

VYUŽITIE POZEMNÉHO LASEROVÉHO SKENOVANIA PRE ÚČELY MAPOVANIA PALIVA V LESE

Petronela KOVACSOVÁ¹, Andrea MAJLINGOVÁ²

¹Katedra Hospodárskej Úpravy Lesa a Geodézie, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 903 01, Zvolen, Slovensko
petronelakovacsova@gmail.sk

² Katedra Protipožiarnej Ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T.G: Masaryka 24, 903 01, Zvolen, Slovensko
amajling@vsld.tuzvo.sk

Abstrakt:

V súčasnosti, Pozemné laserové skenovanie, ako technológia geodézie a mapovania. Je efektívne využívaná a skúmaná na celom svete v rozdielnych odvetviach. Vďaka svojim výhodám si táto technológia získala vysokú pozornosť viacerých výskumných inštitútov a firiem zaoberajúcich sa lesníctvom. Je obrovský záujem o integráciu tejto technológie do lesníckych odvetví, pretože pozemné laserové skenovanie umožňuje zaobstarat' rýchlo veľké množstvo priestorových údajov (mračno bodov), ktoré po spracovaní poskytujú 3D model objektov a terénu. Práca sa zaoberá zistením množstva a druhu biomasy, ktorá predstavuje potenciálne palivo pre lesné požiare. Pre analýzu sa použili dáta z pozemného laserového skenovania. Pozemné laserové skenovanie použitým SCANSTATION 2 prebiehalo v zmiešanom 80 ročnom poraste na území Vysokoškolského Lesného Podniku vo Zvolene. Na výberovej ploche 100x100 m bolo rovnomerne rozmiestnených 25 skenov. Na spracovanie dát sa využil softvér CYCLON poskytovaný výrobcom skenera a TLS 1.2 naprogramovaní na Technickej Univerzite vo Zvolene pre lesnícke účely. Z mračna bodov skenov, využitím filtračných a klasifikačných metód sa získal reálny digitálny model reliéfu, ktorý sa použil na určenie množstva a druhu paliva na skúmanom území. Získané informácie o palivovom zdroji na danom území sú základnou vstupnou veličinou pre analýzu lesných požiarov a na predvídanie ich správania.

Abstract:

Nowadays, Terrestrial Laser Scanning like Surveying technology is effectively used and tested worldwide in different sectors. Thanks for the advantages of this technology, terrestrial laser scanners acquire high attention of several research institutes and companies involved in forestry. It is a huge interest in the integration of this technology in forestry sector, because terrestrial laser scanning allows to obtain quickly a large amount of spatial data (point cloud). After processing of point cloud, 3D model of objects and terrain are acquired. This work deals with determining the quantity and type of biomass, which represent potential fuel for forest fire. For analysis there was used data of terrestrial laser scanning. Terrestrial Laser Scanner SCANTATION 2 was used in mixed 90 year old stand located in the area the place of the University Forest Enterprise in Zvolen. The selected area was 100x100 m, where 25 scans were evenly spaced. For the data processing there were used software CYCLON provided by scanner producer and TLS 1.2 programmed at the Technical University in Zvolen for forestry purposes. From the point cloud of scans by using filtering and classification methods there were obtained a digital terrain model, which are used to determine the quantity and type of fuel, represented by biomass, in the studied area. The information about fuel sources on the ground is an essential input parameter for the analysis of forest fires and to anticipate their behaviour.

Klíčová slova: laserový systém, biomasa, lesný požiar, model správanie požiaru, digitálny model reliéfu.

Keywords: laser system, biomass, forest fire, fire behaviour model, digital terrain model.

1. ÚVOD

Lesný požiar má do určitej miery svoj opodstatnený význam v ekosystémoch. Požiare v niektorých krajinách pozitívne vplyvajú na obnovu celého ekosystému a pre niektoré ekosystémy sú nevyhnutnou zložkou, avšak pre lesné ekosystémy na Slovensku nemajú veľkú podstatu. Lesné požiare na území Slovenska skôr spôsobujú ekonomické a ekologické ujmy, ohrozujú ľudský život a obydlia. Lesné požiare spôsobujú značné škody a následne straty v lesnom hospodárstve. Priame škody súvisia so znehodnotením drevnej suroviny, t.j. obhorenie, alebo zhorenia stromov spracovaného, alebo uskladneného dreva v lese, ale aj na skladoch. K nepriamym škodám môžeme zaradiť straty na prírastku a kvalite drevnej suroviny. Medzi nepriame škody zahrňujeme aj zvýšené náklady na odstraňovanie následkov požiaru a sťažené obhospodarovanie, prípadne opätovné zalesnenie [2].

Typy lesných požiarov možno charakterizovať podľa druhu horiaceho materiálu, to znamená, ktorá zložka lesného porastu je zasiahnutá. Na základe toho sa rozlišujú štyri základné druhy lesných požiarov [9]:

1. podzemné požiare,
2. požiar dutého stromu,
3. pozemné požiare,
4. korunové požiare a ich kombinácie, alebo prechody pozemného do korunového.

Pre jednotlivé typy požiarov je charakteristický určitý typ paliva. Lesné palivo je možné chápať ako biomasu. Všetko lesné palivo sa v rámci lesa delí na tri palivové vrstvy [1]:

1. podzemné palivo (ground fuel) - materiál sa nachádza medzi opadankou a samotnou pôdou
2. povrchové palivo (surface fuel) - je všetka živá a mŕtva vegetácia nad surovým nadložným humusom - opadané lístie a ihličie, lišajníky a machy, spadnuté kmene, konáre, a vetvičky, bylinná etáž, kríky a malé stromy nezasahujúce do klenby porastu
3. korunové palivo (canopy fuel) - je tvorené veľkými stromami a krami, ktoré dosahujú výšku koruny stromov [7].

Poznatky o type lesného požiaru, množstve a druhu biomasy, palivového modelu lokality môžu zredukovať ekonomické, ekologické a sociálne ujmy. Cieľom protipožiarneho manažmentu je predpovedanie potenciálneho správania a účinkov lesných požiarov. Pre simulovanie lesných požiarov sú dôležité údaje o palivových, terénnych a meteorologických vlastnostiach skúmaného územia. Pre popísanie fyzikálnych charakteristík celého palivového komplexu v teréne (vlastností paliva) boli vytvorené palivové modely (PM). PM sú základné údaje o palive, na základe ktorých sú rozlišované prototypy palivových komplexov. Modely správania pozemného požiaru vyžadujú informácie o komplexe paliva, pričom vstupnými údajmi sú množstvo paliva, objemová hustota paliva, veľkosť častíc paliva, výhrevnosť a vlhkosť vyhasnutia. Potrebné informácie o kvantite paliva je možné získať z rôznymi spôsobmi buď priamym stanovením palivových charakteristík, alebo nepriamym. Metódy zberu vzoriek a terénne merania patria medzi priame stanovenie palivových charakteristík. Z dôvodu minimalizácie nákladov a časových požiadaviek sa vyvinulo viacero nepriamych techník na stanovenia palivových charakteristík (hlavne množstvo paliva). V súčasnom období medzi tieto techniky je možné zaradiť pozemné a aj letecké skenovanie.







V posledných rokoch laserové skenovanie sa stáva významnou technológiou pre lesníctvo, má široké využitie v rôznych odvetviach, pretože laserové systémy umožňujú zaobstarať bezkontaktné, rýchlo veľké množstvo priestorových údajov, ktoré po spracovaní poskytujú 3D model objektov a terénu. Výsledkom procesu skenovania je množina bodov (mračno bodov, sken) vzťahujúca sa na miestny súradnicový systém skenera. Súradnice bodov pri laserovom skenovaní sú v súradnicovom systéme prístroja, jedná sa o karteziánske (x, y, z), alebo polárne súradnice (r, θ , φ). Bod v mračne bodov je zobrazený nie len polohou, ale aj farbou, ktorá zároveň vyjadruje intenzitu prijatého signálu pri meraní dĺžok. Farebne môžu byť odlišené

povrchy z rôznych materiálov, úprav a geometrickej konfigurácie [3]. Obidve technológie je možné využiť na inventarizáciu lesa (určenie dendrometrických charakteristík) a ocenenie množstva biomasy v porastoch.

Efektívne využitie pozemného laserového skenovania pre určovanie paliva je závislé od palivovej vrstvy.

- 1) vrstva podzemného paliva - technológia umožňuje len multitemporálne posúdenie výšky akumulácie podzemnej biomasy [5], ale neposkytuje presnejšie údaje, preto je ho potrebné doplniť priamym odberom vzoriek.
- 2) vrstva povrchového paliva – Laserový systém poskytuje vizualizáciu jemných detailov v tejto vrstve. Podrobný digitálny model reliéfu s následnou klasifikáciou súborov bodov je možné vizualizovať spadnuté kmene, konáre, bylinnú etáž, kríky a malé stromy. Filtrácia a klasifikácia určitého súboru bodov napr. bylinnej synúzie je časovo veľmi náročné. Podobne ako u vrstvy podzemného paliva je možné sledovať akumuláciu opadaného lístia.
- 3) vrstva korunového paliva – zo získaných dát je možné rekonštruovať 3D model stromu (kmeňová štruktúra, vetvenie), alebo koruny [6] a odvodiť index listovej plochy [8]. V súčasnosti sa významne zvyšuje záujem výskumu indexu listovej plochy na určenie množstva korunovej biomasy.

Všetky získané dáta z pozemného laserového skenovania majú svoje uplatnenie a využitie v protipožiarnej manažmente. Na Obrázku 1 sú znázornené rôzne technológie na zber dát a ich využitie pre modely správania sa požiaru.

	Úroveň paliva	Modely správania požiaru	Metódy zberu dát	Účel dát
	Krajina (2D, 3D)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Farsite ➢ Fire line rotation model 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Satelitné snímky ➢ Letecké snímky ➢ Multispektrálne a Hyperspektrálne snímky 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Mapa palivového typu ❖ Model rizika vznietenia ❖ Priestorové rozloženie krajinných prvkov
	Porast (2D, 3D)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Behave ➢ Fire line rotation model ➢ Firetec 3D ➢ Canadian Model ➢ McArthur danger meter 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Inventarizácia lesa a mapovanie ➢ Letecké snímky ➢ Airborn laser scanning ➢ Multispektrálne a Hyperspektrálne snímky 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Vstupné údaje pre modelovanie správania požiaru ❖ Charakteristika palivového typu ❖ Simulovanie požiaru
	Háje (2D, 3D)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Firestar 2D (x,z) ➢ Firetec 3D ➢ NIST 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Inventarizácia lesa a mapovanie ➢ Letecké snímky ➢ Airborn laser scanning ➢ Multispektrálne a Hyperspektrálne snímky 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Vstupné údaje pre modelovanie správania požiaru ❖ 3D štruktúra paliva ❖ Biofyzikálne parametre
	Jedinec (3D)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Firestar 2D (x,z) ➢ Firetec 3D ➢ CFIS 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Kubikovacia metóda ➢ Odber vzoriek ➢ <u>Terrestrial laser scanning</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Vstupné údaje pre modelovanie správania požiaru ❖ Systém na vyhodnotenie nebezpečenstva vzniku požiaru ❖ Štrukturálne a biofyzikálne parametre
	Parenchým	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Firestar 2D (x,z) 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Kubikovacia metóda ➢ Odber vzoriek ➢ <u>Terrestrial laser scanning</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Vstupné údaje pre modelovanie správania sa požiaru ❖ Štrukturálne a biofyzikálne parametre
	Bunka	...	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Biochemická analýza 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Vstupné údaje pre modelovanie správania požiaru ❖ Správanie sa pri spalovaní

Obr. 1 Využitie rôznych technológií na zber dát pre modely správania požiaru (Zdroj: Morsdorf)

2 ZÁUJMOVÉ ÚZEMIE

Záujmové územie (Obr. 2) sa nachádza na Vysokoškolskom lesnom podniku vo Zvolene v poraste číslo 774. Porast má 15,32 ha a jeho zakmenenie je 0,8. Daný porast tvoria dve čiastkové plochy a to čiastková plocha A a čiastková plocha B. Čiastková plocha A, kde sa konalo skenovanie, má výmeru 14,68 ha. Porast je vo veku 80 rokov a je zmiešaný jednotlivo, až skupinovite a to s drevinami BK, SM, JD a JS. Ojedinele sa vyskytujú DB, JH a TX ktoré sú nerovnomerne vyspelé. Hlavné dreviny, ako BK, SM, JD a JS tvoria kostru porastu, kde BK má najväčšie zastúpenie 40 %, SM 35 %, JD 20 % a JS 5 %. Celková zásoba porastu je 6136 m³ s toho pripadá na ihličnaté dreviny 3934 m³ a na listnaté dreviny 2202 m³. Miestami sa vyskytuje i zmladenie hlavných drevín, taktiež aj podrast.

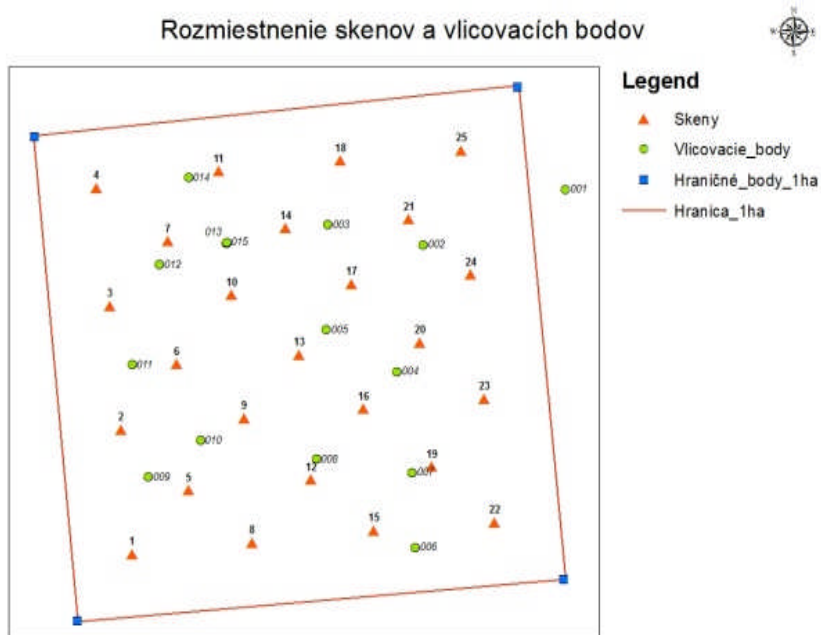


Obr. 2 Záujmové územie

3 POUŽITÝ LASEROVÝ SYSTÉM

Dáta z pozemného laserového skenovania sa zbierali pomocou laserového systému ScanStation 2 v letnom období 2010. Leica Scanstation 2 je pulzný, vysoko rýchlostný laserový skener so zeleným laserovým žiarením a s dvojosím kompenzátorom s presnosťou 4 mm, dosahom 300 m a rýchlosťou 50 000 bodov za sekundu. Laserový systém má dvojité okno, plne nastaviteľné zorné pole 360° x 270° a zabudovanú kameru s vysokým rozlíšením. Integrovaná kamera slúži pre rýchlejšiu detekciu scény a pre automatické pokrytie mračna bodov pravými farbami.

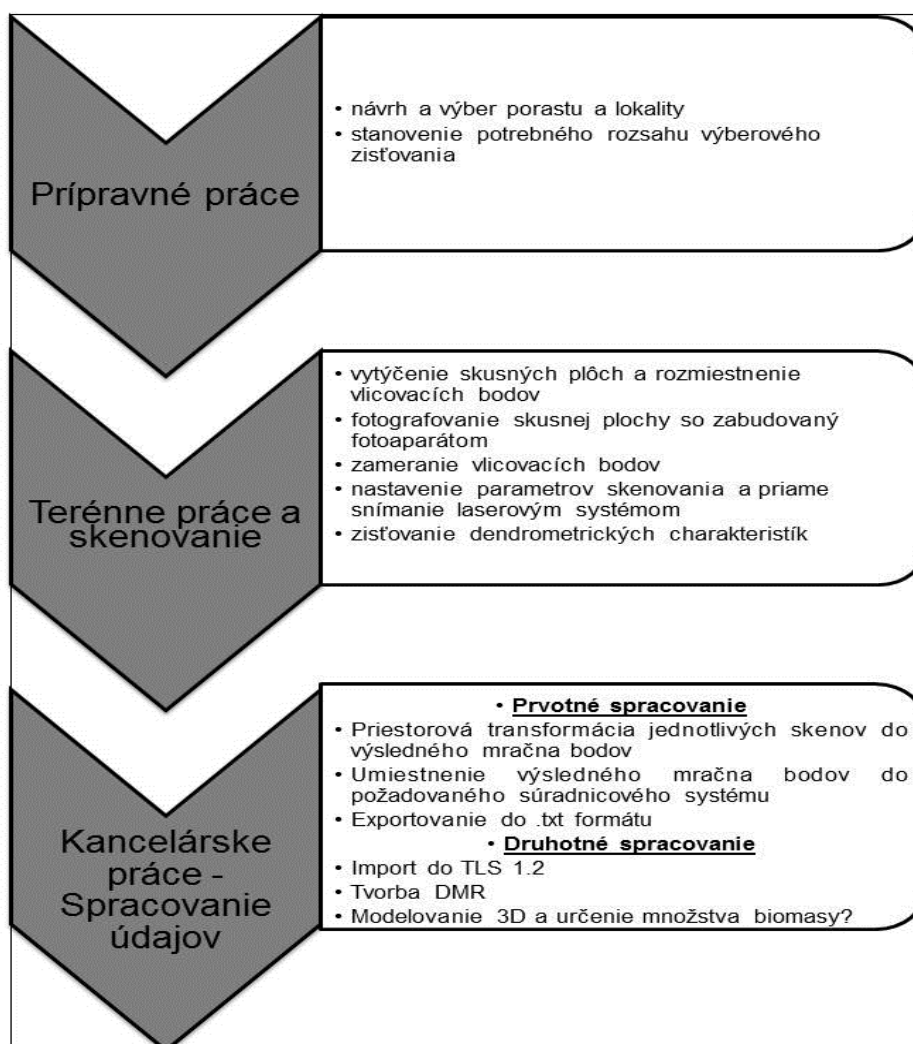
Na skúmanom území bolo rovnomerne rozmiestnených 25 skenov a 15 vlicovacích bodov. Zosnímal sa 1 ha porastu. Pomocou softwaru Cyclone – SCAN 7.0 od firmy Leica sa nastavili parametre skenovania, kde horizontálne rozlíšenie bolo 2 cm a vertikálne 10 cm na 18 m. Softwarom sa zaznamenávali všetky body do 30 m. Okrem súradníc odrazeného bodu sa zachytávala aj intenzita odrazeného lúča od objektu. Pri každom skene sa získalo približne 2 miliónov bodov.



Obr. 3 Rozmiestnenie skenov a vlicovacích bodov v poraste

4 METODIKA

Príprava a priebeh pozemného laserového skenovania sa skladá z troch základných etáp, ktoré sú rozdelené na čiastkové úlohy. Priebeh skenovania s jednotlivými čiastkovými úlohami je znázornený na obrázku 4.



Obr. 4 Metodický postup procesu pozemného laserového skenovania

4.1 Terénne práce

Na skúmanom území bolo rovnomerne rozmiestnených 25 skenov a 15 vlicovacích bodov. Rozostúp skenov je 25 m a diagonálne 17,8 m, pričom sa zosnímal 1 ha porastu. Rozmiestnenie jednotlivých skenov sa zameralo s totálnou stanicou a pomocou GPS sa určili ich x,y súradnice v súradnicového systému S-JTSK. Počas terénnych prác sa zaevidovalo 503 drevín s totálnou stanicou pre vytvorenie informatívnej databázy. Jednotlivým drevinám sa určili dendrometrické veličiny a ich stav.

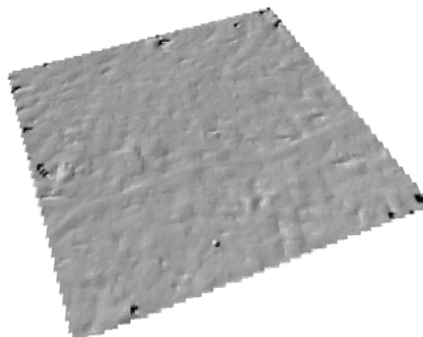
4.2 Prvotné spracovanie dát

Na predspracovanie surových dát sa použil software Leica Cyclon-REGISTER 7.0, ktorý je súčasťou vybavenia laserového systému. Vo vytvorenej databáze skenov sa vytvorila registrácia, kde prebehla priestorová transformácia jednotlivých skenov do jedného výsledného skenu (mračna bodov) a následne sken bol umiestnený do jednotného súradnicového systému skenera. Z dôvodu veľké množstva dát sa exportovali jednotlivé skeny v txt súbore pre software TLS 1.2 vytvorení Mgr. Milanom Koreňom.

4.3 Druhotné spracovanie dát

Dôležitou súčasťou druhotného spracovania bola tvorba digitálneho modelu reliéfu. Z importovaného textového súboru sa pomocou modulu filtrácie vybral súbor povrchových bodov (ground points) s najnižšou hodnotou, ktoré tvoria terén. Interpoláciou filtrovaného mračna bodov sa získal raster s rozlíšením 1m x1m. DMR (obr. 5) Používa sa na odčítanie výšok bodov, odvodenie hrúbok jednotlivých stromov a následne na určenie objemu jednotlivých drevín.

V súčasnosti ešte stále pokračuje druhotné spracovanie dát – odvodenie dendrometrických a porastových charakteristík, určenie množstva biomasy a 3D vizualizácie výsledkov.



Obr. 5 Digitálny model reliéfu

5 ZÁVER

Pozemné laserové skenovanie na určovanie množstva paliva je časovo aj finančne veľmi náročné v súčasnom období. Samostatné skenovanie v poraste má svoje nevýhody z dôvodu prácneho prenášania samotného prístroja. Časová náročnosť sa zvyšuje aj nastavením parametrov skenov – čím vyššia hustota bodov, tým dlhšie trvá skenovanie územia a spracovanie veľkého množstva získaných surových dát si vyžaduje software špecializovaný pre lesnícke účely.

Záujem výskumných inštitútov o integrácia laserových systémov do lesnej inventarizácie, prináša automatizáciu celého procesu pozemného laserového skenovania pre lesné hospodárstvo (určovanie stromových a porastových charakteristík). Budúcim vývojom a zlepšovaním tejto technológie sa možno prispôbiť veľkosť laserového systému pre praktické lesnícke využitie. Vytvorením modelu na optimalizáciu hustoty bodov, alebo rozlíšenia zvýši sa efektívnosť celého procesu.

Príkladom neustáleho vývoja technológií je nový laserový systém Multi-Spectral Canopy Lidar (MSCL), ktorý vznikol na Univerzite v Edinburgh so spoluprácou firmy Selex-Galileo. Princíp technológie je založený na 4 vlnových dĺžky (3 VIS a 1 NIR), čím sa získajú dodatočné informácie o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a PRI (Photochemical Reflectance Index). MSCL slúži na meranie štruktúrnych parametrov a fyziologických zmien porastu a podrastu. Má veľké využitie na oceňovanie biologickej diverzity a biomasy v lesoch. V budúcnosti táto technológia bude významná pre diaľkový prieskum Zeme a aj protipožiarnu ochranu.

Príspevok vznikol na základe riešeného výskumu v projekte Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied 1/0764/10 (VEGA): Výskum princípov a metód precízneho lesníctva

LITERATURA

- [1] Harrington, S. (2005) Measuring Forest Fuels. An Overview of Methodologies, Implications for Fuels Management, Forest Guild Research Center, Working Paper 19, Jan. 2005 (<http://www.foreststewardsguild.org/images/swcenter/pdf/WP19.pdf>) .
- [2] Hlaváč, P. (2003) Človek najviac prispieva k vzniku lesných požiarov. Enviromagazín, 2/2003, s. 26-27

- [3] Kašpar, M., Pospíšil, J., Štroner, M., Křemen, T., a Tejkal, M. (2003) Laserové skenovací systémy ve stavebnictví. Vega s.r.o., Hradec Králové.
- [4] Morsdorf, F. (2009) Exploiting 3D vegetation structure information provided by laser scanning, ESA Scientific Consultation Workshop on "Remote Sensing of 3D-Vegetation Structures", Institute of Chemistry and Dynamics of the Geosphere, Forschungszentrum Jülich GmbH (Germany), 2.7.2009, invited lecture.
- [5] Moskal, L.M., Erdody, T., Kato, A., Richardson, J., Zheng, G. a Briggs, D. (2009) Aerial and Terrestrial Lidar Applications in Precision Forestry, SilvaLaser Conference Proceedings, Collage Station, Texas (http://depts.washington.edu/rsgal/pubs/Moskaletal_Silvilaser2009.pdf).
- [6] Moskal, L.M. a Kato, A. (2008) Lidar tree Crown Segmentation. Proceedigs of the 2008 annual american Society for Photogrammetry and Remote Sensing meeting in Portland OR, April-May 2008.
- [7] Pyne, S.J., Andrews, P.L. a Laven, R.D. (1996) Introduction to Wildland Fire. New York: John Wiley & Sons, Ltd., New York.
- [8] Richardson, J., Moskal, L. M. and Kim, S. (2009) Modeling Approaches to Estimate Effective Leaf Area Index from Aerial Discrete-Return LIDAR. Agricultural and Forest Meteorology 2009, 149, 1152-1160. www.sciencedirect.com
- [9] Stolina, M., Hlaváč, P., Kodrík, J., Konôpka, J. a Novotný, J. (2000) Ochrana lesa. Vydavatel'stvo TU vo Zvolen, Zvolen.
- [10] www.leica.com