

LESNÉ POŽIARE – AKTUÁLNY STAV RIEŠENIA PROBLEMATIKY V PODMIENKACH SLOVENSKA

FOREST FIRES - CURRENT STATE OF PROBLEM TACKLING IN SLOVAK CONDITIONS

Andrea MAJLINGOVÁ¹

SUMMARY:

The paper presents the overview on current status of forest fires issue solving not only in conditions of the Slovak Republic. There are more developed the areas dealing with forest fire risk assessment, fire warning systems, modelling of fire behaviour and fire protection measures development and implementation.

KEYWORDS: Forest fire, fire prevention, forest fire protection, fire warning, risk management

ÚVOD

Lesné požiare spôsobujú každoročne nevyčísliteľné škody na majetku občanov, ale aj na samotnom životnom prostredí, nehovoriac o živote ľudí. Ide o jav, ktorý je typický najmä pre prímorské krajiny v okolí Stredozemného mora, vybrané oblasti v USA, Kanade či Austrálii. Na našom území je ich výskyt skôr sporadický, zapríčinený najmä úmyselnou, či neúmyselnou činnosťou človeka v prírodnom prostredí.

Požiare lesných porastov a trávnatých porastov sa najčastejšie vyskytujú na jar. Ich výskyt je úzko prepojený s obdobím sucha, ktoré nastáva tesne po roztopení snehu. Ale aj v tomto prípade hrá kľúčovú úlohu človek, svojím úmyselným konaním – vypaľovaním trávnatých porastov, kedy často dochádza k prechodu požiaru z trávinatej plochy na les.

Na prvý pohľad sa zdá, že problematika výskumu lesných požiarov a prípravy na ich zdolávanie vzhľadom na frekvenciu ich výskytu a ich rozsah nemá v našich podmienkach zatiaľ opodstatnenie. Avšak, tak tomu nie je. V súčasnosti existuje reálny predpoklad zvýšenia frekvencie výskytu a závažnosti týchto požiarov. Je to v dôsledku výskytu čoraz častejších extrémnych prejavov počasia ako

jeden z prejavov prebiehajúcej klimatickej zmeny.

1. LESNÝ POŽIAR

Lesný požiar možno považovať za súčasť lesného ekosystému. V histórii pod vplyvom bleskov alebo samovznietenia vznikali požiare, ktoré mali na les viac alebo menej deštruktívny vplyv. Nedá sa však vo všeobecnosti povedať, že lesný požiar má na lesný ekosystém len negatívny vplyv. V niektorých oblastiach (napr. Severná Amerika) práve lesné požiare podmienili vznik spoločenstiev, ktoré využívajú oheň v konkurenčnom boji vo svoj prospech a sú od neho plne závislé. Nakoniec aj človek je vďačný za oheň práve lesnému požiaru, ktorý ovplyvnil jeho ďalší vývoj.

Dnes sa však na lesné požiare pozeráme trochu inak. V krajine pozmenenej antropogénnou činnosťou a z veľkej časti využívanej pre potreby spoločnosti predstavuje lesný požiar veľké riziko vzniku obrovských škôd pre človeka. Zmenil sa aj pôvodca vzniku lesného požiaru. V súčasnosti je najčastejšou príčinou vzniku lesných požiarov samotný človek. Požiar vzniká prevažne z nepozornosti pri používaní otvoreného ohňa (vypaľovanie suchej trávy, turistika, táborenie, fajčenie).

¹ Andrea Majlingová, Ing. PhD., Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR, Rožňavská 11, 831 04 Bratislava, tel.: +421 810 240 337, e-mail: andrea.majlingova@minv.sk

Na základe týchto skutočností sa v súčasnosti lesný požiar v našich podmienkach pokladá za antropogénny škodlivý činiteľ alebo za škodlivý činiteľ prírodného pôvodu [1].

Za posledné desaťročia počet lesných požiarov v celom svete neustále narastá. V súčasnosti sa predpokladá, že ročne je lesným požiarom poškodených, resp. až zničených v priemere až 600 000 ha lesa [2].

V Európe, ale aj po celom svete sa situácia ohľadom výskytu požiarov neustále zhoršuje a dôsledky môžu byť závažné. Ale v súčasnej situácii vytvárajú požiarom vhodné podmienky viaceré faktory. Prírodné a najmä klimatické faktory zvyčajne predurčujú pravdepodobnosť výskytu lesných požiarov. Hospodárske opatrenia v lesoch predstavujú ďalšie faktory, ovplyvňujúce hromadenie paliva v lese a to najmä z dôvodu potlačenia ohňa a postupne sa rozširujúcich sa tranzitných zón medzi urbánnymi plochami a prírodným prostredím. V dôsledku toho, je distribúcia lesných požiarov v priestore určená nielen klimatickými podmienkami, ale aj sociálno-ekonomickými faktormi [3].

Sociálno-ekonomické faktory by mohli byť zjednodušene popísané pojmi, ako je napríklad hrubý domáci produkt, hustota obyvateľstva alebo hospodárskych zvierat. Explicitné prepojenie a interakcia medzi týmito faktormi sú skúmané predovšetkým v oblasti Stredozemného mora, kde v priebehu posledných desaťročí zmeny v oblasti výskytu požiarov tiež úzko súvisia so sociálno-ekonomickými zmenami [4].

Urbanizácia z dôvodu odchodu mladej populácie z vidieka a poľnohospodárskej mechanizácie vedie k ďalšiemu problému, a tým je akumulácia paliva [5].

V mnohých prípadoch obmedzená dostupnosť dobrovoľníkov a hasičov vo vidieckych oblastiach vedie k nárastu nekontrolovaných požiarov spôsobených vypaľovaním trávnatých porastov. Tieto problémy sú silne ovplyvňované národnými politikami.

Vypaľovanie trávnatých porastov na poľnohospodárskej pôde je bežná prax v celej východnej Európe na jar a začiatkom leta [6].

Vo všeobecnosti platí, že v súčasnosti sa aj v lesníckej hospodárskej praxi preferuje posun v obhospodarovaní lesa z dosiahnutia čisto produkčnej funkcie lesa k ochrane prírody a jeho využitiu pre rekreačné využitie.

Rekreačné využitie lesa na druhej strane znamená aj postupnú výstavbu chatových osád, čo spôsobí nárast tranzitných zón medzi zastavaným územím a prírodným prostredím, ktoré zvyšujú riziko výskytu požiaru, nakoľko človek a jeho úmyselná či neúmyselná činnosť je ešte stále najčastejšou príčinou vzniku požiaru v prírodnom prostredí.

Všetky tieto faktory a procesy ovplyvňujú riziko výskytu požiaru vo všeobecnom európskom meradle, ale tiež je potrebné zdôrazniť, že v porovnaní s krajinami Stredomoria v podmienkach Strednej a Východnej Európy veľakrát chýba konzistentná a dlhodobá evidencia výskytu požiarov, na základe ktorej je možné s využitím štatistických a geoštatistických metód počítať riziko výskytu požiarov.

Vplyvom globálnych klimatických zmien, ktoré sa samozrejme prejavujú aj lokálne, sa čoraz častejšie hovorí o lesných požiaroch a o stúpajúcej tendencii ich výskytu aj v našich podmienkach. Požiarovosť na Slovensku je v posledných rokoch úzko spätá práve s výskytom lesných požiarov alebo požiarov prírodného prostredia vôbec.

Veľmi významnými faktormi pre vznik lesného požiaru sú meteorologické faktory. Z hľadiska meteorologickej situácie sa vo všeobecnosti ako najrizikovejšie obdobie pre vznik požiaru javí byť jarné obdobie (mesiace marec – máj) a tiež obdobie leta, v mesiacoch s najvyššou teplotou (mesiace júl a august). Z meteorologických faktorov je najdôležitejšou charakteristikou aktuálna vlhkosť vzduchu, ktorá má vplyv nielen na vlhkosť vegetácie (stromy, byliny, tráva), ale aj na vlhkosť pôdy a tým aj jej vrstiev (horizontov). Veľmi nebezpečnou je preschnutá najvrchnejšia vrstva pôdy, ktorá je tvorená opadom (listnatým alebo ihličnatým). Táto vrstva sa spolu s trávovitou a bylinnou zložkou stáva primárnym zdrojom paliva v prípade vzniku povrchového požiaru. Preto je vypaľovanie trávy tak veľmi nebezpečnou činnosťou v suchom období. Oheň je ľahké zapáliť, avšak jeho kontrola a prípadné hasenie je veľmi náročné, obzvlášť pri tomto type paliva. To nám dokazuje každoročne zvýšený výskyt jarných požiarov v dôsledku vypaľovania trávy.

Pritom by sme si mali uvedomiť, že takýto požiar neprináša len materiálne škody, ktoré možno na mieste vyčíslieť, ale prináša tiež škody environmentálne. Medzi tie sa radí napríklad zničenie (zhorenie) významných biotopov, narušenie lesného prostredia alebo

znečistenie prostredia chemickými látkami, v prípade použitia ekologicky nevhodného hasiaceho média. Niekedy sa vyskytnú aj škody, ktoré sú najvyššie a ťažko nahraditeľné a tými sú zranené prípadne usmrtené osoby.

Zo štatistických údajov o požiarovosti získaných z Požiarnotechnického ústavu MV SR za obdobie rokov 2000 - 2013 vyplýva, že na území Slovenskej republiky bolo zaevidovaných 5 403 lesných požiarov. Škody spôsobené týmito požiarmi boli vyčíslené na 4 326 664 eur. V dôsledku týchto požiarov bolo 9 osôb usmrtených a 38 osôb bolo zranených.

Najviac lesných požiarov pritom vzniklo v Žilinskom kraji a najmenej v Bratislavskom kraji. Najvyššie škody pri lesných požiaroch vznikli v Košickom kraji. Naopak, najnižšie škody vznikli v Bratislavskom kraji.

Pri hodnotení požiarovosti lesných porastov podľa okresov za obdobie rokov 2000 - 2013 bolo zistené, že najvyšší výskyt požiarov bol zaevidovaný v okrese Poprad. Najväčšia priama škoda spôsobená požiarom lesných porastov bola zaznamenaná v okrese Spišská Nová Ves a v okrese Poprad. Pričom ide z hľadiska výskytu lesných požiarov o najviac ohrozenú oblasť, a to ako z dôvodu prírodných pomerov, tak aj sociálnych, nakoľko v tejto oblasti je sústredených najviac komunít ľudí žijúcich v chudobe a s veľmi nízkou úrovňou vzdelania, aktivita ktorých je najčastejšou príčinou vzniku požiaru v tomto území.

2. STAV RIEŠENIA PROBLEMATIKY

Problematika lesných požiarov je riešená celosvetovo a význam jej riešenia má už aj v našich podmienkach, najmä vzhľadom na dopady prebiehajúcej klimatickej zmeny, ktorá sa prejavuje aj extrémnym počasím, ktoré úzko súvisí so zvýšeným výskytom lesných požiarov a zväčšovaním ich rozsahu a následnou potrebou ochrany osôb a majetku, ako aj samotného životného prostredia (s ohľadom najmä na biotopy národného alebo európskeho významu) pred jeho dopadmi.

V súčasnosti bolo už z celosvetového pohľadu implementovaných niekoľko riešení, či už z pohľadu prevencie, ako aj represie.

Z hľadiska prevencie je potrebné spomenúť tvorbu analýz rizika výskytu lesného, resp. prírodného požiaru. Výsledky týchto analýz sú publikované denne pre oblasť Spojených štátov amerických (USA) a Kanady, ale rovnako aj pre Európu.

Vo svete tiež existuje viacero národných systémov zaoberajúcich sa nielen hodnotením miery ohrozenia územia lesným požiarom, ale aj jeho neustálym monitorovaním. Varovný systém nebezpečenstva ničivých požiarov (Wildfire danger rating systems) si osvojila väčšina rozvinutých krajín zaoberajúcich sa prevenciou ich vzniku, vďaka čomu sú úrady civilnej ochrany schopné definovať územia s vysokou pravdepodobnosťou vzniku požiaru a rozhodnúť o nevyhnutnom zásahu. Väčšina týchto systémov vychádza z meteorologických dát získaných z meteorologických staníc, napr. teplota vzduchu, vlhkosť vzduchu, rýchlosť vetra.

Za asi najviac prepracovaný systém možno označiť kanadský národný systém pre hodnotenie rizika vzniku ničivých lesných požiarov (CFFDRS). Jeho súčasťou je CWFIS (Canadian Forest Fire Index) počítačový požiarový informačný systém riadenia, ktorý sa využíva na monitoring stavu požiarneho nebezpečenstva naprieč Kanadou. Tento ponúka každodenne mapy počasia s vyjadrením požiarneho nebezpečenstva (koeficient) na základe denných stavov počasia, mapy požiarneho potenciálu, mapy horúcich bodov (miesta s vysokým stupňom nebezpečenstva). Okrem máp ponúka tiež satelitné snímky odľahlých území či území, ktoré je potrebné sledovať vzhľadom na nebezpečenstvo vzniku požiaru. Kvantitatívny odhad rýchlosti šírenia potenciálneho čela požiaru, množstva zhoreného paliva, intenzity požiaru (modelovanie a simulácia požiaru) umožňuje systém FBP (Forest Fire Behavior Prediction). Pomocou modelu zväčšovania elipsy požiaru umožňuje stanoviť plochu požiaru, obvod požiaru, rýchlosť zväčšovania obvodu požiaru a správanie sa požiaru na krídle a na chrbte [7].

V USA slúži na informáciu o aktuálnom i potenciálnom nebezpečenstve vzniku požiaru ekvivalentný systém ku kanadskému systému s názvom WFAS – Wildland Fire Assessment System.

Európska komisia, riaditeľstvo Spoločného výskumného centra (Directorate General Joint Research Centre) spustil v roku 2000 európsky predpovedný systém nebezpečenstva vzniku lesných požiarov (European Forest Fire Risk Forecasting System - EFFRFS). Tento systém bol na začiatku vytváraný ako jednotná platforma pre implementáciu vybraných európskych národných indexov požiarneho nebezpečenstva vyplývajúceho z aktuálneho stavu počasia, za účelom vyhotovenia

spoločnej referencie pre stanovenie požiarneho nebezpečenstva a tiež podpory spolupráce medzi národnými servismi počas mimoriadnych udalostí (požiarov) presahujúcich hranice štátov. V roku 2001 sa systém EFFRFS stal podsystemom európske informačného systému lesných požiarov (European Forest Fire Information System – EFFIS).

Systém vytvorený a spustený riaditeľstvom Spoločného výskumného centra a koordinovaný riaditeľstvom životného prostredia (DG Environment) je určený konečným užívateľom, ktorými sú Civilná ochrana a Lesnícka služba členských štátov. EFFIS je určený pre podmienky pred požiarom a po požiari a predstavuje podporný nástroj pre členské štáty Európskej únie (EÚ) a Európskej komisie (EK) v otázkach ochrany lesa proti požiarom najmä vo forme georeferencovanej informácie. V súčasnosti, v období zvýšeného výskytu požiarov EFFRFS, ponúka denne 6 rôznych meteorologických indexov nebezpečenstva vychádzajúcich z údajov predpovede počasia. Následne sú produkované a vysielané mapy EÚ, ktoré reprezentujú priestorové rozloženie stupňa rizika požiaru s predpoveďou na nasledujúce tri dni.

Ešte na začiatku tvorby systému sa uskutočnili stretnutia s príslušnými ochranárskymi službami jednotlivých členských štátov. Tieto stretnutia sa organizujú aj po každom období výskytu požiarov, keď sa už neočakáva ich väčší a vážnejší výskyt. Tieto stretnutia sú zvolávané najmä z dôvodu zlepšenia systému, z hľadiska podpory pre požiarnych manažérov, ale tiež pre zaistenie neustáleho vývoja systému. Po prvých rokoch fungovania tohto systému a konfrontácie s užívateľmi, sa výskumníci riaditeľstva Spoločného výskumného centra orientovali na preverenie podsystemu. Nový podsystem pre stanovenie potenciálu požiarneho nebezpečenstva, ktorý nahradil systém EFFRFS má názov EFFIS - Danger Forecast (predpoveď nebezpečenstva) a ťaží z podkladov kanadského indexu požiarneho nebezpečenstva (Canadian Fire Weather Index - FWI), na ktorom je založený, so selektívnymi adaptáciami pre zachytenie širokej škály environmentálnych podmienok, ktoré sa vyskytujú v rámci Európy.

Grécky varovný systém požiarneho nebezpečenstva (Greek Fire Danger Rating System) je založený na parametroch, ktoré možno jednoducho a rýchlo definovať a merať. Tento systém umožňuje precíznejšie

plánovanie, manažovanie a rozhodovanie, a tak prispieva k aktivizácii činností ako sú:

- informovanie spoločnosti o hroziacom požiarom nebezpečenstve a následnej regulácii prístupnosti územia a aktivít na tomto území,
- vyslanie zásahových jednotiek, obsluha vyhliadkových veží a organizovanie požiarnych hliadok,
- tvorba scenárov riadenia záchranárskych akcií vo vysoko rizikových oblastiach.

Hlavným výstupom tohto varovného systému je index požiarneho nebezpečenstva (Fire Danger Index), ktorý sa stanovuje na základe štyroch ďalších indexov: index počasia (Fire Weather Index), index rizika (Fire Hazard index), index rizika vzniku požiaru (Fire Risk Index) a index správania sa požiaru (Fire Behavior Index).

Tieto indexy nepredstavujú len relatívnu pravdepodobnosť výskytu požiaru, ale predstavujú tiež kvantitatívnu mieru pre vyhodnotenie požiarneho nebezpečenstva systematickým spôsobom. Tieto parametre boli vybraté spôsobom, ktorý umožňuje ich definovanie a meranie, tak aby ich bolo možné zahrnúť do operačného systému. Tieto parametre sa získavajú prostredníctvom analýz dát diaľkového prieskumu Zeme, kozmických snímok Landsat TM a QuickBird, ako aj máp s mierkou 1:50 000 a z operačného meteorologického modelu SKIRON. Diaľkové automatické meteorologické staničky (RAWS) a operačný systém pre predpoveď počasia poskytujú okamžité ako aj pravdepodobné (prognózy) meteorologické údaje. GIS sa používa na riadenie a tvorbu priestorových analýz zo vstupných parametrov, odvodenie súvislostí medzi výskytom lesných požiarov a vstupnými parametrami a sú založené na skúmaní prostredníctvom neurónových sietí, ktoré sú založené na porovnaní a historickými údajmi [8].

V Chorvátsku sa používa pre detekciu a lokalizáciu lesných požiarov integrovaný monitorovací systém na báze CCTV (Closed-Circuit Television). Výskyt lesných požiarov je zisťovaný v počiatočnom štádiu, s použitím digitálneho spracovania obrazu a metód obrazových analýz. Inteligentný diferenčný algoritmus analyzuje obrazy automaticky, hľadá viditeľné znaky lesného požiaru, dym počas dňa, plamene v noci. Ak sa objaví nejaké podozrenie, vygeneruje sa predbežný alarm a príslušnú časť obrazu viditeľne označí. Operátor vizuálne posúdi príslušnú časť obrazu a rozhodne, či ide skutočne o lesný

požiar. Systém funguje na princípoch webového informačného systému (WIS). Užívateľ k práci potrebuje len štandardný webový prehliadač. O systéme sa hovorí ako o integrovanom, pretože je založený na 3 rôznych typoch dát:

- video dáta zaznamenané v reálnom čase,
- aktuálne meteorologické údaje,
- GIS databáza (topografia, dopravná sieť, vodné zdroje, zdroje dažďovej vody a pod.).

Za inteligentný sa považuje preto, lebo zisťovanie výskytu lesného požiaru je založené na pokročilom spracovaní obrazu, obrazových analýzach.

V Taliansku už od augusta 2003 funguje systém RISICO (RISchio Incendi e Coordinamento), ktorý prevádzkuje Taliansky úrad civilnej ochrany (Italian Civil Protection Department). Tento systém poskytuje detailné predpovede nebezpečenstva vzniku lesných požiarov pre celú oblasť Talianska. Systém pozostáva z dvoch hlavných modulov, pričom každý z nich reprezentuje špecifický model, menovite model vlhkosti paliva a model potenciálneho šírenia požiaru. Funkciou modelu vlhkosti paliva je reprezentácia dynamického správania sa požiaru prostredníctvom priestorovej distribúcie hodnôt premennej, vyjadrujúcej obsah vody v palive, ktorá je dôležitá najmä pre proces vznietenia. Druhý model sa používa pre kvantitatívny popis správania (potenciálne) vzniknutého požiaru (simulácia jeho šírenia), bez ohľadu na akýkoľvek možný hasiaci zásah. Ako model sa nepoužíva na získanie predpovede o procese šírenia daného ohňa, ale pre ohodnotenie fyzických parametrov, ktoré môže požiar nadobudnúť.

Informácie vstupujúce do obidvoch modulov sa delia na statické a dynamické. Statické informácie sú reprezentované dátami topografickými a týkajúcimi sa vegetačného krytu. Pre ich správu bol využitý GIS. Dynamické informácie sú reprezentované deterministickým priebehom meteorologického nehydrostatického modelu limitovanej plochy (Limited Area Model - LAM). Medzi použité meteorologické premenné patria 3-hodinové kumulované zrážky, teplota vzduchu, teplota rosného bodu, rýchlosť a smer vetra. Výstupy zo systému RISICO sú definované prostredníctvom pravidelnej štvorcovej siete s 57 200 bunkami s veľkosťou strany 0,05°, pre 72 - hodinový časový horizont a sú diskreditované v 3 - hodinových časových krokoch, čím dochádza k produkcii celkovo 24 rôznych máp pre každý index požiarovosti.

Spomínaný index požiarneho nebezpečenstva je reprezentovaný potenciálnou lineárnou intenzitou pre každú bunku [$\text{kW} \cdot \text{m}^{-1}$].

Na Slovensku plní úlohy protipožiarneho varovného systému webový portál prevádzkovaný Slovenským hydrometeorologickým ústavom, ktorý každý rok denne od apríla do konca septembra poskytuje informácie o tzv. meteorologickom požiarom indexe, ktorý vychádza z výpočtu Baumgartnerovho požiarneho indexu.

Analýzou rizika a jeho komponentov vo vzťahu k výskytu lesného požiaru sa v domácich podmienkach venovalo niekoľko autorov. Treba pripomenúť, že tieto metodiky sú akceptované aj v európskom výskumnom priestore.

Prvé metodické postupy týkajúce sa analýzy rizika vzniku požiaru, resp. analýzy potenciálneho poškodenia lesných porastov požiarom boli v domácich podmienkach publikované okolo roku 2003 v rámci projektu WARM (5. RP EÚ) a analýzy boli vykonané pre územie Národného parku Slovenský raj. Čiastkové výsledky boli publikované [9, 10]. Naposledy bola publikovaná Tučekom, Majlingovou [7, 11]. Metodika hodnotenia rizík vzniku požiaru bola kompletizovaná a obohatená o jej spracovanie v prostredí GIS a SDSS (systémy pre podporu priestorového rozhodovania).

Metodika použitá pre hodnotenie rizika bola vyvinutá na základe údajov o výskyte lesných požiarov v experimentálnom území - Národný park Slovenský raj, počas dvadsaťročného obdobia. Je založená na dvoch typoch analýz. V prvom type je riziko vzniku požiaru popísané v zmysle pravdepodobnosti, ktorá zodpovedá predpokladanému poškodeniu lesa, na základe jeho drevinového zloženia a veku v danom roku. V druhom type analýzy je testovaný na výskyt požiaru vplyv relevantných geografických faktorov (nadmorská výška, sklon, expozícia, vzdialenosť k najbližšej ceste a vzdialenosť k najbližšiemu osídleniu). Toto je vykonané na základe porovnania početností hodnôt analyzovaných faktorov na plochách zničených požiarom a na celej ploche experimentálneho územia.

Z pohľadu priestorovej mierky, táto metodika je vhodná pre jej implementáciu do GIS/priestorovo založených systémov. Priestorová miera tohto modelu je reprezentovaná lesným porastom. Metodika je vhodná nielen pre monokultúrne, ale aj

zmiešané porasty. Z pohľadu časovej mierky je vhodná pre taktické a strategické plánovanie operácií v lese.

Spomínané metodické postupy boli aplikované aj pri vypracovávaní Projektu protipožiarnej ochrany lesa po vetrovej kalamite vo Vysokých Tatrách [12] a v Nízkych Tatrách [13].

V roku 2010 bola predstavená metodika pre hodnotenie náchylnosti územia voči poškodeniu lesný požiarom na základe sociálnych faktorov, a to pre územie NP Slovenský raj [5].

Problematike analýzy sprístupnenia územia pre použitie pozemnej mobilnej hasiacej techniky s využitím prostriedkov GIS a geoinformatiky sa doteraz v našich podmienkach nevenovala veľká pozornosť. Podobným analýzám sprístupnenia územia sa doteraz venovali najmä odborníci zaoberajúci sa optimalizáciou ťažbovo – dopravného procesu. A práve v tejto oblasti bola u nás po prvýkrát použitá GIS technológia pre zistenie stavu sprístupnenia územia, výpočet približovacích vzdialeností pre sústreďovanie dreva, ako aj stanovenie pomerného percenta sprístupnenia lesa.

Postupy spojené s analýzou sprístupnenia územia pre nasadenie ťažbovej a približovacej techniky sú podobné tým, ktoré sa spájajú s nasadením mobilnej hasiacej techniky, resp. spojené s potrebou nasadenia leteckej techniky z dôvodu nedostupnosti terénu. Nástroje GIS umožňujú tvorbu digitálneho modelu terénu, ako aj odvodenie jeho ďalších charakteristík, umožňujú súčasné spracovanie a analýzu viacerých vstupných charakteristík, čím zefektívňujú proces hodnotenia a optimalizácie z hľadiska vynaloženej práce a času, ako aj z hľadiska minimalizácie chýb spôsobených subjektívnym nazeraním na hodnotené javy.

Z domácich autorov sa problematike analýzy sprístupnenia územia pre účely optimalizácie ťažbovo – dopravného procesu venovali Roško [14], Beneš [15]. Optimalizáciou dopravnej siete pre účely ťažbovo – dopravného procesu s využitím prostriedkov GIS sa zaoberali Tuček [16], Tuček a Pacola [17].

Práca Böhmer, Dvorščák [18] predstavuje jeden z mála príspevkov k riešeniu sprístupnenia pre potreby použitia mobilnej hasiacej techniky v našich podmienkach, pričom postup vychádza z klasických prístupov k sprístupneniu lesa pre dopravu dreva. Autori

predstavili metodiku pre hodnotenie a optimalizáciu požiarneho sprístupnenia lesa pre zásah mobilnou požiarou technikou (CAS s použitím PS 12). Hodnotenie sa vykonáva bez použitia informačných technológií, klasickou matematickou metódou.

V roku 2012 publikovala Majlingová [19] metodiku pre posúdenie úrovne sprístupnenia horského územia pre nasadenie pozemnej mobilnej hasiacej techniky na hasenie požiaru s využitím nástrojov geografických informačných systémov, konkrétne prostredia Idrisi. Táto metodika bola v roku 2014 modifikovaná za účelom jej použitia v prostredí ArcGIS [20].

Prvé skúsenosti s modelovaním a simuláciou lesných požiarov na Slovensku siahajú do obdobia okolo rokov 2000 – 2004, kedy sa táto problematika začala riešiť v rámci projektu APVT „Modelovanie a simulácia lesných požiarov“ v spolupráci Ústavu informatiky SAV v Bratislave a Technickej univerzity vo Zvolene. Išlo o obdobie, kedy problematika požiarovosti rezonovala v spoločnosti, a to najmä v dôsledku požiaru, ktorý sa vyskytol v Národnom parku Slovenský raj v lokalite Tri Kopce v roku 2000, pri ktorom prišlo o život 6 civilov vykonávajúcich pomocné práce pri hasení požiaru [21, 7].

Medzi softvérové prostriedky, ktoré sa najčastejšie využívajú pre účely modelovania správania lesných požiarov patria BEHAVE Plus, FARSITE a FlamMap.

Modelovanie a simulácia lesných požiarov sa na Slovensku vykonávala zatiaľ len vo forme spätnej simulácie požiaru v počítačovom programe FARSITE. Doteraz bola vykonaná spätná simulácia požiaru z roku 2000 na lokalite Tri kopce v NP Slovenský raj a požiaru, ktorý sa vyskytol v roku 2007 v lokalite Koč, rovnako situovanej v NP Slovenský raj. Pre overenie správnosti modelovania bola použitá dokumentácia z okresného riaditeľstva Hasičského a záchranného zboru v Poprade a Spišskej Novej Vsi. Rozdielom pri modelovaní oboch požiarov bolo, že v prvom prípade boli vytvárané matematické modely špecifické pre podmienky lokality Tri kopce, zatiaľ čo v prípade druhého požiaru, na lokalite Koč sa použili modely šírenia, ktoré ponúka prostredie FARSITE. Aj keď v oboch prípadoch bola správnosť simulácie viac ako 90% (98%), potvrdila sa potreba tvorby prostredia vlastných matematických modelov šírenia sa požiaru. Je to potrebné najmä v horských lokalitách, a to najmä v závislosti na členitosti

terénu, výskytu terénnych prekážok ako sú bralá, strže a rokliny.

Modelovať rozvoj požiaru bez údajov o palive by bolo zavádzajúce a správnosť výsledkov takéhoto modelovania veľmi nízka, nepresná. Pre účely modelovania a simulácie lesných požiarov sú nevyhnutné údaje o jeho priestorovej distribúcii, kvantite a jeho fyzikálnych parametroch. V minulosti, v rámci projektu APVT „Modelovanie a simulácia lesných požiarov“, bola vyvinutá metodika klasifikácie povrchového paliva do palivových modelov na základe geobiocenologickej klasifikácie lesov Slovenska – skupín lesných typov, pre územie NP Slovenský raj. Táto metodika [24] sa však ukázala vhodná pre celé územie Slovenska. Identifikáciou a kvantifikáciou paliva pre účely modelovania a simulácie lesných požiarov na území SR sa zaoberal projekt VEGA 1/0313/09.

Na území Slovenska bolo aj prostredníctvom nástrojov GIS klasifikovaných celkovo 10 palivových modelov povrchového paliva: machy a lišajníky (PM 21); tráv do 30 cm (PM 22); tráv a bylín do 30 cm (PM 23); bylín, tráv, machy do 30 cm (PM 24); bylín do 15 cm (PM 25); bylín do 30 cm (PM 26); vysoké bylín do 100 cm (PM 27); bez dominant bylinnej synúzie (pokryvu) – pauper (PM 28); tráv, bylín do 30 cm suchších SLT radu D (PM 29); tráv, bylín do 30 cm vlhších SLT radu D (PM 30).

Projekt bol okrem klasifikácie paliva nachádzajúceho sa v lesoch Slovenska zameraný aj na jeho kvantifikáciu. Ide o časovo náročnú činnosť týkajúcu sa mapovania, merania a kvantifikáciu doteraz najmä povrchového paliva v zmysle metodiky Brown et al. [22], a to nielen na území NP Slovenský raj [23, 24], ale aj Tatranského národného parku [25], územie ktorého bolo v novembri r. 2004 postihnuté vetrou kalamitou a na území Vysokoškolského lesníckeho podniku vo Zvolene.

Z hľadiska požiarneho monitoringu sa u nás využíva letecký monitoring. Letecká požiarňa služba – letecký monitoring, vznikla na základe smernice o leteckej činnosti vykonávanej pri monitorovaní a hasení lesných požiarov, podpísanej medzi Ministerstvom pôdohospodárstva a Ministerstvom vnútra SR. Podľa nej sa hliadkovacia činnosť realizovala nad Slovenský Rudohorím, Nízkymi tatrami, Vysokými Tatrami, Belianskymi Tatrami, Slovenským Krasom, Veľkou a Malou Fatrou, Slovenskými Beskydami, Javorníkmi.

Organizačným zabezpečením boli na základe dohody o zabezpečení leteckej požiarnej služby poverené Lesy SR, š.p. Banská Bystrica. Na základe dohody bol vypracovaný zoznam odštepných závodov Lesov SR, š.p. zapojených do leteckého monitoringu ochrany lesov pred požiarom.

Letecká technika sa využíva k dvom základným činnostiam k prieskumu (letecký monitoring) a k priamemu haseniu vo vzduchu.

Okrem leteckého monitoringu je v testovacej fáze prevádzkovaný aj stacionárny kamerový detekčný systém ForestWatch. Je vybudovaný v horskom masíve Poľany. Celkovo je týmto kamerovým detekčným systémom (detekcia dymu) monitorovaná plocha lesa s výmerou cca 60 000 ha. Systém pracuje na princípe skenovania územia a zberu údajov, optimalizácii údajov, transferu údajov do riadiaceho centra, analýzou údajov v prostredí programovej aplikácie ForestWatch, vizualizácii údajov a výsledkov analýz, práci s aplikáciami a spracovaní detekovaného požiaru. Systém dokáže detekovať objekty vo vzdialenosti 10 km, 5 km a 3 km.

Moderné detekčné systémy sú schopné efektívne a rýchlo identifikovať požiare počas dňa aj noci, výhodou je najmä presnosť lokalizácie pomocou integrovanej GNSS technológie. Operátor kamerového systému dokáže posúdiť závažnosť ohrozenia požiarom a tým eliminovať výjazdy hasičov k incidentom, ktoré je možné zvládnuť napr. pomocou lesných robotníkov. Pre maximálne zníženie reakčnej doby od vzniku požiaru je ideálne využívať kombináciu viacerých systémov – letecký monitoring, pochôdzky a pod. Údaje z kamerových systémov sú nenahradiťelné pre analýzy vzniku, šírenia a revidovania postupov pri zdolávaní a likvidácii požiaru zasahujúcimi jednotkami [26].

Poslednou veľkou oblasťou je oblasť represívna, oblasť zdolávania a likvidácie lesných požiarov.

Normatívom pre postupy pri lokalizácii a likvidácii lesných požiarov na Slovensku sú takticko-metodické postupy pre zdolávanie lesných požiarov, ktoré boli vydané Prezidiom Hasičského a záchranného zboru Ministerstva vnútra SR. Ide o metodický list č. 70 „Lesné požiare“ a metodický list č. 71 „Zdolávanie požiarov v lesnom hospodárstve (podzemné požiare, pozemné požiare a korunové požiare)“.

Vo svete sa výskum v oblasti stanovenia efektívnych taktických postupov zdolávania požiarov v prírodnom prostredí zameriava na hľadanie spôsobov kontroly a riadenia požiaru, využívané sú najmä postupy, pri ktorých sú zakladané tzv. „protipožiare“ pre dosiahnutie kontroly nad existujúcim požiarom.

Dôležitými parametrami pre stanovenie efektívneho taktického postupu hasenia lesného požiaru je poznanie prostredia, v ktorom sa požiar vyskytol, dostatok síl a prostriedkov pre zdolávanie požiaru, ktorých parametre sú vyhovujúce pre jej nasadenie do daných terénnych a prírodných podmienok.

V oblasti výskumu sa taktickými postupmi lokalizácie a likvidácie požiarov v prírodnom prostredí prostredníctvom leteckej techniky v domácich podmienkach zaoberal Chromek [27].

Problematikou dopravy hasiacich látok k veľkým lesným požiarom a identifikáciou kritických miest tohto procesu a výberom vhodnej pozemnej mobilnej hasičskej techniky na hasenie požiarov v horskom prostredí sa zaoberali Landák, Monoši, Kapusniak [28], Monoši, Polorecký [29], Kapusniak, Monoši [30], Kapusniak [31].

Napriek spomínaným, už existujúcim riešeniam, ktoré sú prezentované v tomto príspevku, musíme konštatovať fakt, že žiadne z nich nebolo doteraz implementované do praxe HaZZ na Slovensku.

Poslednou oblasťou týkajúcou sa najmä oblasti prevencie vzniku lesných požiarov sú lesohospodárske, organizačné a technické opatrenia realizované v lesoch Slovenska.

2.1 Technické opatrenia

Protipožiarné pásy a priesečky

Protipožiarné pásy a protipožiarné priesečky, v rámci zabezpečenia priestoru proti šíreniu lesného požiaru, sú navrhnuté v dvoch šírkach. Pri ich návrhu sa vychádzalo z dvoch typov ochrany, zónovej a obvodovej. Táto ochrana rozčleňuje priestor na menšie úseky bráni rozšíreniu požiaru mimo ohraničený obvod, s ohľadom na možnosti dosahu rozvinutých dopravných a útočných hasiacich prúdov z predpokladane použitej hasiacej techniky (dosah 500 – 600 m). Pri návrhu uvedených prvkov boli v maximálnej miere využité štátne cesty a prvky lesnej dopravnej siete. Na toto rozčlenenie nadväzuje aj návrh ochranného pásma železnice, plynového

rozvodu a porastových plášťov v okolí dopravných komunikácií.

Protipožiarné rozčleňovacie pásy

Úlohou protipožiarnych pásov je rozčleniť väčšie kalamitné plochy, prípadne lesné komplexy na menšie, z dôvodu zabránenia šírenia (zastavenia) prípadného korunového požiaru. V uvedených pásoch musia byť odstránené všetky stromy, krovitá vyššia bylinná vegetácia, ťažbový odpad, ako aj suchá tráva, ktorá je potenciálnym zdrojom prenosu požiaru. Do ochranného pásu nesmú presahovať ani časti korún lemujúcich okraje protipožiarného pásu [32].

Rozčleňovacie protipožiarné priesečky

Úlohou rozčleňovacích protipožiarnych priesečkov je zabránenie šírenia pozemného požiaru v rámci územia vymedzeného protipožiarnymi pásmi. Šírka protipožiarnych pásov sa uvádza 3 – 6 m. Z povrchu prieseku musia byť odstránené všetky horľavé materiály a vegetačný kryt. Zároveň sa v maximálnej miere využili trasy existujúcich a pôvodných prvkov lesnej dopravnej siete [32].

Ochranné pásma

Ochranné pásmo je priestor v bezprostrednej blízkosti plynového alebo iného plynárenského zariadenia vymedzený vodorovnou vzdialenosťou od osi plynovodu, alebo pôdorysu technologického zariadenia. Ochranné pásmo pre všetky plynárenské technologické objekty je 8 m na každú stranu, od pôdorysu tohto zariadenia (§ 56 zákona NR SR č. 656/2004 Z. z. o energetike a o zmene niektorých zákonov). Pre vysokotlakové plynovody v lesných priesekoch sú vlastníci pozemkov povinný zachovať voľný pás v šírke 2 m na obe strany od osi plynovodu a v šírke 5 m na obe strany od osi tranzitného plynovodu.

2.2 Organizačné opatrenia

Protipožiarné hliadky

Protipožiarné hliadky tvoria vlastníci a užívatelia lesných pozemkov, zamestnanci lesných správ v správe Lesy SR š.p., tak ako aj zabezpečujú prejazdnosť lesnej dopravnej siete.

2.3 Technické prostriedky a systémy

Jazierkový systém

Systém bol vyvinutý na základe požiadaviek hasičských zborov ako ďalšia pomoc pri likvidácii lesných požiarov a je určený do terénov nedostupných pomocou klasickej

techniky. Umožňuje v neprístupnom teréne prepraviť pomocou hadicového vedenia, vytvorených jazierok vybavených plávajúcimi čerpadlami vodu tam, kde je to potrebné.

Systém bol úspešne vyskúšaný v podmienkach Vysokých a Nízkych Tatier (Rajecká dolina a Donovaly) hasičskými zbormi Banskej Bystrice a Popradu. Systém je vyrobený z materiálov odolných voči prederaveniu, je preto možné ho umiestniť aj v neupravenom teréne. V prípade potreby je možné ukotviť ho pomocou lán [33].

Systém prejazdnosti dopravných komunikácií

Prioritne je potrebné zabezpečiť prejazdnosť všetkých dopravných komunikácií – štátne cesty, lesné cesty odstránením kalamitnej hmoty a uvedením týchto ciest do pôvodného stavu aj po technickej stránke.

Vlastník lesných pozemkov v súvislosti s ochranou lesa pred požiarom udržiava existujúce prejazdové cesty, zväžnice a zdroje vody v stave, ktorý umožňuje bezproblémový príjazd hasičských jednotiek a ich využitie na účinný zásah (Vyhláška 121/2002 Z. z. o požiarnej prevencii § 10 písm. e).

Do tejto kategórie patria aj ďalšie, už spomínané technické opatrenia:

Letecká požiarňa služba – letecký monitoring.
Kamerový monitorovací systém.

ZÁVER

Príspevok bol napísaný s cieľom podať informáciu o aktuálnom stave riešenia problematiky lesných požiarov v domácich podmienkach. Ako je z príspevku zrejmé, rozvinutými oblasťami výskumu lesných požiarov je oblasť analýzy rizík, modelovania správania lesných požiarov, a s tým spojená problematika klasifikácie a kvantifikácie lesného paliva, sprístupňovania územia pre nasadenie pozemnej hasičskej techniky, optimalizácia jej výberu. Doposiaľ však nie je dobudovaný systém včasného varovania, v testovacej fáze je kamerový protipožiarňový monitoring územia.

Z uvedeného vyplýva, že do budúcnosti bude potrebné sústrediť sily a prostriedky najmä na rozvoj posledných spomínaných oblastí, ale aj na doplnenie terénnych meraní zameraných na zisťovanie kvantitatívnych parametrov lesného paliva.

POĎAKOVANIE

Príspevok je výsledkom implementácie projektu „Centrum excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine“, ITMS: 26220120069, podporeného z OP Výskum a vývoj, financovaného z ERDF.

LITERATÚRA

- [1] STOLINA, M. et al., 2000: *Ochrana lesa*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2000, s. 67-75.
- [2] ALBERS, J., 2012: *Comparative Analysis of the Forest Fire Situation in Central-Eastern Europe*. Master thesis. Vienna: Institute of Silviculture, Department of Forest- and Soil Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), 82 pp.
- [3] MAJLINGOVÁ, A., SEDLIAK M., 2010: *Social vulnerability to the wildland fire*. In Bezbednosni inženjering : požar, životna sredina, radna okolina, integrisani rizici. Novi Sad : Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu, 2010, s. 136-145.
- [4] KOULELIS, P., MITSOPOULOS, I., 2009: *A Study of the Socioeconomic Factors Influencing Wildfire Occurrence in Mediterranean Basin Countries*. In: González-Cabán, A. (ed.) 2009. In Proceedings of the third international symposium on fire economics, planning, and policy: common problems and approaches. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-227 (English). Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, p. 314-320.
- [5] MORENO, J.M., OECHEL, W.C. (eds.), 1994: *The Role of fire in Mediterranean-type ecosystems*. Springer-Verlag, Ecological Studies no.107. 201 p.
- [6] GOLDAMMER, J.G., 2010: *Preliminary Assessment of the Fire Situation in Western Russia*. International Forest Fire News No. 39. [cit. 2013 27.9.]. Dostupné na internete: http://www.fire.uni-freiburg.de/intro/about4_2010-Dateien/GFMC-RUS-State-DUMA-18-September-2010-Fire-Report.pdf
- [7] TUČEK, J., MAJLINGOVÁ, A., 2007: *Lesné požiare v Národnom parku Slovenský Raj: Aplikácie geoinformatiky*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2007, p. 173. ISBN 978-80-228-1802-5.
- [8] KALABOKIDIS, K., KARAVITIS, C., VASILAKOS, C., 2003: *Automated Fire and Flood Detection System*. In Proceedings of International Workshop on Forest Fire in the Wildland-Urban Interface and Rural Areas in Europe: An integral planning and management challenge. Athens: Institute of Mediterranean Forest Ecosystems and Forest Products Technology, 2003.
- [9] TUČEK, J., ŠKVARENINA, J., MINĐÁŠ, J., HOLÉCY, J., 2003: Catalogue describing the vulnerability of landscape structures in the Slovak Paradise National Park. In Proceedings of International Workshop on Forest Fire in the

- Wildland-Urban Interface and Rural Areas in Europe: An Integral Planning and Management Challenge. Athens: Institute of Mediterranean Forest Ecosystems and Forest Products Technology, 2003, p. 73 – 84.
- [10] HOLÉČY, J., ŠKVARENINA, J., TUČEK, J., MINĐÁŠ, J., 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. Athens : Institute of Mediterranean Forest Ecosystems and Forest Products Technology, 2003, p. 161 – 172.
- [11] TUČEK, J., MAJLINGOVÁ, A., 2009: *Forest fire vulnerability analysis*. In *Bioclimatology and natural hazards*. Dordrecht: Springer Science&Business Media B.V., 2009. ISBN 978-1-4020-8875-9, p. 219-230.
- [12] HLAVÁČ, P., CHROMEK, I., MAJLINGOVÁ, A., OSVALD, A., 2005: *Projekt protipožiarnej ochrany lesa na území Vysokých Tatier po vetrovej kalamite*: realizačný projekt. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 67 s.
- [13] HLAVÁČ, P., CHROMEK, I., MAJLINGOVÁ, A., 2006b: *Projekt protipožiarnej ochrany lesa na území LUC Ďumbier*: Bystrá dolina - Lesy SR, š.p., OZ Čierny Balog: realizačný projekt. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 29 s.
- [14] ROŠKO, P., 1984: *Teoretické základy približovania dreva a sprístupňovania lesov v horských terénoch*. 1. vydanie. Vydavateľstvo VEDA, Bratislava, 285 str.
- [15] BENEŠ, J., 1986: *Projektování dřevoskladů*. Brno: Vysoká škola zemědělská, 147 s.
- [16] TUČEK, J., 1997: *Computer Aided Forest Roads (localization) and Forest operations Planning*. In XX. IUFRO Congress, S 3.06 Meeting.
- [17] TUČEK, J., PACOLA, E., 1999: *Algorithms for skidding distance modelling on a raster digital terrain model*. In Journal of forest engineering. ISSN 0843-5243, Vol. 10, no. 1, 1999, s. 67-79.
- [18] BÖHMER, M., DVORŠČÁK, P., 2006: *Evaluation and optimization of fire control forest accessing for classic fire-fighting technique attack*. In: Proceedings from The 2nd International Scientific Conference „Fire Engineering“. Lučenec: Hotel Reduta, 2006, p. 35 – 44.
- [19] MAJLINGOVÁ, A., 2012: *Opening-up of forests for fire extinguishing purposes*. In Croatian journal of forest engineering. ISSN 1845-5719, Vol. 33, issue 1, 2012, p. 159-168.
- [20] KAPUSNIAK, J., MAJLINGOVÁ, A., 2014: *Results of forest opening-up analysis for ground mobile fire-fighting equipment deployment in LS Maluzina territory - Case study*. In European Journal of Environmental and Safety Sciences, Bratislava: European Science and Research Institute - ISSN 1339-472X. – Vol. 2 (Issue 2), 2014, p. 37 - 47.
- [21] HALADA, I., WEISENPACHER, P., 2005: *Principles of Forest Fire Spread Models and their Simulation*, In Journal of the Applied Mathematics, Statistics and Informatics. ISSN 1336-9180, Vol. 1, No. 1, 2005, pp. 3-13.
- [22] BROWN, J.K., OBERHEU, R.D., JOHNSTON C.M., 1982: *Handbook for Inventorying Surface Fuels and Biomass in the Interior West*. General Technical Report INT-129. USDA Forest Service. 48 p.
- [23] VIDA, T., 2006: *Návrh metodiky pre identifikáciu a kvantifikáciu palivových modelov pre účely simulácie lesných požiarov*. Diplomová práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene.
- [24] SEDLIAK, M., MAJLINGOVÁ, A., 2013: *Výsledky priebežného zisťovania charakteristík lesného paliva na území NP Slovenský raj pre účely modelovania rozvoja lesného požiaru*. In Advances in fire & safety engineering 2013 [elektronický zdroj] : II. international scientific conference : conference proceedings / eds. Adelaida Fanfarová, Ľubica Vrábľová, Vladimír Mózer. Žilina: Fakulta špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, 2013. ISBN 978-80-88829-80-5. CD-ROM, p. 119-124.
- [25] MAJLINGOVÁ, A. et al., 2011: *The spatial distribution of surface fuel in the High Tatras Mts. territory*. In Delta : vedecko-odborný časopis Katedry protipožiarnej ochrany. ISSN 1337-0863, roč. 5, č. 10, 2011, s. 28-33.
- [26] PAJTÍKOVÁ, J., LALKOVIČ, M., 2012: *Detekčné a monitorovacie protipožiarne systémy – význam a použitie*. Prezentácia k Taktickému ukázkovému cvičeniu Lešť 2012.
- [27] CHROMEK, I., 2006: *Využitie leteckej techniky pri hasení lesných požiarov*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2006. 1 elektronický optický disk. ISBN 80-228-1595-0.
- [28] LANĎÁK, M., MONOŠI, M., KAPUSNIAK, J., 2011: *Doprava hasiacich látok k veľkým lesným požiarom*. In Hodnocení a zvládání přírodních a technologických rizik [elektronický zdroj]: mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků, Ostrava, 24.-25. října 2011: sborník přednášek. Ostrava: VŠB - TU, 2011. ISBN 978-80-248-2486-4. S. 121-133.
- [29] LANĎÁK, M., MONOŠI, M., POLORECKÝ, D., 2011: *Určenie kritických miest v doprave hasiacich látok k lesným požiarom*. In: Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí: 16. medzinárodná vedecká konferencia: 1.-2. jún 2011, Žilina. Žilina: Žilinská univerzita, 2011. ISBN 978-80-554-0367-0. S. 381-386.
- [30] KAPUSNIAK, J., MONOŠI, M., 2012: *Výber vhodnej hasičskej techniky určenej na likvidáciu lesných požiarov v podmienkach SR*. In: Požární ochrana 2012: sborník přednášek XXI. ročníku mezinárodní konference. Ostrava: VŠB - TU, 5.-6. září 2012. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2012. ISBN 978-80-7385-115-6. S. 100-103.
- [31] KAPUSNIAK, J., 2014: *Návrh taktických postupov nasadenia hasičskej mobilnej techniky pri lesných požiaroch v extrémnych terénnych podmienkach Žilinského kraja*, Dizertačná práca, FBI VSB-TU Ostrava, 2014.
- [32] HLAVÁČ, P., CHROMEK, I., MAJLINGOVÁ, A., 2009: *Od Projektu protipožiarnej ochrany lesa vo Vysokých Tatrách po vetrovej kalamite po zmeny legislatívy v oblasti ochrany lesov pred požiarom v podmienkach Slovenskej republiky*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 1 elektronický optický disk. ISBN 978-80-228-1976-3.
- [33] ŠUBA, J., CHROMEK, I., 2007: *Jazierkový systém dopravy vody na hasenie požiarov v národných horských terénoch*. In Spravodajca – protipožiarne ochrana a záchranná služba, roč. XXXXIII, 2007, č. 4, str. 20-22, ISSN 1335-9975.