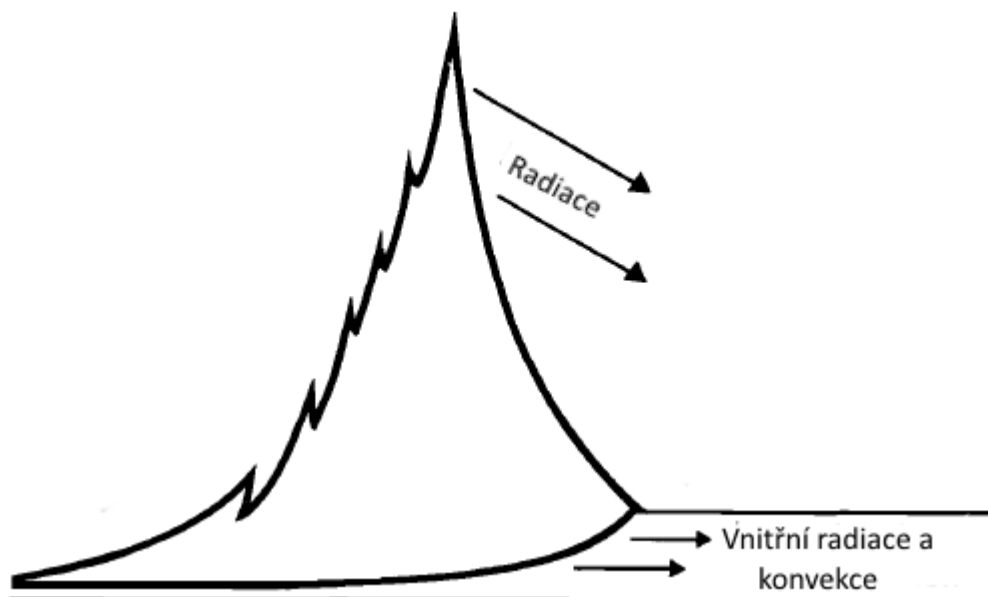
3.5.2 **Meteorologická situace**

Příznivé klimatické podmínky pro vznik lesního požáru se v přírodě objevují již třetí den po posledním dešti a s následujícími bezdeštnými dny dochází neustále k nárůstu nebezpečí vzniku lesního požáru (Pfeffer, 1961). Wangenheim (1940) udává, že kritické období nastává v jedenáctém dni. Liu et al. (2010) zjistili, že proměnlivost klimatu a počasí nemá vliv pouze na vznik a šíření lesního požáru, ale také na závažnost tohoto požárů, a to v různých časových měřítcích. Sucho a rostoucí teploty se podílejí nejen na prodloužení požární sezóny, ale i na samotném vznícení a šíření lesního požáru. Několik výzkumníků tvrdí, že dlouhodobé atmosférické anomálie a lesní požáry jsou

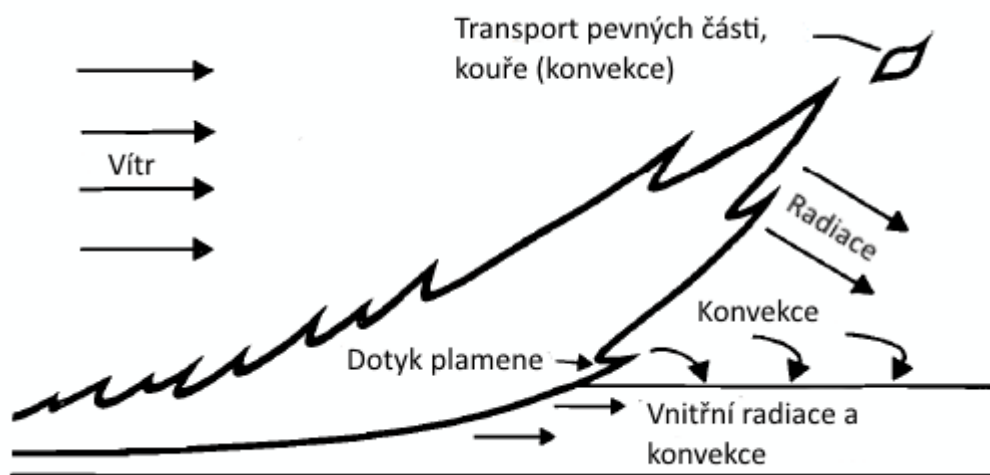
v blízkém vztahu (Swetman a Betancourt, 1990; Chu et al., 2002; Skinner et al., 2002; Hoinka et al., 2009).

Meteorologické parametry jako teplota vzduchu nebo relativní vlhkost vzduchu mohou výrazně ovlivňovat pravděpodobnost vzniku požáru i jeho šíření (Thomas, 1963; Emmons, 1963; Anderson a Rothermel, 1966; Anderson, 1969; Liu et al., 2010). Vyšší relativní vlhkost vzduchu brání proudění vzduchu a působí jako částečný inhibitor hoření. Nejnižší relativní vlhkost vzduchu je mezi 13. a 14. hodinou, naopak nejvyšší je okolo půlnoci. Výrazný pokles relativní vlhkosti zvyšuje rychlost požáru 5 až 6-krát (Molčanov, 1940; Pfeffer, 1961; Krakovský, 2004).

Nejdůležitějším parametrem z hlediska požáru je vítr. Vítr má buď pozitivní nebo negativní účinky v závislosti na tom, či jeho působením zpomaluje postup požáru nebo jeho postup naopak podněcuje. Mezi základní vlivy působení větru na lesní požár je změna rychlosti šíření požáru nebo změna směru šíření tohoto požáru (Majlingová, 2014). V případě větrného počasí dochází v pásmu přípravy hoření k rychlejší přípravě paliva, což ovlivňuje rychlost šíření požáru. Tento jev je zapříčiněný přenosem tepla, které je během větrného počasí přenášeno nejen kondukcí (vedením), ale větší vliv zde má i radiace (sálání) a konvekce (proudění) (Obr. 10).



Obrázek 9: Přenos tepla při hoření za bezvětrného počasí (Rothermel, 1972).



Obrázek 10: Přenos tepla při hoření během větrného počasí (Rothermel, 1972).

Molčanov (1940) udává, že při rychlosti větru 8 – 9 m/s a při relativní vlhkosti vzduchu 39 % se v tajze pohybují pozemní požáry rychlostí 0 – 1080 m/h. S rychlostí větru roste rychlost šíření lesního požáru (Anderson a Rothermel, 1966; Anderson, 1968). Při dvojnásobném zvýšení rychlosti větru dojde ke čtyřnásobně rychlejšímu šíření lesního požáru (Molčanov, 1940). Síla větru je nejvyšší okolo poledne, a to zejména v jarním období. V noci síla větru ustupuje nebo úplně zaniká (Krakovský, 2004).

Větr hraje zásadní roli nejen ve směru a rychlosti šíření lesního požáru, ale také nepochybně v druhu lesního požáru, kterým lesní porost hoří. Van Wagner (1977) na základě mnoha experimentů a pozorování lesních požárů uvádí, že při bezvětří pozemní požár hoří velmi málo a riziko přeskočení tohoto požáru do korun stromů je velmi malé. Pokud pozemní požár přeskočí do korun stromů, je zapotřebí větru k tomu, aby se korunový požár udržel a dál se rozvíjel. Při ustání větru nastává kolaps korunového požáru.

Dalším fenoménem spojeným s větrem jsou větrné turbulence, které se vytvářejí na hřebenech, v kaňonech, údolích a jiných terénních zlomech na zemském povrchu. Tento jev má také významný vliv na směr a rychlost šíření lesního požáru (Anderson, 1968).

Majlingová (2014) dále uvádí i vliv inverze, tedy meteorologického jevu, při kterém teplota vzduchu v určité vrstvě dolní atmosféry s narůstající nadmořskou výškou neklesá, ale stoupá. Tato vrstva vytváří na požářišti neproniknutelnou vrstvu, která může zapříčinit abnormální pohyb dýmu, tepla nebo i žhavých uhlíků a tedy

zapalovat části lesa, kde se to bez inverze jen velmi těžko předpokládalo. Pod vrstvou inverze hoří požár velmi pomalu, kvůli snížení rychlosti větru.

Podle Něstěrova (1949) je rychlost šíření lesního požáru nejvyšší mezi 11. a 16. hodinou, a to vzhledem ke zvýšené teplotě, poklesu vlhkosti vzduchu, většímu výparu a vyšší rychlosti a síly větru. Při bezmračném počasí dochází k rychlejšímu šíření požáru než při obloze s nízkými mraky (Kunt, 1967).

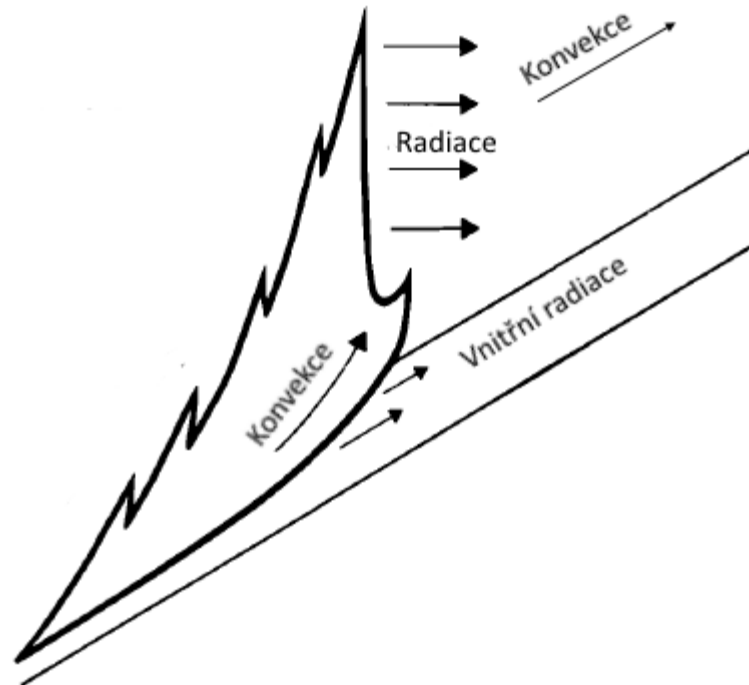
Z výše uvedených důvodů vyplývá, že je nevyhnutelné a vhodné sledovat v nebezpečném období teplotu, relativní vlhkost, směr, rychlost, popř. i sílu větru. Jsou to naprosto nezbytné údaje, které mohou pomoci předpovídat vznik lesního požáru nebo napomoci úspěšnému hasebnímu zásahu (Kunt, 1967).

3.5.3 Topografie

Terénní prvky jsou dalším faktorem výrazně ovlivňujícím směr a rychlost šíření lesního požáru (Anderson a Rothermel, 1966). Porosty na svazích jsou více ohroženy než porosty na rovinném terénu. Stráně s jihovýchodní, jihozápadní a jižní expozicí mají tak příznivou teplotu, že zde dochází k ovlivňování dřevní skladby i půdního krytu. Převládají zde dřeviny suchomilné a slunné. Vlivem kořenové konkurence dochází ke snižování zakmenění, a tím k růstu podílu bylinného a travního krytu, který velice brzy zasychá (Turesson, 1914; Gail, 1921; Shreve, 1922, 1924, 1927a; Bates, 1923; Platt, 1951; Billings, 1951; a další). Tyto podmínky jsou ideální pro vznik a šíření lesního požáru, proto by především těmto lokalitám měla být v rámci prevence vzniku lesního požáru věnována velká pozornost (Pfeffer, 1961). Svahy orientované na sever mají většinou vyšší vlhkost paliva, protože severní svahy jsou zpravidla méně osvětlené a dokáží zadržet více vlhkosti. Vegetace v těchto místech bývá zelenější (Turesson, 1914; Gail, 1921; Shreve, 1922, 1924, 1927a; Bates, 1923; Platt, 1951; Billings, 1951; a další) a má menší rychlost hoření (Majlinová, 2014).

Nejdůležitějším topografickým faktorem ovlivňujícím šíření lesního požáru je sklon svahu. Fronta plamenů pohybujících se napříč rovinným terénem před sebou vytváří zónu vyzařujícího tepla. Pokud se požár pohybuje po rovinném terénu, vyzařované teplo předeřívá palivo nacházející se před frontou požáru, a to až do momentu, kdy je dosažena teplota, která způsobí vznícení zahřívání paliva a následné šíření požáru. Pokud panuje bezvětří (Obr. 9) a palivo je rovnoměrně rozložené, dochází k rovnoměrnému šíření lesního požáru. Avšak v případě, že se stejné palivo nachází

na svahu (Obr. 11) je teplo přehřívající palivo přenášeno i konvekcí (proudění) nebo radiací (sálání), což výrazným způsobem zvětšuje zónu přehřívání a dochází tedy k o mnoho rychlejšímu šíření lesního požáru.



Obrázek 11: Přenos tepla při hoření na svažitém terénu (Rothermel, 1972).

Čím je sklon svahu větší, tím dochází k rychlejšímu šíření požáru. (Anderson, 1968). Coleman (1978) uvádí, že rychlost šíření požáru se zvýší dvojnásobně, pokud se dvojnásobně zvýší i sklon svahu. Anderson a Rothermel (1966) ve větrném tunelu prokázali, že rychlost šíření lesního požáru při sklonu 30° může být až 18 krát rychlejší při větrném počasí než při bezvětří. Později Anderson (1968) upravil, že rychlost šíření lesního požáru na svahu se sklonem 30° je nejméně 3krát větší při větrných podmínkách ve srovnání s bezvětřím. Požár se může šířit i směrem dolů ze svahu. Dochází k tomu často pomocí valících se částí žhavého dříví dolů svahem. Anderson (1968) uvádí, že rychlost šíření lesního požáru po 30° svahu dolů je přibližně pětkrát pomalejší, než šíření lesního požáru vzhůru po stejném svahu.

3.5.4 Další stanovištní podmínky

Vliv geologického podloží je různý. Na vápencích, čedičích a trachytech se objevují vždy suchomilná společenstva pozemních rostlin, což zapříčiňuje zvýšení hořlavosti porostů. Avšak úrodnost těchto půd je podmíněna růstem kvalitních listnatých dřevin,

kteře jsou naopak známy menší hořlavostí než stromy jehličnaté (Pfeffer, 1961). Krakovský (2004) uvádí, že na skalnatém podkladě s menší vrstvou zeminy a humusu dochází k rychlejšímu prohřívání, neschopnosti udržet vláhu a mělkému uložení kořenových systémů stromů. Tyto faktory mohou být velice příznivé pro vznik a šíření lesního požáru. Stejně tak písčité půda se rychle přehřívá a neudrží vláhu, čímž dochází také k zasychání travin na povrchu a ke zvyšování rizika vzniku požáru.

Proměnlivost půdních vlastností je ovlivněna environmentálními faktory jako klima, topografie, vegetace nebo disturbance zapříčiněné člověkem (Jenny, 1941; Chen et al., 1997; Chaplot et al., 2001; McKenzie a Ryan, 1999; Ollinger et al., 2002).

Nelze opomíjet i vliv rozšířené a dostupné lesní cestní sítě pro těžkou hasící techniku. V těžkých lesních terénech velmi často chybí nebo není dostatečná lesní cestní síť pro pohyb požární techniky. Vznikají prodlevy zahájení hasících prací nebo dokonce neumožňují pozemní hasící technice dostat se na požářiště (Krakovský, 2004).

Dostupnost vodních zdrojů využitelných pro hašení lesních požárů je také hlavním faktorem, který ovlivňuje rychlost šíření lesního požáru, respektive schopnost zasahujících hasících jednotek redukovat šíření a následně zlikvidovat lesní požár. Krakovský (2004) uvádí, že ve většině svahovitých lesních terénů je absolutní nedostatek vhodných vodních zdrojů využitelných k vytvoření čerpacích středisek pro hasící techniku. Tento nedostatek se řeší nasazením velkého počtu cisternových automobilových stříkaček (CAS) na kyvadlovou dopravu vody, což způsobuje výrazně vyšší finanční náklady na hašení lesního požáru.

Dlouhodobý průměr spáleného území (velikostí lesních požárů) napříč krajinnou je dán komplexem proměnných zahrnujících rozlehlost krajiny, míru a délku pozorování, zkoumání danému území, lesnatostí území, topografií, fragmentací krajiny (řeky, jezera, cesty, pole), charakteristikami paliva, ročním obdobím, zeměpisnou šířkou, požárními hlídkami, politikou a prioritami v boji proti lesním požárům, schopností požárních sborů, výskytem rizik vznícení (lidé, blesky) a počasí (Skinner et al., 2002).

3.6 Vliv požáru na lesní ekosystém

Lesní požár lze považovat za součást lesního ekosystému (Weber a Flannigan, 1997). Struktura a složení lesních porostů jsou nyní a byli i v minulosti ovlivňovány režimem požárů daného území (Heinselman, 1973; Wright a Bailey, 1982). Nejen v historických dobách, ale i v dnešní době je známo mnoho případů vzniku lesního požáru bleskem nebo samovznícením, které mají více nebo

méně destruktivní vliv (Majlingová, 2014; Kapusniak, 2014). Flannigan et al. (2000) uvádějí, že lesní požár je primární proces, který má vliv na složení a strukturu vegetace na každém území. Oheň pomáhá utvářet krajinnou mozaiku a ovlivňuje biogeochemické cykly, jako uhlíkový cyklus. Existují oblasti světa, kde je lesní požár, pokud přímo neohrožuje člověka, často ponecháván svému přirozenému vývoji a jeho uhašení je ponecháno pouze na přírodě. Příkladem může být Severní Amerika, konkrétně severní rozsáhlé lesní oblasti Kanady. V oblastech boreální tajgy jako jsou severní oblasti Kanady nebo Sibiř se některá společenstva úspěšně adaptovala na lesní požáry a začali oheň využívat v konkurenčním boji pro svůj prospěch (Majlingová, 2014; Kapusniak, 2014). Oheň v těchto oblastech zvyšuje druhovou diverzitu společenstev (pomáhá zachovat poměr mezi smrkem a borovicí), pomáhá urychlovat rozkladné procesy, tok energie, koloběh látek a má své uplatnění při zmlazování některých jehličnatých dřevin a pyrofytů, jejichž rozmnožování je podmíněno přítomností žáru z ohně (Kulhavý et al. 2003). Za příklad lze uvést borovici Banksovu (*Pinus banksiana*, Lamb. 1803), která plodí část šišek, které jsou schopny se otevřít až při působení určité teploty, často dosažitelné pouze požárem, dále sekvoji vždyzelenou (*Sequoia sempervirens*, D. Don, Endl. 1847) nebo sekvojovec obrovský (*Sequoiadendron giganteum* Lindl. 1853), kterému požár slouží k lepšímu úchytu jeho drobných semen, zároveň však nedokáže poškodit jeho velice silnou borku (Weatherspoon, 1990). Kulhavý et al. (2003) uvádějí, že požár v některých oblastech může bránit k dosažení stavu klimatického klimaxu, v těchto oblastech pak dochází ke vzniku tzv. „ohňového klimaxu“.

V našich lesích jsou požáry negativním jevem (Kunt, 1967). V oblastech, kde je většina lesů obhospodařovaných mají lesní požáry často katastrofální dopady nejen na estetickou stránku lesního porostu postihnutého požárem, ale zejména na ekonomickou stránku. Nutno uvažovat i o množství živočichů, kteří nedokážou tomuto živlu uniknout. Pfeffer (1961) tyto škody rozdělil na přímé a nepřímé. Kunt (1967) toto rozdělení zpřesnil a vytvořil rozdělení škod vzniklých 1) na dřevní hmotě a ztrátě na přírůstu, 2) na stanovišti (půdě) a 3) ostatní škody.

Za přímé škody se dle Pfeffera et al. (1961) považuje zničení dřevní hmoty, která stojí v porostu nebo je uložena ve skladech. Za přímou škodu se považuje i poškození stromu takovým způsobem, že dochází k úhynu nebo ztrátám na přírůstu. Dalšími přímými škodami je zničení vysazených kultur, ztráty na technickém zařízení jako jsou oplocenky, lapače, apod.

Nepřímými škodami Pfeffer (1961) uvažuje následky fyziologického oslabení porostů. Jsou neméně významnými z hlediska lesa jako ekosystému. Jedná se o sníženou stabilitu lesních porostů, která může zapříčinit snadnější napadení kambioxylofágním hmyzem a houbami. Porosty jsou náchylnější na abiotická poškození (vítr, sníh, námraza) a mohou se objevovat patologické změny (odlupčivost kůry). Křístek (2002) uvádí, že v ožehnutých porostech dochází k jejich proředování, zabuřeňují a snižuje se přírůst. Dále dochází k narušení svrchní vrstvy půdy (humusu), zničena je fauna a flóra, včetně semen lesních dřevin v půdě. Výjimkou není ani úhyn zvěře. Vlivem zničení porostů na prudkých svazích se může objevovat vodní nebo větrná eroze. Velkým problémem může být i opětovné zalesnění stanovišť postihnutých požáry, která jsou chudá, vysychavá či balvanitá (Kunt, 1967).

Pokud se na některých lokalitách požáry objevují často, nebo jsou požárem postihnuty velké plochy, je ohrožena reprodukční síla lesa (Pfeffer, 1961). Tyto faktory mohou snižovat schopnost lesa poskytovat celospolečenské funkce.

3.7 Předpovědní systémy nebezpečnosti vzniku lesního požáru

Lesní ekosystémy patří k prostorům, které musí být z hlediska požáru mimořádně chráněny (Nařízení rady (EEC) č. 2158/1992). Bohužel, lesní požáry se staly v posledních desetiletích v Evropě opakujícím se jevem, jehož důsledkem jsou nejen obrovské ekonomické ztráty, ale i ztráty na lidských životech (Forest Fire in Europe, Middle East and North Africa 2015, 2016). Z těchto důvodů se tomuto nebezpečnému jevu v posledních 30 letech začala věnovat zvýšená pozornost. Zvýšilo se úsilí a také studium rizik spojených s výskytem požáru, hořlavosti materiálů (Viegas et al., 1998), tvorba modelů šíření požáru (Rothermel, 1972; Andrews, 1986; Forestry Canada, 1992; Finney, 1998), stejně tak studium vlivu topografických a povětrnostních podmínek na rychlost šíření požáru a výběr vhodného taktického postupu a techniky pro zdolávání a likvidaci požárů v lesním prostředí (Chromek, 2006; Kapusniak, 2014). Oblasti výzkumu, které je potřebné z tohoto pohledu intenzivně rozvíjet, jsou:

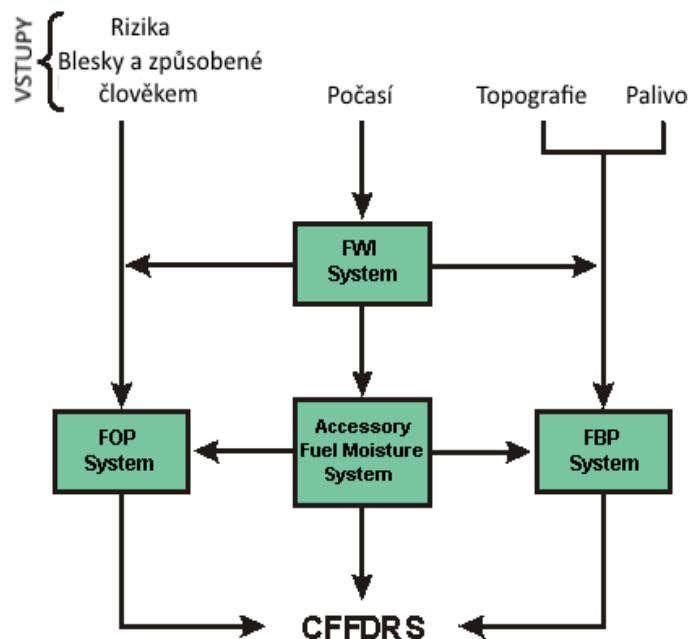
- prostorové monitorování a analýza rizik v reálném čase,
- tvorba bezpečnostního managementu a odpovídající taktická a operační připravenost,
- pasívní a aktivní opatření na ochranu proti vzniku lesních požárů,
- aktivní používání informačních a geoinformačních technologií a predikčních modelů chování se požáru, stejně tak i jeho možných důsledků (Majlingová, 2014).

Je třeba podotknout, že státy zejména jižní Evropy byly v tomto směru velmi aktivní. Z důvodu častějších výskytů lesních požárů mají oblasti uvedeny výše často zpracovány na vysoké úrovni (Forest Fires in Europe 2002 fire campaign, 2003) Slovenská republika je díky větrné kalamitě ve Vysokých Tatrách v roce 2004 (Koreň, 2005) a díky následným hrozbám lesních požárů (Hlaváč et al., 2005; Hlaváč a Chromek, 2007) také daleko před Českou republikou. Proto nám může být Slovensko příkladem, jak postupovat v budoucnu, abychom systém prevence, boje a předpovídání lesních požárů zkvalitnili i na našem území.

Ve světě také existují národní systémy zabývající se nejen hodnocením míry ohrožení území lesním požárem, ale také jeho neustálým monitorováním. Varovný systém nebezpečí ničivých požárů (Wildfire danger rating system) si osvojila většina rozvinutých zemí zabývajících se prevencí vzniku lesního požáru, díky čemuž jsou úřady civilní obrany schopny definovat území s vysokou pravděpodobností vzniku požáru a rozhodnout o nevyhnutelném zásahu. Většina těchto systémů vychází z meteorologických dat získaných z meteorologických stanic, a to například teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost větru (Majlingová, 2014). Analýza rizik výskytu požáru je základním stavebním prvkem budování protipožárních varovných systémů. Tyto systémy jsou budovány jak na kontinentální úrovni (EFFIS, WFAS, CFFDRS), tak i na národních úrovních (Kapusniak, 2014).

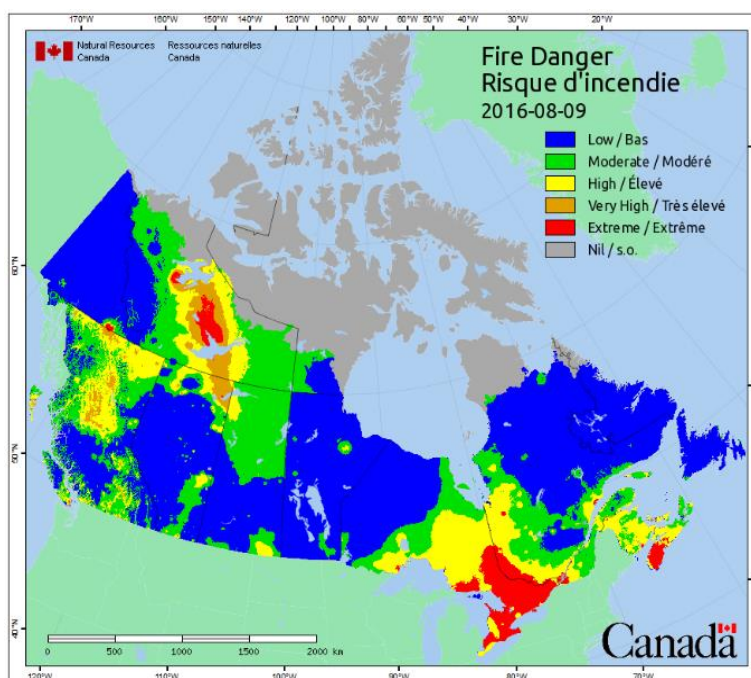
3.7.1.1 CFFDRS

CFFDRS je kanadský národní systém pro hodnocení rizika vzniku ničivých lesních požárů, který je vyvíjen od roku 1968 (Stocks et al., 1989). Považuje se za nejvíce propracovaný systém. Systém CFFDRS obsahuje dva subsystémy FWI (Canadian Forest Fire Weather Index) a FBP (Canadian Forest Fire Behaviour Prediction) (Simpson et al., 2010). Systém FWI slouží k posuzování vlivu povětrnostních podmínek na vlhkost paliva a chování se požáru (Van Wagner, 1987). Systém FBP slouží ke kvantitativnímu odhadování potenciální rychlosti šíření lesního požáru, spotřeby paliva, intenzity požáru a také k popisu požáru (Forestry Canada Fire Danger Group, 1992). V současné době se uvažuje o připojení třetího subsystému FOP – Canadian Forest Fire Occurrence Prediction a ve vývoji je čtvrtý subsystém Accessory Fuel Moisture System. V budoucnu by měl systém CFFDRS fungovat se čtyřmi subsystémy (Obr. 12) (Government of Canada: Natural Resources Canada, 2017).



Obrázek 12: Schéma systému CFFDRS se současnými i uvažovanými a vyvíjenými subsystemy (Government of Canada: Natural Resources Canada, 2017).

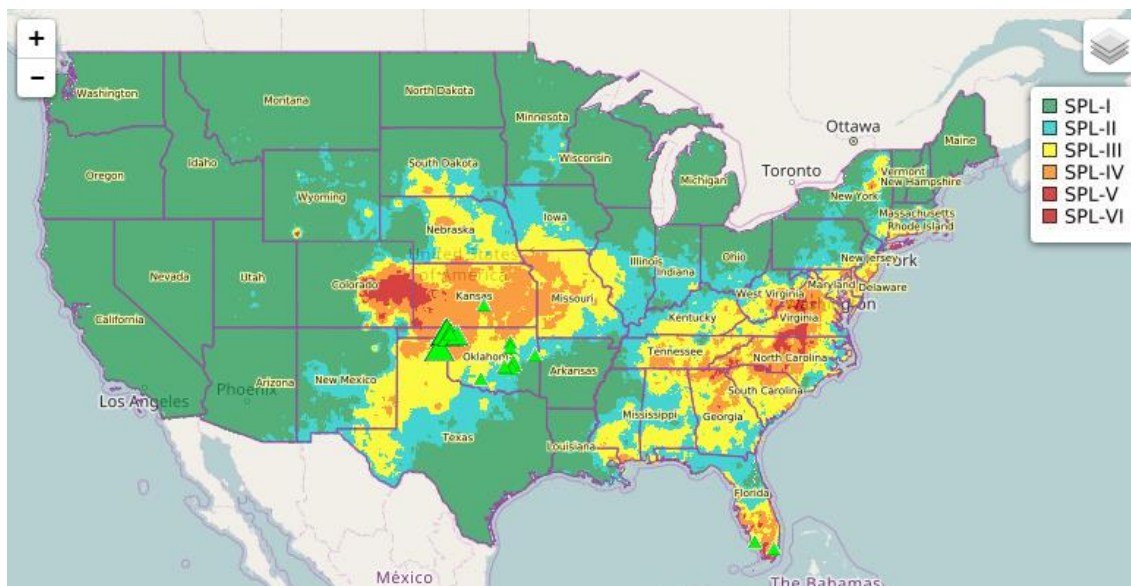
CFFDRS je součástí CWFIS (Canadian Forest Fire Index), což je počítačový požární informační systém řízení, který se využívá pro monitoring stavu požárního nebezpečí napříč Kanadou. Tento systém poskytuje každodenní mapy počasí s vyjádřením požárního nebezpečí (Obr. 13) na základě denních stavů počasí, mapy požárního potenciálu, mapy hořících bodů (místa s vysokým stupněm nebezpečí). Mimo map poskytují také satelitní snímky odlehlých území či území, které je potřebné sledovat vzhledem k nebezpečí vzniku požárů (Simpson et al., 2010).



Obrázek 13: Mapa požárního nebezpečí systému CWFIS ze dne 9. srpna 2016 (Government of Canada: Natural Resources Canada, 2017).

3.7.1.2 WFAS

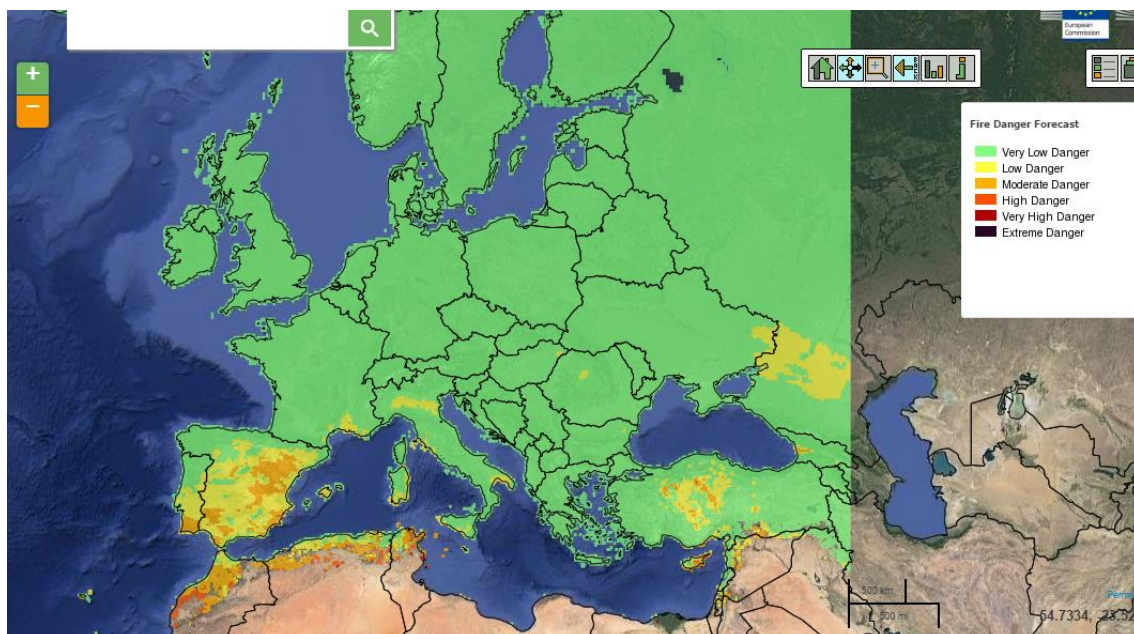
WFAS (Wildland Fire Assessment System) je ekvivalentem kanadského systému a slouží pro získávání informací o aktuálním i potenciálním nebezpečí vzniku požáru na území USA. Hodnocení nebezpečnosti bere v úvahu aktuální a předešlé počasí, druh paliva a vlhkost živého i mrtvého paliva (Deeming et al., 1977; Bradshaw et al., 1984).



Obrázek 14: Mapa nebezpečí vzniku lesního požáru podle systému WFAS na území USA k 8. březnu 2017 (USFS: Wildland Fire Assessment System, 2017).

3.7.1.3 EFFIS

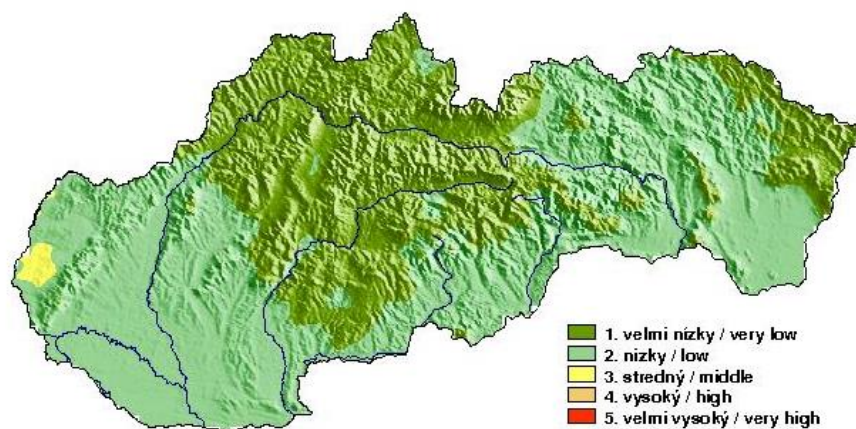
EFFIS (Europea Forest Fire Information System) je informační systém lesních požárů pro území Evropy. Jeho součástí byl od roku 2001 evropský systém předpovídající nebezpečí vzniku lesních požárů (European Forest Fire Risk Forecasting System - EFFRFS). Systém EFFIS v současnosti v období zvýšeného rizika výskytu požárů denně poskytuje šest různých meteorologických indexů nebezpečí vycházejících z údajů předpovědi počasí. Následně poskytuje mapy EÚ, které reprezentují prostorové rozložení stupně rizika požáru s předpovědí na následující tři dny (San-Miguel-Ayaz et al., 2003, 2012; Camia et al., 2006). Podsystem EFFRFS byl nahrazen v roce 2007 novým podsystemem pro stanovení potenciálu požárního nebezpečí: EFFIS – Danger Forecast, který těží z podkladů kanadského indexu požárního nebezpečí (Canadian Fire Weather Index – FWI) Podsystem EFFRFS se liší od FWI selektivními adaptacemi pro zachycení široké škály environmentálních podmínek, které se vyskytují v rámci Evropy (European Commission: Joint Research Centre, 2017).



Obrázek 15: Nebezpečnost vzniku požáru v systému EFFIS k 9. březnu 2017 (European Commission: Joint Research Centre, 2017).

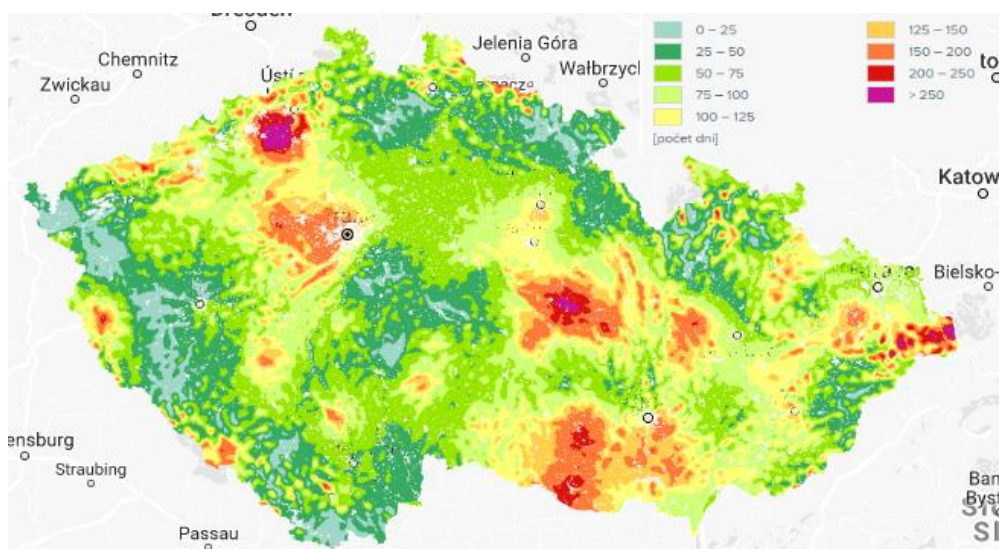
Některé evropské státy mají mimo celoevropský systém EFFIS vytvořeny i svoje vlastní varovné systémy požárního nebezpečí. Například v Řecku systém Greek Fire Danger Rating System, v Chorvatsku také používají svůj vlastní systém nebo Itálii, která používá svůj systém nazvaný RISICO (Majlingová, 2014). Slovenská republika má varovný systém ve formě webového portálu, propojený se Slovenským hydrometeorologickým ústavem, který každoročně od dubna do září denně poskytuje informace o tzv. meteorologickém požárním indexu (Obr. 16) (Majlingová, 2015).

Predpoved' indexu požiarneho nebezpečenstva v lesoch dňa 11.03.2017
Forecast of forest fire risk index in 11.03.2017

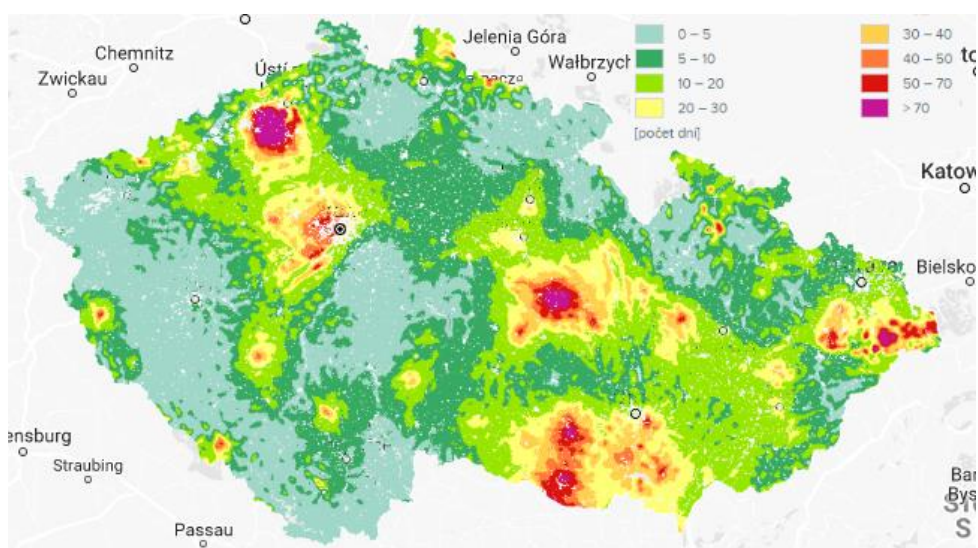


Obrázek 16: Index požárního nebezpečí na území Slovenské republiky ze dne 11. března 2017 (SHMU: Slovenský hydrometeorologický ústav, 2017).

V České republice se zabýval rizikem vzniku lesních požárů tým profesora Trnky z Ústavu výzkumu globální změny, v.v.i. (CzechGlobe) (Klimatická změna.cz, 2017). Zpracovali klimatická data z období 1981 – 2010 a pomocí pěti globálních klimatických modelů a tří emisních scénářů vytvořili scénáře budoucího vývoje klimatu na našem území. Jedním z výsledků těchto modelů je i střední, vysoká a velmi vysoká rizikovost vzniku lesních požárů. Výstupy jsou ve formě map zobrazujících zvolené riziko vzniku lesních požárů na území České republiky v období 1981-2010 (Obr. 17;18), v roce 2030, 2050 a 2090. Tyto mapy udávají počet dní v roce s daným rizikem (střední, vysoké, velmi vysoké) vzniku lesního požáru na daném území.



Obrázek 17: Mapa středního rizika vzniku lesního požáru na území České republiky (Klimatická změna.cz, 2017).



Obrázek 18: Mapa vysokého rizika vzniku lesního požáru na území České republiky (Klimatická změna.cz, 2017).

V současnosti však v České republice neexistuje systém podobný jiným systémům používaných v dalších zemích Evropy, který by produkoval aktuální denní výstupy nebezpečnosti vzniku lesních požárů.

3.8 Modely chování se lesních požárů

Po mnoho let vznikají v různých zemích světa modely šíření lesních požárů nebo požárů přírodního prostředí. První zmínky o snaze porozumění chování se požárů v přírodním prostředí byly propagovány Hawleyem (1926) a Gisbornem (1927, 1929). Propagovali myšlenku, že chápání lesních požárů a predikování nebezpečnosti požárů mohou být získány prostřednictvím měření, pozorování a teoretických úvah o faktorech, které mohou ovlivnit tyto požáry (Sullivan, 2009a).

Na konci třicátých let a počátkem čtyřicátých let 20. století Curry a Fons (1938, 1940) a Fons (1946) přišli s přesným fyzickým přístupem k měření a modelování chování lesních požárů.

Počátkem padesátých let se objevují první pokusy o vybudování systémů pro vyhodnocování požárního nebezpečí, konkrétně se jednalo o snahu USA, Kanady a Austrálie (Sullivan, 2009a). V letech 1950-1960 bylo vynaloženo velké úsilí ke zkoumání dopadů masového bombardování, např. Drážďany či Hamburk během druhé světové války. Tyto výzkumné práce byly úzce spjaty s lesními požáry, což vedlo k získání mnoha nových poznatků do problematiky šíření lesních požárů (Chandler et al., 1963).

V sedmdesátých letech postupně upadal výzkum, který podporovaly obranné organizace a v osmdesátých letech došlo k návratu výzkumu sloužící pro lesnický a hasičský management.

Rozvoj dálkového průzkumu země, geografických informačních systémů a výpočetní techniky vedl v devadesátých letech k nárůstu zájmu o modelování chování se lesních požárů, který trvá dodnes (Sullivan, 2009a). Sullivan (2009a, 2009b, 2009c) dělí tyto modely do tří základních skupin:

- empirické a kvazi-empirické modely,
- fyzické modely a kvazi-fyzické modely,
- simulace šíření lesních požárů.

3.8.1 Empirické a kvazi-empirické modely

Empirické modelování chování se požárů bylo postaveno na determinaci klíčových charakteristik používaných k popisu chování ohně. Těmito charakteristikami byla rychlost fronty požáru nebo rychlost zvětšování se obvodu požáru. Při vývoji těchto modelů bylo využito pozorování přirozeně vzniklých požárů, dále požárů založených za jiným účelem, avšak nejvíce se využívalo tzv. experimentálních požárů, při kterých byly sledovány a posuzovány čtyři části (Sullivan, 2009b):

- charakteristika a kvantifikace paliva a terén, ve kterém bude oheň zapálen,
- pozorování a měření atmosférických proměnných (rychlost větru, teplota vzduchu, atd.),
- pozorování ohně (rychlost šíření, geometrie plamene, rychlost spalování, atd.),
- statistické korelace mezi veškerými měřenými veličinami.

Empirické modely byly běžně jednorozměrné, a jejich závislou proměnnou, kterou predikovaly, byla rychlost šíření fronty požáru ve směru vanoucího větru (Sullivan, 2009b). Primární využití pro tyto modely bylo odhadnout nejpravděpodobnější šíření požáru ve směru větru pro účely hasičské taktiky na zdolání tohoto požáru (Chandler et al., 1983). Empirickými modely chování se lesních požárů je celá řada. V Austrálii byl vytvořen model CALM Jarrah II (Burrows, 1999) nebo CSIRO Forest (Gould et al., 2007). V Portugalsku UdTM Pinaster (Fernandes et al., 2002). Ve Finsku Helsinki (Tanskanen et al., 2007) a Kanadě, kde vznikl empirický model CFBP (Forestry Canada Fire Danger Group, 1992), který je součástí předpovědního systému CFFDRS (Stocks et al., 1991).

Kvazi-empirické modely jsou modely, které byly vyvíjeny v laboratorních podmínkách (větrné tunely, apod.). Mezi takové patří například americký model TRW (Wolff et al., 1991), či Nelson (Nelson, 2002). V Austrálii to byl Beer (1993) s modelem NBRU a ve Španělsku model Coimbra (Viegas, 2002).

3.8.2 Fyzikální a kvazi-fyzikální modely

Fyzikální modely využívají poznatky z chemie i fyziky spalování a přenosu tepla uvedené v pracích (Blackshear, 1974; Incropera a DeWitt, 1985; Williams, 1985; Drysdale, 1985; Pyne et al., 1996). Díky tomu jsou fyzické a kvazi-fyzické modely založeny na stejných procesech, bez ohledu na původ autora modelu nebo místa vývoje

modelu. Odlišné jsou pouze systémy řídicích rovnic, které tyto procesy popisují, uskutečňují a řeší (Sullivan, 2009a).

Nejvíce charakteristickým rozdílem mezi fyzikálním a kvazi-fyzikálním modelem je, že u fyzikálních modelů je do modelu zahrnuta chemická stránka spalování, která u kvazi-fyzikálních modelů chybí.

Fyzikální modely mají tuto chemii spalování odvozenou od základní chemické stránky paliva a jeho spalování, které určuje rychlost a množství energie uvolněné z paliva a tím i množství energie, které je následně přeneseno do okolního prostoru (Sullivan, 2009a). Mezi fyzikální modely patří například australský model Weber (Weber, 1991) nebo model Forbes (Forbes, 1997). Ve Spojených státech amerických byl vyvinut FIRETEC (Linn, 1997) nebo WFDS (Mell et al., 2007). Ve Francii to jsou modely IUSTI (Larini et al., 1998) nebo PIF97 (Dupuy et al., 1999). Existuje i fyzikální model z Ruska – Grishin (Grishin et al., 1997), Řecka – AIOLOS-F (Croba et al., 1994) nebo Španělska – UoS (Asensio et al., 2002).

Naproti tomu kvazi-fyzikální modely spoléhají na empirické modelování, které předpovídá množství převedené energie na základě geometrie plamene nebo stanovují přenos energie pomocí rovnice (Sullivan, 2009a). Mezi tyto modely řadíme například americký TRW (Carrier et al., 1991), australský ADFA I (de Mestre et al., 1989) nebo francouzský UdC (Santoni et al., 1998).

3.8.3 Simulace šíření lesních požárů

Koncem 80. let a začátkem 90. let dvacátého století s příchodem levných osobních počítačů a s rozvojem využívání geografických informačních systémů docházelo k rozkvětu metod předpovídající šíření lesních požárů napříč celou krajinou (Beer, 1990b; Green et al., 1990; Coleman a Sullivan, 1996; Finney, 1998). Šíření lesního požáru je v jednotlivých modelech uskutečněno pomocí dvou odlišných metod. První metodou je rozšiřování obvodu požáru na základě přímého kontaktu nebo na základě „přenosu na blízkého souseda“ tzv. raster based simulation. Druhá metoda využívá Huygensův princip šíření vln (Sullivan, 2009c).

3.8.3.1 FARSITE

FARSITE (Finney, 1998) je matematický model pro časovou a prostorovou simulaci šíření a chování se požáru v podmínkách různorodého terénu, paliva a počasí. Je vytvořen na základě předpovědního systému chování se požáru BEHAVE (Andrews,

1986). V modelování a simulaci růstu a rozšiřování čela požáru se využívá Huygensův princip šíření vln (Sullivan, 2009c). Dále FARSITE využívá existujících modelů chování se požáru jako je povrchové šíření ohně (Rothermel, 1972), počátek vznícení koruny (Van Wagner, 1977), šíření korunového požáru (Rothermel, 1991), model tzv. post-frontálního spalování (Albini et al., 1995; Albini a Reinhardt, 1995) a vlhkost mrtvého paliva (Nelson, 2000). Je založený na bázi GIS, vstupem do modelování i jeho výstupem jsou GIS vektorové a rastrové vrstvy. Pomocí FARSITE je možné získat relativně dobrý detail reálného průběhu požáru s využitím poměrně malého výpočtového výkonu (Weisenpacher, 2007). Kapusniak (2014) uvádí 85% shodu při šetření reálného požáru a jeho modelování v prostředí FARSITE.

Postup modelování a simulace požáru v prostředí FARSITE se skládá z postupných kroků, přípravy vstupních údajů a jejich samostatný vstup do prostředí, vybráním a nastavením modelů chování lesního požáru a kontrolou samotného procesu simulace (Majlingová, Smreček, 2013).

V případě aktivního požáru je možné model FARSITE využít i pro potřeby krátkodobých projekcí využitelných zejména pro přípravu denních analýz nebezpečí vzniku požáru, krátkodobých a dlouhodobých projekcí podporujících plánování časového rozmístění činností spojených s požárním monitoringem. Z hlediska potenciálních požárů umožňuje FARSITE analyzovat efekty případného požáru, týkající se rozdílných míst vzniku požáru, různých parametrů počasí a postupů požáru při hoření, které mohou být využity na porovnání rozličných strategií boje s požárem (Majlingová, 2014; Kapusniak, 2014).

3.8.3.2 *BEHAVE Plus*

BEHAVE Plus je počítačový program vytvořený pro operační systém Windows, sloužící k modelování požárů. Konkrétně může být využit pro modelování šíření požáru nebo dopadů požáru. Systém je založen na skupině matematických modelů popisující chování ohně a dopady požáru. Do modelů jsou zadávány specifické informace jako vlastnosti půdy nebo paliva. Program simuluje rychlost šíření požáru, detekční vzdálenost požáru, výšku plamenů, úmrtnost stromů, vlhkost paliva a další různé proměnné používané k předpovědi požární odolnosti. (USDA: Fire, Fuel and Smoke Science Program, 2016)

Dalšími simulátory jsou například australské SiroFire (Coleman a Sullivan, 1996), portugalský FireMap (Vasconcelos a Guertin, 1992), italské PdM (Guariso a Baracani, 2002) a další (Sullivan, 2009c).

4 Metodika

4.1 Zpracování databáze

Databáze lesních požárů, kterou poskytl na základě žádosti Hasičský záchranný sbor České republiky, obsahovala velké množství informací, které bylo možné využít. V databázi byla data o veškerých požárech přírodních porostů na území České republiky, mimo území vojenských újezdů a území spadajících pod správu Ministerstva obrany. Databáze byla následně doplněna o data, které poskytly o svých požárech Vojenské lesy a statky, s. p., konkrétně se jednalo o požáry na území vojenského újezdu Březina, Libavá a Hradiště.

Neupravená databáze ke každému jednotlivému požáru poskytovala velké množství dat. Jedná se o data, která Hasičský záchranný sbor České republiky běžně eviduje. Konkrétně jsou to informace o typu požáru, stupni poplachu, který byl vyhlášen, datum a čas ohlášení, datum a čas likvidace, lokalizace požáru (kraj, okres, obec, místní část, část obce). Dále jsou uvedeny souřadnice požáru, vlastnictví poškozeného majetku (státní, soukromé, apod.), údaje o zásahu (počet jednotek požární ochrany, plocha požáru, přímá škoda apod.), upřesnění lokalizace požáru (požár v přírodním prostředí, požár pouze mimo budovu, apod.), iniciátor, příčina a další poznámky.

Bylo nezbytné veškeré informace o jednotlivých požárech protřídit a vybrat ty, které byly nejdůležitější pro další práci. Zároveň byly z databáze odstraněny všechny požáry, které se evidentně nacházely mimo pozemek určený k plnění funkce lesa (PUPFL). Jednalo se zejména o požáry luk nebo travin a křovin v zástavbách, apod. Z databáze požárů na území vojenských újezdů byly brány v potaz pouze požáry lesních porostů, nikoliv cílových ploch.

V databázi byly vytvořeny atributy určující co nejpřesnější lokalitu požáru (kraj, okres, obec, část obce, místní část). Ke každému požáru byla v databázi informace o přesném datu a času ohlášení požáru, stejně jako jeho uhašení. Tyto informace byly přepracovány do podoby, která zajistila snadné vyhledávání a následné hodnocení požárů z hlediska dne, měsíce nebo roku. Časový údaj o délce likvidace požáru byl převeden do sloupců obsahujících různé doby likvidace požáru. Byly evidovány časové intervaly

likvidace požárů do 30 min, 1 hodiny, 3 hodin, 12 hodin, 24 hodin a doba likvidace nad 24 hodin. V několika případech, zejména u dat poskytnutých Vojenskými lesy a statky, s. p. nebyla uvedena doba likvidace. Tyto údaje byly zařazeny do sloupce nazvaného „Neznámá délka likvidace“.

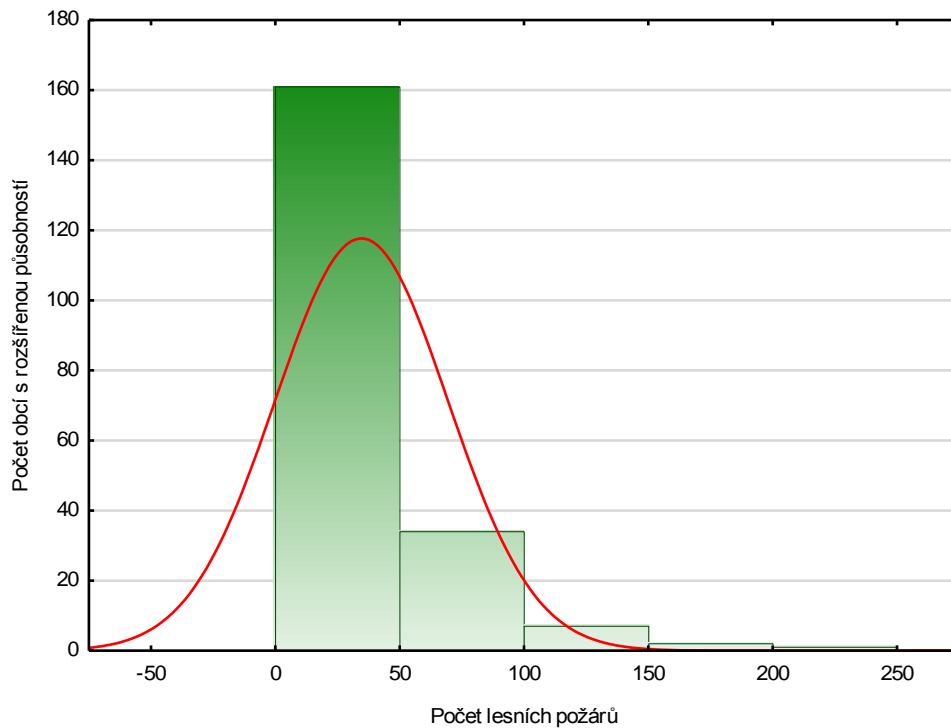
Důležitým prvkem přepracované databáze byly sloupce určující, co při konkrétním lesním požáru hořelo. Tyto informace byly získávány ze všech dostupných popisů týkajících se jednotlivých požárů. Na základě těchto informací byly vyřazovány požáry mimo lesní porosty. Jednotlivé druhy hoření v lese byly přehledně rozděleny do sloupců (např. rašelina, pařez, dutina stromu, kořeny, klest, paseka, nálet, hrabanka, apod.). Pokud bylo při identifikování požárů málo informací a k požáru evidentně došlo na území lesa, byl požár identifikován obecně jako lesní požár bez další přesnější specifikace. Jednotlivý druh hoření např. hrabanka byl v příslušném sloupci označen, aby se v konečné fázi daly lehce filtrovat jednotlivé druhy hoření.

Dalšími využitelnými daty byly souřadnice požárů, kompletní ovšem pouze v letech 2010-2015. Souřadnice požárů byly uvedeny v Křovákově souřadnicovém systému S-JTSK, následně byly převedeny do hodnot zeměpisné soustavy souřadnic, tedy zeměpisné délky a šířky. Chybějící údaje o přesné poloze požárů z let 2006-2010 byly nahrazeny lokalitou v rámci administrativního členění ČR (obce, příp. obce s rozšířenou působností). Posledními využívanými záznamy byla informace o ploše požáru uvedená v m².

4.2 Proměnné pro statistické výpočty a mapu ohroženosti

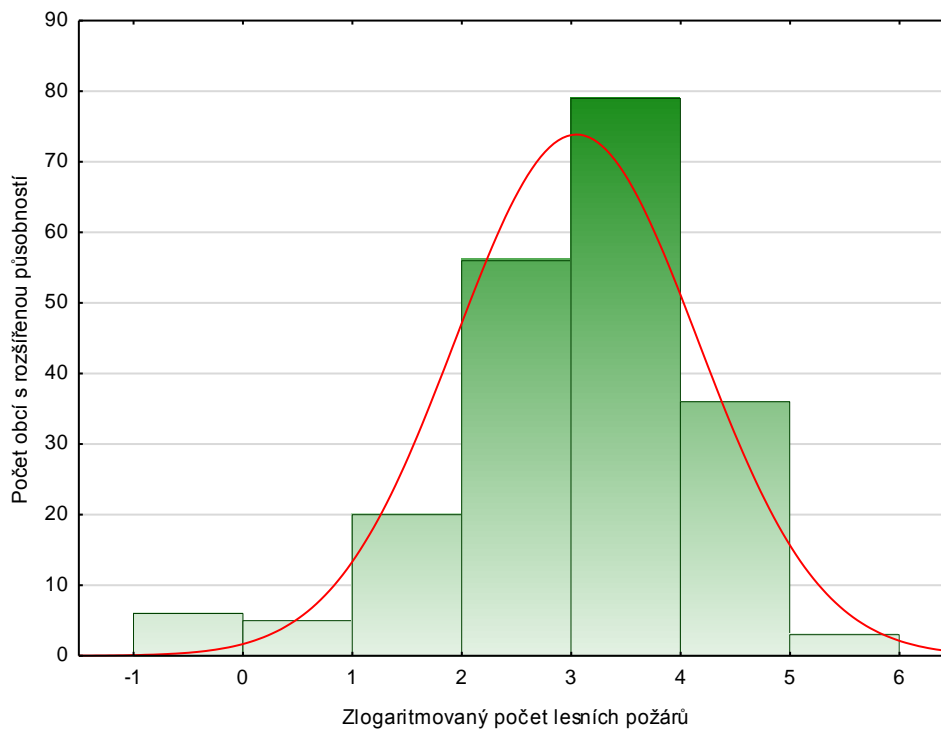
4.2.1 Počet lesních požárů v rámci obcí s rozšířenou působností

Z přepracované databáze byla převzata data o počtu lesních požárů v rámci jednotlivých obcí České republiky. Počet požárů v rámci obcí s rozšířenou působností byl získán součtem požárů v obcích patřících pod příslušné obce s rozšířenou působností. Početnosti lesních požárů byly následně graficky znázorněny (Graf 1).



Graf 1: Grafické znázornění počtů lesních požárů v rámci obcí s rozšířenou působností, $K-S d=,16634$, $p<,01$; Lilliefors $p<,01$.

Pro účely statistických výpočtů byly početnosti lesních požárů zlogaritmovány, aby se více přiblížily normálnímu rozdělení (Graf 2).



Graf 2: Zlogaritmované počty lesních požárů v rámci obcí s rozšířenou působností, $K-S d=,07641$, $p<,20$; Lilliefors $p<,01$.

4.2.2 Počet obyvatel obcí s rozšířenou působností

Z veřejné databáze Českého statistického úřadu byly získány aktuální počty obyvatel pro jednotlivé obce s rozšířenou působností (Český statistický úřad: Veřejná databáze, 2017).

4.2.3 Návštěvnost obcí s rozšířenou působností

Z veřejné databáze Českého statistického úřadu byly získány informace o celkovém počtu nocování hostů v jednotlivých obcích s rozšířenou působností. Ve veřejné databázi byly uvedeny čísla za roky 2012-2016, které byly následně zprůměrovány. Výsledným počtem nocování (návštěvnosti) pro jednotlivé obce s rozšířenou působností byl průměr nocujících hostů v letech 2012-2016 (Český statistický úřad: Veřejná databáze, 2017).

4.2.4 Dřevinná skladba lesů v rámci obcí s rozšířenou působností

Z portálu eAGRI (eAGRI, 2017) byly pro účely diplomové práce získány informace o porostních plochách jednotlivých druhů dřevin v rámci každé obce s rozšířenou působností. Dřevinná skladba obcí s rozšířenou působností byla rozdělena do skupin listnaté a jehličnaté. K získání porostní plochy těchto dvou skupin byly druhy lesních dřevin v rámci těchto skupin sečteny. Následně byl pro další zpracování vyjádřený procentuální podíl zastoupení listnatých a jehličnatých dřevin v rámci obcí s rozšířenou působností.

Z důvodu vysoké hořlavosti bylo mimo rozdělení jehličnaté/listnaté zvlášť uvažováno ještě procentuální zastoupení borovice.

4.2.5 Hydricita lesních porostů v rámci obcí s rozšířenou působností

Z portálu eAGRI (eAGRI, 2017) byly získány informace o porostní ploše jednotlivých souborů lesních typů v rámci každé obce s rozšířenou působností. Soubory lesních typů byly podle Buček, Lacina (1999, 2007) zařazeny do hydrických řad (suchá, omezená, normální, zamokřená, mokrá, rašelištní). Porostní plochy hydrických řad byly sečteny a přepočítány do procentuálního zastoupení jednotlivých hydrických řad v rámci každé obce s rozšířenou působností.

4.3 Statistické zpracování

4.3.1 Redundance proměnných

S ohledem na množství shromážděných proměnných (Tab. 1), které mohou být použity jako prediktory k frekvenci požárů daných území, je třeba předpokládat korelaci nebo kolinearitu některých proměnných. Tento jev je při statistických analýzách nežádoucí, neboť může vychylovat výsledky statistického testování.

Cílem této části řešení je identifikovat vztahy mezi vysvětlujícími proměnnými a identifikovat proměnné, které mohou být z analýzy odstraněny bez ztráty podstatné části informace. K tomuto řešení je nejjednodušší přistupovat tak, že odstraníme jednu ze vzájemně korelovaných proměnných. K získání informací o korelacích proměnných byla využita korelační matice všech proměnných (Tab. 2). Následně byla z proměnných použitých v regresním modelu odstraněna jedna ze dvou vzájemně vysoce korelujících proměnných (hodnota Spearmanova koeficientu nad 0,8).

4.3.2 Významnost prediktorů

K zjištění významnosti prediktorů byla využita neparametrická metoda na bázi klasifikační a regresních stromů (C&RT), která byla využita i pro tvorbu modelu závislosti vztahů mezi zlogaritmovanou početností lesních požárů a jednotlivými prediktory (Obr. 21). Ačkoliv může mít určitý prediktor vysokou hodnotu významnosti, nemusí být použitý ve finální klasifikaci. Vysoká hodnota může souviset se skutečností, že prediktor byl opakovaně označen jako druhá či jinak vysoce postavená proměnná při rozdělování jednotlivých modelů do jednotlivých tříd, nikdy však nebyl použitý pro dichotomické dělení, kde je vždy využitý pouze nejdůležitější prediktor.

4.3.3 Regresní model

K tvorbě regresních modelů lze využít množství přístupů, jako jsou generalizované lineární modely, generalizované aditivní modely nebo soubor metod vytěžování dat. V případě diplomové práce byla využita metoda regresních a klasifikačních stromů (C&RT), která umožňuje názorně vyhodnotit komplexní vztahy v analyzovaných datech. C&RT je neparametrická a nelineární technika, umožňující kombinovat spojité a kategorické prediktory. Regresní stromy jsou sestaveny z řady hierarchicky seřazených podmínek IF – THEN, pomocí kterých dichotomicky rozdělují hodnoty závislé proměnné

(tzv. binární rekurzivní dělení). Podmínka dělení je založena na prediktoru, který nejlépe rozděluje hodnoty závislé proměnné na dané hierarchické úrovni. Tento postup je různě optimalizován, např. z hlediska vyhnutí se příliš jemnému dělení, při kterém dochází ke snížení prediktivní síly (overfitting), nebo určení počtu hierarchických úrovní.

4.4 Tvorba mapy ohroženosti České republiky požáry

K tvorbě mapy ohroženosti požáry na území České republiky byly využity výsledky statistické analýzy. Konkrétně byla mapa ohroženosti vytvořena na základě hodnot predikovaných regresním modelem, ve kterém byl srovnán zlogaritmovaný počet lesních požárů v rámci obcí s rozšířenou působností s ostatními proměnnými. Následně byly hodnoty predikované modelem rozděleny kvantily do pěti kategorií, vyjadřujících ohroženost obcí s rozšířenou působností. Kvantil 0 – 20 % identifikoval obce s rozšířenou působností s velmi nízkým rizikem vzniku lesních požárů, kvantil 20 – 40 % (nízké riziko), kvantil 40 – 60 % (střední riziko), kvantil 60 – 80 % (vysoké riziko), kvantil 80 – 100 % (velmi vysoké riziko).

Při tvorbě mapových podkladů byla využita transformovaná data (zlogaritmovaný počet lesních požárů), proto výsledná mapa vyjadřuje kvantitativní ohroženost obcí s rozšířenou působností.

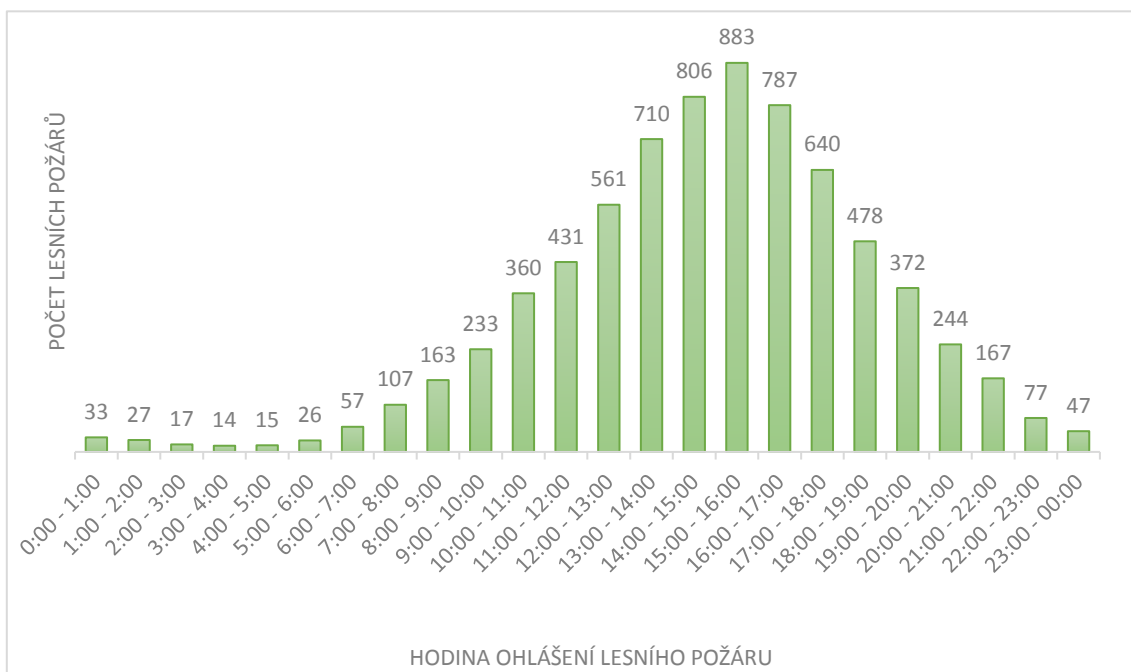
5 Výsledky

5.1 Výsledky ze zpracované databáze lesních požárů

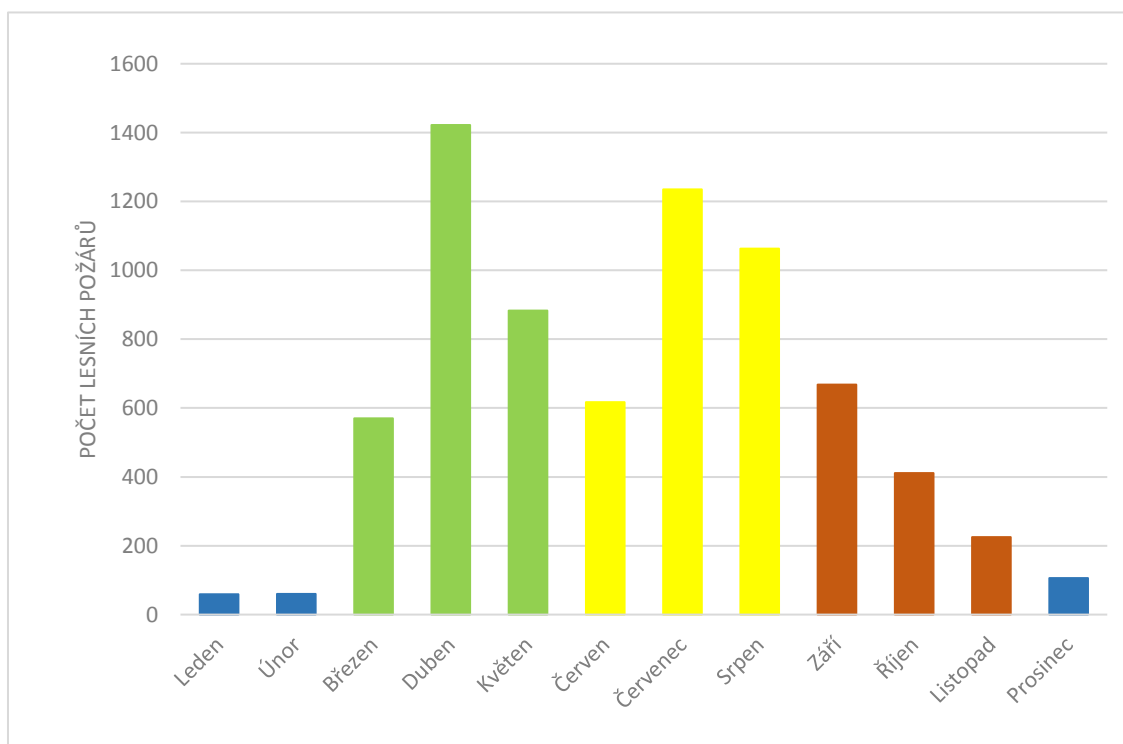
Původní databáze, kterou poskytl HZS České republiky, obsahovala celkem 9433 požárů přírodního prostředí. Tato data doplnilo 64 lesních požárů z prostředí vojenských újezdů Březina, Libavá a Hradiště, na kterých hospodaří Vojenské lesy a statky, s. p. Z těchto údajů bylo postupným procházením jednotlivých požárů vyřazeno 2178 požárů, které se zjevně nacházely mimo pozemek určený k plnění funkce lesa. Na území České republiky v letech 2006-2015 vzniklo 7319 lesních požárů.

Grafické znázornění vzniku (oznámení) požáru v rámci dne (Graf 3) ukazuje, že nejrizikovějším obdobím jsou odpolední hodiny, konkrétně období mezi 14. a 17. hodinou. V tento čas vzniklo v letech 2006-2015 celkem 2476 lesních požárů.

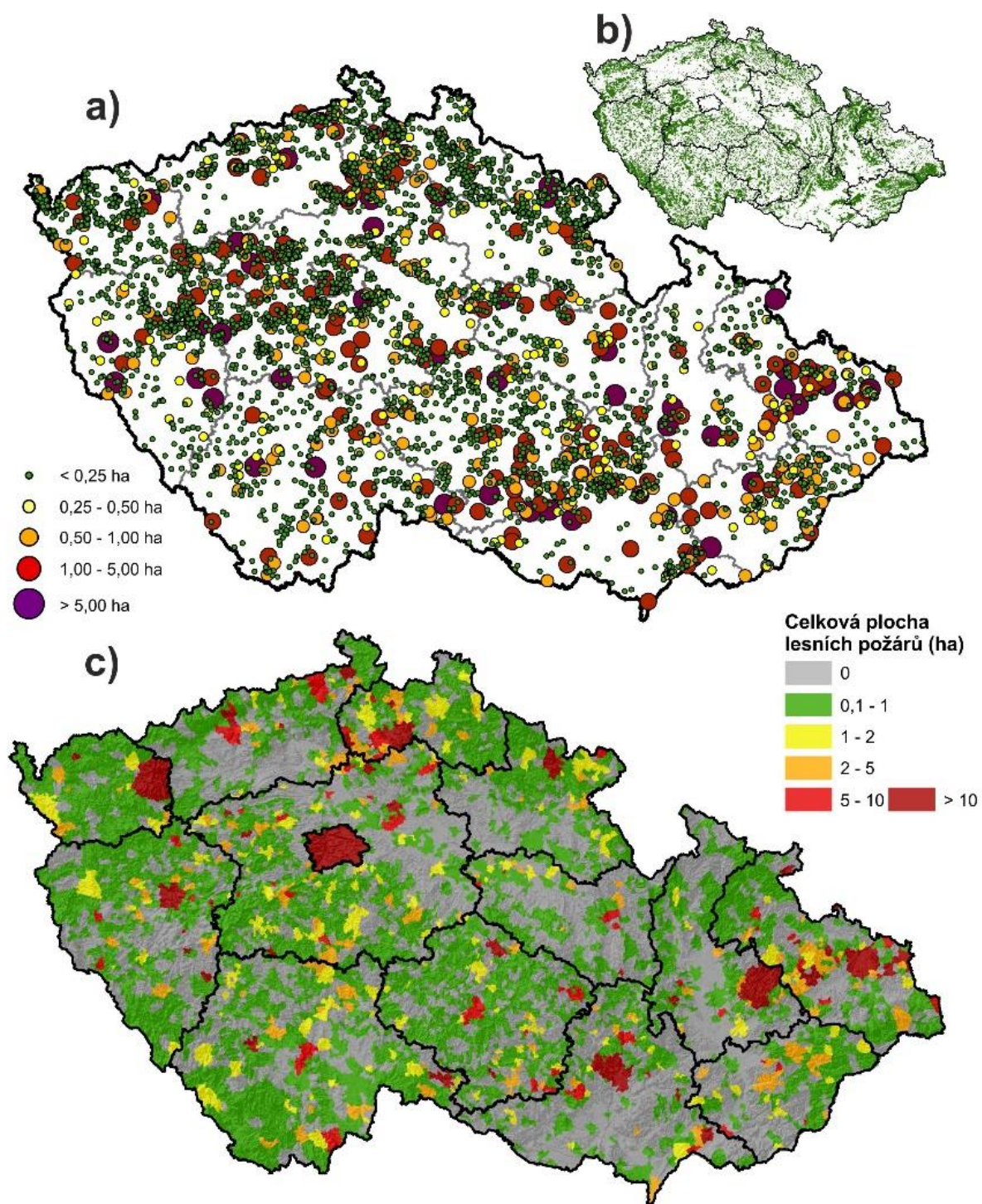
Co se týče ročního období, jsou nejrizikovějšími měsíci vzhledem k četnosti lesních požárů měsíce duben, červenec a srpen (Graf 4).



Graf 3: Grafické znázornění vzniku lesních požárů v rámci denní doby.



Graf 4: Početnost lesních požárů v období 2006-2015 v rámci měsíců v roce.



Obrázek 19: a) Požáry v rámci České republiky s dostupnými souřadnicemi požáru (2010-2015), b) lesy České republiky, c) Počet požárů v rámci obcí České republiky.

Databáze požárů obsahuje od roku 2010 přesné souřadnice požářišť. Tyto požáry s dostupnými souřadnicemi (2010-2015) byly rozděleny dle plochy požáru a znázorněny na mapě České republiky (Obr. 19a). Největší početnost lesních požárů především velikosti do 0,25 ha je ve Středočeském kraji, Libereckém kraji a severní části kraje královéhradeckého. Dalšími místy s větším výskytem požárů je hranice mezi krajem jihomoravským a krajem Vysočina nebo oblast Moravskoslezského kraje. Celkově jsou však lesní požáry v rámci České republiky rozmístěny poměrně rovnoměrně.

Všechny lesní požáry z databáze včetně těch bez souřadnic byly přiřazeny k jednotlivým obcím, uvedeným při specifikaci požáru Hasičským záchranným sborem České republiky. Počet jednotlivých požárů v rámci obcí České republiky byl znázorněn na Obr. 19c. Větší početnost lesních požárů byla na území velkých aglomerací (Brno, Ostrava, Praha), na území vojenských újezdů Libavá a Hradiště nebo na území bývalého vojenského prostoru Ralsko.

5.2 Statistické výsledky

5.2.1 Redundance proměnných

Na základě korelační matice bylo pro tvorbu regresního modelu odstraněno procentuální zastoupení listnatých dřevin, neboť korelovalo s procentuálním zastoupením jehličnanů (Tab. 2). Zbytek proměnných byl ponechán, jelikož žádná jiná korelace dvou proměnných neměla hodnotu Spearmanova koeficientu větší než 0,8.

Tabulka 1: Tabulka zkratk proměnných a jejich význam.

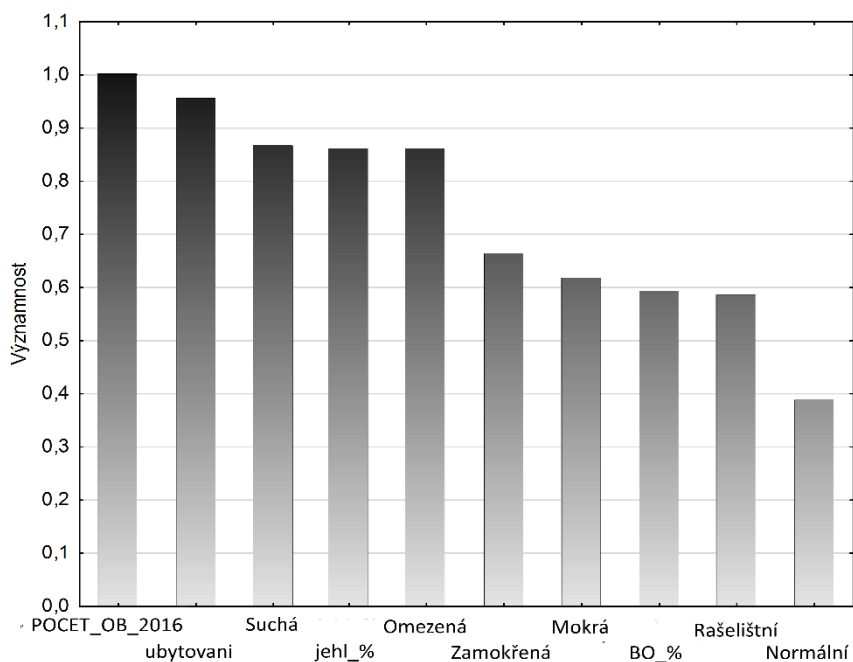
Proměnná	Popis
ubytovani	průměrný počet nocujících hostů na území ORP
POČET_OB_2011	počet obyvatel obce s rozšířenou působností
jehl_%	procentuální zastoupení jehličnatých dřevin
list_%	procentuální zastoupení listnatých dřevin
BO_%	procentuální zastoupení borovice
Suchá	hydrická řada odvozená ze souborů lesních typů
Omezená	hydrická řada odvozená ze souborů lesních typů
Normální	hydrická řada odvozená ze souborů lesních typů
Zamokřená	hydrická řada odvozená ze souborů lesních typů
Mokrá	hydrická řada odvozená ze souborů lesních typů
Rašelištní	hydrická řada odvozená ze souborů lesních typů

Tabulka 2: Korelační matice proměnných použitých v regresním modelu.

Korelační matice											
N=205 (Casewise deletion of missing data)											
r>=											
	-1	-0,80	-0,60	-0,40	-0,20	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1
Proměnné	ubytovani	Suchá	Omezená	Zamokřená	list_ %	Normální	Mokrá	POCET_O B_2011	BO_ %	jehl_ %	Rašelištní
ubytovani	1,000000	-0,035640	0,163947	0,009423	-0,110448	-0,058606	0,004941	0,345632	-0,082647	0,110448	0,180403
Suchá	-0,035640	1,000000	0,529943	-0,234574	0,214826	0,081117	-0,072060	0,074068	0,181561	-0,214826	-0,034830
Omezená	0,163947	0,529943	1,000000	-0,278138	0,127784	0,091042	-0,134780	0,152000	0,117222	-0,127784	-0,043574
Zamokřená	0,009423	-0,234574	-0,278138	1,000000	-0,188740	-0,756466	-0,111310	0,001141	0,269189	0,188740	0,068426
list_ %	-0,110448	0,214826	0,127784	-0,188740	1,000000	-0,163288	0,478226	0,199122	-0,182315	-1,000000	-0,208138
Normální	-0,058606	0,081117	0,091042	-0,756466	-0,163288	1,000000	-0,515882	-0,040006	-0,234284	0,163288	-0,177302
Mokrá	0,004941	-0,072060	-0,134780	-0,111310	0,478226	-0,515882	1,000000	0,006878	-0,072292	-0,478226	0,076262
POCET_O B_2011	0,345632	0,074068	0,152000	0,001141	0,199122	-0,040006	0,006878	1,000000	0,048196	-0,199122	-0,036079
BO_ %	-0,082647	0,181561	0,117222	0,269189	-0,182315	-0,234284	-0,072292	0,048196	1,000000	0,182315	0,028918
jehl_ %	0,110448	-0,214826	-0,127784	0,188740	-1,000000	0,163288	-0,478226	-0,199122	0,182315	1,000000	0,208138
Rašelištní	0,180403	-0,034830	-0,043574	0,068426	-0,208138	-0,177302	0,076262	-0,036079	0,028918	0,208138	1,000000

5.2.2 Významnost prediktorů

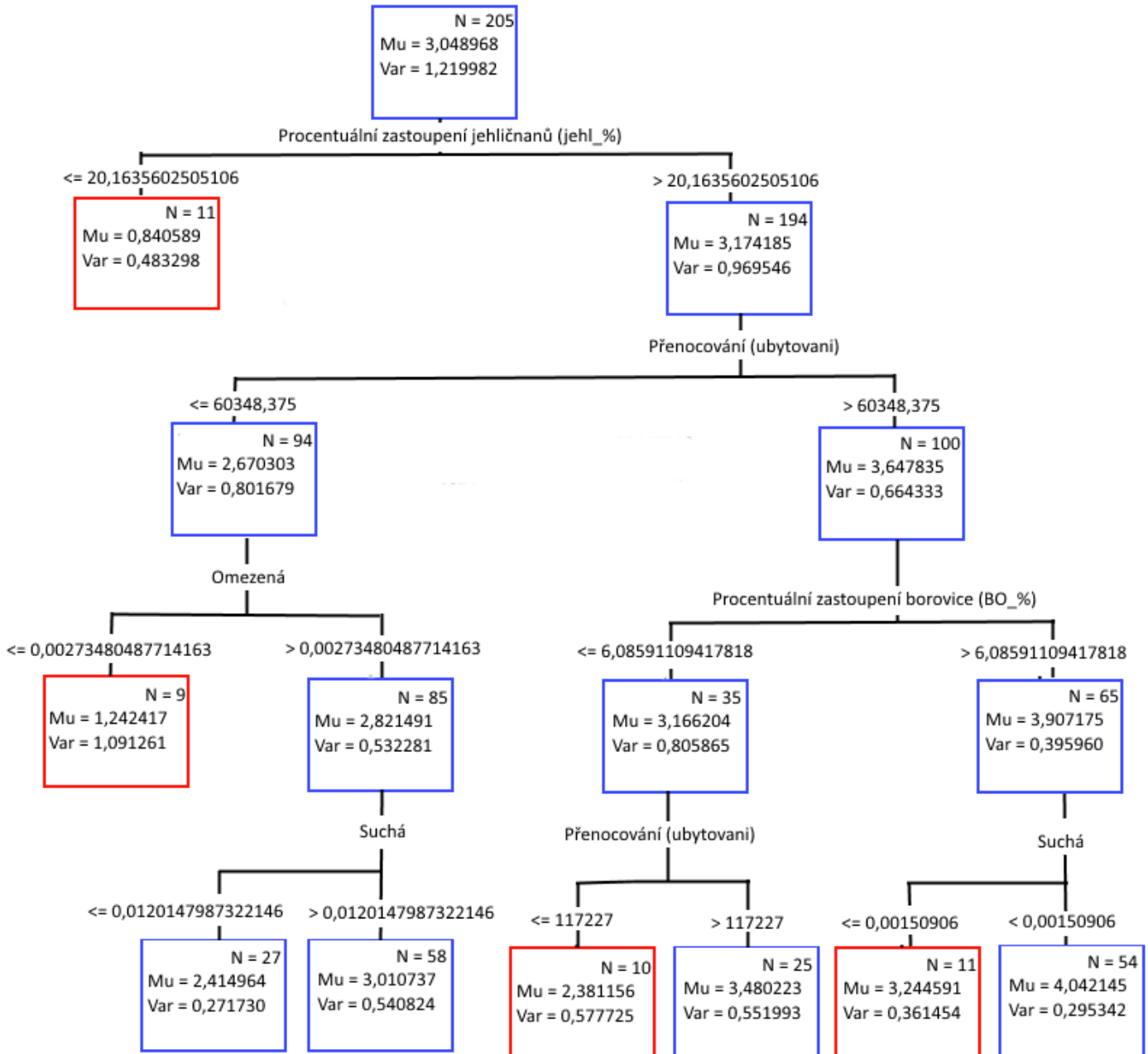
Test významnosti proměnných poukázal, že nejvýznamnějším prediktorem je počet obyvatel (Obr. 20). Tento prediktor má vysokou hodnotu, avšak nebyl ani jednou použitý ve finální klasifikaci (Obr. 21). Jak je uvedeno výše, souvisí to s tím, že byl pravděpodobně označen často jako druhá či jinak vysoce významná proměnná. Druhou nejvýznamnější proměnnou byl počet nocujících hostů. Tato proměnná se již objevuje ve výsledném regresním stromu. Následují proměnné hydrická řada suchá, omezená a procentuální zastoupení jehličnatých dřevin. Již výrazně nižší významnost mají proměnné hydrická řada zamokřená, mokrá a rašelištní, procentuální zastoupení borovice a hydrická řada normální.



Obrázek 20: Významnost proměnných na základě testu redundance.

5.2.3 Regresní model

Využití metody klasifikačních a regresních stromů umožnilo názorně vyhodnotit a ilustrovat vztahy mezi zlogaritmovaným počtem lesních požárů a použitým souborem prediktorů.



Obrázek 21: Regresní strom s hierarchií prediktorů významně ovlivňujících vznik lesních požárů. N = počet obcí s rozšířenou působností, Mu = zlogaritmovaný počet požárů, Var = směrodatná odchylka.

Z regresního stromu (Obr. 21) vyplývá, že na první úrovni diferenciací bylo nejvíce ovlivňujícím prediktorem procentuální zastoupení jehličnanů v porostech v rámci obcí s rozšířenou působností. V obcích s rozšířenou působností, kde bylo zastoupení

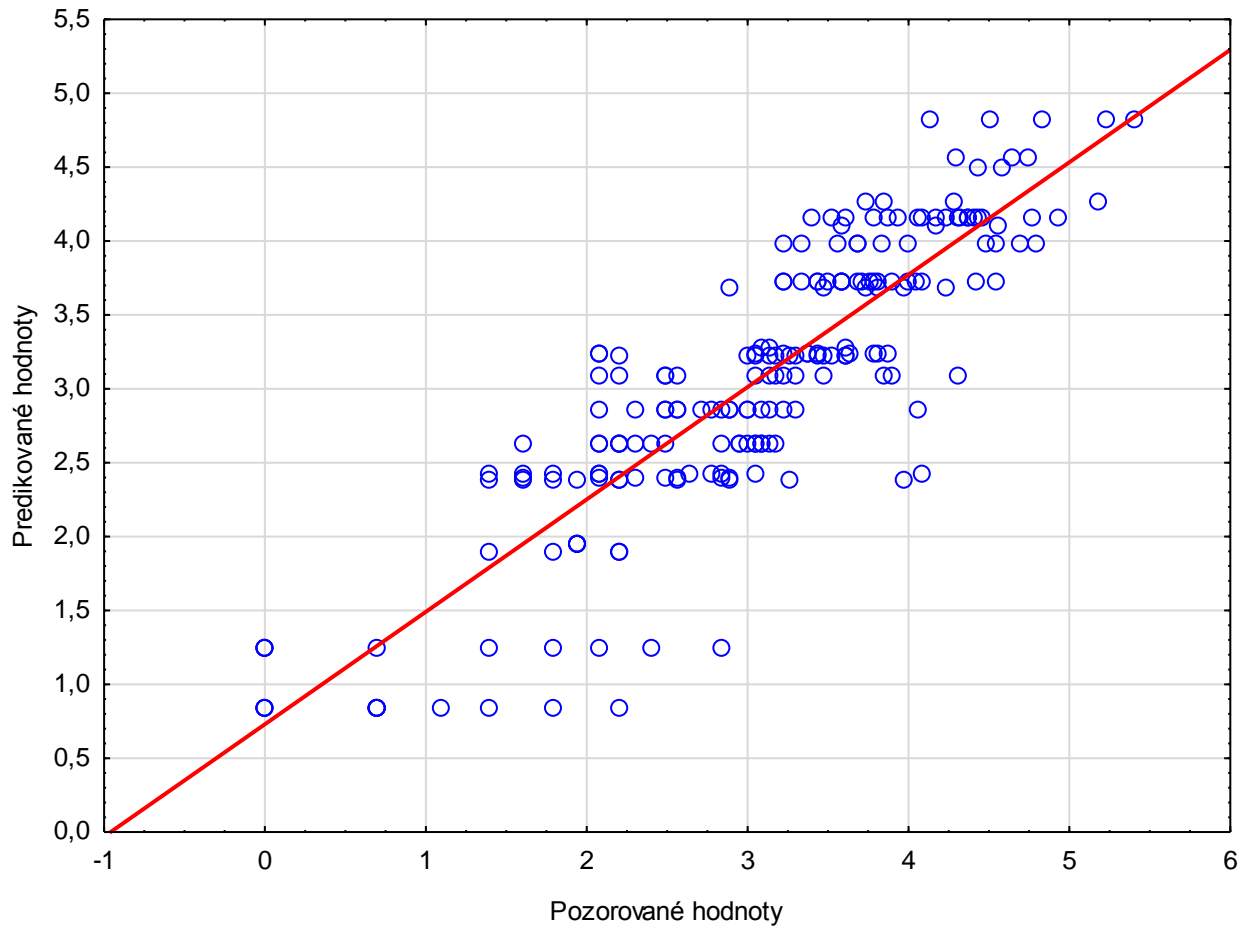
jehličnanů do cca 20 %, byl zlogaritmovaný počet požárů 0,84. Zatímco v obcích s rozšířenou působností se zastoupením jehličnanů v lesních porostech větší než 20 % byl zlogaritmovaný počet požárů 3,17. Z toho vyplývá, že porosty s vyšším zastoupením jehličnatých dřevin jsou více postihovány a ohroženy lesními požáry.

Na druhé úrovni diferenciaci byl identifikován počet nocování hostů v rámci roku jako nejvýznamnější proměnná. Rozděleny byly v rámci regresivního stromu pouze obce, které měly na předchozí úrovni zastoupení jehličnatých porostů na svém území větší než cca 20 %. V obcích s rozšířenou působností, kde počet přenocovaných hostů dosáhl hodnoty nejvýše 60 348, byl zlogaritmovaný počet požárů 2,67. Zatímco v obcích, kde návštěvnost (počet přenocování) přesáhla hodnotu 60 348, byl zlogaritmovaný počet požárů vyšší - 3,65. Levé i pravé rameno regresivního stromu bylo ve třetí úrovni diferenciaci dále rozděleno.

Na třetí úrovni diferenciaci bylo pro obce s nižší návštěvností nejvýznamnější proměnnou zastoupení omezené hydrické řady v lesních porostech. Již nepatrné zastoupení této hydrické řady zvyšovalo zlogaritmovaný počet lesních požárů na 2,82. V porostech, kde bylo zastoupení omezené hydrické řady menší než cca 0,003 % byla zlogaritmovaná početnost lesních požárů pouze 1,24. V obcích s rozšířenou působností, kde byla návštěvnost vyšší než na druhé úrovni uvedených 60 348, bylo nejvýznamnějším prediktorem procentuální zastoupení borovice v lesních porostech. V případě zastoupení borovice menší než cca 6 % byl zlogaritmovaný počet požárů nižší - 3,16. V případě vyššího zastoupení borovice byl tento počet požárů 3,91.

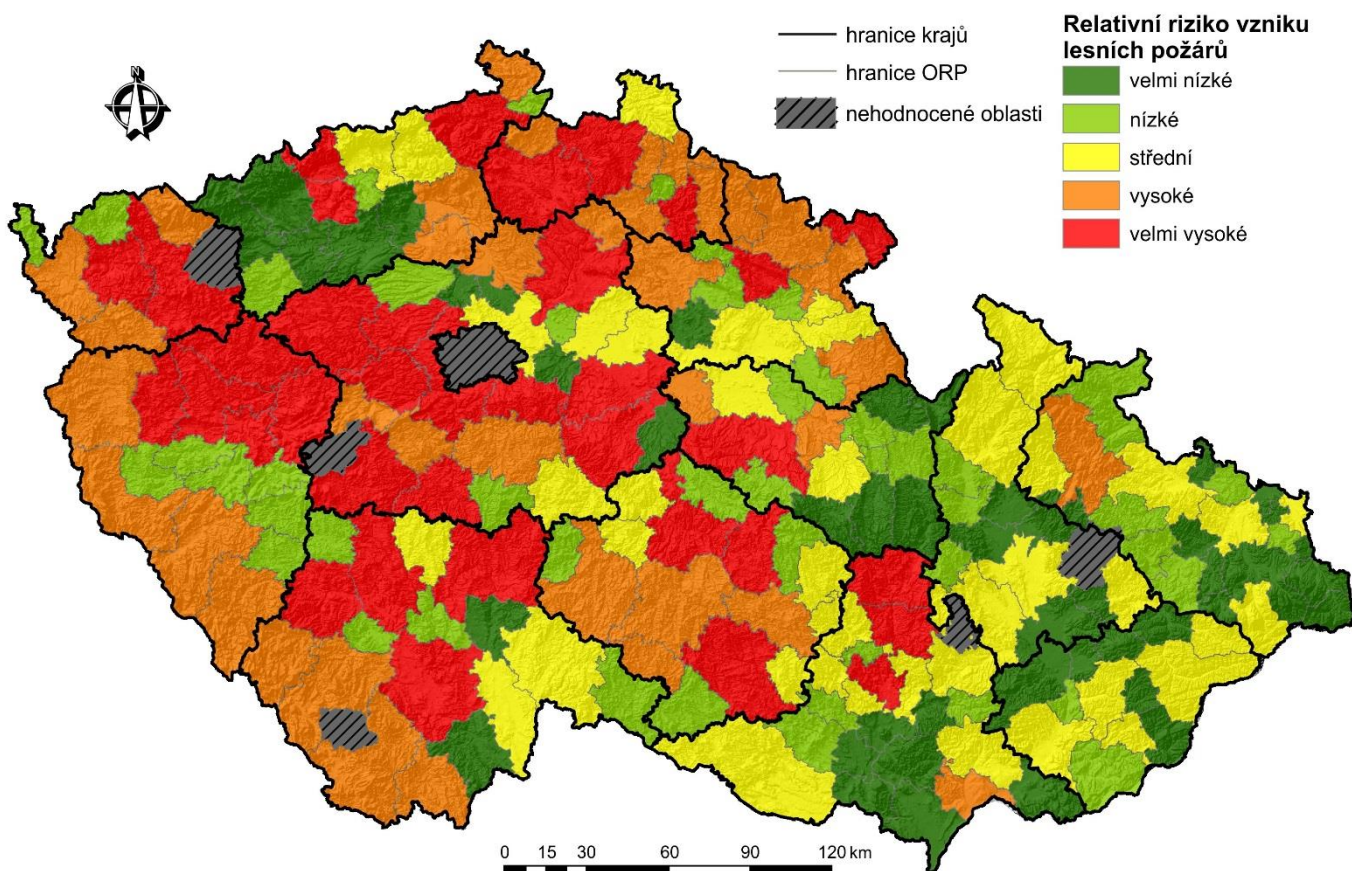
Poslední úroveň diferenciaci u obcí s vyšším zastoupením omezené hydrické řady identifikovala nejvýznamnějším prediktorem hydrickou řadu suchou. Na základě zastoupení této hydrické řady v porostech byla zlogaritmovaná početnost požárů nižší (2,41) v porostech se zastoupením této řady do 0,01 %. V porostech s vyšším zastoupením suché hydrické řady byla zlogaritmovaná početnost požárů 3,01. V případě diferenciaci obcí, kde bylo nejvýznamnější proměnnou na předchozí úrovni zastoupení borovice, bylo rozdělení následující. Při nižším zastoupení borovice byl nejvýznamnějším prediktorem počet nocujících (117227). Při návštěvnosti vyšší než je tato hodnota dosáhla zlogaritmovaná početnost lesních požárů 3,48. Při návštěvnosti nižší než 117227 to bylo 2,38. U obcí s vyšším zastoupením borovice bylo nejvýznamnějším prediktorem zastoupení hydrické řady suché. Hodnoty zastoupení nižší než 0,0015 % dosahovaly početnosti požárů 3,24, vyšší hodnoty zastoupení suché hydrické řady pak 4,04.

Výkonost takto sestaveného modelu byla relativně vysoká a vztah mezi predikovanými a měřenými hodnotami měl hodnotu Pearsonova korelačního koeficientu 0,87, vysvětloval 76% variability dat (Obr. 22).



Obrázek 22: Vztah pozorovaných a predikovaných hodnot zlogaritmovaného počtu lesních požárů. Hodnota Pearsonova korelačního koeficientu je 0,87.

5.3 Mapa ohroženosti požáry na území České republiky



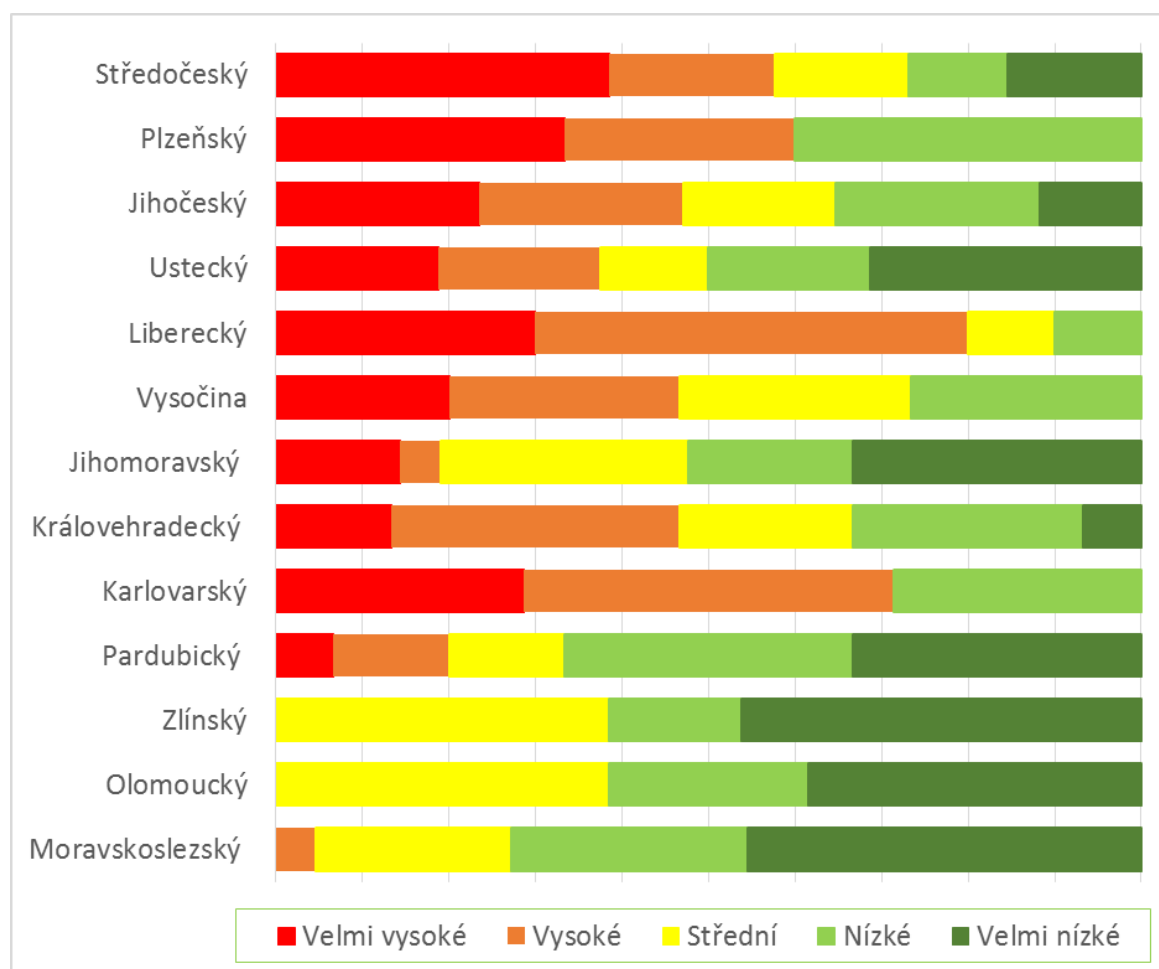
Obrázek 23: Mapa ohroženosti požáry na území České republiky z hodnot predikovaných regresním modelem.

Mapa ohroženosti lesních porostů požáry na území České republiky (Obr. 23) rozlišuje barevně kategorie ohroženosti jednotlivých obcí s rozšířenou působností. Je evidentní, že kvalitativní ohroženost obcí s rozšířenou působností predikovaná regresním modelem, který byl vytvořený vzájemným srovnáním logaritmovaných počtů požárů s dalšími proměnnými, ukazuje větší ohroženost lesními požáry na území Čech.

Grafické znázornění četnosti jednotlivých kategorií ohroženosti lesních porostů lesními požáry v rámci krajů (Graf 5) ukazuje, že nejrizikovější oblastí je Středočeský kraj. Ve Středočeském kraji je největší poměr obcí s rozšířenou působností, které mají velmi vysoké relativní riziko vzniku lesních požárů, značná část zbylých obcí s rozšířenou působností dále vykazuje riziko vysoké nebo střední. Dalšími více rizikovými kraji s vysokým podílem obcí s rozšířenou působností, které vykazují velmi vysoké nebo vysoké relativní riziko vzniku lesních požárů jsou Plzeňský, Liberecký nebo

Karlovarský kraj. Kraje, kde má velmi vysoké a vysoké riziko vzniku lesních požárů již menší podíl jsou kraje Jihočeský, Ústecký, Královehradecký a Vysočina. Přesto se však podíl obcí s rozšířenou působností s velmi vysokým nebo vysokým rizikem blíží polovině. Ještě méně jsou ohroženy kraje Jihomoravský a Pardubický. Zlínský, Olomoucký a Moravskoslezský kraj jsou oblasti, které jsou z hlediska relativního rizika vzniku lesních požárů nejméně ohroženy.

Při posuzování ohroženosti lesních porostů nebyly uvažovány obce s rozšířenou působností, na jejichž území se nacházejí vojenské újezdy (Libavá, Březina, Horní Planá a Hradiště), CHKO Brdy a oblast spadající pod hlavní město Praha. Tyto oblasti nebyly uvažovány z důvodu nedostatku zdrojů pro získání proměnných a výrazné odlišnosti těchto území od zbytku zkoumaných částí České republiky.



Graf 5: Četnost jednotlivých kategorií ohroženosti v rámci krajů.

6 Diskuze

Výsledky diplomové práce ukazují, že nejrizikovějšími měsíci pro vznik lesních požárů jsou duben, červenec a srpen. Kula (1985a) při revidování lesních požárů v letech 1974-1983 na území ČSSR zjistil, že nejrizikovějším měsícem je také duben, kde bylo zaznamenáno 35 % celkového počtu lesních požárů v tomto období. Dalšími rizikovými měsíci byly v tomto období měsíc březen (19 %) a květen (14,5 %). U měsíce července Kula (1985a) uvádí desetiprocentní podíl na celkovém počtu lesních požárů, měsíc srpen neuvádí. Kula a Jankovská (2013) se zaměřili na požáry v letech 1992-2004. V tomto období bylo nejrizikovějšími měsíci duben a srpen. Oproti letům 1974-1983 ubyl procentuální podíl na celkovém počtu lesních požárů v měsíci dubnu, přesto s 18,8% podílem patří stále mezi nejrizikovější měsíce. V letech 1992-2004 byl nejrizikovějším měsícem srpen s 19,3% podílem na celkovém počtu lesních požárů.

Pohořelý a Vilhelm (1996) rozdělili v rámci měsíců nebezpečnost vzniku lesních požárů do několika kategorií. Za velmi vysoké nebezpečí považují období od poloviny března do poloviny května. Za období velkého nebezpečí je považováno období července a srpna. V kategorii nebezpečí jsou zahrnuty první polovina března, květen, červen a první polovina září. Malé nebezpečí vzniku lesního požáru je v druhé polovině září a měsíci říjnu. Nejnižší tzv. nepatrné nebezpečí je v měsících listopad až únor, zejména při sněhové pokrývce. Tomu odpovídají zjištěné výsledky.

Častý výskyt lesních požárů v měsíci dubnu lze přikládat zejména velkému množství suchého hořlavého materiálu v lesních porostech. Zejména jde o suchou trávu a těžební zbytky po zimních těžbách. Tento materiál společně s ostrým jarním sluncem, nedočkavými výletníky nebo pálením klesu způsobuje časté a nebezpečné lesní požáry v jarním období. Vyšší početnost lesních požárů v letních měsících souvisí s vyššími teplotami, delšími obdobími sucha v kombinaci s velkým množstvím návštěvníků v lese. Zvýšená početnost lesních požárů v letních měsících, oproti letům 1974-1983, kdy byly tyto měsíce na požáry průměrné, může být přikládáno výskytem větších anomálií počasí, jako jsou dlouhá období sucha, extrémní tepla, apod. Tento jev potvrzuje ve své studii Moriondo et al. (2006) poukazující na rostoucí délku tzv. ohňové sezóny, prodlužující se období zvýšeného nebezpečí vzniku lesních požárů a také rostoucí počet extrémních událostí potenciálně vhodných pro vznik lesního požáru.

Nejrizikovější denní dobou pro vznik lesního požáru bylo na základě zpracované databáze požárů z let 2006-2015 období mezi 14. a 17. hodinou. Grafické znázornění

ukázalo exponenciální nárůst ke kulminaci okolo 15. hodiny. Kula (1985a) zaznamenal v letech 1974-1983 největší počet lesních požárů mezi 13. a 15. hodinou (31 % z celkového počtu) a mezi 11. a 13. hodinou (27 %). Jako příčinu uvádí nejnižší relativní vzdušnou vlhkost spojenou s vrcholem návštěvnosti lesa a konec pracovní doby spojený s opuštěním nedostatečně uhašených ohnisek například po pálení klestu. Kula a Jankovská (2013) uvádějí, že v letech 1992-2004 vzniklo v období mezi 13. a 18. hodinou celkem 51,3 % všech lesních požárů. Dále uvádějí, že mezi 14. a 16. hodinou vzniklo celkově 23,2 % požárů. Vysoké riziko pro vznik lesního požáru v odpoledních hodinách je zcela evidentní, potvrzované dlouhodobě. Pohořelý a Vilhelm (1996) uvádějí, že riziko lesního požáru začíná stoupat asi od 10. hodiny dopoledne, čemuž odpovídá i prudký nárůst počtu požárů v dopoledních hodinách. Největší nebezpečí pak uvádějí mezi 12. a 16. hodinou. V noci je riziko lesního požáru výrazně nižší vzhledem ke zvyšující se vlhkosti vzduchu (Pohořelý a Vilhelm, 1996).

Možný et al. (2015) uvádějí, že v současné době jsou lesními požáry nejvíce ohrožovány suché lokality jako NP České Švýcarsko nebo Moravská Sahara. Dále uvádějí, že sucho, teplé jaro a léto měli vliv na početnost lesních požárů v roce 2003 po celou vegetační sezónu a v letech 2011 a 2012 během suchého začátku jara. Možný et al. (2015) se zabývali vývojem aktivity lesních požárů v letech 1961 – 2014. K výpočtu využili index nebezpečí požárů (FD), používaný na našem území k modelování rizika vzniku požáru v otevřené krajině od roku 2006 (Možný a Bareš, 2013). Do výpočtu indexu vstupuje rychlost větru, vlhkost půdy, teplota a vlhkost vzduchu. Tato data jsou získávána z databáze Českého hydrometeorologického ústavu – CLIDATA.

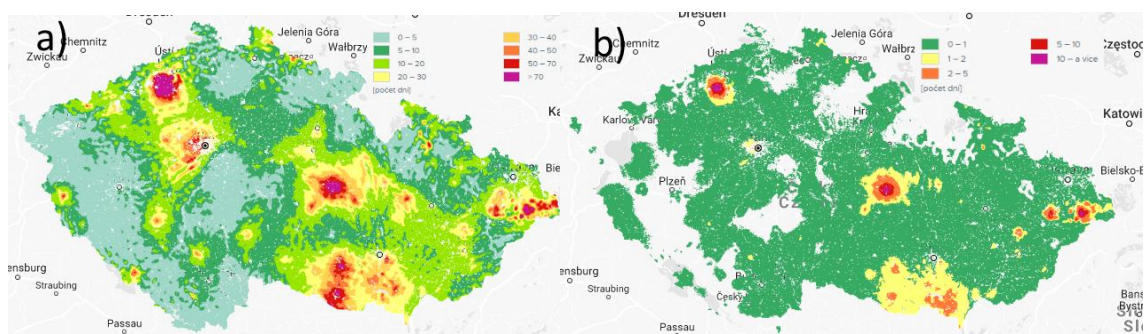
Tabulka 3: Klasifikace požárního nebezpečí (INP) s hodnotou indexu požárního nebezpečí (FD), který dané klasifikaci odpovídá (Možný et al., 2015).

Fire Danger Classes (INP)	FD ranges (upper bound excluded)
1 - Very low	< 0.9
2 - Low	0.9 – 1.7
3 - Moderate	1.7 – 3.0
4 - High	3.0 – 6.0
5 - Very high	≥ 6.0

Na základě dat od Českého hydrometeorologického ústavu byli schopni vypočítat index nebezpečí požárů zpětně pro roky 1961-2014. Klasifikace nebezpečnosti požárů (INP) je odvozena od hodnoty indexu nebezpečí (FD) (Tab. 3).

Výsledky ukazují největší hodnotu indexu v měsících duben až srpen. Nejextrémnější hodnoty byly zjištěny v červenci, kdy v roce 2006 dosahoval index hodnoty 3,83, naopak ve stejném měsíci v roce 1995 byla hodnota indexu pouze 1,03. Poukazují na to, že od roku 1980 hodnota indexu v měsících dubnu a květnu stoupala (Možný et al., 2015).

Mapa vysokého a velmi vysokého rizika vzniku lesních požárů (Obr. 24), vytvořená týmem profesora Trnky z Ústavu výzkumu globální změny, v.v.i. (CzechGlobe) (Klimatickazmena.cz, 2017), je barevně rozlišena na základě počtu dní v dané oblasti s vysokým, popř. velmi vysokým rizikem vzniku lesního požáru. Tato mapa je vytvořena na základě pěti globálních cirkulačních modelů a scénáře vývoje koncentrací skleníkových plynů RCP 2.6. Při porovnání těchto map s mapou ohroženosti území na základě hodnot predikovaných regresním modelem (Obr. 23) je evidentní, že se mapy výrazně liší. Zatímco mapa týmu prof. Trnky pracuje pouze s proměnnými vztahující se na klima, mapa ohroženosti je založena na zcela jiných proměnných (počet požárů, počet obyvatel, cestovní ruch, zastoupení dřevin).



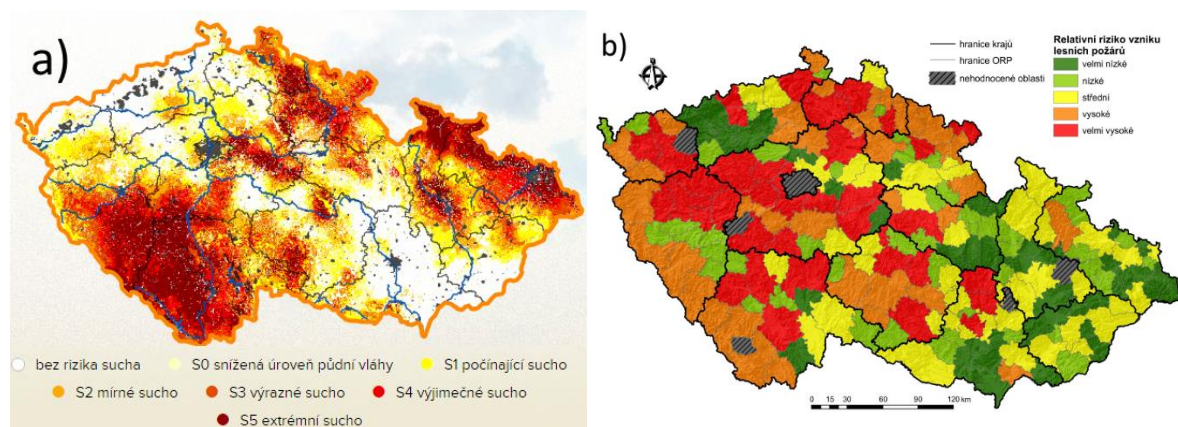
Obrázek 24: a) Mapa vysokého rizika vzniku lesních požárů v období 1981-2010, b) Mapa velmi vysokého rizika vzniku lesních požárů v období 1981-2010 (Klimatickazmena.cz, 2017).

Mapa týmu prof. Trnky považuje za nejrizikovější oblasti zejména lokality s velkým výskytem těžkého průmyslu (Ostravsko, Mostecko) oblast Jižní Moravy, Železných hor a značnou část Středočeského kraje. Při porovnání obou map zjišťujeme, že se poměrně shodují z hlediska vysokého rizika vzniku lesního požáru pouze oblasti Středních Čech a Krušných hor a Železných hor. Zatímco mapa ohroženosti ukázala, že méně ohrožená je oblast Moravy, u mapy týmu prof. Trnky je to přesně naopak. Obě mapy by se spíše

než porovnávat měly doplňovat, jelikož každá pracuje s odlišnými proměnnými. Ovšem v obou případech s proměnnými, které značně ovlivňují rizikovost lesních požárů.

Klimatické proměnné nebyly do mapy ohroženosti zařazeny zejména z důvodu vysoké finanční náročnosti pořízení těchto dat. Navíc proměnné jako úhrn srážek, teplota, vlhkost vzduchu, které výrazně ovlivňují hořlavost lesního prostředí, se neustále mění a nelze je s příliš velkou přesností dlouhodobě předpovídat. Ústav výzkumu globální změny, v.v.i. (CzechGlobe) má k dispozici data z Českého hydrometeorologického ústavu a na základě těchto dat vydává aktuální mapy intenzity sucha, nasycenosti půdy a další (INTERSUCHO, 2017). Spojením aktuální mapy sucha s mapou ohroženosti lze získat poměrně věrnou informaci o aktuální ohroženosti lesních porostů požáry jednotlivých částí České republiky.

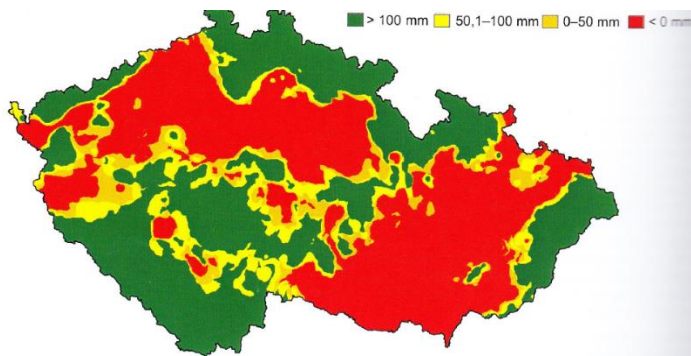
Za příklad lze vybrat měsíc srpen, který je z důvodu častého výskytu suchého a teplého počasí měsícem, kde klima nejvýrazněji ovlivňuje rizikovost vzniku lesních požárů. Konkrétně je na odvození ohroženosti daných území lesními požáry použita mapa ohroženosti (Obr. 23;25b) a mapa sucha ze srpna roku 2015 (Obr. 25a).



Obrázek 25: a) Mapa sucha v k 28. srpnu 2015 (INTERSUCHO, 2017), b) Mapa ohroženosti lesních porostů požáry.

V případě srpna 2015 lze při spojení těchto dvou map identifikovat, že nejohroženějším územím České republiky v tomto období byla oblast Šumavy a Krkonoš. Ačkoliv v srpnu roku 2015 bylo v Moravskoslezském kraji velké sucho, ohroženost lesními požáry byla nižší než v případě Krkonoš a Šumavy. Oblast Plzeňska a Kladenska lze v tomto období taktéž považovat za méně ohroženou z hlediska rizika vzniku lesních požárů. Nejméně ohroženou oblastí v tomto období byla Jižní Morava a Bílé Karpaty. Spojením těchto dvou map lze tedy ještě přesněji identifikovat rizikovost určitého území.

Další mapou použitelnou pro přesnější zjištění rizikovosti vzniku lesních požárů je například mapa stresu lesních porostů suchem (Obr. 26) (Šrámek a Neudertová Hellebrandová, 2016). Tato mapa ukazuje kategorie vláhové bilance v období 2012-2014 na území České republiky. Největší stres suchem byl v tomto období na téměř celém území Moravy a západní, střední a severní části Čech s výjimkou horských oblastí. Při spojení této mapy (Obr. 26) a mapy ohroženosti lze tedy říci, že nejohroženější oblastí bylo Karlovarsko, okolí Ústí nad Labem a část Středních Čech.



Obrázek 26: Mapa stresu suchem v období 2012-2014 (Šrámek, Neudertová Hellebrandová, 2016).

Podle mapy ohroženosti lesních porostů požáry na území České republiky je nižší rizikovost vzniku lesních požárů na území Moravy. Tuto skutečnost lze vysvětlit nižším zastoupením jehličnatých dřevin zejména v oblasti Jižní Moravy a Bílých Karpat. Dále menším turistickým ruchem v mnoha oblastech Moravy, oproti území Čech nebo vlhčím prostředím v oblastech Jižní Moravy a Moravskoslezských Beskyd. Naopak vyšší rizikovost lesních porostů v Čechách může být způsobena vyšším turistickým ruchem ve Středočeském kraji v okolí Plzeňska a zejména v Karlovarském kraji. Vyšší rizikovost oblasti Šumavy je jistě spojena s vysokým zastoupením jehličnatých dřevin a vysokou návštěvností tohoto území, stejně jako oblast Krkonoš a Jizerských hor

7 Závěr

Člověk jako největší iniciátor lesních požárů bude mít vždy velký vliv na ohroženost daných území lesními požáry. Bylo statisticky prokázáno, že počet obyvatel a míra cestovního ruchu mají velký vliv na riziko vzniku lesních požárů. Ohroženost zvyšuje i vyšší zastoupení hořlavějších jehličnatých dřevin. Nejrizikovějšími oblastmi z hlediska lesních požárů jsou Šumava, Krkonoše a Jizerské hory. Dále Plzeňsko, Karlovarsko a značná část Středočeského kraje. Na Moravě je riziko lesních požárů menší.

Metody nejvhodnější pro snížení rizika lesních požárů na našem území jsou větší osvěta (nejen dětí) týkající se lesní požárů a nedbalostních příčin jejich vzniku (cigaretové nedopalky, rozdělávání ohňů, atd.). V případě zvýšeného nebezpečí vzniku lesních požárů je pak nezbytné dodržování pravidelných požárních hlídek, letů. V extrémním případě zákaz vstupu do lesa hlavnímu iniciátorovi lesních požárů – člověku.

Mapa ohroženosti lesních porostů požáry na území České republiky je nástroj, který napomáhá tato riziková území identifikovat. Včasná identifikace těchto území, společně se zodpovědností a poctivostí lesnického personálu a návštěvníků lesa, popřípadě úprava managementu můžou riziko tohoto ničivého činitele výrazně snížit.

8 Seznam použité literatury

ALBINI, F. A.; REINHARDT, E. D. Modelling ignition and burning rate of large woody natural fuels. *International Journal of Wildland Fire*. 1995, 5: s. 81-91.

ALBINI, F. A.; BROWN, J. K.; REINHARDT, E. D.; OTTMAR, R. D. Calibration of a large fuel burnout model. *International Journal of Wildland Fire*. 1995, 5: s. 173–192.

ALEMANNNO, G.; COX, P. *Concerting monitoring of forest and environmental interactions in the Community (Forest Focus)*. Brussels, Regulation (EC) No 2152/2003 of the European Parliament and of the Council of 17. November 2003, 2003.

AMY, L. The physico-chemical bases of the combustion of cellulose and ligneous materials. *Čah. du. Centre Tech. du Bois*. 1961, 45: 30 s.

ANDERSON, H. E. Flame shape and fire spread. *Fire Technol.* 1968, s. 51-58.

ANDERSON, H. E. Heat transfer and fire spread. *USDA Forest Serv. Res. Pap.* 1969, 69: 20 s.

ANDERSON, H. E. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. *The Bark Beetles, Fuels, and Fire Bibliography*, 1982, 143 s.

ANDREWS, P. L. *BEHAVE: fire behaviour prediction and fuel modeling system - BURN subsystem, Part I*. USDA Forest Service, Intermountain Research Station, Ogden, Utah. General Technical Report INT-194. 1986, 130 s.

ALEXANDER, M. E.; DE GROOT, W. J. *Fire Behavior in Jack Pine Stands: As Related to the Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System*. Northern Forestry Centre, 1988.

ALEXANDER, M. E.; LANOVILLE, R. A. *Predicting fire behavior in the black spruce-lichen woodland fuel type of western and northern Canada*. Northern Forestry Centre, 1989.

ASENSIO, M.; FERRAGUT, L. On a wildland fire model with radiation. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 2002, 54(1): s. 137–157.

- BAKER, F. S. Effect of excessively high temperature on coniferous reproduction. *Journal of For.* 1929, 27: s. 949-975.
- BALOG, K.; KVARČÁK, M. *Dynamika požáru*. Ostrava. SPBI. 1999, 96 s. ISBN 80-86111-44-X.
- BARCHÁNEK, V. Co je příčinou lesních požárů. *Československý háj*. 1932, 9: s. 151.
- BATES, C. G. Transect of a mountain valley. *Ecology*. 1923, 4: s. 54-62.
- BEER, T. The Australian national bushfire model project. *Mathematical and Computer Modelling*. 1990, 13(12): s. 49-56.
- BEER, T. The speed of a fire front and its dependence on wind speed. *International Journal of Wildland Fire*. 1993, 3(4): s. 193–202.
- BILLINGS, W. D. Vegetation zonation in the Great Basin of Western North America. In: *C. R. de Colloque sur les bases ecologiques dela regeneration de la vegetation des zones arides*. U. I. S. B. Paris, 1951.
- BLACKSHEAR, P. L. *Heat Transfer of Fires: Thermophysics, Social Aspects and Economic Impact*. Washington, DC, 1974.
- BOERNER, R. E. J. Fire and nutrient cycling in temperate ecosystems. *BioScience*. 1982, 32.3: s. 187-192.
- BÖHM, C. H.; QUINKENSTEIN, A.; FREESE D. Yield prediction of young black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) plantations for woody biomass production using allometric relations. *Annals of Forest Research*. 2011, 54: s. 215–227.
- BRADSHAW, L. S.; DEEMING, J. E.; BURGAN, R. E.; COHEN, J. D. The 1978 National Fire Danger Rating System: technical documentation. Gen. Tech. Rep. INT-169. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 1984, 44 s.
- BUČEK, A.; LACINA, J. *Geobiocenologie II.* Brno : Mendelova zemědělská a lesnická universita. 1999, 240 s. ISBN 80-7157-417-1.

BUČEK, A.; LACINA, J. *Geobiocenologie II. - Geobiocenologická typologie krajina České republiky*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 2007 249 s. ISBN 978-80-7375-046-6.

BURROWS, N. D. Fire behaviour in jarrah forest fuels: 1. Laboratory experiments. *CALM Science*. 1999, 3(1): 31–56.

CALLE, A.; CASANOVA, J. L.; ROMO, A. Fire detection and monitoring using MSG Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVIRI) data, *J. Geophys. Res.* 2006, 111 s.

CAMIA, A.; BARBOSA, P.; AMATULLI, G.; SAN-MIGUEL-AYANZ, J. Fire danger rating in the European Forest Fire Information System (EFFIS): current developments. *Forest Ecology and Management*. 2006, 234 s.

CARRIER, G.; FENDELL, F.; WOLFF, M. Wind-aided firespread across arrays of discrete fuel elements. I. Theory. *Combustion Science and Technology*. 1991, 75: s. 31-51.

CARLSON, J. D.; BURGAN, R. E. Review of users' needs in operational fire danger estimation: The Oklahoma example. *International Journal of Remote Sensing*. 2003, Vol. 24, 8: s. 1601-1620.

CERTINI, G. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*. 2005, 143.1: s. 1-10.

COLEMAN, R. J. *Management of Fire Service Operations*. Massachusetts: Breton Publishers, North Scituate. 1978, 560 s., ISBN 0-87872-129-0.

COLEMAN, J. R.; SULLIVAN, A. L. A real-time computer application for the prediction of fire spread across the Australian landscape. *Simulation*. 1996, 67(4): s. 230-240.

CROBA, D.; LALAS, D.; PAPADOPOULOS, C.; TRYFONOPOULOS, D. Numerical simulation of forest fire propagation in complex terrain. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Forest Fire Research*. Coimbra, Portugalsko, Vol. 1, 1994, s. 491–500.

- CURRY, J. R.; FONS, W. L. Rate of spread of surface fires in the Ponderosa pine type of California. *Journal of Agricultural Research*. 1938, 57(4): s 239–267.
- CURRY, J. R.; FONS, W. L. Forest Fire Behavior Studies, *Mechanical Engineering*. 1940, 62: s. 219-225.
- DEEMING, J. E.; BURGAN, R. E.; COHEN, J. D. The National Fire-Danger Rating System – 1978. Gen. Tech. Rep. INT-39. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 1977, 63 s.
- DE MESTRE, N. J.; CATCHPOLE, E. A.; ANDERSON, D. H.; ROTHERMEL, R. C. Uniform propagation of a planar fire front without wind. *Combustion Science and Technology*. 1989, 65: s. 231–244.
- DRYSDALE, D. *An Introduction to Fire Dynamics*. Wiley: Chichester, Velká Británie, 1985.
- DUPUY, J.; LARINI, M. Fire spread through a porous forest fuel bed: a radiative and convective model including fire-induced flow effects. *International Journal of Wildland Fire*. 1999, 9(3): s. 155–172.
- EMMONS, H. W. Fire in the forest, *Fire Res. Abstr. and Rev.* 1963, 5: s. 163-178.
- EMMONS, H. W. Heat transfer in Fire. *Journal of Heat Transfer*. 1973, s. 145-151.
- FENGEL, D.; WEGENER, G. Wood: chemistry, ultrastructure, reactions. *Walter de Gruyter*. 1984, 613: s. 1960-1982.
- FERNANDES, P. M.; BOTELHO, H. S.; LOUREIRO, C. Models for the sustained ignition and behaviour of low-to-moderately intense fires in maritime pine stands. In: *Proceedings of the IV International Conference on Forest Fire Research 2002 Wildland Fire Safety Summit*. Luso, Portugalsko, 2002, s. 98.
- FINNEY, M. A. *FARSITE: Fire Area Simulator - Model Development and Evaluation*. Rocky Mountain Research Station, Forest Service, United States Department of Agriculture. 1998, 47 s.

FLANNIGAN, M. D.; STOCKS, B. J.; WOTTON, B. M. Climate change and forest fires. *Science of the total environment*. 2000, 262.3: s. 221-229.

FONS, W. L. Analysis of Fire Spread in Light Forest Fuels, *Journal of Agricultural Research*. 1946, 72, 3: s. 93-121.

FORBES, L. K. A two-dimensional model for large-scale bushfire spread. *Journal of the Australian Mathematical Society. Series B. Applied Mathematics*. 1997, 39(2): s. 171-194.

FORST P. et al. *Ochrana lesů*. 2. vyd. SZN Praha. 1970, 423 s.

FRANCL, R. Lesní požáry v České republice z pohledu hasičů. *Lesnická práce*, č.8, 2007, s. 16 – 19.

FUNAOKA, M.; KAKO, T.; ABE, I. Condensation of lignin during heating of wood. *Wood Science and Technology*. 1990, 24.3: s. 277-288.

GAIL, F. G. Factors controlling the distribution of douglas fir in semi-arid regions of the northwest. *Ecology*. 1921, 2: s. 281-291.

GILLET, A.; URLINGS, J. Comparative pyrolysis of wood, cellulose, lignin, and coal. I. Stepwise pyrolysis of wood. *Chimie & Industrie*. 1952, 67: s. 909-919.

GISBORNE, H. T. The objectives of forest fire-weather research. *Journal of Forestry*. 1927, 25(4): s. 452–456.

GISBORNE, H. T. Measuring forest fire danger in northern Idaho. *U.S. Dep. Agr. Misc. Pub.* 1928, 29: 64 s.

GISBORNE, H. T. The complicated controls of fire behaviour. *Journal of Forestry*. 1929, 27(3): s. 311–312.

GOULD, J. S.; MCCAWE, W. L.; CHENEY, N. P.; ELLIS, P. F.; KNIGHT, I. K.; SULLIVAN, A. L. *Project Vesta – Fire in Dry Eucalypt Forest: Fuel Structure, Dynamics and Fire Behaviour*. CSIRO Ensis and Department of Environment and Conservation: Canberra, ACT, 2007.

GREEN, D. G.; TRIDGELL, A.; GILL, A. M. Interactive simulation of bushfires in heterogeneous fuels. *Mathematical and Computer Modelling*. 1990, 13(12): s. 57–66.

GRISHIN, A. M. *Mathematical Modeling of Forest Fires and New Methods of Fighting Them*. Publishing House of Tomsk State University, Tomsk, Rusko, 1997.

GUARISO, G.; BARACANI, M. A simulation software of forest fires based on two-level cellular automata. In: *Proceedings of the IV International Conference on Forest Fire Research, 2002 Wildland Fire Safety Summit.*, Luso, Portugalsko, 2002, s. 100.

HAWLEY, L. F. Theoretical considerations regarding factors which influence forest fires. *J. Forest*. 1926, 24: s. 756-763.

HEINSELMAN, M. L. Fire in the virgin forests of the Boundary Waters Canoe Area, Minnesota. *Quaternary research*. 1973, 3.3: s. 329-382.

HLAVÁČ, P.; CHROMEK, I. Preventívne protipožiarne opatrenia v priestore postihnutom kalamitou a na lesných pozemkoch. In: *Ochrana lesa 2007. Zborník z medzinárodnej konferencie*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 2007, s. 217 – 220, ISBN 978-80-228-1788-2.

HLAVÁČ, P.; CHROMEK, I.; MAJLINGOVÁ, A.; OSVALD, A. *Projekt protipožiarnej ochrany lesa na území Vysokých Tatier po vetrovej kalamite: realizačný projekt*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 2005, 67 s.

HLAVÁČ, P.; CHROMEK, I.; MAJLINGOVÁ, A. *Od Projektu protipožiarnej ochrany lesa vo Vysokých Tatrách po vetrovej kalamite po zmeny legislatívy v oblasti ochrany lesov pred požiarmi v podmienkach Slovenskej republiky*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 2009, 1 elektronický optický disk. ISBN 978-80-228-1976-3.

HLAVÁČ, P.; CHROMEK, I. *Lesné požiare a integrovaný systém ochrany lesov pred požiarmi*. Technická univerzita vo Zvolene. Zvolen, 2016. ISBN 978-80-228-2930-4.

HOINKA, K. P.; CARVALHO, A.; MIRANDA, A. I. Regional-scale weather patterns and wildland fires in central Portugal. *International Journal of Wildland Fire*. 2009, 18.1: s. 36-49.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. *Introduction to Heat Transfer*. Wiley: New York, 1985.

CHANDLER, C. C.; STOREY, T. G.; TANGREN, C. D. Prediction of fire spread following nuclear explosions. USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, *Research Paper PSW-5*. Berkeley, Kalifornie, 1963.

CHANDLER, C.; CHENEY, P.; THOMAS, P.; TRABAUD, L.; WILLIAMS, D. *Fire in Forestry*, 1. vyd., New York: John Wiley & Sons, 1983.

CHAPLOT, V.; BERNOUX, M.; WATLER, C.; CURMI, P.; HERPIN, U. Soil carbon storage prediction in temperate hydromorphic soils using a morphologic index and digital elevation model. *Soil Sci.* 2001, 166: s. 48– 60.

CHEN, Z. S.; HSIEH, C. F.; JIANG, F. Y.; HSIEH, T. H.; SUN, I. F. Relationships of soil properties to topography and vegetation in a subtropical rain forest in southern Taiwan. *Plant Ecol.* 1997, 132: s. 229– 241.

CHROMEK, I. *Využitie leteckej techniky pri hasení lesných požiarov*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 2006, 1 elektronický optický disk. ISBN 80-228-1595-0.

CHU, P.; YAN, W.; FUJIOKA, F. Fire-climate relationships and long-lead seasonal wildfire prediction for Hawaii. *International Journal of Wildland Fire.* 2002, 11.1: s. 25-31.

JENNY, H. *Factors of Soil Formation-A System of Quantitative Pedology* McGraw-Hill, New York, 1941.

KANDYA, A. K.; KIMOTHI, M. M.; JADHAV, R. N.; AGRAWAL, J. P. Application of GIS in identification of fire prone areas – a feasibility study in parts of Junagarh (Gujrat, India). *Indian Forester.* 1998, 124: s. 531–535.

KAPUSNIAK J. *Návrh efektívnych taktických postupov nasadenia hasičskej mobilnej techniky při lesných požiaroch v extrémnych terénnych podmienkach Žilinského kraja*. Dizertační práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany. Ostrava, 2014, 134 s.

- KOLLMANN, F. Occurance of exothermic reactions in wood. *Holz al Rohund Werkstoff*. 1960, 18: s. 193-200.
- KRAKOVSKÝ, A. *Lesné požiare*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 2004, 78 s. ISBN 80-228-1301-X.
- KUBÍČEK, F.; ŠOMŠÁK, L. *The herb layer production of fir forests in the eastern part of the Slovenské rudohorie Mountains*. Veda, 1982.
- KULA, E. Výskyt a príčiny lesných požárů v ČSSR (1979-1983). *Acta Univ. Agric. (Brno)*. 1985a, series C (Fac. silvic.), 54 (1-2): s. 225 – 246.
- KULA, E.; JANKOVSKÁ, Z. Forest fires and their causes in the Czech Republic (1992-2004). *Journal of Forest Science*. 2013, 59(2): s. 41-53.
- KULHAVÝ, J. et al. *Ekologie lesa: Doplnkový učební text*. Doplnkové informace, Multimediální učební text. 2003.
- KUNT, A. *Lesní požáry*. Praha, Československý svaz požární ochrany. 1967, 313 s.
- KRÍSTEK, J. (ed) *Ochrana lesu a přírodního prostředí*. Písek: Matice lesnická. 2002, 386 s.
- LARINI, M.; GIROUD, F.; PORTERIE, B.; LORAUD, J. C. A multiphase formulation for fire propagation in heterogeneous combustible media. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1998, 41(6-7): s. 881-897.
- LINN, R. R. A transport model for prediction of wildfire behaviour. *Los Alamos National Laboratory, Science Report LA-13334-T*. Los Alamos, NM, 1997.
- LIU, Y.; STANTURF, J.; GOODRICK, S. Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management*. 2010, 259: s. 685-697.
- MAJLINGOVÁ, A.; SMREČEK, R. *Riešenie krízových situácií: Aplikácie GIS*. Príručka. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2013, s. 142. ISBN 978-80-228-2286-2.

MAJLINGOVÁ, A. *Informačné systémy efektívneho nasadenia hasičských jednotiek pri lesných požiaroch na vybranom území Slovenskej republiky*. Dizertační práce, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva. Žilina, 2014, 168 s.

MARCOK, M.; REINPRECHT, L.; BENICAK, J. Detection of wood decay with ultrasonic method. *DREVARSKY VYSKUM*. 1997, 42.1: s. 11-22.

MCKENZIE, N. J.; RYAN, P. J. Spatial prediction of soil properties using environmental correlation. *Geoderma*. 1999, 89: s. 67–94.

MELL, W.; JENKINS, M. A.; GOULD, J.; CHENEY, P. A physics based approach to modeling grassland fires. *Int. J. Wildland Fire*. 2007, 16: s. 1–22.

MOLČANOV, V. P. Skorost rasporostraněnija lesnych požarov v zavsimosti ot metėorologičeskich uslovij i charaktera drevostoja. *Lesn. chozjajstvo*. 1940, 6.

MORIONDO, M. et al. Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area. *Climate Research*. 2006, 31.1: s. 85-95.

MOŽNÝ, M.; BAREŠ, D. Czech Fire-Danger Rating System. *The Integrated Warning Service System*, 2013.

MOŽNÝ, M. et al. Temporal variations and change of Forest Fire Danger in Czech Republic in 1961-2014. 2015.

NECHLEBA, Alois. *Lesní požáry*. Sborník CAZ II-1927, odd. A, seš. 4, 1927, s. 569-651.

NELSON, R. M. Prediction of diurnal change in 10-h fuel stick moisture content. *Canadian Journal of Forest Research*. 2000, 30(7): s. 1071–1087.

NELSON, R. M. An effective wind speed for models of fire spread. *International Journal of Wildland Fire*. 2002, 11(2): s. 153–161.

NESTĚROV, V. G. *Ochrana proti požiarom*. Bratislava, 1949, 233 s.

- OLLINGER, S. V.; SMITH, M. L.; MARTIN, M. E.; HALLETT, R. A.; GOODALE, C. L.; ABER, J. D. Regional variation in foliar chemistry and N cycling among forests of diverse history and composition. *Ecology*. 2002, 83: s. 339–355.
- OSVALD, A. *Požiarotechnické vlastností dreva a materiálov na báze dreva*. Vedecké štúdie 8/97/A, Zvolen: TU vo Zvolene. 1997, 52 s. ISBN 80-228-0656-0.
- OSVALD, A.; CHOVANEC, D. *Thermal degradation of wood*. Zvolen: TU vo Zvolene. 1992, 59 s. ISBN 80-228-0175-5.
- PFEFFER, A. *Lesní požáry v Československé republice v r. 1934*. Státní výzkumný ústav pro ochranu lesů v Praze. 1938, 43 s.
- PFEFFER, A. (ed) *Ochrana lesů*. Praha: SZN Praha. 1961.
- PLATT, R. B. An ecological study of the mid-Appalachian shale barrens and of the plants endemic to them. *Ecol. Monogr.* 1951, 21: s. 269-300.
- POHOŘELÝ, M.; VILHELM, V. *Lesní požáry a prevence*. Česká pojišťovna, a. s. Praha, 1996, 83 s.
- POST, E. Systematische und pflanzengeographische Notizen zur Bostrychia-Caloglossa-assoziation. *Rev. algol.* 1936, 9: s. 1-84.
- PTÁČEK, B. *Základy požární taktiky: Parametry požáru*. Konspekt 1-1-04 Požární taktika. Nový Jičín, Česká republika, 2004.
- PYNE, S. J.; ANDREWS, P. L.; LAVEN, R. D. *Introduction to Wildland Fire*. 2 vyd., Wiley: New York, 1996.
- RAJAEV, K. J.; SAUMITRA, M.; KUMARAN, D. R.; RAJESH, S. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2002, 4: s. 1–10.
- RIEDL, M.; ŠIŠÁK, L. Analysis of the perceived condition of forests in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*. 2013, 12: s. 514-519.
- ROTHERMEL, R. C.; ANDERSON, H. E. *Fire spread characteristics determined in the laboratory*. 1966.

- ROTHERMEL, R. C. *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*. USDA: Forest Service Research Paper INT-115. 1972.
- ROTHERMEL, R. C. 1991. *Predicting behaviour and size of crown fires in the northern Rocky Mountains*. USDA Forest Service, Intermountain Research Station, Ogden, Utah. Research Paper INT-438. 1991, 46 s.
- SAHIN, Y. G. Animals as mobile biological sensors for forest fire detection. *Sensors*, 2007, s. 3084-3099.
- SAN-MIGUEL-AYANZ, J. et al. The European forest fire information system (EFFIS). In: *Agile 2003: 6th Agile Conference on Geographic Information Science*. PPUR presses polytechniques, 2003, 27 s.
- SAN-MIGUEL-AYANZ, J. et al. Comprehensive monitoring of wildfires in Europe: the European forest fire information system (EFFIS). 2012.
- SANTONI, P. A.; BALBI, J. H. Modelling of two-dimensional flame spread across a sloping fuel bed. *Fire Safety Journal*. 1998, 31(3): s. 201–225.
- SHAFIZADEH, Fred. *The chemistry of pyrolysis and combustion*. 1984.
- SHREVE, F. Conditions indirectly affecting vertical distribution on desert mountains. *Ecology*. 1922, 3: s. 269-274.
- SHREVE, Forrest. Soil temperature as influenced by altitude and slope exposure. *Ecology*. 1924, 5.2: s. 128-136.
- SHREVE, F. The physical conditions of a coastal mountain range. *Ecology*. 1927, 8: s. 398-414.
- SIMPSON, B.; ENGLEFIELD, P.; ANDERSON, K. Fuel-type mapping for the CWFIS: Past, Present, and Future. *The Canadian Smoke Newsletter*. 2010, s. 4-9.
- SKINNER, W. R.; FLANNIGAN, M. D.; STOCKS, B. J. A 500hPa synoptic wildland fire climatology for large Canadian forest fires, 1959–1996. *Theoretical and Applied Climatology*. 2002, 71: s. 157–169.

SNEEUWJAGT, R. J.; PEET, G. B. *Forest fire behaviour tables for Western Australia*. Perth: Western Australian Department of Conservation and Land Management. 1985.

STOCKS, B. J.; LAWSON B. D.; ALEXANDER M. E.; VAN WAGNER C. E.; MCALPINE R. S.; LYNHAM T. J.; DUBÉ D. E. The Canadian Forest Fire Danger Rating System: an overview. In: *Forestry Chronicle*, 65. 1989, s. 450-457.

STOCKS, B. J.; LAWSON, B. D.; ALEXANDER, M. E.; VAN WAGNER, C. E.; MCALPINE, R. S.; LYNHAM, T. J.; DUBÉ, D. E. The Canadian system of forest fire danger rating. In: *Conference on Bushfire Modelling and Fire Danger Rating Systems*. Canberra, ACT, 1991, s. 9–18.

STOLINA, M. et al. *Ochrana lesa*. Bratislava: Príroda. 1985, 473 s. ISBN 64-051-85.

SULLIVAN, A. L. Wildland surface fire spread modelling, 1990–2007. 1: Physical and quasi-physical models. *International Journal of Wildland Fire*. 2009b, 18: s. 349–368.

SULLIVAN, A. L. Wildland surface fire spread modelling, 1990–2007. 2: Empirical and quasi-empirical models. *International Journal of Wildland Fire*, 2009b, 18: s. 369–386.

SULLIVAN, A. L. Wildland surface fire spread modelling, 1990-2007. 3: Simulation and mathematical analogue models. *International Journal of Wildland Fire*. 2009c, 18: s. 387-403.

SWETMAN, T. W.; BETANCOURT, J. L. El Nino-Southern Oscillation (ENSO) phenomena and forest fires in the southwestern United States. In: Betancourt, J. L.; Mackay, A. M., eds. Proceedings of the sixth annual Pacific Climate (PACLIM) workshop. *California Department of Water Resources, Interagency Ecological Studies Program Technical Report*. 1990, 23: s. 129-134.

ŠRÁMEK, V.; NEUDERTOVÁ HELLEBRANDOVÁ, K. Mapy ohrožení smrkových porostů suchem jako nástroj identifikace rizikových oblastí. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2016 (4), 61: s. 305-309.

TANSKANEN, H.; GRANSTROM, A.; LARJAVAARA, M.; PUTTONEN, P. Experimental fire behaviour in managed *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands of Finland. *International Journal of Wildland Fire*. 2007, 16(4): s. 414–425.

THOMAS, P. H., The Size of Flames from Natural Fires, *Ninth Symposium (International) on Combustion*. 1963, Academic Press, New York a Londýn, s. 844-859.

TUIA, D.; RATLE, F.; LASAPONARA, R.; TELESKA, L.; KANEVSKI, M. Scan statistics analysis of forest fire clusters. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2008, 13: s. 1689–1694.

TURESSON, G. Slope exposure as a factor in distribution of *Pseudotsuga taxifolia* in arid parts of Washington. *Torrey Botan. Club Bull.* 1914, 41: s. 337-345.

VAN WAGNER, C. E. Conditions for the start and spread of crown fire. *Canadian Journal of Forest Research*. 1977, 7(1): s. 23–24.

VAN WAGNER, C. E. Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. Forestry Technical Report 35. Chalk River, *Petawawa National Forest Forestry Institute*, Canadian Forestry Service: 37, 1987.

VASCONCELOS, M. J.; GUERTIN, D. P. FIREMAP – simulation of fire growth with a geographic information system. *International Journal of Wildland Fire*. 1992, 2(2): s. 87-96.

VÉLEZ, R. et al. Causes of forest fires in the Mediterranean Basin. In: *Risk management and sustainable forestry. EFI Proceedings*. 2002. s. 35-42.

VÉLEZ, R. *La defensa contra los incendios forestales, fundamentos y experiencias*. 2. vyd. Madrid: Mc Graw Hill. 2009, 842 s.

VIEGAS, D. X. Fuel moisture evaluation for fire behaviour assessment. In G. Eftichidis, P. Balabaris, & A. Ghazi (Eds.), *Advanced study course on wildfire management. Final Report, Marathon*. Athens: European Union, 1998, s. 81-92.

VIEGAS, D. X.; RIBEIRO, P. R.; CRUZ, M. G. Characterisation of the combustibility of forest fuels. In: *Proceedings of the III International Conference on Forest Fire Research*. 1998. s. 467-482.

VIEGAS, D. X. Fire line rotation as a mechanism for fire spread on a uniform slope. *International Journal of Wildland Fire*. 2002, 11: s. 11–23.

- VILÍMEK, M. *Nežádoucí hoření – požár*. Konspekty odborné přípravy jednotek požární ochrany. 2.vyd. Ostrava, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. 2008, 11 s.
- WANGENHEIM, G. J. The long range air temperature and rivers break-up forecast. *GGO, Transactions*, 1940, 10.
- WEATHERSPOON, C. P. *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchholz Giant Sequoia. In: *Silvics of North America*, 1990, s. 552-562.
- WEBER, R. O. Modelling fire spread through fuel beds. *Progress in Energy and Combustion Science*. 1991, 17(1): s. 67–82.
- WEBER, M. G.; FLANNIGAN, M. D. Canadian boreal forest ecosystem structure and function in a changing climate: impact on fire regimes. *Environ. Rev.* 1997, 5: s. 145-166.
- WEISENPACHER, P. Možnosti systému WFDS pri simulácii lesných požiarov. In: Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie *Ochrana území postihnutých ničivými prírodnými pohromami*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene & Žilinská univerzita v Žiline. 2007, s. 227-237. ISBN 978- 80-228-1803-2.
- WILLIAMS, F. A. *Combustion Theory: the Fundamental Theory of Chemically Reacting Flow Systems*. 2. vyd., Addison-Wesley Publishing Company: Reading, MA, 1985.
- WOLFF, M. F.; CARRIER, G. F.; FENDELL, F. E. Wind-aided firespread across arrays of discrete fuel elements. II. Experiment. *Combustion Science and Technology*. 1991, 77: s. 261-289.
- WRIGHT, H. A.; BAILEY, A. W. *Fire ecology: United States and southern Canada*. John Wiley & Sons, New York, 1982.
- ZACHAR, M. *Vplyv ohrevu na termickú degradáciu vybraných druhov dreva*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 2009, 102 s. ISBN 978-80-228-2060-8.

Forestry Canada Fire Danger Group. Development and structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System. *Forestry Canada Science and Sustainable Development Directorate, Information Report ST-X-3*. Ottawa, Ontario, 1992.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2016, ISBN: 978-80-7434-324-7.

Wildfire News. British Columbia: Coastal Fire Center, 2014, (1).

Česko. Vláda. Zákon č. 289 ze dne 15. prosince 1995 o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon). In *Sbírka zákonů České republiky*. 1995, 21 s., 3946-3967. Dostupný také z: <http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?r=1995&cz=289>

Česko. Ministerstvo vnitra. Vyhláška č. 246 ze dne 23. července 2001 o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci). In *Sbírka zákonů České republiky*. 2001, 43 s., 5446-5489. Dostupný také z: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=246&r=2001>

Evropská Unie. Evropský Parlament. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 2152 ze dne 17. listopadu 2003 o monitorování lesů a environmentálních interakcí ve Společenství (Forest Focus). In *Úřední věstník Evropské unie*, 2003, 7 s., 285-292. Dostupný také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32003R2152>

Evropská Unie. Rada Evropy. Nařízení Rady Evropy (EEC) č. 2158 ze dne 23. července 1992 o ochraně lesních společenství před požáry. In *Official Journal of European Communities*, 1992, 4 s., 217/3-217/7. Dostupný také z: <http://eur-lex.europa.eu/search.html?qid=1490643865915&text=2158/1992&scope=EURLEX&type=quick&lang=en>

ČSN EN ISO 13943 (730801). *Požární bezpečnost – Slovník*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 84 s.

Webové odkazy

Anonymous. The 4 Stages of a Fire. In: *Journey to Firefighter* [online]. 2010 [cit. 2017-02-26]. Dostupné z: <http://journeytofirefighter.com/4-stages-of-a-fire/>

Anonymous. In: *Hospodářské noviny* [online]. 2013 [cit. 2017-02-26]. Dostupné z: <http://ihned.cz/c1-60396140-pozar-lesa-zpozduje-rychliky-z-bratislavy-do-prahy-vlaky-jezdi-na-nahradni-trase>.

BLANENSKÝdeník.cz [online]. Blansko, 2017 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://blanensky.denik.cz/pozary/pozar-lesa-ohrozoval-rezervaci-kvuli-nedostatku-vody-hasici-hasili-i-vetvemi-20170401.html>

Český statistický úřad: Veřejná databáze [online]. 2017 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://blanensky.denik.cz/pozary/pozar-lesa-ohrozoval-rezervaci-kvuli-nedostatku-vody-hasici-hasili-i-vetvemi-20170401.html>

eAGRI [online]. Ministerstvo zemědělství, 2017 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/>

European Commission: Joint Research Centre [online]. Belgie, 2017 [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/about-effis/technical-background/fire-danger-forecast/>

Forest Fire in Europe: 2003 fire campaign [online]. European Communities, 2004, 4 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/reports/annual-fire-reports/>

Forest Fire in Europe, Middle East and North Africa 2015 [online]. European Communities, Luxembourg, 2016 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/reports/annual-fire-reports/>

FRA 2000: on definitions of Forest and Forest Change [online]. Řím, 2000 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/006/ad665e/ad665e00.htm>

Government of Canada: Natural Resources Canada [online]. Canada, 2017 [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fdr>

HZS Jihomoravského kraje [online]. Brno, 2012 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://www.firebrno.cz/hasici-ukoncili-likvidaci-pozaru-lesa-u-bzence>

iDNES.cz: Zprávy [online]. Praha, 2012 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/pozar-beroun-mala-viska-hasici-brdy-dux-/krimi.aspx?c=A170328_174518_praha-zpravy_fka

INTERSUCHO [online]. Ústav výzkumu globální změny AV ČR, 2017 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://www.intersucho.cz/cz/>

Klimatická změna.cz [online]. Brno, 2017 [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.klimatickazmena.cz>

KOREŇ, M.: Vetrová kalamita 19. novembra 2004 - Nové pohľady a konsekvencie. 2005, Dostupný z: http://www.forestportal.sk/lesne-hospodarstvo/ochrana-lesa/Documents/Kunca_kalamita.pdf

LESKOVÁ, Ivana. Na Uhlířském vrchu u Bruntálu řadí žhář. Založil už čtyři požáry. In: *IDNES* [online]. Bruntál, 2015 [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: http://ostrava.idnes.cz/na-uhlirskem-vrchu-u-bruntalu-radi-zhar-zalozil-uz-ctyri-pozary-p86-/ostrava-zpravy.aspx?c=A150422_170256_ostrava-zpravy_jog

LIDOVKY.cz [online]. Praha, 2014 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: http://www.lidovky.cz/ve-vojenskem-ujezde-hradiste-hori-porost-asi-na-300-hektarech-pq1-/zpravy-domov.aspx?c=A140311_205422_ln_domov_vam

SHMU: Slovenský hydrometeorologický ústav [online]. Slovensko, 2017 [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.shmu.sk>

USFS: Wildland Fire Assessment System [online]. USA, 2017 [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.wfas.net/>

USDA: Fire, Fuel and Smoke Science Program [online]. USA, 2016 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <https://www.firelab.org/project/behaveplus>

VUBP, v.v.i. [online]. Praha, 2016 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://www.vubp.cz/prevence-zavaznych-havarii/metodiky>

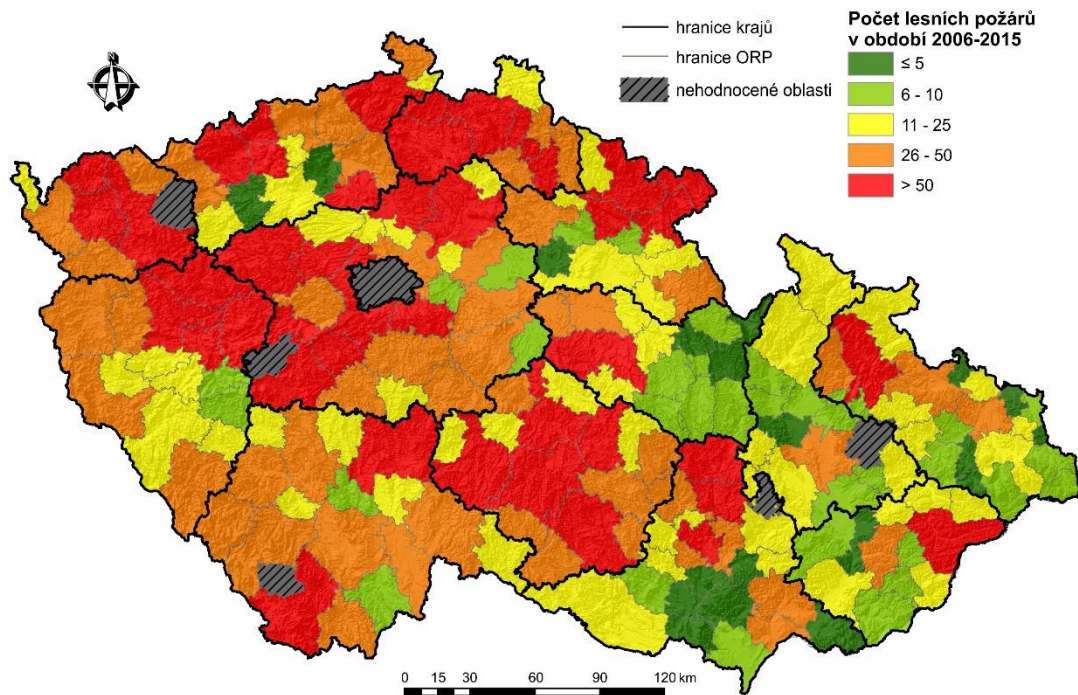
Výkladový terminologický slovník některých pojmů používaných v analýze a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2005., 55 s., Dostupný z: <http://www.vubp.cz/prevence-zavaznych-havarii/metodiky>

WSL: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL [online]. Švýcarsko, 2017 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.wsl.ch/>

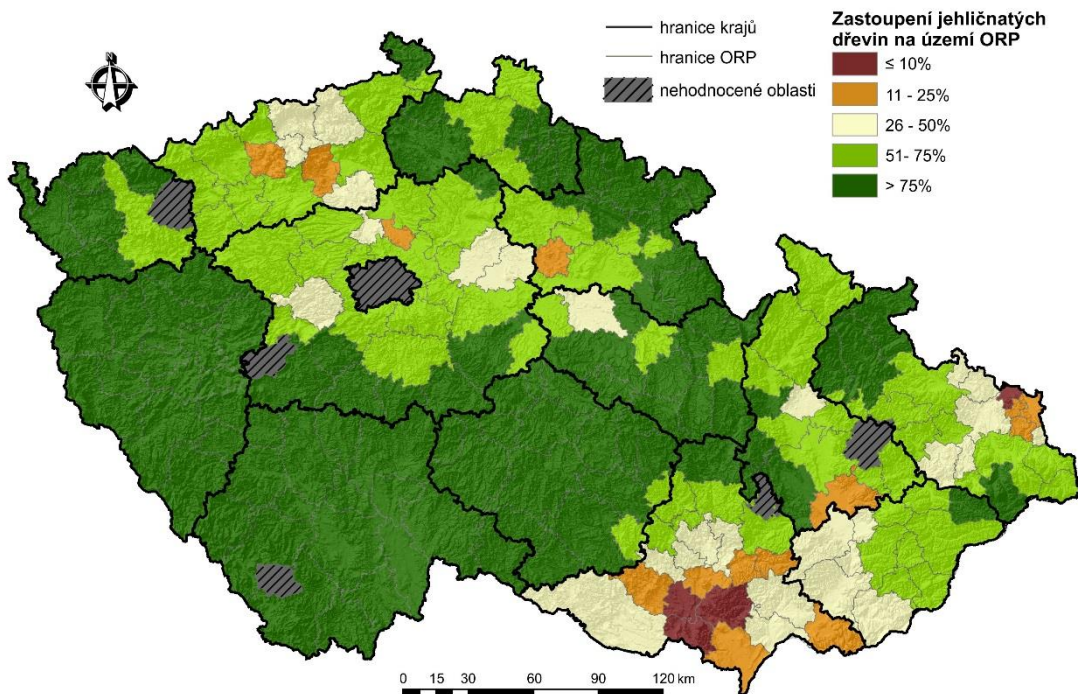
9 Seznam příloh

<i>Příloha č. 1</i> (str. 83)	Mapa počtů požárů na území ORP v letech 2006-2015.
<i>Příloha č. 2</i> (str. 83)	Mapa zastoupení jehličnatých dřevin na území ORP
<i>Příloha č. 3</i> (str. 84)	Mapa počtu obyvatel na území ORP
<i>Příloha č. 4</i> (str. 84)	Mapa průměrného počtu nocujících hostů na území ORP

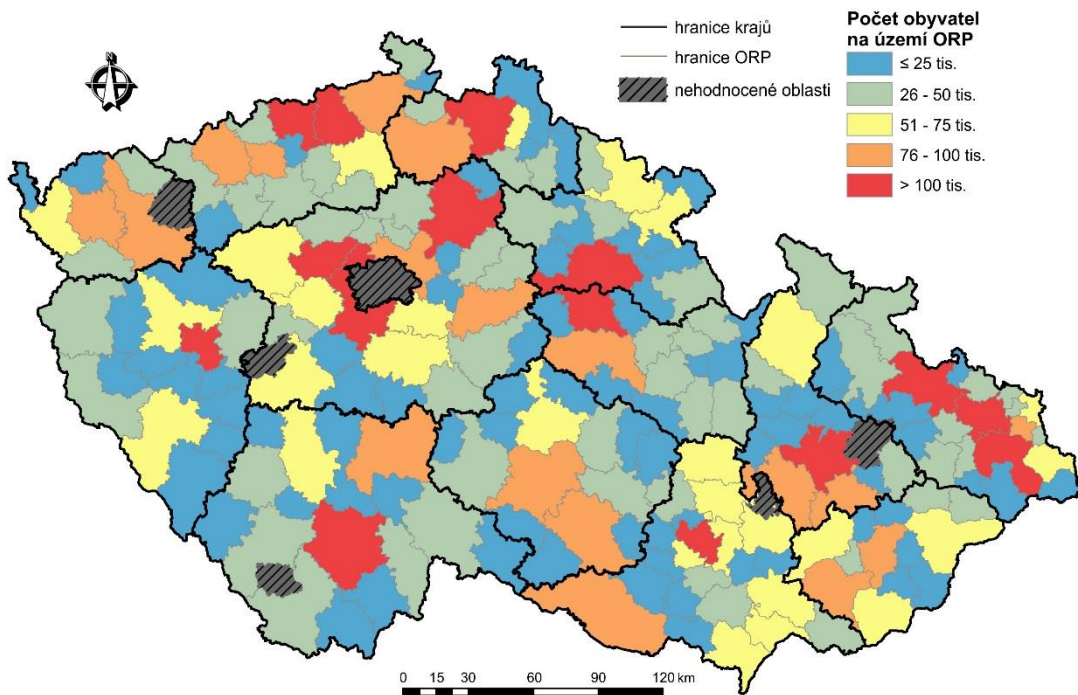
10 Přílohy



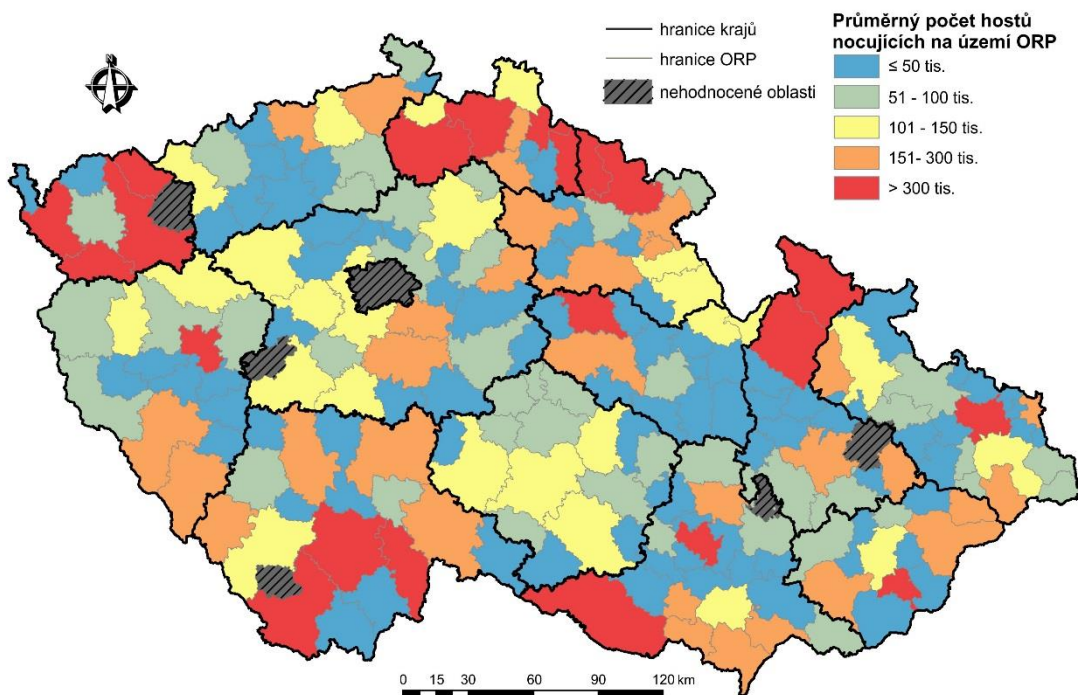
Příloha 1: Mapa počtů požárů na území ORP v letech 2006-2015.



Příloha 2: Mapa zastoupení jehličnatých dřevin na území ORP.



Příloha 3: Mapa počtu obyvatel na území ORP.



Příloha 4: Mapa průměrného počtu nocujících hostů na území ORP.

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Seznam obrázků

Obr. 1	<i>Trojúhelník hoření; Osvald (1997)</i>	13
Obr. 2	<i>Uvolňování tepla v čase v průběhu fází lesního požáru; Anon (2010)</i>	15
Obr. 3	<i>Schéma charakteristických částí lesního požáru; Wildfire News (2014)</i>	16
Obr. 4	<i>Schéma charakteristických pásem lesního požáru; Vilímek (2008)</i>	17
Obr. 5	<i>Druhy lesních požárů; Sahin (2007)</i>	20
Obr. 6	<i>Požár dutého stromu; Chromek (2016)</i>	21
Obr. 7	<i>Průběh lesních požárů; Pfeffer (1961)</i>	22
Obr. 8	<i>Ukázka kalamitní plochy; WSL (2017)</i>	23
Obr. 9	<i>Přenos tepla při hoření za bezvětrného počasí; Rothermel (1972)</i>	29
Obr. 10	<i>Přenos tepla při hoření během větrného počasí; Rothermel (1972)</i>	30
Obr. 11	<i>Přenos tepla při hoření na svažitém terénu; Rothermel (1972)</i>	32
Obr. 12	<i>Schéma systému CFFDRS; Government of Canada (2017)</i>	37
Obr. 13	<i>Mapa požárního nebezpečí systému CWFIS; (Government of Canada (2017)</i>	37
Obr. 14	<i>Mapa požárního nebezpečí systému WFAS; USFS (2017)</i>	38
Obr. 15	<i>Mapa požárního nebezpečí systému EFFIS; European Commision (2017)</i>	39
Obr. 16	<i>Index požárního nebezpečí na území Slovenska; SHMU (2017)</i>	39
Obr. 17	<i>Mapa středního rizika vzniku lesního požáru v ČR; Klimatickazmena.cz (2017)</i>	40
Obr. 18	<i>Mapa vysokého rizika vzniku lesního požáru v ČR; Klimatickazmena.cz (2017)</i>	40
Obr. 19a	<i>Požáry na území ČR s dostupnými souřadnicemi</i>	52
Obr. 19b	<i>Lesy České republiky</i>	52

Obr. 19c <i>Počet požárů v rámci obcí České republiky</i>	52
Obr. 20 <i>Významnost proměnných na základě testu redundance</i>	54
Obr. 21 <i>Regresní strom</i>	55
Obr. 22 <i>Vztah pozorovaných a predikovaných hodnot</i>	57
Obr. 23 <i>Mapa ohroženosti požáry na území České republiky</i>	58
Obr. 24a <i>Mapa vysokého rizika vzniku požárů v ČR; Klimatickazmena.cz (2017)</i>	62
Obr. 24b <i>Mapa velmi vysokého rizika vzniku požárů v ČR; Klimatickazmena.cz (2017)</i>	62
Obr. 25a <i>Mapa sucha k 28. srpnu 2015; INTERSUCHO (2017)</i>	63
Obr. 25b <i>Mapa ohroženosti lesních porostů požáry</i>	63
Obr. 26 <i>Mapa stresu suchem; Šrámek a Neudertová Hellebrandová (2016)</i>	64

Seznam tabulek

Tabulka 1 <i>Tabulka zkratk proměnných a jejich význam</i>	53
Tabulka 2 <i>Korelační matice proměnných použitých v regresním modelu</i>	54
Tabulka 3 <i>Klasifikace požárního nebezpečí s hodnotou indexu; Možný et al. (2015)</i>	61

Seznam grafů

Graf 1 <i>Grafické znázornění počtu lesních požárů v rámci ORP</i>	47
Graf 2 <i>Grafické znázornění zlogaritmovaného počtu lesních požárů v rámci ORP</i>	47
Graf 3 <i>Grafické znázornění vzniku lesních požárů v rámci denní doby</i>	51
Graf 4 <i>Početnost lesních požárů v období 2006-2015 v rámci měsíců v roce</i>	51
Graf 5 <i>Četnost jednotlivých kategorií ohroženosti v rámci krajů</i>	59