

**ACTA
FACULTATIS
FORESTALIS
ZVOLEN**

**61/2
2019**

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Vedecký redaktor / Executive editor:
doc. Dr. Mgr. Jaroslav Ďurkovič

Výkonný redaktor / Managing editor:
Ing. Martin Lieskovský, PhD.

Predseda redakčnej rady / Editor in Chief:
prof. h. c. prof. Dr. Ing. Viliam Pichler

Redakčná rada / Editorial board:
prof. Ing. Marek Fabrika, PhD.
prof. Ing. Peter Garaj, CSc.
prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.
prof. Ing. Matúš Jakubis, PhD.
prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.
doc. Ing. Karol Ujházy, PhD.
prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS ZVOLEN 61 2/2019

Vydala Technická univerzita, T. G. Masaryka 2117/24, 960 01 Zvolen, IČO 00397440
Vydanie I. – október 2019

Rozsah 60 strán

Náklad 100 výtlačkov

Tlač a grafická úprava: Vydavateľstvo TU vo Zvolene

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou

Vydanie publikácie schválené Edičnou radou TU vo Zvolene dňa 4. 2. 2019, číslo EP
36/2019

Za vedeckú úroveň tejto publikácie zodpovedajú autori a recenzenti.

Periodikum s periodicitou dvakrát ročne.

Evidenčné číslo 3861/09

© Technická univerzita vo Zvolene
ISSN 0231-5785

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Jozef Rozkošný – Peter Fleischer – Peter Fleischer – Martin Kubov – Juraj Galko – Slavomír Rell – Michal Lalík – Ján Pittner: Poloparazitická rastlina imelovec európsky (<i>Loranthus europaeus jacq</i>) a kvantifikácia jeho vplyvu na rast a fyziologické procesy dubov na LS Duchonka	7
Jozef Štofík – Jozef Bučko: Zmeny v poľovníckom manažmente najvýznamnejších druhov raticovej zveri na Slovensku po II. svetovej vojne (1949 – 2015).....	21
Lukáš Orlovský – Valéria Messingerová – Martin Lieskovský – Miloš Gejdoš: Analýza spotreby času sústred'ovania dreva traktorovými technológiami	35
Milan Hunčaga: Odvodenie hrúbky stojacich stromov v rôznych výškach nad terénom pomocou pozemného laserového skenovania	47

POLOPARAZITICKÁ RASTLINA IMELOVEC EURÓPSKY (*LORANTHUS EUROPAEUS* JACQ) A KVANTIFIKÁCIA JEHO VPLYVU NA RAST A FYZIOLOGICKÉ PROCESY DUBOV NA LS DUCHONKA

Jozef ROZKOŠNÝ – Peter FLEISCHER – Peter FLEISCHER, Martin KUBOV – Juraj GALKO – Slavomír RELL – Michal LALÍK – Ján PITTNER

JOZEF ROZKOŠNÝ – PETER FLEISCHER – PETER FLEISCHER, MARTIN KUBOV – JURAJ GALKO – SLAVOMÍR RELL – MICHAL LALÍK – JÁN PITTNER: Poloparazitická rastlina imelovec európsky (*Loranthus europaeus jacq.*) A kvantifikácia jeho vplyvu na rast a fyziologické procesy dubov na ls duchonka, Acta Facultatis Forestalis, Zvolen

Dubové porasty boli v minulosti dlhodobo považované za odolné voči škodlivým činiteľom. Zlom nastal v 80-tych rokoch 20. storočia, kedy bolo zaznamenané tzv. „hromadné hynutie dubov“. V týchto rokoch bolo napadnutých takmer 4,5 mil. m³ dubovej hmoty. Poškodenie takého množstva dubovej hmoty spôsobil súbor faktorov ako zrážkový deficit, podkôrmik dubový, tracheomýkózne ochorenia a pod. Neskôr sa situácia zlepšila vďaka zlepšenej porastovej hygiene. Dub je ekonomicky perspektívna drevina avšak súčasná klimatická zmena spojená s deficitom zrážok a otepľovaním môže stimulovať aktivitu biotických škodlivých činiteľov a tí môžu redukovat' jeho rastový potenciál. V súčasnosti sa v dubových porastoch stáva problémom poloparazitická rastlina imelovec európsky (*Loranthus europaeus* Jacq.), ktorý svojimi sacími koreňmi (haustóriami) odoberá z hostiteľa živiny a minerálne látky a vodu. V posledných rokoch je zaznamenaný zvýšený počet tohto škodcu v dubových porastoch na Slovensku. Výskum prebiehal na 2 plochách. Na prvej bolo vybratých 150 stromov rozdelených do 3 kategórií (napadnuté, nenapadnuté, mechanicky ošetrené) a na druhej ploche bolo vybraných 30 stromov (napadnuté na okraji porastu, napadnuté vo vnútri porastu, mechanicky ošetrené). Na vybraných stromoch sme hodnotili fyziologické parametre a rastové funkcie. Imelovec negatívne vplyva na rast dubov, pretože napadnuté duby boli nižšie v priemere o 1,9 m, hrúbkový prírastok za rok bol nižší o 0,9 mm za rok. Fyziologické parametre napadnutých dubov boli nižšie o cca 50 %.

Kľúčové slová: imelovec, dub, transpirácia, prírastok

1 ÚVOD

Lesnatosť na Slovensku je 41,1 %. Z drevinového hľadiska prevládajú listnaté lesy sa zastúpením 62,5 % z celkovej výmery lesov. I keď najviac zastúpená listnatá drevina je buk, dub je veľmi významný v 1. – 3. lesnom vegetačnom stupni. V minulosti, sa považovala drevina dub, ako s najvyšším odolnostným potenciálom voči škodlivým činiteľom, i keď má najväčšie spektrum hmyzích škodcov spomedzi všetkých drevín. V minulosti dubové porasty ohrozovali hmyzí škodcovia, či už listožravý, ale aj podkôrny a to

najmä podkôrník dubový, ktorý je vektorom tracheomykóznych ochorení. Súbor faktorov ako dlhotrvajúce sucho, prítomnosť podkôrníka dubového, prítomnosť hubového ochorenia (tracheomykózy), ale aj zanedbanej porastovej hygieny spôsobilo väčšie odumieranie duba tzv. hromadné hynutie dubov. Tento jav sa vyskytol v 80-tych rokoch 20 storočia. Vďaka lepšej porastovej hygiene sa neskôr situácia zlepšila. V dnešnej dobe sú dubové porasty vystavené čoraz zhoršujúcim sa podmienkam spôsobené klimatickou zmenou. Týka sa to opakujúcich suchých období počas vegetačného obdobia, výsušných vetrov, deficitu zrážok. V minulosti dubové porasty ohrozovali hmyzí škodcovia, či už listožraví, ale aj podkôrny a to najmä podkôrník dubový, ktorý je vektorom tracheomykóznych ochorení. V súčasnosti sa stáva problémom expanzia poloparazitickej rastliny imelovca európskeho do zdravých dubových porastov. Táto rastlina dokáže odoberať živiny a minerálne látky z hostiteľa a tým dokáže oslabovať zdravotný stav dubových porastov.

2 PROBLEMATIKA

Imelovec európsky (*Loranthus europaeus* Jacq.) je poloparazitická dvojdomá rastlina parazitujúca najmä na duboch (Eliáš 1987). Tento druh patrí do rodu *Loranthus*, pričom má približne 600 druhov. Imelovec európsky je náš jediný stredoeurópsky druh (Krüssmann 1977). Areál je limitovaný klímou, pretože je citlivý na skoré a neskoré mrazy. Na severnej hranici jeho výskytu je veľa jedincov poškodených mrazmi v takom rozsahu, že ker neprežije. Preto je klíma veľmi významná pre jeho výskyt v Európe. Neskoré jarné mrazy spôsobujú zvýšený úhyn kríkov, čo veľmi obmedzuje jeho výskyt v strednej Európe s teplotnými extrémami (Eliáš 2007). Zvyčajne vytvára v priemere 80 cm veľký krík, ktorý je opadavý s protiľahlým vetvením. Listy sú tmavozelené, protistojné 4 – 6 cm dlhé, tmavozelenej farby s krátkymi stopkami. Kvitne v máji až v júni. Plody sú žlté a lepkavé, 1 cm veľké s kôstkou, pričom kôstka je lepkavá aj po zoschnutí. Plody dozrievajú v priebehu jesene a opadávajú v zime (Hegi 1981). Semená vytvárajú len samičie kry, od 3. roku života. V populácii prevládajú samičie kry nad samčiami (Kubíček a Martinková 2010, Eliáš 1997, Eliáš 2004a). Vektorom tejto rastliny sú vtáky. Viaceré druhy vtáctva sú viazané práve na semená imelovca, v tomto prípade najmä viaceré druhy drozdov, ktoré ich prenášajú svojím trusom (Janssen a Wulf 1999, Denes 2014). Krík imelovca pripomína konár, ale nemožno ho považovať za ďalší konár stromu, pretože jeho stratégia je v rozpore s hostiteľom (Glatzel a Gleis 2009).

Krík imelovca je pripevnený k hostiteľovi pomocou sacích koreňov, ktoré sa nazývajú haustória. Haustória rastú po obvod konára a synchrónne prirastajú s konárom (Buchleitner 1982). Pomocou týchto koreňov dokáže odoberať z jedinca duba živiny a minerálne látky (Garkoti a kol. 2002, Bowie 2004). Založenie haustórií imelovca závisí od prítomnosti a od množstva chemických látok v rámci druhu hostiteľa. Sú to najmä monoterpény, limonény, mercény, phellandrény. Vyššie hodnoty týchto látok uľahčujú

prerastanie haustórií. Okrem chemických látok vplývajú na uchytávanie a klíčenie semien imelovca stanovištné podmienky ako reliéf, pôda, množstvo svetla atď. (Norton a Reid 2002, Randle a kol. 2018). Chemické látky nachádzajúce sa v kôre podporujú klíčenie semien. Haustória imelovca ľahšie prerastajú miesta na strome, ktoré boli v minulosti poškodené alebo vo vetve na mieste v ťahu, ktoré sú nahrádzané sekundárnymi pletivami. Vetvu dokáže prerásť vo veku 4 – 6 rokov (Kubíček a kol. 2011).

Uhlíohydráty si dokáže vytvárať krík imelovca sám pomocou chlorofylu (Irving a Cameron 2009). Taktiež sacharidy si dokáže vytvárať sám, veľké množstvo ich však odoberá z teľa hostiteľa (Matula a kol. 2015, Glatzel a Gleis 2009). Imelovec ovplyvňuje aj fyziologické procesy duba. Ide najmä o transpiráciu, fotosyntézu a prieduchovú vodivosť. Viaceré práce poukazujú na výrazné znížovanie fotosyntézy a respirácie vplyvom pôsobenia imelovca (Glatzel 1983, Press et Pheonix 2005, Matula a kol. 2015). Zhoršovanie vodného potenciálu dubov spôsobuje tým, že nedokáže v listoch uzatvárať prieduchy a tým odčerpáva vodu aj v čase sucha (Glatzel a Gleis 2009). Tým sa stáva stresovým faktorom hostiteľa, najmä v období sucha (Matula a kol., 2015; Rigling a kol., 2010) increasing competition from neighbouring trees decreases its resource availability, and resource availability is also known to affect the establishment of mistletoes on host trees. Therefore, competition is likely to affect mistletoe infection but evidence for such a mechanism is lacking. Based on this, we hypothesised that the probability of occurrence as well as the abundance of mistletoes on a tree would increase not only with increasing host size and decreasing distance from an infected tree but also with decreasing competition by neighbouring trees. Our hypothesis was tested using generalized linear models (GLMs). Imelovec neustálím odčerpávaním vody zhoršuje vodný potenciál dubov. Za optimálnych podmienok spôsobuje lepšiu pripravenosť dubov na obdobie sucha. V dnešnej dobe sa nedostatok vody javí najmä v letnom období (Gebauer a kol. 2019). Imelovec tiež ovplyvňuje uhlíkovú bilanciú duba (Kołodziejek et al., 2013) *Viscum album* L. subsp. *album*, in the city of Lodz, a typical major city in Poland, was investigated. The infection prevalence and intensity of the mistletoe *Viscum album* subsp. *album* on its main host, *Acer saccharinum* as a function of host size was also investigated. The parasite showed a strong preference for alien, planted tree species (i.e. *A. saccharinum*, *Populus×canadensis* and *Robinia pseudoacacia*. Napadnuté vetvy často reagujú abnormálnym rastom. Napadnutý jedinec začne vytvárať tzv. „vlky“. Napadnuté duby majú presvetlenú korunu, čo môže spôsobiť poškodenie stromu a viesť k uhynutiu napadnutého jedinca (McDowell a kol., 2011). Silne napadnuté jedince reagujú urýchlenným starnutím a predčasným odumieraním korún. U takýchto stromov mohutneli nižšie nasadené vetvy až bol zmenený celý habitus stromu (Kubíček a kol. 2011).

V posledných rokoch je zaznamenaný zvýšený počet tohto škodcu na dube. Poškodené sú najmä dubové porasty v oblasti Považského Inovca, Myjavskej pahorkatiny, Vtáčnika a Trábeča. Podobné pozorovanie zaznamenali aj v zahraničí. Klimatická zmena prispie-

va k šíreniu imelovca (Kumbasli a kol. 2011). Globálne otepľovanie podporí rozšírenie areálu imelovca. V Kosove dochádza k vyššej intenzite napádania týmto škodcom (Milla-ku a kol. 2011). Napáda najmä porasty staršie ako 60 rokov. Stromy na okrajoch porastov sú náchylnejšie napadnutiu imelovcom (Lopez de Beuen a kol. 2002). Kompetičné vzťahy medzi dubmi negatívne vplyvajú na rozšírenie imelovca (Matula a kol. 2015). Dubové porasty napadnuté iným škodlivým činiteľom sú náchylnejšie na napadnutie imelovcom (Aukema a Martinez del Rio 2002). Populácia sa dokáže zdvojnásobiť priemerne za 16 rokov (Scharpf a Parmeter 1982).

Predpokladáme, že imelovec limituje rast a fyziologické procesy na dube. Cieľom tohto výskumu bolo zistiť, či dostupnými metódami dokážeme kvantifikovať vplyv imelovca na rast a fyziologické procesy napadnutých dubov a aký účinok má prípadné mechanické odstránenie imelovca z napadnutého stromu. Vplyv imelovca sa hodnotil porovnaním napadnutých a nenapadnutých jedincov. Vplyv na tvorbu hrúbkového prírastku sa posudzuje pomocou dendrometrov a dendrochronologickými analýzami v ďalších rokoch. Vplyv na rýchlosť fotosyntézy, prieduchovú vodivosť a transpiráciu sme sledovali pomocou gazometrického merania.

3 MATERIÁL A METÓDY

3.1 Skúmané územie

Výskum prebieha na LS Duchonka. V rámci LS boli založené 2 trvalé výskumne plochy. Prvá plocha bola založená v JPRL 2146 (48°40'02"N; 18°04'09"E, 340-400 m. n. m.) a druhá plocha bola v JPRL 2060 (48°41'37"N; 18°04'26"E, 390-500 m. n. m.). V predmetnom území je výskyt imelovca dlhodobý problém, pretože je zaznamenaná výrazná expanzia tejto poloparazitickej rastliny do zdravých dubových porastov. Založené trvalé výskumné plochy sa nachádzajú na predhorí Považského Inovca v 2. až 3. lesnom vegetačnom stupni so 100 % zastúpením duba. V týchto LVS prevláda dub letný (*Quercus robur* L.), dub zimný (*Quercus petrae* L.), dub žltkastý (*Quercus dalechampii* L.) Porasty v skúmanom území sú významne najmä z toho dôvodu, že sú pôvodné a dub tu rastie vo svojich optimálnych podmienkach. Z tohto hľadiska je aj ochrana dubových porastov významná.

3.2 Dizajn pokus

Výskum prebieha v spolupráci s Lesníckou ochranárskou službou (Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav Zvolen), ktorá vybrala a vyznačila trvalé výskumné plochy v teréne v roku 2017 (Galko a kol. 2018). Plochy boli založené v porastoch so 100% zastúpením duba a silným napadnutím imelovca. Celkovo boli založené 2 trvalé výskumné plochy. Na prvej bolo vybraných 150 stromov, ktoré sme rozdelili do 3

kategórií. 50 stromov bolo nenapadnutých (boli zdravé), 50 stromov bolo napadnutých imelovcom a 50 stromov bolo napadnutých s plánovaným orezom od imelovcov. Vzhľadom k tomu, že na druhej ploche sa nenapadnuté stromy nenachádzali, bolo vybratých 30 dubov, ktoré boli rozdelené do 3 kategórií. 10 stromov bolo napadnutých vo vnútornom okraji porastu, 10 stromov bolo napadnutých vo vonkajšom okraji porastu a 10 stromov bolo napadnutých s plánovaným orezom imelovcov. Na druhej ploche bolo v roku 2018 vybraných ešte 10 stromov s plánovaným orezom imelovcov. Na oboch plochách sme hodnotili rast dubov (hrúbkový, výškový prírastok), ako aj fyziologické procesy napadnutých dubov (fotosyntéza, prieduchová vodivosť, transpirácia). Tiež na druhej ploche sme sledovali veľkosť listovej plochy napadnutých a nenapadnutých dubov.

3.3 Mechanické ošetrovanie napadnutých dubov od imelovca

Na prvej ploche bolo vybraných 50 stromov s plánovaným mechanickým ošetrovaním. Na druhej ploche bolo vybratých 10 stromov v roku 2017 a 10 v roku 2018. Mechanické ošetrovanie vykonávali stromolezci, ktorí vyliezli do korún vybraných stromov a následne mechanicky, pomocou píly odstraňovali jednotlivé imelovce z koruny. Postupovali od vrchnej časti koruny, smerom dolu. Z dôvodu bezpečnosti v prípade ťažko prístupného imelovca na okraji koruny, bolo potrebné odstrániť aj časť konára duba, na ktorom bol imelovec.

3.4 Meranie stromových charakteristík a hodnotenie orezaných imelovcov

V rámci sledovania rastu napadnutých, nenapadnutých a mechanicky ošetrovaných dubov, sme merali obvody vo výške 1,3 m na každom vybranom dube dvakrát do roka. Obvody sme merali na jar a na jeseň. Je to z dôvodu zistenia hrúbkového prírastku za jedno vegetačné obdobie, ako aj zistenie rozdielov prírastkov napadnutých, nenapadnutých a mechanicky ošetrovaných dubov. Obvody sme merali pomocou pásma s presnosťou 1 mm. Na 10 duboch boli inštalované mechanické prírastkomery vo výške 3 m. Ďalšou hodnotenou charakteristikou bola výška dubov a výška nasadenia koruny. Výšky a výšky nasadenia koruny boli zmerané na všetkých vybraných duboch. Merali sme ich pomocou výškomera Vertex 4.

Z mechanicky ošetrovaných dubov sa následne spočítavali všetky orezané imelovce. Každý imelovec sa vážil pomocou váhy Kern Ch50K50 s presnosťou 50 g. Dôležité bolo imelovce očistiť od konára duba a zapisovala sa váha s presnosťou na 50 g. Olámané časti z imelovca sa pozbierali a vážili spolu s imelovcom. Veľmi polámané imelovce sme nevážili. Z každého imelovca sa odoberala vzorka pre dendrochronologické analýzy (zistenie veku imelovca). Vzorky sa vyrezávali z kmienka každého imelovca. Ďalej sa meral priemer koruny pomocou pásma.

3.5 Sledovanie fyziologickej odozvy a meranie listovej plochy

Gazometrické merania sa týkali fotosyntézy, prieduchovej vodivosti a transpirácie. Vykonávali sme ich pomocou prístroja LICOR 6400 XT s listovou komorou. Teplota v komore bola nastavená na 20°C. Tok vzduchu v komore bol nastavený na 500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, relatívna vlhkosť v rozmedzí od 65 po 75%. Merania sme uskutočnili 17. 09. 2018 a 18. 09. 2018, kde sa merali striedavo napadnuté časti koruny a nenapadnuté časti na 10 jedincoch. V rámci dňa sme merali od 7:30 do 18:00.

V rámci výskumu sme hodnotili aj vzťah imelovca k veľkosti listovej plochy ako aj priemery korún. Listovú plochu sme merali pomocou prístroja LICOR 2200 (Plant canopy analyzer). Stromy boli merané jednotlivito pričom sa použili 60° snímky. Na individuálny strom sa vykonalo najmenej 6 meraní. Celkovo bolo zmeraných 30 zdravých a 30 poškodených stromov. Korunovú projekciu sme merali pomocou pásma, teda merali sme polomer a to od kmeňa až po okraj koruny v jednom smere.

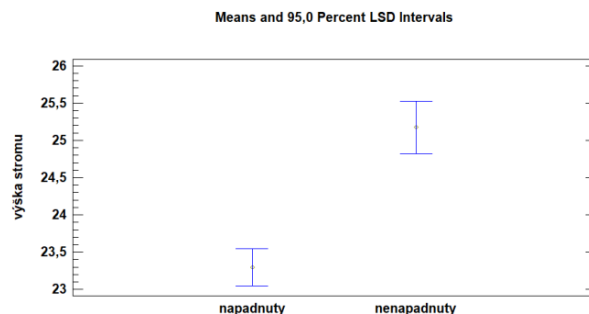
3.6 Štatistické spracovanie údajov

Spracovanie nameraných listových plôch a korunových projekcií výšok sme vykonávali pomocou párového T-testu, kde sme zisťovali významnosť rozdielov medzi napadnutými jedincami a nenapadnutými. Fotosyntézu, prieduchovú vodivosť a transpiráciu sme hodnotili pomocou jednofaktorovej analýzy v programe Stargraphic x64.

4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

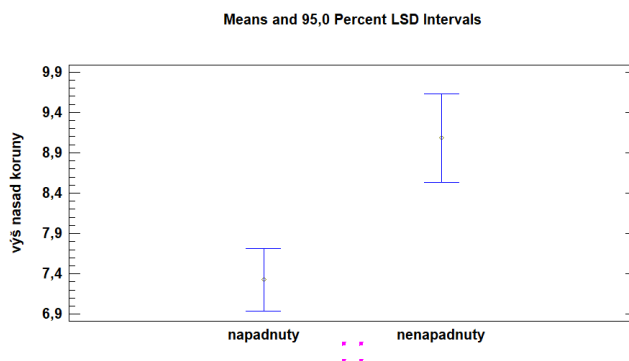
4.1 Výšky a výšky nasadenia koruny napadnutých a nenapadnutých dubov

Z rastových charakteristík dubov sme merali aj výšky a výšky nasadenia koruny napadnutých a nenapadnutých dubov. Výška nenapadnutých dubov bola v priemere $25,19 \pm 1,69\text{ m}$, pričom výška napadnutých dubov bola v priemere $23,29\text{ m} \pm 2,06\text{ m}$ (Obr. 1). Napadnuté duby boli nižšie v priemere o 1,9 m ako nenapadnuté. Predpokladáme, že imelovec negatívne vplýva na výškový rast a hostiteľskej drevine spomaľuje výškový rast. Porovnanie sme robili pomocou párového T-testu, kde výsledný rozdiel bol signifikantný ($P < 0,05$).



Obr. 1: Výšky napadnutých a nenapadnutých dubov

Napadnuté duby mali začiatok nasadenia koruny vo výške $7,33 \pm 2,88$ m, pričom nenapadnuté duby mali začiatok nasadenia koruny vo výške $9,08 \pm 3,35$ m (Obr. 2). Z toho vyplýva, že imelovec napáda jedince duba s dlhšou korunou, alebo pravdepodobnejšie je možno konštatovať, že vplyvom imelovca je obmedzený rast vetiev v korune a tým dochádza k čoraz nižšiemu nasadzovaniu nových vetiev nižšie na kmeni, kde sa imelovec nenachádza. Výšku nasadenia koruny sme vyhodnocovali pomocou párového T-testu, kde výsledok bol signifikantný ($P < 0,05$).

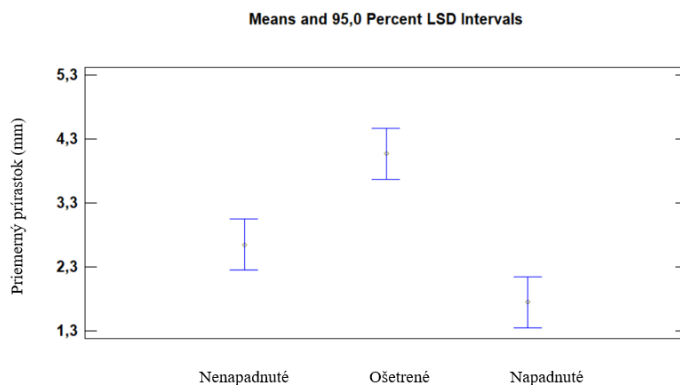


Obr. 2: Výška nasadenia koruny napadnutých a nenapadnutých dubov

4.2 Vplyv imelovca na hrúbkový prírastok dubov

Na trvalých výskumných plochách bol zmeraný prírastok napadnutých, nenapadnutých a mechanicky ošetrovaných dubov. Vyhodnotenie prírastkov preukázalo negatívny vplyv imelovca na hrúbkový prírastok. Nenapadnuté jedince dokázali prirásť za rok priemerne $2,65 \pm 2,01$ mm. Napadnuté prirástli priemerne za rok $1,75 \pm 1,83$ mm a me-

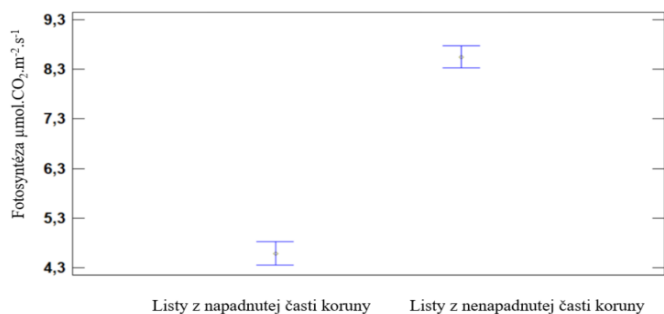
chanicky ošetrované duby prirástli priemerne za rok $4,1 \pm 2,67$ mm (Obr. 3). Vyhodnotenie sme uskutočnili pomocou párového T-testu a rozdiel bol signifikantný ($P < 0,05$). Predpokladáme, že mechanické ošetrovanie malo akceleračný vplyv na prírastok, keďže prirástli priemerne o 2,35 mm viac ako napadnuté a o 1,45 mm viac ako nenapadnuté. Hrúbkou napadnutých a nenapadnutých dubov sa zaoberal Kúbiček a kol. (2018), uvádza vo svojej práci priemernú hrúbku napadnutých dubov 28,8 cm a nenapadnutých 23,0 cm, z toho môžeme predpokladať, že imelovec napáda hrubšie stromy. Predpoklad o silnejšom napadnutí hrubších stromov potvrdzujú aj zistenia iných autorov (Gougherty 2013, Teodoro a kol. 2013, Carlo a Aukema 2005). Pravdepodobné je to spôsobené tým, že hrubé stromy majú viac konárov a tým viac vhodného miesta na uchytenie imelovca.



Obr. 3: Priemerné prírastky napadnutých, nenapadnutých a ošetrovaných dubov za sledované obdobie

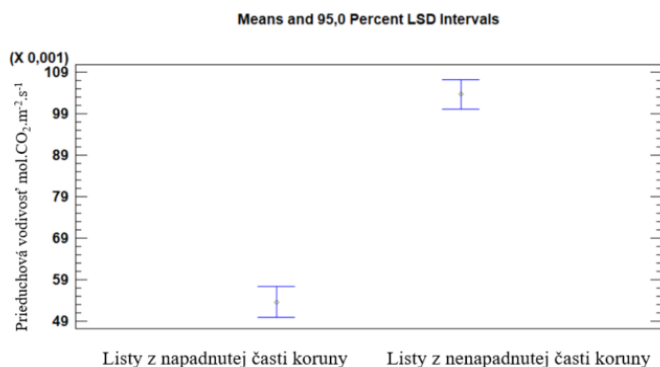
4.3 Vplyv imelovca na fyziologické procesy, listovú plochu a korunové projekcie dubov

Imelovec nevpĺýva len na rast dubov, ale aj na fyziologické procesy duba. Vyhodnotenie gazometrických meraní preukázalo negatívny vplyv imelovca na fotosyntézu, prieduchovú vodivosť a transpiráciu. Listy z napadnutej časti korunymali rýchlosť fotosyntézy $4,58 \pm 3,21 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Listy z nenapadnutej časti koruny mali rýchlosť fotosyntézy $8,55 \pm 3,64 \mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Vplyvom imelovca bola znížená rýchlosť fotosyntézy o $3,97 \mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Obr. 4). Údaje sme vyhodnocovali pomocou párového T-testu a výsledok bol signifikantný ($P < 0,05$). Garkoti a kol. (2002) uvádza, že pri vyššej hodnote fotosyntézy u imelovca a pri suchu sa z imelovca stáva ťažký stresový faktor pre napadnutý dub.

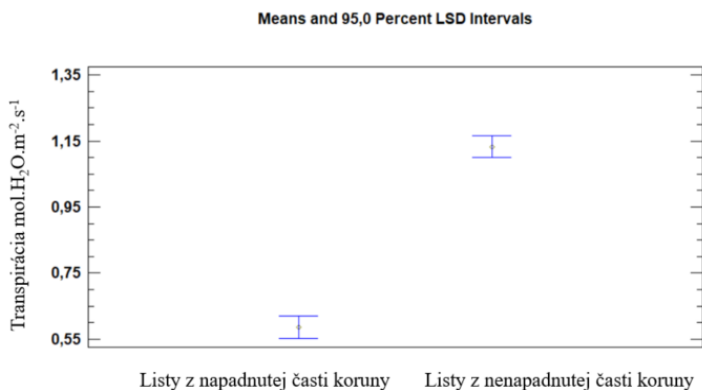


Obr. 4: Fotosyntéza listov z napadnutej a nenapadnutej časti koruny

Negatívny vplyv imelovca sme zistili tiež pri prieduchovej vodivosti a transpirácii. Listy z nenapadnutej časti koruny mali prieduchovú vodivosť v priemere $0,103 \pm 0,067 \text{ mol.CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a listy z napadnutej časti koruny mali prieduchovú vodivosť v priemere $0,053 \pm 0,036 \text{ mol.CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Obr. 5). Listy z nenapadnutej časti koruny mali o $0,05 \text{ mol.CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ vyššiu prieduchovú vodivosť. Nenapadnuté listy mali transpiráciu $1,132 \pm 0,56 \text{ mol.H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, pričom napadnuté listy mali transpiráciu $0,587 \pm 0,40 \text{ mol.H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Obr. 6). Obedva rozdiely boli signifikantné ($P < 0,05$). Výrazné zníženie fotosyntézy na napadnutých duboch uvádza vo svojej práci Glatzel (1983). Schultze a kol. (1984) poukazuje na trikrát vyššiu transpiráciu a prieduchovú vodivosť imelovca ako dubov. Urban a kol. (2012) uvádza vo svojej práci päťkrát vyššiu transpiráciu na imelovci ako na dube počas celej vegetačnej doby a prieduchovú vodivosť mal imelovec šesťkrát vyššiu ako dub.

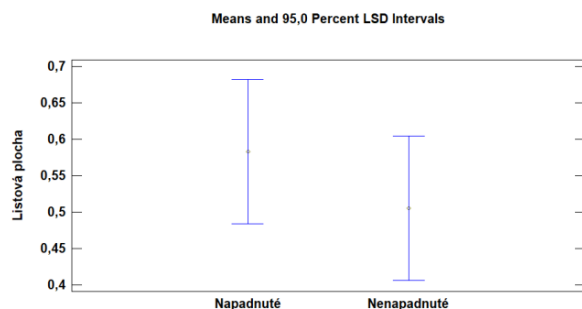


Obr. 5: Prieduchová vodivosť listov z napadnutej a nenapadnutej časti koruny

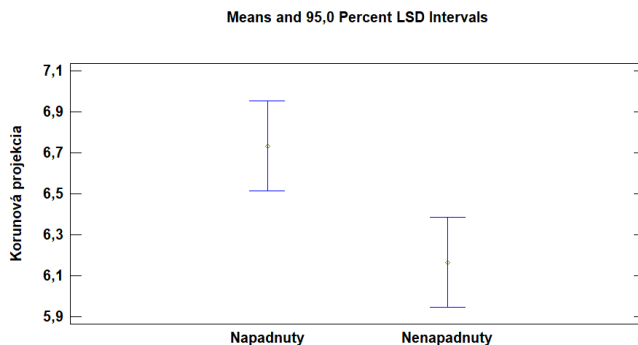


Obr. 6: Transpirácia listov z napadnutej a nenapadnutej časti koruny

Popri fyziologických meraniach sme hodnotili listovú plochu a korunovú projekciu napadnutých a nenapadnutých dubov. Listová plocha napadnutých dubov bola $0,58 \pm 0,43 \text{ m}^2$ a nenapadnutých $0,51 \pm 0,32 \text{ m}^2$ (Obr. 7). Rozdiel nebol štatisticky signifikantný ($P > 0,05$), pretože opto-elektronickou metódou nedokážeme odlíšiť podiel imelovca na celkovej listovej ploche. Korunové projekcie napadnutých dubov boli v priemere $6,73 \pm 1,08 \text{ m}$ a nenapadnutých $6,17 \pm 0,53 \text{ m}$ (Obr. 8). Napadnuté duby mali zrejme širšie koruny v dôsledku imelovca, ktorý môže spôsobovať rozširovaniu koruny. Pravdepodobne, že imelovec napáda korunu duba, sa bráni vyhánaním bočných výhonkov a tým rozširuje korunu.



Obr. 7: Listová plocha napadnutých a nenapadnutých dubov



Obr. 8: Korunová projekcia napadnutých a nenapadnutých dubov

5 NÁVRHY PRE LESNÍCKU PRAX

Imelovec európsky sa v poslednej dobe stáva problémom v dubových porastoch, čo predbežne potvrdila aj naša práca. V minulosti nebol podrobnejšie skúmaný ako škodca, preto je aj málo poznatkov o škodách touto poloparazitickou rastlinou. Vektorom šírenia sú vtáky (najmä drozdy), ktoré sa v minulosti redukovali panovníkmi, a tým sa znižovalo šírenie imelovca, no dnes je tento postup zakázaný z hľadiska ochrany prírody. Je na zamyslenie, či je správne, že ochrana jedného druhu môže spôsobiť rozpad celého spoločenstva duba a všetkých spoločenstiev naň naviazaných. Preto by mal byť kladený dôraz na aktívnu ochranu dubových porastov a nie pasívnu ochranu a bezzásahovosť.

Pri silnom napadnutí dokáže imelovec aj usmrtiť svojho hostiteľa. Predpokladáme, že imelovec postupne svojím pôsobením rozpadá korunu a takýmto spôsobom zhoršuje zdravotný stav dubových porastov. V spolupráci s LOS pracujeme na metodike hodnotenia poškodenia dubových porastov týmto škodcom. Pri obnove PSL sa poškodenie imelovcom hodnotí nejednoznačne a nedostatočne, i keď toto poškodenie je zahrnuté v kódovom označení v číselníku druhu poškodenia pri tvorbe PSL ako „46 – Cudzopasné vyššie rastliny“. Preto bude potrebné pri obnovách PSL na lesných celkoch začať podrobnejšie a dôkladnejšie hodnotiť aj poškodenie dubových porastov imelovcom.

Pre málo poznatkov ochrany dubových porastov pred touto rastlinou, možno zatiaľ odporučiť aspoň výrub napadnutých jedincov od 5-6 do cca 8 vekového stupňa. V týchto vekových stupňoch je zväčša od 10 do 30 % dubov napadnutých imelovcom, kde napadnuté duby môžu byť vybrané pomocou prebierok. Pri prebierke bude potrebné vyberať oslabené jedince, predrastlíky a rozrastlíky, ktoré sú podľa našich ešte nepublikovaných výsledkov napadnuté vo väčšej miere.

Perspektívu vidíme aj v mechanickom ošetrovaní dubov, ale tento spôsob je finančne náročný a uvidí sa či sa do budúcnosti oplatí investovať do mechanického ošetrovania dubov od imelovcov, pri celkovom ekonomickom zhodnotení dubovej hmoty. Toto taktiež sledujeme v inom súbežnom experimente v spolupráci s LOS.

6 ZÁVER

Imelovec preukázateľne vplýva na rastové a fyziologické procesy na dube. Náš výskum dokázal, že výška napadnutých jedincov bola takmer o 1,9 m nižšia ako nenapadnutých, z čoho vyplýva, že imelovec napáda duby s dlhšou korunou alebo čo je pravdepodobnejšie, sám sa pričíňuje k tomu svojím pôsobením v korune, že daný strom vyhádza bočné konáre postupne nižšie, čím ovplyvňuje aj budúce speňaženie kvalitných výrezov. Mechanické ošetrovanie dubov dokázalo akcelerovať prírastok o 2,35 mm za rok oproti napadnutým dubom v porovnaní s nenapadnutými prírastli ošetrovanej duby o 1,45 mm viac. Pri hodnotení fyziologických procesov sa náš predpoklad potvrdil, pretože imelovec vplýva na listy v napadnutej časti koruny zníženou fotosyntézou prieduchovou vodivosťou a transpiráciou. Fotosyntéza, transpirácia a prieduchová vodivosť bola znížená vplyvom imelovca o cca 50 %. Na listové plochy nemá zásadný vplyv, pričom predpokladáme, že imelovec svojím rastom rozširuje korunu. Imelovec spôsobuje rozpad koruny a znehodnocovanie dubového územia a tým horšie zhodnotenie dubovej guľatiny. Uvedené výsledky zatiaľ poukazujú na jednoznačný negatívny vplyv imelovca na zdravotný stav dubov.

Do budúcnosti bude potrebný ďalší výskum v tejto problematike, ako najmä aj zistiť či má zmysel mechanické ošetrovanie dubov, najmä z ekonomického hľadiska. V našom výskume plánujeme sledovať ďalej rastový odozvu na mechanické ošetrovanie dubov, ako aj plánujeme uskutočniť dendrochronologické analýzy imelovcov a dubov.

7 Použitá literatúra

- Aukema JE, Martinez Del Rio C (2002). Mistletoes as parasites and seed-dispersing birds as disease vectors: current understanding, challenges, and opportunities. In: „Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation“ (Levey DJ, Silva WR, Galetti M eds). CABI Publishing, New York, USA, s. 99–110. <https://doi.org/10.1079/9780851995250.0099>.
- Bowie M., 2004: Water and nutrient status of the mistletoe *Plicosepalus acaciaceae* parasitic on isolated Negev Desert populations of *Acacia raddiana* differing in level mortality. *J. Arid Environ.* 56: s. 487–508
- Buchleitner E., 1982: Mikroskopische Untersuchungen über die Anatomie des Haustoriums und die Keimung der Eichenmistel (*Loranthus europaeus*). Diss. Univ. Bodenkultur. Vienna.
- Carlo TA, Aukema JE (2005). Female-directed dispersal and facilitation between a tropical mistletoe and a dioecious host. *Ecology* 86 (12): s. 3245–3251. <https://doi.org/10.1890/05-0460>.
- Dénes, B., 2014: *Loranthus europaeus*. In: SCHÜTT, P., WEISGERBER, H., SCHUCK, H.J., LANG, U.M., ROLOFF, A., STIMM, B. (eds.). Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. Band III/3/47.
- Eliáš, P., 1987: Quantitative ecological analysis of a mistletoe (*Loranthus europaeus* Jacq.) population in an oakhornbeam forest: space continuum approach. *Ecology*, 6 (4), s. 359–372.
- Eliáš, P., 1997: A male-based sex ratio in mistletoes. *Biologia (Bratislava)* 52 (1), s. 49–51.
- Eliáš, P. 2004a: Pohlavná štruktúra populácií dvojdomých rastlín na Slovensku. In *Populačná biológia rastlín VIII* : pracovná skupina populačnej biológie rastlín. Zvolen: SEKOS, 2004, s. 139–148. ISBN 80-9689041-1-5.
- Eliáš, P., 2007: Úhyn imelovca (*Loranthus europaeus* Jacq.) na severnej hranici rozšírenia v Európe: Slovensko. In: *Dreviny v mestskom prostredí a v krajine. Aktuálne trendy dendrologického výskumu a praxe, zborník na CD nosiči*
- Galko, J., Pittner, J., Parobeková, Z., Bošľa M., Lalík, M., Rell, S., Nikolov, Ch., Mikuš, D., 2018: Výskum vplyvu imelovca európskeho na hrúbkový prírastok dubov a zhodnotenie predpokladaných ekonomických strát (Predstavenie projektu). In. *Aktuálne problémy v ochrane lesa, Národné lesnícke centrum vo Zvolene*, s. 46 – 51

- Garkoti S., Akoijam S., Singh S., 2002: Ecology of water relations between mistletoe (*Taxilus vestitus*) and its host oak (*Quercus floribunda*). *Tropical Ecology* 43: s. 243-249
- Gebauer, R., Albrechtová, P., Plichta, R., Volařík, D., 2019. The comparative xylem structure and function of petioles and twigs of mistletoe *Loranthus europaeus* and its host *Quercus pubescens*. *Trees*. <https://doi.org/10.1007/s00468-019-01829-2>
- Glatzel, G. (1983): Mineral nutrition and water relations of hemiparasitic mistletoes: a question of partitioning. Experiments with *Loranthus europaeus* on *Quercus petraea* and *Quercus robur*. – *Oecologia* 56: s. 193–201.
- Glatzel G., Geils B.W., 2009: Mistletoe ecophysiology: host-parasite interactions. *Botany* 87: s. 10-15
- Gougherty AV (2013). Spatial distribution of eastern mistletoe (*Phoradendron leucarpum*, Viscaceae) in an urban environment. *Journal of the Alabama Academy of Science* 84 (3/4): s. 155–166.
- Hegi, G., 1981: *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, Band III, Teil 1. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 504 s.
- Irving LJ, Cameron DD. You are what you eat: interactions between root parasitic plants and their hosts. *Adv Bot Res.* 2009; s. 50:87–138
- Janssen T, Wulf A (1999). Zur Bedeutung von Misteln im Forstschutz. Biologische Bundesanstalt für Land und Forstschutz, Berlin, Germany, 129 s.
- Kubiček J, Martinková M (2010). Relationship between host and his hemiparasite. In *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2010*. 1st ed. ČZU in Prague, v.v.i. Praha Ruzyně, 2010, s. 88-92. ISBN 978-80-213-2048-2
- Kubiček J, Martinková M, Špinlerová Z (2011). Hemiparazité a provozní bezpečnost jimi napadených stromů. In *Provozní bezpečnost stromů: 24. – 25. 3. 2011*. Brno, s.44–50.
- Kubiček J., Špinlerová Z., Michalko R., Vrška T., Matula R., 2018: Temporal Dynamics sice effect of Mistletoe (*Loranthus europaeus* Jacq.) Infection in an Oak Forest 135. *Jahrgang*, s. 119-135
- Kołodziejek, J., Patykowski, J., Kołodziejek, R., 2013. Distribution, frequency and host patterns of European mistletoe (*Viscum album* subsp. *album*) in the major city of Lodz, Poland. *Biologia (Bratisl.)* 68, s. 55–64. <https://doi.org/10.2478/s11756-012-0128-4>
- Kumbasli, M., Keten, A., Beskardes, V., Makineci, E., Özdemir, E., Yilmaz, E., Zengin, H., Sevgi, O., Yilmaz, H., Caliskan, S., 2011. Hosts and distribution of yellow mistletoe (*Loranthus europaeus* Jacq. (*Loranthaceae*)) on Northern Strandjas Oak Forests-Turkey. *Sci. Res. Essays* 6.
- Krüssmann, G., 1977: *Handbuch der Laubgehölze*. Band II. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. 466 s.
- Lopez de Buen L, Ornelas JF, Garcia-Franco JG (2002). Mistletoe infection of trees located at fragmented forest edges in the cloud forests of Central Veracruz, Mexico. *For. Ecol. Manag.* 164: s. 293–302. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00624-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00624-7)
- Matula, R., Svátek, M., Pálková, M., Volařík, D., Vrška, T., 2015. Mistletoe Infection in an Oak Forest Is Influenced by Competition and Host Size. *PloS One* 10, e0127055. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127055>
- Millaku, F., Abdullahu, K., Krasniqi, E., 2011: The spread and the infection frequency of the Gollak (Kosovo) forest with the species hemiparasitic mistletoe (*Loranthus europaeus* L.). *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2011, Forest Ecosystems*, s. 1035-1040.
- McDowell, N.G., Beerling, D.J., Breshears, D.D., Fisher, R.A., Raffa, K.F., Stitt, M., 2011. The interdependence of mechanisms underlying climate-driven vegetation mortality. *Trends Ecol. Evol.* 26, s. 523–532. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.06.003>
- Norton, D., Reid, N., 2002. Lessons in Ecosystem Management from Management of Threatened and Pest Lanthaceae Mistletoes in New Zealand and Australia. *Conserv. Biol.* 11, s. 759–769. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1997.95529.x>
- Press, M.C., Phoenix, G.K (2005): Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytol.* 2005; 166 (3):s. 737 – 751. PMID: 15869638
- Randle, C.P., Cannon, B.C., Faust, A.L., Hawkins, A.K., Cabrera, S.E., Lee, S., Lewis, M.L., Perez, A.A., Sopas, J., Verastegui, T.J., Williams, J.K., 2018. Host Cues Mediate Growth and Establishment of Oak Mistletoe (*Phoradendron leucarpum*, Viscaceae), an Aerial Parasitic Plant. *Castanea Newberry* 83, 249–262. <http://dx.doi.org/10.2179/18-173>
- Scharpf R, Parmeter JR (1982). Population Dynamics of Dwarf Mistletoe on Young True Firs in the Central Sierra Nevada, California. Res. Paper PSW-161. Berkeley. CA: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service. U.S. Department of Agriculture.

- Schulze, E.-D., Turner, N.C. and Glatzel, G. (1984): Carbon, water and nutrient relations of two mistletoes and their hosts: a hypothesis. *Plant Cell Environ.* 7: s. 293-299.
- Teodoro GS., Van den Berg E., Arruda R., 2013: Metapopulation dynamics of the mistletoe and its host in savanna areas with different re occurrence. *Public Library of Science One* 8 (6), e65836. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065836>.
- Zweifel, R., Bangerter, S., Rigling, A., Sterck, F., 2012. Pine and mistletoes: How to live with a leak in the water flow and storage system? *J. Exp. Bot.* 63, 2565–78. <https://doi.org/10.1093/jxb/err432>

Pod'akovanie:

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-17-0644 a AVV-16-0031, ďalej Internou projektovou agentúrou IPA 13/2019.

Adresa autorov:

doc. Ing. Peter Fleischer, PhD., Ing. Peter Fliescher, PhD., Ing. Martin Kubov, PhD., Ing. Jozef Rozkošný
Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny,
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen
email: p.fleischersr@gmail.com; p.fleischerjr@gmail.com; mkubov5@gmail.com; jozefrozkosny728@gmail.com

Ing. Juraj Galko, PhD., Ing. Slavomír Rell, PhD., Ing. Michal Lalík
Národné lesnícke centrum – Lesnícky Výskumný ústav Zvolen, Lesnícka ochranná služba, Lesnícka 11,
969 01 Banská Štiavnica
email: galko@nlcsk.org; rell@nlcsk.org; lalik@nlcsk.org

Ing. Ján Pittner, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa, T.G. Masaryka 24, 960 01 Zvolene
Email: pittner@tuzvo.sk

Summary:

Currently, the yellow mistletoe is a problem in oak stands, what was supported also by our study. In past the mistletoe has not been investigated as pest, just as a plant. We suppose, that mistletoe negatively affects the healthy status of the oak stands. Meanwhile, we recommend the cutting down of infected trees from 5th age classes to 8th age classes. In this age classes, 10-30% of infested trees are located. There is necessary to choose the weak individuals, dominant and branched trees during the thinning because these trees are more attacked by yellow mistletoe. The perspective is mechanical treatment of oaks.

ZMENY V POĽOVNÍCKOM MANAŽMENTE NAJVÝZNAMNEJŠÍCH DRUHOV RATICOVEJ ZVERI NA SLOVENSKU PO II. SVETOVEJ VOJNE(1949 – 2015)

Jozef ŠTOFÍK – Jozef BUČKO

ŠTOFÍK, J., BUČKO, J.: Changes of the hunting management of the most important ungulate species in Slovakia after World War II. (1949–2015). Acta Facultatis Forestalis Zvolen

On the base of the evaluation of long-term data from the hunting statistics we assume that numbers of hunting game in Slovakia are influenced by two main factors of game management: 1) by hunting: it has been recorded a significant increase of hunting since 1989, which was followed by a slump in the numbers of killed hunting game 2) by supplementary feeding: together with intensive growing of fodder crops on large surfaces have major influence on the increasing numbers of ungulates in present (mainly wild boar).

A significant increase of game numbers connected with increase of game hunting are considered to be positive for the common hunting management (only in case if there is no damages to property and health). However, present trends in hunting management are similar to the “wild animal-farming” in some areas that result in enormous increase of game numbers and hunting.

Keywords: red deer, roe deer, wild boar, hunting, food.

1. ÚVOD

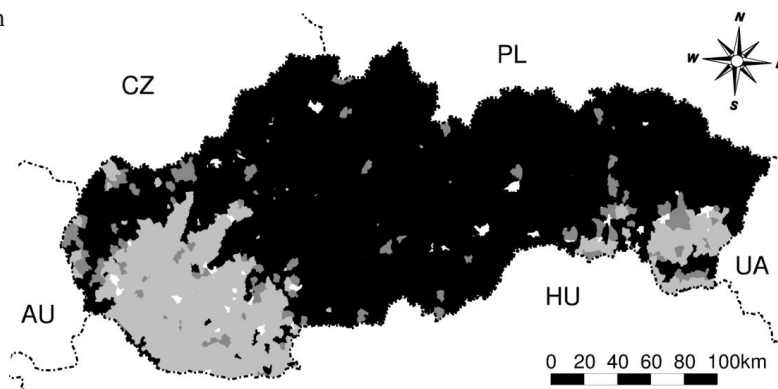
Táto práca sa zameriava na analýzu manažmentu a zmien početnosti populácií najvýznamnejších poľovných druhov raticovej zveri (*Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus* a *Sus scrofa*) na Slovensku.

V druhej polovici 19. storočia boli stavy jelenej zveri decimované celoročným odstrelom, ktorý vykonávali hlavne príslušníci aristokracie. V tomto období sa na Slovensku ulovilo 1,000–3,000 jedincov/ rok. Úsilie obnoviť znížené stavy jelenej zveri viedlo šľachtických predstaviteľov až k pokusom o introdukciiu.

V produkcii jelenej zveri sú zaznamenané dva výraznejšie prepady (po I. a po II. sv. vojne). V porovnaní s obdobím na prelome 19. a 20. storočia sa v medzivojnovom a povojnovom období rovnako výrazne znížila produkcia srnčej a diviacej zveri (MOLNÁR et al. 1984). Priemerný ročný úlovok v medzivojnovom období (1924– 1929) predstavoval u jelenej zveri 1,273, u srnčej 4,580 a u diviacej 935 ulovených jedincov (HELL et al. 2001). Po II. svetovej vojne sa poľovníctvo na Slovensku začalo znova rozvíjať. V roku

1947 vznikol zákon o poľovníctve (s účinnosťou od 1.1.1948), ktorý sa v širokej poľovníckej verejnosti ujal ako „Zákon o zľudovení poľovníctva“, pretože sprístupnil možnosť poľovníctva širokej verejnosti (MOLNÁR et al. 1984). Podľa súčasného zákona č. 274/2009 Z. z. o poľovníctve v znení neskorších predpisov sa chovom zveri rozumie odborná starostlivosť o zver, ochrana zveri a odborný zásah do populácií jednotlivých druhov zveri na dosiahnutie jej optimálneho počtu, vekovej štruktúry, pomeru pohlavia, kvality trofejí a dobrého zdravotného stavu vo vzťahu k životnému prostrediu, v ktorom žije.

Vývoj stavu jednotlivých druhov zveri závisí od veľkého množstva činiteľov, predovšetkým však rozličných antropogénnych vplyvov, preto ho nemožno prognózovať presne (HELL et al. 1983). Analýza dlhodobých údajov o manažmente poľovnej zveri nám môže dopomôcť k objektívnejšiemu zhodnoteniu súčasného stavu a k hľadaniu možných príčin



Obr. 1. Prekryv areálov poľovne najvýznamnejších druhov raticovej zveri (*Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus* a *Sus scrofa*) na Slovensku (2012). 1, 2 a 3 druhy

Fig. 1. Overlaying of habitats of the most important ungulate species (*Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus* and *Sus scrofa*) in Slovakia (2012). 1, 2 and 3 species

2. MATERIÁL

Slovensko (49,035 km²) sa so svojou miernou klímou a so striedajúcimi sa ročnými obdobiami nachádza v centre Európy, na rozhraní Východných a Západných Karpát (49°37'–47°44' N; 16°55'–22°34' E). Hustota zaľudnenia na Slovensku je rôzna (Štofík et al. 2015), v priemere 110 obyv./km². Územie Slovenska (Dubcová et al. 2008) je vertikálne vymedzené medzi 94 až 2,655 m n.m., pričom 41% zaberajú nížiny (do 300 m n.m.), 45% nízke vysočiny (301–800 m n.m.), 13% stredné vysočiny (801–1,500 m.n.m.) a 1% vysoké vysočiny (1,501–2,655 m n.m.).

Spravodajská povinnosť vyhodnocovať Ročné výkazy o revíri a stavoch zveri za poľovnícku sezónu (Poľov MPRV SR 12-01) vyplýva zo Zákona o štátnej štatistike (č.

540/2001 Z. z. v znení neskorších predpisov). Na výkone práva poľovníctva v prenajatých poľovníckych revíroch sa podieľa približne 38,559 členov poľovníckych združení a spolkov (NLC 2015). V ďalších kategóriách poľovných revírov (Režijné revíry Lesy SR š. p., režijné revíry ostatných štátnych organizácií a ostatných neštátnych subjektov) sa počet členov nezisťuje. Užívatelia poľovných revírov vykonávajú sčítanie zveri celoročným pozorovaním, pričom jeho výsledok vykazujú k 31.3. bežného roka.

Hodnotili sa len najvýznamnejšie autochtónne druhy (Hell et al. 2007a), ktorých ročný úbytok v roku 2015 výrazne prekračoval hodnotu 20,000 jedincov, čo je minimálne 2 násobne viac ako u ostatných druhov raticovej zveri na Slovensku (NLC 2015).

V práci boli použité:

- a) údaje o úlovkoch raticovej zveri na Slovensku medzi rokmi 1949–1968 (Hell et al. 1983),
- b) údaje o jarných kmeňových stavoch (JKS) a úlovkoch raticovej zveri na Slovensku medzi rokmi 1968–2004 (Hell et al. 2007b; ©NLC 2015),
- c) údaje o JKS, normovaných kmeňových stavoch (NKS), úlovkoch a úbytkoch raticovej zveri v roku 1970 (Škultéty 1972) a v období rokov 2005–2015 (Bučko et al. 2006–2011; NLC 2012–2015).

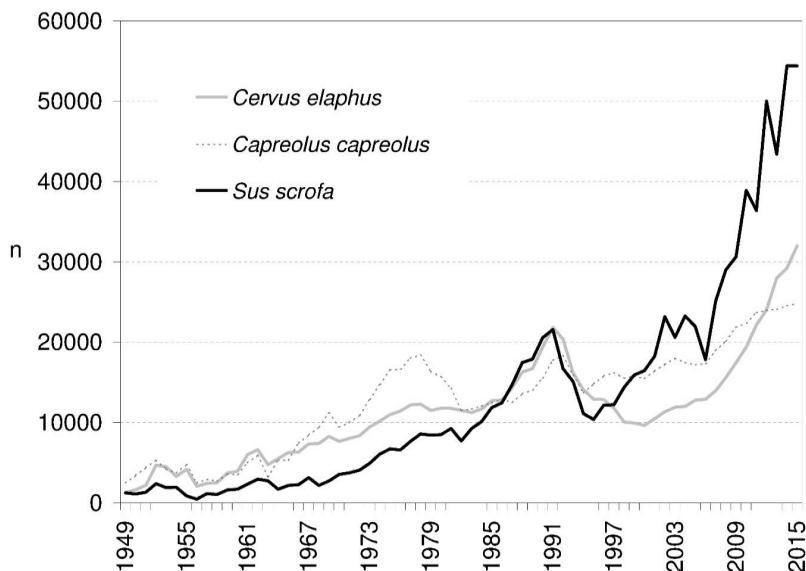
3 METODIKA

- a) Na podklade vrstvy poľovných revírov (©NLC 2002) digitalizáciou dostupných dát (NLC 2013a) bol spracovaný prekryv areálov (Find’o et al. 2007) hodnotených druhov zveri.
- b) Ukotvenie analógových grafov lovu (Hell et al. 1983) v prostredí GIS (Štofík et al. 2013a), digitalizácia a analýza hodnôt úlovkov v rámci jednotlivých rokov.
- c) Grafické znázornenie, analýza a porovnanie dlhodobých zmien v love (1949–2015), JKS (1969–2015) a úbytku zveri (2015).
- d) Analýza, grafické znázornenie a percentuálne vyjadrenie lovu z JKS (1969–2015).

$$\% \text{Lov vs JKS}_{(1969-2015)} = \text{Lov}_{(1969-2015)} / \text{JKS}_{(1969-2015)} \quad [1]$$

4 VÝSLEDKY

Jelenia zver bola v roku 2012 (NLC 2013a) rozšírená na 78%, srnčia na 98% a diviacia na 81% územia, pričom prekryv výskytu jelenej zveri spolu s diviачou je na 99% územia Slovenska. Všetky tri druhy sa spolu vyskytujú na 77%, dva na 5% a jeden na 17% územia Slovenska. Bez výskytu všetkých hodnotených druhov je 1% územia (Obr. 1).



Obr. 2. Vykazovaný lov hodnotených druhov raticovej zveri na Slovensku (1949–2015). n = počet ulovených jedincov.

Fig. 2. Kill rate of selected ungulate species in Slovakia (1949–2015). n = number of killed individuals.

Jeleň lesný *Cervus elaphus*:

Spracovaním analógového grafu lovu jelenej zveri (Hell et al. 1983) sme vyhodnotili, že v roku 1949 bolo v rámci Slovenska odlovených 1,300 (RMS error = 1.5%) jedincov. Ak to porovnáme s lovom v roku 2015 ($n = 31,988$) došlo k takmer 25 násobnému navýšeniu lovu. V prípade, že zoberieme do úvahy celkový úbytok jelenej zveri (NLC 2015), došlo k takmer 27 násobnému navýšeniu celkového známeho úbytku.

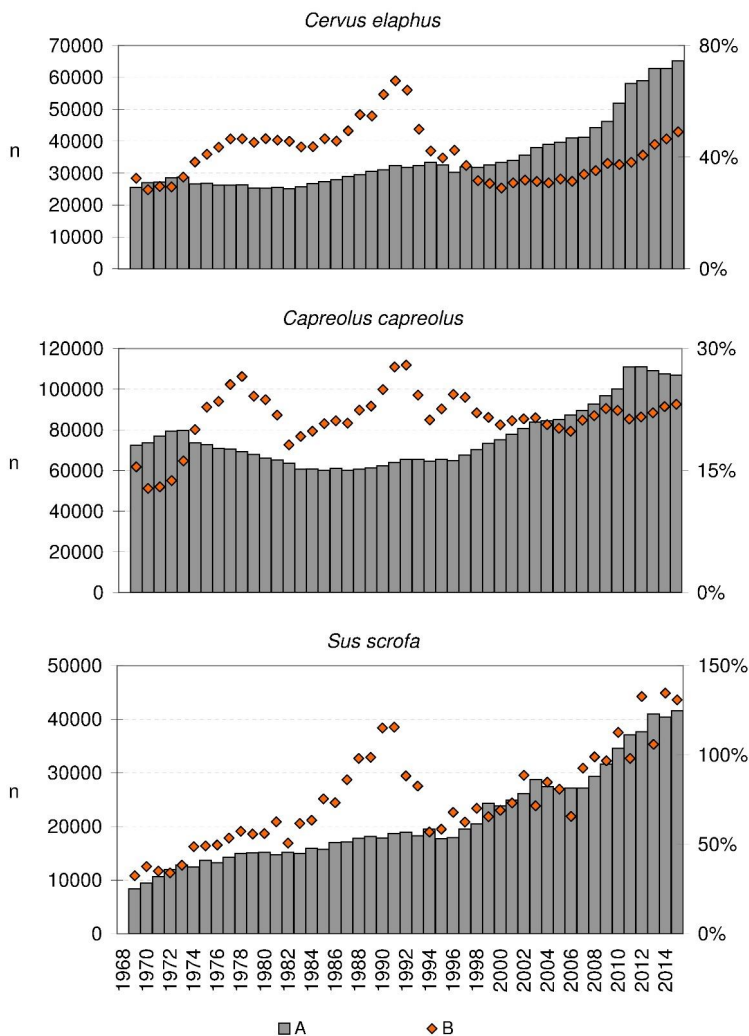
Srniec lesný *Capreolus capreolus*:

Spracovaním analógového grafu lovu srnčej zveri (Hell et al. 1983) sme vyhodnotili, že v roku 1949 bolo v rámci Slovenska odlovených 2,460 (RMS error 1.5%) jedincov. Ak to porovnáme s lovom v roku 2015 ($n = 24,748$), došlo k 10 násobnému navýšeniu lovu. V prípade, že zoberieme do úvahy celkový úbytok srnčej zveri (NLC 2015), došlo k takmer 14 násobnému navýšeniu celkového známeho úbytku.

Diviak lesný *Sus scrofa*:

Spracovaním analógového grafu lovu diviačej zveri (Hell et al. 1983) sme vyhodnotili, že v roku 1949 bolo v rámci Slovenska odlovených 1,241 (RMS error = 1.5%) jedincov. Ak

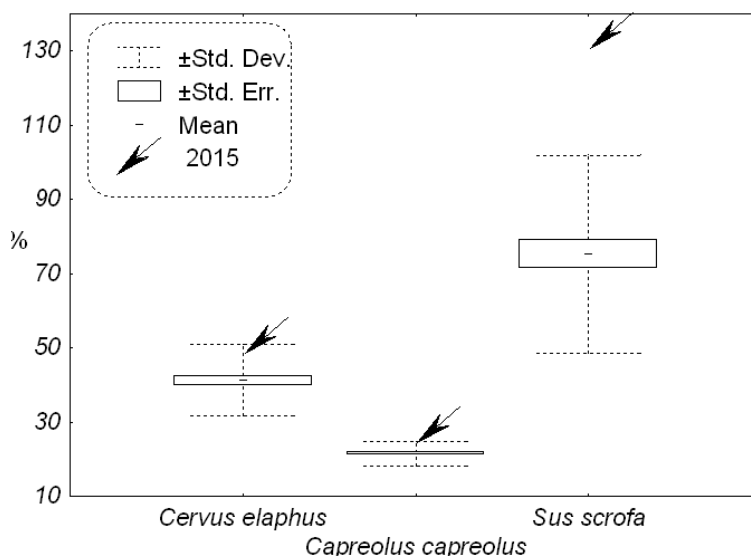
to porovnáme s lovom v roku 2015 ($n = 54,401$) došlo k takmer 44 násobnému navýšeniu lovu. Ak zoberieme do úvahy celkový úbytok diviacej zveri (NLC 2015), došlo takmer k 45 násobnému zvýšeniu úbytku.



Obr. 3. Jarné kmeňové stavy – (A) hodnotenej raticovej zveri (*Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus* a *Sus scrofa*) na Slovensku (1969 – 2015) a vyhodnotenie vzťahu lovu k jarným kmeňovým stavom v % (B). n = početnosť jarných kmeňových stavov.

Fig. 3. Spring game stocks – (A) of targeted ungulate species (*Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus* and *Sus scrofa*) in Slovakia (1969 – 2015) and influence of hunting to spring game stocks in % (B). n = number of individuals from spring game stocks.

Od roku 1949 došlo k výraznému navýšeniu lovu hodnotenej raticovej zveri (Obr. 2). Toto navýšenie neprebiehало kontinuálne, ale s jedným výrazne spoločným synklinálnym obdobím po páde komunistického režimu a nastolení demokracie (pre všetky hodnotené druhy) s maximom u srnčej zveri v roku 1992 ($n = 18,287$), u jelenej ($n = 21,833$) a diviačej ($n = 21,573$) zveri v roku 1991. Po následnom úbytku lovu s minimálnymi hodnotami u jelenej zveri v roku 2000 ($n = 9,646$), u srnčej v roku 1994 ($n = 13,689$) a u diviačej v roku 1995 ($n = 10,376$), pozorujeme opätovné zvyšovanie lovu (Obr. 2). Aj v prípade vyhodnocovania počtov JKS zisťujeme v poslednom období postupné zvyšovanie u všetkých troch druhoch, no z dlhodobého hľadiska (dostupné hodnoty len od roku 1969) výraznejšie len u jeleňov a diviakov (Obr. 3). Aj porovnaním lovu s JKS [1] pozorujeme po roku 1989 u všetkých troch druhoch výrazné navýšenie lovu v závislosti od JKS (Obr. 3), čo malo za následok následný prepád lovu (Obr. 2) ale aj prepád percentuálneho vyjadrenia lovu z JKS (Obr. 3).



Obr. 4. Vzťahu lovu k jarným kmeňovým stavom (v %) hodnotenej raticovej zveri na Slovensku (1969–2015; $n = 47$).

Fig. 4. Influence of hunting to spring game stocks of targeted ungulate species (in %) on Slovakia (1969–2015; $n = 47$).

Celkovo sa na Slovensku v rokoch 1969–2015 ($n = 47$) lovilo u jelenej zveri 41% (38%–44%; 95%CI), u srnčej 21% (21%–22%; 95%CI) a u diviačej 75% (67%–83%; 95%CI) z JKS. V roku 1970 to bolo 28% z JKS u jelenej, 13% u srnčej a 38% u diviačej zveri. V roku 2015 došlo k navýšeniu na 49% z JKS u jelenej, 23% u srnčej a k výraznému navýšeniu na 131% u diviačej zveri (Obr. 4).

Nesúladi medzi priebehom lovu (Obr. 2) a JKS (Obr. 3) naznačuje prvotnú chybovosť (kvantitatívnu) vstupných dát – JKS, ktorej rozsah nevieme určiť. Lokalizácia bielych plôch (oblasti bez výskytu) aj v centre výskytu všetkých hodnotených druhov (Obr. 1) naznačuje druhotnú chybovosť (priestorovú) vstupných dát – JKS, ktorú na základe chýbajúcich údajov s priestorového prekryvu môžeme odhadovať na úrovni -1%.

5 DISKUSIA

Napriek nemožnosti určenia rozsahu kvantitatívnych chýb z JKS, hodnoty z týchto záznamov sa využívajú pri priestorových analýzach (Štofík et al. 2013a), prípadne sa používajú ich relatívne tvary (Koreň et al. 2011; Štofík et al. 2015). Hodnoty z lovu jednotlivých druhov zveri sú bežnejšie využívané pri plánovaní a vyhodnocovaní manažmentu (Hell et al. 1983; Bučko et al. 2006–2011; Štofík et al. 2013; NLC 2012–2015), analýze populácií (Kojola & Laitala 2000), ekológie (Swenson 1998) aj správania (Swenson et al. 1999).

V povojnovom období dochádza k postupnému nárastu lovu raticovej zveri (Molnár et al. 1984; Obr. 2). Výraznejšie zvýšený lov po roku 1989 (Obr. 2), ktorý je vyjadrený aj porovnaním s JKS (Obr. 3), pravdepodobne spôsobil následné zníženie lovu a taktiež percentuálne zníženie počtu ulovených jedincov z JKS. To naznačuje výrazné prekročenie lovu v predchádzajúcom období (v roku 1991 u jelenej zveri 67%, u srnčej 28% a u diviačej 116% z JKS), pričom podobný trend v porevolučnom období je pozorovaný aj u medveďov (Štofík et al. 2013a). V ďalšom období nasledoval výrazný prepád lovu a percenta lovu z JKS (v roku 2000 u jelenej 29%, u srnčej zveri 21% a v roku 1994 u diviačej 57% z JKS). Následné zvyšovanie lovu, JKS, ale i percenta ulovených jedincov z JKS u jelenej, ale hlavne u diviačej zveri (Obr. 2, 3) pravdepodobne súvisí s expanziou atraktívnych poľnohospodárskych plodín do oblastí, kde sa predtým nevyskytovali (Bučko & Kaštier 2011; Viteková & Antal 2011) a s nárastom prikrmovania a vnadenia (napr. Štofík & Merganič 2013), ktoré sa dostalo aj do Zákona o poľovníctve (č. 274/2009). Takmer v celej Európe je prikrmovanie bežné (Slobodyan 1974; Grosse et al. 2003; Anonymous 2005; Dečák et al. 2005; Huber et al. 2008; Jerina 2012; Bojarska & Selva 2013; Kavčič et al. 2013, 2015; Štofík et al. 2013b; Lenko et al. 2015; Skuban et al. 2016) a nelegálne je len vo Švédsku (Bischof et al. 2008; Elfström et al. 2014). Časovo-priestorová aktivita diviačej zveri môže byť ovplyvnená lokálnym prikrmovaním, ktoré je aj jedným z najdôležitejších faktorov rapidného narastania jej stavov v Európe (napr. Geisser & Reyer 2004, 2005; Bieber & Ruf 2005; Taschalidis & Hadjisterkotis 2008; Keuling et al. 2010; Podgórski et al. 2013).

Lov, ako aj hustota osídlenia, nemá vplyv na veľkosti vrhu, čo môže znamenať, že populácie diviakov nedosiahli doteraz svoju kapacitu (Frauendorf et al. 2016). Nárast stavov a lovu na dnešnú úroveň (Obr. 2 a 3) prekonal aj predpovede poľovníckych

expertov v minulosti (Hell et al. 1983) a v súčasnosti dosahujú historické maximá (Findo 2011; Obr. 2 a 3). Zároveň zo stúpajúcou početnosťou raticovej zveri, sa zvyšujú aj škody ňou spôsobené na lesných porastoch a náklady súvisiacich s ich ochranou (Konôpka et al. 2015).

Moderné poľovníctvo musí pre zachovanie udržateľnosti urobiť striktnú čiaru medzi prikrmovaním a prekrmovaním voľne žijúcej zveri. Masívne prikrmovanie (napr. Štofík & Merganič 2013) spolu s expanziou atraktívnych poľnohospodárskych plodín (Bučko & Kaštier 2011; Viteková & Antal 2011) ohrozuje ekologické poľovníctvo, vnášajúce rovnováhu (Konôpka et al. 2015) do ekosystémov v našej urbanizovanej krajine.

Porovnaním hospodárenia, ale i plánovania medzi rokmi 1970 a 2015 (Tab. 1) môžeme pozorovať výrazný nárast vo všetkých sledovaných atribútoch s enormnými zmenami, hlavne u diviačej zveri. Divina (zverina) je spolu s poplatkovým lovom zveri ekonomicky najvýznamnejším produktom poľovníctva (Hell et al. 2007a) a farmový chov raticovej zveri sa môže stať hospodársky významným odvetvím krajiny (Slamečka 2015).

Pre škody zverou na poľnohospodárskych plodinách chýba (až na výnimku vykazovania v rámci poľovníckej štatistiky) podrobný systém inventarizácie (Lebocký 2011; Kamler 2011), pričom otáznym ostáva vplyv objemu, frekvencie, sezónnosti a zloženia prikrmovania na zmeny v správaní voľne žijúcich živočíchov (Štofík 2013), ale aj umiestnenia miest na prikrmovanie v blízkosti obcí (Štofík & Merganič 2013). Vo všeobecnosti je v Európe trend umiestňovať prikrmovanie minimálne 2 km od miest trvalo obývaných obyvateľstvom (Anonymous 2005; Huber et al. 2008; Jerina 2012; Elfström et al. 2014b) a v prípade nedodržania takýchto postupov môže dochádzať ku konfliktom s divo žijúcimi zvieratami (Don Carlos et al. 2009; Viteková & Antal 2011).

6 ZÁVER

Po II. svetovej vojne dochádza k postupnému nárastu lovu a kmeňových stavov raticovej zveri na Slovensku. Neúmerné zvýšený lov (invazívny manažment) v porevolučnom období (po roku 1989) však mal za následok dočasný prepád lovu (aj % lovu z JKS). Príčiny súčasného nárastu raticovej zveri (hlavne jelenej a diviačej), aj napriek ich zvýšenému lovu, môžeme popri expanzii atraktívnych plodín vo vegetačnom období hľadať aj v neregulovanom prikrmovaní. Tým sa poľovníctvo ako koníček približuje svojou formou starostlivosti o zver k voľnému farmárčeniu.

Zákon o poľovníctve (č. 274/2009 Z. z. v znení neskorších predpisov) definuje chov zveri okrem iného ako odborný zásah do populácií jednotlivých druhov zveri na dosiahnutie jej optimálnej početnosti. Tak pojmy odborný zásah (invazívny verzus neinvazívny manažment), ako i optimálne počty (JKS – absolútne hodnoty = nepresné údaje) sa v dlhodobom horizonte menia. Pre relevantnejšie zhodnotenie antropických vplyvov na divoké zvieratá, by bolo vhodné viesť okrem evidencie o love a úbytkoch zveri

aj otvorené záznamy o objeme, zložení a pôvode krmiva. Taktiež je potrebné sprehladníť lokalizáciu, frekvenciu a spôsob prikrmovania, ktoré sa v súčasnosti v nekontrolovanej miere realizuje v niektorých revíroch, keď podľa súčasného Zákona o poľovníctve (č. 274/2009 Z. z. v znení neskorších predpisov) je možné prikrmovať a vnaďiť až 9 mesiacov v roku.¹

Za dôležité považujeme aj reguláciu (odborné riadenie) poľovného manažmentu v národných parkoch, v ktorých podľa Zákona o ochrane prírody a krajiny (č. 543/2002 Z. z. v znení neskorších predpisov), by ochrana prírody mala byť nadradená nad ostatné činnosti.

Na Slovensku vo všeobecnosti chýba relevantné zhodnotenie vplyvu pestovania atraktívnych poľnohospodárskych plodín a vplyv prikrmovania na ekológiu, správanie a stavy voľne žijúcich populácií. Aj predkladaná práca na základe JKS, poľovníckych hlásení o love (úbytkoch) a dostupnej literatúry len popisuje zmeny v poľovníckom manažmente a naznačuje smerovanie vývoja hodnotených populácií pri zachovaní trendov súčasného manažmentu.

Čím skôr sa začne aktívne prinavracat' narušená rovnováha v ekosystémoch do pôvodného stavu, tým menej sa súčasný stav prejaví vo vyčíslených škodách v národnom hospodárstve a v zhoršenom stave krajiny, ako aj v konfliktoch človeka s voľne žijúcimi populáciami živočíchov.

PodĎakovanie:

Autori ďakujú Štátnej ochrane prírody a Národnému lesníckemu centru za možnosť využiť dostupné vrstvy k analýze rozšírenia hodnotených druhov na Slovensku. Autori taktiež ďakujú Mgr. Ivetke Buraľovej, a Mgr. Zuzke Bartušovej za technickú pomoc pri jazykových korektúrach textu a hlavne všetkým, ktorí sa podieľali a podieľajú na sčítaní zveri, hlásení úlovkov a úhynov.

1 Podľa vykonávacej vyhlášky č. 489/2013 Z. z. Zákona o poľovníctve č. 274/2009 Z. z. v znení neskorších predpisov je možné vnaďiť diviačiu zver v poľovných oblastiach s chovom jelenej zveri len v čase od 1. júla do 15. januára. Prikrmovanie raticovej zveri v poľovnom revíri, okrem zvernice, možno len v čase núdze, ktorý určuje okresný úrad v sídle kraja. Napríklad v sezóne 2013/2014 Okresný lesný úrad v Prešove už 31.8.2013 určil čas núdze od 1. decembra do 31. marca (13/00291-FA.), pričom aj v ostatnom období roka zver profituje na týchto zdrojoch potravy. Napríklad v mesiacoch apríl–jún (2012–2015) sa v oblasti Poľany vykonával monitoring medveďa na stacionárnych vnaďiskách (Pataky & Fabriciusová 2015) a taktiež v potrave medveďa hnedého boli vo výrazných miere zistene antropogénne zložky (Štofík et al. 2013b; Skuban et al. 2016).

Literatúra

- ANONYMOUS 2005: Management and action plan for the bear population in Romania. Ministry of Agriculture, Forestry and Rural Development and Ministry of Environment and Water Management, Bucharest, Romania. 84 s.
- BIEBER, C. & RUF, T. 2005: Population dynamics in wild boar *Sus scrofa*: ecology, elasticity of growth rate and implications for the management of pulsed resource consumers. *Journal of Applied Ecology* **42**: 1203–1213.
- BISCHOF, R., FUJITA, R., ZEDROSSER, A., SÖDERBERG, A. & SWENSON, J. E. 2008: Hunting patterns, ban on baiting, and harvest demographics of brown bears in Sweden. *The Journal of Wildlife Management* **72**: 79–88.
- BOJARSKA, K. & SELVA, N. 2013: Correction factors for important brown bear foods in Europe. *Ursus* **24**: 13–15.
- BUČKO, J., ČEPČEKOVÁ, I., ŠTEFANČIKOVÁ, E. & LEHOCKÁ, K. 2006: Poľovnícka štatistická ročenka Slovenskej republiky 2006. NLC. 135 s.
- BUČKO, J., ČEPČEKOVÁ, I., ŠTEFANČIKOVÁ, E. & LEHOCKÁ, K. 2007: Poľovnícka štatistická ročenka Slovenskej republiky 2007. NLC. 148 s.
- BUČKO, J., CIBULA, R., SALANCI, J., PÔBIŠ, I., FERTÁEOVÁ, M., ŠTEFANČIKOVÁ, E. & PEKNUŠIAKOVÁ, Z. 2008: Poľovnícka štatistická ročenka Slovenskej republiky 2008. NLC. 183 s.
- BUČKO, J., CIBULA, R., LEHOCKÁ, K., MIKOVÁ, A., PEKNUŠIAKOVÁ, Z., ŠTEFANČIKOVÁ, E. & ZIMOVÁ, L. 2009: Poľovnícka štatistická ročenka Slovenskej republiky 2009. NLC. 183 s.
- BUČKO, J., CIBULA, R., ŠTEFANČIKOVÁ, E., ZIMOVÁ, L., LEHOCKÁ, K., KYSELOVÁ, M. & FRIČ, L. 2010: Poľovnícka štatistická ročenka Slovenskej republiky 2010. NLC. 181 s.
- BUČKO, J., CIBULA, R., ŠTEFANČIKOVÁ, E., ZIMOVÁ, L., LEHOCKÁ, K., KYSELOVÁ, M. & FRIČ, L. 2011: Poľovnícka štatistická ročenka Slovenskej republiky 2011. NLC. 168 s.
- BUČKO, J. & KAŠTIER, P. 2011: Kto za to môže?. Poľovníctvo a rybárstvo 12/2011.
- DEČAK, Đ., FRKOVIĆ, A., GRUBEŠIĆ, M., HUBER, Đ., IVIČEK, B., KULIĆ, B., SERTIĆ, D. & ŠTAHAN, Ž. 2005: Brown bear management plan for the Republic of Croatia. Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management, Department for Hunting, and Ministry of Culture, Department for Nature Protection, Zagreb, Croatia. 91 s.
- DON CARLOS, A. W., BRIGHT, A. D., TEEL, T. L. & VASKE, J. J. 2009: Human–black bear conflict in urban areas: an integrated approach to management response. *Human Dimensions of Wildlife* **14**: 174–184.
- DUBCOVÁ, A., LAUKO, V., TOLMÁČI, L., CIMRA, J., KRAMÁREKOVÁ, H., KROGMANN, A., NEMČIKOVÁ, M., NÉMETHOVÁ, J., OREMUSOVÁ, D., GURŇAK, D. & KRIŽAN, F. 2008: Geografia Slovenska. [online] 2008 elektronická vysokoškolská učebnica, [cit. 24.05.2012]. Dostupné na internete: <http://www.kgrr.fpv.ukf.sk/GSR/>
- ELFSTRÖM, M., ZEDROSSER, A., JERINA, K., STØEN, O. G., KINDBERG, J., BUDIC, L., JONOZOVIČ, M. & SWENSON, J. E. 2014: Does despotic behavior or food search explain the occurrence of problem brown bears in Europe?. *The Journal of Wildlife Management* **78**: 881–893.
- FERIANCOVÁ, Z. 1955: Rozšírenie niektorých vzácných druhov cicavcov na Slovensku. In: Práce II sekcie Slovenskej akadémie vied, Séria biologická SAV 1(3): 17–19.
- FIŇDO, S. 2011: Metódy ochrany lesa proti zveri a ich efektívnosť. 21–31. In Slamečka, J. (eds) Škody zverou, na zveri a možnosti ich obmedzenia. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie, Levice, 02.04. 2011.
- FIŇDO, S., SKUBAN, M. & KOREŇ, M. 2007: Brown Bear Corridors in Slovakia. CWS, Zvolen 68 s.
- FRAUENDORF, M., GETHÖFFER, F., SIEBERT, U. & KEULING, O. 2016: The influence of environmental and physiological factors on the litter size of wild boar (*Sus scrofa*) in an agriculture dominated area in Germany. *Science of The Total Environment* **541**: 877–82.
- GEISSER, H. & REYER, H. U. 2004: Efficacy of hunting, feeding, and fencing to reduce crop damage by wild boars. *Journal of Wildlife Management* **68**: 939–946.
- GEISSER, H. & REYER, H. U. 2005: The influence of food and temperature on population density of wild boar *Sus scrofa* in the Thurgau (Switzerland). *Journal of Zoology* **267**: 89–96.
- GROSSE, C., KACZENSKY, P. & KNAUER, F. 2003: Ants: A food source sought by Slovenian brown bears (*Ursus arctos*)?. *Canadian Journal of Zoology* **81**: 1996–2005.
- HELL, P., FARKAŠ, J., FIŇDO, S., KATRENIÁK, J., KOVÁČ, J., OPÁLENÝ, A., SABADOŠ, K. & SIGET, F. 1983: Súčasný stav a perspektívy ďalšieho rozvoja poľovníctva na Slovensku. Poľovnícke štúdie 8/83, Príroda, Bratislava, 172 s.

- HELL, P., SLAMEČKA, J. & GAŠPARÍK, J. 2001: Vlk v slovenských Karpatoch a vo svete. Parpress, Bratislava, 182 s.
- HELL, P., SLAMEČKA, J., KAŠTIER, P. & GAŠPARÍK, J. 2007a: Zhodnotenie produkcie diviny na Slovensku v rokoch 2001–2003 podľa poľovných oblastí. *Folia venatoria* **36/37**: 145–156.
- HELL, P., SLAMEČKA, J. & KRAJNIAK, D. 2007b: Význam Západných Karpát pre ochranu a zachovanie veľkých šeliem v strednej Európe. [prezentácia] In: Seminár k problematike veľkých šeliem. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia [cit. 2015-09-18]. Dostupné na internete: www.sopsr.sk/natura/doc/management/2008-1/05_Hell.ppt
- HUBER, Đ., JAKŠIĆ, Z., FRKOVIĆ, A., ŠTAHAN, Ž., KUSAK, J., MAJNARIĆ, D., GRUBEŠIĆ, M., KULIĆ, B., SINDIČIĆ, M., SKRBINŠEK, A. M., LAY, V., LJUŠTINA, M., ZEC, D., LAGINJA, R. & FRANCETIĆ, I. 2008: Brown Bear Management Plan for the Republic of Croatia. Ministry of Regional Development, Forestry and Water Management, Directorate for Hunting Ministry of Culture, Directorate for the Protection of Nature. Zagreb, Croatia, 92 s.
- JERINA, K. 2012: Roads and supplemental feeding affect home-range size of Slovenian red deer more than natural factors. *Journal of Mammalogy* **93**: 1139–1148.
- KAMLER, J. 2011: Škody spôsobované chránenými živočíchmi v živočíšnej výrobe, poľovníctve a konflikt s ľudmi. 46–54. In Slamečka, J. (eds) Škody zverou, na zveri a možnosti ich obmedzenia. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie, Levice, 02.04. 2011.
- KAVČIČ, I., ADAMIČ, M., KACZENSKY, P., KROFEL, M. & JERINA, K. 2013: Supplemental feeding with carrion is not reducing brown bear depredations on sheep in Slovenia. *Ursus* **24**: 111–119.
- KAVČIČ, I., ADAMIČ, M., KACZENSKY, P., KROFEL, M., KOBAL, M. & JERINA, K. 2015: Fast food bears: brown bear diet in a human-dominated landscape with intensive supplemental feeding. *Wildlife Biology* **21**: 1–8.
- KEULING, O., LAUTERBACH, K., STIER, N. & MECHTHILD, R. 2010: Hunter feedback of individually marked wild boar *Sus scrofa* L.: dispersal and efficiency of hunting in northeastern Germany. *European Journal of Wildlife Research* **56**: 159–167.
- KOJOLA, I., & LAITALA, H. M. 2000: Changes in the structure of an increasing brown bear population with distance from core areas: another example of presaturation female dispersal?. In *Annales Zoologici Fennici* (s. 59–64). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- KONÔPKA, J., KAŠTIER, P. & KONÔPKA, B. 2015: Teoretické východiská a praktické opatrenia na harmonizáciu záujmov lesného hospodárstva a poľovníctva na Slovensku. *Lesnícky časopis – Forestry Journal* **61**: 114–123.
- KOREŇ, M., FIND’O, S., SKUBAN, M. & KAJBA, M. 2011: Habitat suitability modelling from non-point data: the case study of brown bear habitat in Slovakia. *Ecological Informatics*, **6**: 296–302.
- LEBOCKÝ, T. 2011: História a súčasnosť legislatívnych škôd spôsobovaných zverou na zveri. 8–19. In Slamečka, J. (eds) Škody zverou, na zveri a možnosti ich obmedzenia. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie, Levice, 02.04. 2011
- LENKO, P. et al. 2014: Problematika a súčasný stav medveďa hnedého v Tatrách. *Správa Tatranského národného parku a OZ Les, Tatranská Štrba*, 94 s.
- MOLNÁR, L., TEREN, Š., SCHMIDT, Z., RICHTER, V. & KRAVČIKOVÁ, A. 1984: Naše poľovníctvo. Obzor, Bratislava, 400 s.
- NLC 2012: Poľovnícka štatistická ročenka Slovenskej republiky 2012. NLC, 174 s.
- NLC 2013a: Výskyt a stav poľovnej zveri na Slovensku. [cit. 2014-10-01]. Dostupné na internete: http://www.forestportal.sk/sites/pages/lesne_hospodarstvo/polovnictvo/vyskyt_zveri/vyskyt_zveri.aspx
- NLC 2013b: Poľovnícka štatistická ročenka Slovenskej republiky 2013. NLC, 166 s.
- NLC 2014: Poľovnícka štatistická ročenka Slovenskej republiky 2014. NLC, 172 s.
- NLC 2015: Poľovnícka štatistická ročenka Slovenskej republiky 2014. NLC, 177 s.
- PATAKY, T. & FABRICIOVÁ, V. 2015: Medveď hnedý – problematika morfolologickej identifikácie jedincov a monitoringu jeho početnosti na Poľane. In: Ochrana a manažment veľkých šeliem na Slovensku. Zvolen, [cit. 2015-12-21]. Dostupné na internete: <http://www.sopsr.sk/web/?cl=20098>
- PODGÓRSKI, T., BAS, G., JEDRZEJEWSKA, B., SÖNNICHSEN, L., SNIEZKO, S., JEDRZEJEWSKI, W. & OKARMA, H. 2013: Spatiotemporal behavioral plasticity of wild boar (*Sus scrofa*) under contrasting conditions of human pressure: primeval forest and metropolitan area. *Journal of Mammalogy* **94**: 109–119.
- SKUBAN, M., FINĐO, S. & KAJBA, M. 2016: Human impacts on bear feeding habits and habitat selection in the Poľana Mountains, Slovakia. *European Journal of Wildlife Research* **62**: 353–364.

- SLAMEČKA J. 2015: Farmový lov raticovej zveri. [cit. 2015-09-21]. Dostupné na internete: <http://www.chzvmos.sk/farmovy-chov-raticovej-zveri/articles/farmovy-chov-raticovej-zveri-uvod.html>
- SLOBODYAN, A.A. 1974: The European brown bear in the Carpathians. *Bears: Their Biology and Management* **3**: 313–319.
- SWENSON, J.E. 1999: Does hunting affect the behavior of Brown bears in Eurasia? *Ursus* **11**: 157–162.
- SWENSON, J. E., SANDEGREN, F., & SO-DERBERG, A. 1998: Geographic expansion of an increasing brown bear population: evidence for presaturation dispersal. *Journal of Animal Ecology* **67**: 819–826.
- ŠKULTÉTY, J. 1972: Súčasný stav a perspektívy rozvoja chovu veľkej zveri na Slovensku. *Folia venatoria* **2**: 195–202.
- ŠTOFÍK, J. 2013: Ekológia a etológia medveďa hnedého (*Ursus arctos*) v pohorí Bukovských lesov. PhD Thesis, TU, Zvolen. 165 s.
- ŠTOFÍK, J. & MERGANIČ, J. 2013: Potrava medveďa hnedého (*Ursus arctos*) v Národnom parku Poloniny. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* **55**: 145–159.
- ŠTOFÍK, J., BUČKO, J., GIČ, M. & SANIGA, M. 2013a: Time and spatial trends in the brown bear *Ursus arctos* population in Slovakia (1900–2010). *Folia oecologica* **40**: 117–129.
- ŠTOFÍK, J., MERGANIČ, J., MERGANIČOVÁ, K. & SANIGA, M. 2013b: Seasonal changes in food composition of the brown bear (*Ursus arctos*) from the edge of its occurrence – Eastern Carpathians (Slovakia). *Folia Zoologica* **62**: 222–231.
- ŠTOFÍK, J., BUČKO, J. & BARTUŠOVÁ, Z. 2015: The state of the brown bear population on the territory of hunting grounds in Slovakia – the transboundary area corresponding with Poland and Ukraine (Eastern Carpathians). *Roczniki Bieszczadzkie* **23**: 171–187.
- TSACHALIDIS, E. P. & HADJISTERKOTIS, E. 2008: Wild boar hunting and socioeconomic trends in Northern Greece, 1993– 2002. *European Journal of Wildlife Research* **54**: 643–649.
- VITEKOVÁ, L. & ANTAL, V. 2011: Škody spôsobované chránenými živočíchmi v živočíšnej výrobe, poľovníctve a konflikt s ľuďmi. 32–45. In Slamečka, J. (eds) Škody zverou, na zveri a možnosti ich obmedzenia. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie, Levice, 02.04. 2011.
- Vyhláška 489/2013 Z. z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky č. 344/2009 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon o poľovníctve č. 274/2009 Z. z. v znení neskorších predpisov.
- Zákon o ochrane prírody a krajiny č. 543/2002 Z. z. v znení neskorších predpisov.
- Zákon o poľovníctve č. 274/2009 Z. z. v znení neskorších predpisov.
- Zákon o štátnej štatistike č. 540/2001 Z.z. v znení neskorších predpisov.

Adresy autorov:

Jozef Štofík
Správa Národného parku Poloniny
ul. Mieru 193
067 81 Stakčín
e-mail: stofik@sopsr.sk

Jozef Bučko
Národné lesnícke centrum
ul. Sokolská 2
960 52 Zvolen
e-mail: bucko@nlcsk.org

Zmeny v poľovníckom manažmente najvýznamnejších druhov raticovej zveri na Slovensku (1949–2014)

Abstrakt

Na základe zhodnotenia dlhodobých údajov z poľovníckej štatistiky môžeme predpokladať, že stavy poľovnej zveri na Slovensku sú ovplyvňované dvoma významnými faktormi manažmentu: 1) Lovom: ktorého výrazné navýšenie po roku 1989 malo za dôsledok následný prepád počtu ulovených jedincov. 2) Potravou: prikrmovanie a pestovanie vysoko energetických plodín na veľkých plochách v súčasnej dobe má zásadný vplyv na rast stavov zveri (najmä diviakov). Zvýšenie stavov zveri a s tým súvisiaci nárast lovu je považovaný za pozitívum pre poľovné hospodárenie (ak nie sú škody na majetku a zdraví), ale aktuálne trendy poľovného hospodárenia v niektorých oblastiach majú blízko k voľnému farmárčeniu spojenému s lovom, čo sa prejavuje enormným zvýšením stavov zveri a lovu.

Kľúčové slová: jeleň lesný, srnec lesný, diviak lesný, lov, potrava.

Tabuľka 1. Porovnanie plánovania, stavu a manažmentu vybraných druhov raticovej zveri na Slovensku medzi rokmi 1970 (ŠKULTÉTY 1972) a 2015 (NLC 2015).

Table 1. Comparison of planning, condition and management of selected species of ungulates in Slovakia between 1970 (ŠKULTÉTY 1972) and 2015 (NLC 2015).

Populácia <i>Population</i>	Normované kmeňové stavy (návrh) <i>Normed game stocks (suggestion)</i>			Jarné kmeňové stavy <i>Spring game stocks</i>			Plán odstrelu <i>Programme of hunting</i>			Úbytok zveri <i>Decrease of individuals</i>		
	1970 (1975)	2015	Rozdiel <i>Difference</i>	1970	2015	Rozdiel <i>Difference</i>	1970	2015	Rozdiel <i>Difference</i>	1970	2015	Rozdiel <i>Difference</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Cervus elaphus</i>	18,524 (20,000)	39,662	214% (198%)	27,036	65,126	241%	10,280	35,482	345%	8,269	34,379	416%
<i>Capreolus capreolus</i>	67,512 (75,000)	93,424	138% (125%)	73,623	106,906	145%	15,816	35,697	226%	11,175	33,427	299%
<i>Sus scrofa</i>	0.00 (7,000)	22,613	0.00 (323%)	9,442	41,591	440%	2,037	54,588	2,680%	2,717	55,646	2,048%

ANALÝZA SPOTREBY ČASU SÚSTREĎOVANIA DREVA TRAKTOROVÝMI TECHNOLOGIAMI

Lukáš ORLOVSKÝ – Valéria MESSINGEROVÁ – Martin LIESKOVSKÝ
– Miloš GEJDOŠ

ORLOVSKÝ, L., MESSINGEROVÁ, V., LIESKOVSKÝ, M.: Analýza spotreby času sústredovania dreva traktorovými technológiami. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen.

Práca sa zaoberá analyzovaním výkonových noriem spotreby času ťažbovo-dopravných technológií a metodikou merania a analyzovania spotreby času traktorových technológií vykonávajúcich sústredovanie dreva vo Vysokoškolskom lesníckom podniku vo Zvolene. Skúmať budeme spotrebu času nasledujúcich pracovných operácií traktorových technológií, jazda traktora naprázdno z OM do porastu, vyťahovanie, približovanie, odopínanie nákladu, navaľovanie a triedenie kmeňov. Spotrebu času uvedených čiastkových pracovných operácií traktorových technológií budeme zisťovať prostredníctvom plynulej chronometráže a snímky pracovného dňa a následne namerané údaje budeme zaznamenávať na pozorovacie a krycie listy časových snímok. V závere práce navrhne metodicky postup zhodnotenia ekonomickej efektívnosti skúmaných ťažbovo-dopravných technológií.

Kľúčové slová: chronometráž, snímka pracovného dňa, spotreba času, traktorové technológie.

1 ÚVOD A CIEĽ PRÁCE

Normovanie práce v poslednom období znova nadobúda význam, stáva sa totiž pre veľkú časť výrobných podnikov (strojárenský, hutnícky priemysel, stavebníctvo) neoddeliteľnou súčasťou plánovania výroby a organizácie práce. Významnou mierou napomáha zvyšovať produktivitu práce a odstraňovať straty času.

Normovaniu práce v lesnom hospodárstve bola do 90. rokov venovaná osobitná pozornosť. V každom Lesnom závode bol prítomný technicko-hospodársky pracovník (THP), ktorý mal za úlohu normovanie práce, preverovanie stanovených noriem a objektivizáciu stanovených normatífov (MARKO 2007, LUKAČKA 1982). V súčasnosti je normovanie práce v lesnom hospodárstve značne podceňované. Dôvod takéhoto podceňovania je spojený s dodávateľskou prácou a zníženým počtom vlastných zamestnancov lesných podnikov.

Cieľom našej práce je objektivizovať a analyzovať spotrebu času traktorových technológií pri rešpektovaní všetkých ergonomických, ekologických a ekonomických zásad a zhodnotiť ekonomickú efektívnosť sledovaných technológií.

2 ROZBOR PROBLEMATIKY

2.1 Výkonové normy

Termín výkonové normy využívame tam, kde nie je praktické zvlášť rozdeľovať normy na časové a normy množstva. Vyjadrujú spotrebu času pre celú pracovnú operáciu, alebo mernú jednotku, ako napr. meter kubický či kus a taktiež tento počet jednotiek za čas (hodina, pracovná zmena) (LEMPFELD, 2013).

Výkonové normy môžu byť vyjadrené ako:

- Norma času – ktorá vyjadruje spoločenský nevyhnutnú spotrebu času pracovníka na spracovanie určitej operácie, prípadne mernej jednotky. Normy sa vyjadrujú v normominútach alebo v normohodinách.
- Norma množstva – vyjadruje počet jednotiek alebo kusov, ktoré má pracovník spracovať za určitú jednotku času (HALASOVÁ et al., 2005).

2.2 Analýza výkonových noriem používaných v SR

V rámci ťažbovej činnosti v SR sa používajú nasledujúce výkonové normy

- Výkonové normy vydané v zborníkoch MP SR (Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky) čísla 21 až 27.
- Výkonové normy štátneho podniku LESY SR.
- Výkonové normy prevzaté od iných organizácií použiteľné v podmienkach SR (napr. České výkonové normy)

Štátny podnik LESY SR používa nasledujúce druhy výkonových noriem, ktoré môžeme rozčleniť na základe účelu použitia na:

- Výkonové normy určené pre odmeňovanie vlastných zamestnancov v robotníckych profesiách v súlade s ustanoveniami platnej kolektívnej zmluvy.
- Výkonové normy vo verzii KRPK, ktoré sú určené na spracovanie kalkulácií cien práce v programe KRPK, potrebných na plánovanie nákladov ťažbovej činnosti vykonávanej dodávateľským spôsobom.
- Výkonové normy nepoužívané (neoficiálne, overované, nevyhovujúce, neplatné).

(Metodicko-organizačný pokyn: Uplatňovanie výkonových noriem v štátnom podniku LESY SR, 2016).

2.2.1 Výkonové normy určené pre odmeňovanie vlastných zamestnancov štátnych lesov

Do tejto skupiny noriem patria VN prerokované a dohodnuté s odborovou organizáciou. Používané a platné VN pre odmeňovanie vlastných zamestnancov v robotníckych profesiách sú:

- VN vydané podnikom LESY SR a schválené odborovou organizáciou.
- VN vydané v zborníkoch MP SR.
- VN vydané ešte pred vznikom SR, pokiaľ ich platnosť nebola zrušená vydaním nového zborníka.
- VN odborové pre špeciálne práce v rámci LH (Lesného hospodárstva) používané lokálne (odštepné závody). Ich uplatňovanie v prevádzke je na základe oficiálne vydaného vnútropodnikového predpisu.

Výkonové normy vydané podnikom LESY SR a schválené odborovou organizáciou sú vypracované pre konkrétne ťažbovo-dopravné technológie, ktoré daný podnik vlastní, napr. pre lesnícku lanovku Larix 3T, Larix Lamako atď. Tieto výkonové normy vznikli na základe vlastných meraní a časových snímok spotreby času štátneho podniku Lesy SR (Metodicko-organizačný pokyn: Uplatňovanie výkonových noriem v štátnom podniku LESY SR, 2016).

Výkonové normy uverejnené v zborníkoch MP SR

V ťažbovej činnosti a manipulácii sa používajú nasledujúce zborníky výkonových noriem:

- Výkonové normy pre ťažbu dreva – Zborník č. 21
- Výkonové normy pre ručné spúšťanie dreva – Zborník č. 22
- Výkonové normy pre sústredovanie dreva koňmi – Zborník č. 23
- Výkonové normy pre sústredovanie dreva lanovkami – Zborník č. 26
- Výkonové normy pre sústredovanie dreva univerzálnymi, pásovými a špeciálnymi lesnými kolesovými traktormi – Zborník č. 24
- Výkonové normy pre práce na skladoch dreva – Zborník č. 27

Výkonové normy uverejnené v zborníkoch MP SR (Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky) boli spracované pred 25 až 30 rokmi. V niektorých z nich síce boli vykonané minimálne úpravy, ale za tak dlhú dobu používania už nevyjadrujú v plnej miere súčasné používané technológie a pracovné postupy. *Najväčšia potreba prehodnotenia výkonových noriem sa javí v ťažbovej činnosti, v ktorej vykonávané práce sú najviac závislé na modernej lesnej technike* (MARKO, 2007). V našej práci sa zameriavame predovšetkým na analyzovanie zborníka výkonových noriem č.24 určených pre traktorové technológie pretože práve táto technológia je v lesnom hospodárstve SR najzastúpenejšia (78%).

Zborník výkonových noriem č. 24 *Výkonové normy pre sústredovanie dreva univerzálnymi, pásovými a špeciálnymi lesnými kolesovými traktormi* z roku 1992 obsahuje výkonové normy pre pásové traktory (TDT 55), univerzálne kolesové traktory a špeciálne kolesové traktory (LKT 80, LKT 81 TURBO). Tieto výkonové normy sú vypracované na základe snímok priebehu práce, časových pozorovaní a rozborov pracovných operácií

(Zborník výkonových noriem č.24, 1992). Výkonové normy pre pásové traktory by si vyžadovali aktualizáciu, prípadne až vylúčenie zo zborníka výkonových noriem, keďže pásový traktor TDT 55 sa v súčasnosti využíva len ojedinele. Výkonové normy pre UKT a LKT by si vyžadovali aktualizáciu vzhľadom k zohľadneniu nových typov lesných a univerzálnych kolesových traktorov. Bolo by potrebné realizovať aj diferenciaciu (rozčlenenie) výkonových noriem pre LKT z hľadiska vybavenia lesného kolesového traktora, napr. zverný oplen, hydraulický žeriav, rádiové ovládanie traktora, ako príklad na rozčlenenie výkonových noriem na základe rádiového ovládania možno uviesť české *Výkonové normy pre sústreďovanie dreva traktormi* (NOUZOVÁ, NOUZA, 2001).

Zborník výkonových noriem č. 26 *Výkonové normy pre sústreďovanie dreva lanovkami* z roku 1988 obsahuje výkonové normy pre nasledujúce lesnícke lanovky STEYER KSK -16, Lanor 1, Lanor 3, VLÚ 4, VLÚ 5, LS 1,5 -300, LS 1,5- 303. Tieto normy boli vypracované na základe snímok priebehu práce (Zborník č.26, 1988). Na základe týchto údajov môžeme usudzovať, že tieto výkonové normy sú staré minimálne 30 rokov a lesnícke lanovky, pre ktoré boli vyhotovené sú už v súčasnosti vo väčšej miere nahradené modernejšími, mobilnými a výkonnejšími lesníckymi lanovkami, napr. typu Larix s najvyšším zastúpením lesníckej lanovky Larix 3T a Larix Lamako v štátnom podniku Lesy SR v počte 14ks (údaj štátneho podniku Lesy SR 2013). Lanový systém STEYER KSK -16 je ešte aj v súčasnosti používaný pri sústreďovaní dreva. Zastúpenie tohto typu lanového systému v štátnom podniku Lesy SR je 3ks (Lesník, 2013). Postupom času je aj tento typ lesníckej lanovky vzhľadom k svojmu veku a klesajúcej životnosti nahradzovanými novými a výkonnejšími lanovými zariadeniami.

2.2.2 Výkonové normy vo verzii KRPK (kalkulácia, rozpočet, plánovanie, kontrola)

Výkonové normy v KRPK nie sú ničím iným, ako výsledkom prepracovania pôvodných noriem zo zborníkov MP SR do požadovanej štruktúry programu. Samozrejme, ak nehovoríme o výkonových normách pre prácu viacoperačných strojov, v tejto podobe ich možno považovať za nové, vytvorené v štruktúre pre program KRPK. Prácnosť na JPRL tým, že sa zúžili možnosti výberu zo základných normočasov je vo väčšej miere posudzovaná cez prirážky a zrážky, čím sa prenáša väčšia zodpovednosť na konkrétneho technicko-hospodárskeho zamestnanca, ktorý priamo stanovuje cenu práce – oceňuje JPRL v komplexnom procese spracovania dreva po OM (Odvozné miesto), resp. až po ES (Expedičný sklad) (MARKO, 2007).

Výkonové normy vo verzii KRPK nie je možné používať pre odmeňovanie vlastných zamestnancov, keďže boli vytvorené pre účely spracovania kalkulácií nákladov v KRPK, a preto si ich používanie nevyžaduje súhlas, resp. dohodu s odborovou organizáciou. Vo vnútropodnikových výkonových normách v programe KRPK určených pre vykonávanie ťažbovej činnosti dodávateľským spôsobom sa na rozdiel od výkonových noriem MP SR

nachádzajú aj výkonové normy pre harvesterové technológie. Tieto normy obsahujú aj výkonové normy pre moderné lesnícke lanovky ako napr. typu Larix, a pod., ktoré sú ale zlúčené s ostatnými lesníckymi lanovkami.

2.3 Faktory ovplyvňujúce spotrebu času pri sústredovaní dreva traktorovými technológiami

Spotreba času traktorových technológií je predovšetkým ovplyvnená približovacou vzdialenosťou, vzdialenosťou vyťahovania, objemovosťou kmeňov a interakciou medzi približovacou vzdialenosťou a sklonom svahu (BEHJOU et al., 2008). Podľa výskumov HOWARD (1987) hlavnými premennými, ktoré ovplyvňujú čas cyklu približovania, sú približovacia vzdialenosť, výkon kolesového traktora a počet kmeňov v náklade. KLUENDER et al. (1997) sa zamerlal na študovanie produktivity lanových navijakov a približovacích drapákov lesných kolesových traktorov v borovicových porastoch a zistil, že drapákové približovacie traktory sú oveľa rýchlejšie a výkonnejšie ako lanové približovacie traktory. Tiež poukázal na to, že produktivita skiderov bola citlivá na približovaciu vzdialenosť, veľkosť kmeňa, počet kmeňov v náklade a intenzitu ťažby. BEHJOU et al. (2008) zistil, že najväčší vplyv na spotrebu času sústredovania dreva lesnými kolesovými traktormi pri úseku pracovnej operácie „jazda na prázdno“ má približovacia vzdialenosť. Výsledky tejto štúdie poukazujú na to, že približovacia vzdialenosť a vzdialenosť vyťahovania majú najvyšší vplyv na celkovú spotrebu času približovania kolesovým traktorom. Podľa výsledkov časovej štúdie BORZ et al. (2013), ktorý sa zamerali na porovnanie výkonnosti lesných kolesových traktorov typu TAF 690 OP a TAF 657 v kalamitných ťažbách, dospeli k nasledujúcim výsledkom: spotreba času na úsek pracovnej operácie *vyťahovanie nákladu* je predovšetkým ovplyvnená vzdialenosťou vyťahovania a počtom vyťahovaných kmeňov počas pracovného cyklu. Na druhej strane na úseku pracovnej operácie *približovania* sa ukázala ako významná premenná ovplyvňujúca spotrebu času len približovacia vzdialenosť. Pri faktore objem nákladu regresná analýza zlyhala. Najväčší podiel na celkovej spotrebe času pracovnej operácie kolesového traktora má čiastková pracovná operácia približovanie 68%. Nasleduje pracovná operácia vyťahovanie s 30% podielom, a ako posledná pracovná operácia s najmenším podielom bola zaznamenaná pracovná operácia na odvoznom mieste s hodnotou 3%.

3 METODIKA PRÁCE

Celý metodický postup riešenia stanovenej problematiky môžeme zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- výber traktorových technológií, na ktorých sa uskutoční meranie spotreby času,
- voľba porastov a pracovníkov, ktorí budú predmetom snímkovania práce,
- rozbor pracovného procesu traktorových technológií,

- meranie spotreby času traktorových technológií prostredníctvom metód priameho merania,
- očistenie časovej rady nameraných údajov,
- vypracovanie matematicko-štatistickej analýzy spotreby času,
- stanovenie normatívov času pre traktorové technológie
- analýzy cien práce v ťažbe a doprave dreva podľa druhu zamestnávateľského pomeru.

3.1 Výber ťažbovo-dopravných technológií pre uskutočnenie merania spotreby času

Pred uskutočnením samotného snímkovania spotreby času je potrebné určiť miesta, resp. dielce, v ktorých sa bude uskutočňovať dané meranie (snímkovanie), súčasne je potrebné vykonať voľbu technológií a pracovníkov, ktorí budú predmetom pozorovania. V našom prípade uvažujeme s traktorovými technológiami Vysokoškolského lesníckeho podniku vo Zvolene (VŠLP), konkrétne plánujeme merať spotrebu času lesných kolesových traktorov LKT 81 ITL a HSM 805 prípadne uskutočníme aj kontrolné merania spotreby času LKT 81T. Ďalším krokom by mala byť príprava dokumentácie potrebnej na vykonávanie merania, napr. krycie a pozorovacie listy tzv. formuláre snímok pracovného dňa, do ktorých sa budú zaznamenávať údaje identifikujúce pracovisko a pracovníka (operátora). Tieto formuláre budú vypracované pre jednotlivé sledované traktorové technológie. Do formulára snímky pracovných operácií sa bude zaznamenávať spotreba času jednotlivých čiastkových pracovných operácií lesného kolesového traktora. Ďalším potrebným formulárom je formulár snímky pracovného dňa, kde sa bude zaznamenávať výskyt strát času, čas prestávok, čas na opravu a údržbu stroja atď.

3.2 Rozbor pracovného procesu LKT a UKT

Pracovné operácie traktorových technológií je potrebné pred samotným meraním spotreby času rozčleniť na čiastkové úseky operácií pre podrobnejšiu analýzu. Pri vykonávaní rozboru práce budeme rozlišovať nasledujúce druhy časov: časy jednotkové (čas práce), časy dávkové (časy na prípravu a ukončenie práce), časy zmenové (čas na pracovné príkazy, čas na opravu a údržbu stroja).

Pri práci lesných a univerzálnych kolesových traktorov rozlišujeme nasledujúce pracovné operácie: jazda traktora naprázdno, vyťahovanie lana do porastu, zostavenie nákladu, vyťahovanie, približovanie, odopínanie nákladu a navaľovanie a triedenie kmeňov (BEHJOU et al., 2008).

- a) Jazda traktora naprázdno z odvozného miesta do porastu** – úsek operácie je registrovaný pohybom traktora z odvozného miesta do porastu. Táto operácia končí v okamihu príchodu lesného kolesového traktora k spílenému stromu.

- b) **Vyťahovanie lana do porastu** – táto operácia začína vyťahovaním ťažného lana z bubna navijaka traktora a končí v momente, keď viazač príde k požadovanému kmeňu.
- c) **Zostavenie nákladu** – táto operácia začína, keď viazač upína kmene do úväzkov a končí odstupom viazača do bezpečnej vzdialenosti od kmeňa.
- d) **Vyťahovanie nákladu z porastu na približovaciu linku** – úsek tejto operácie začína navíjaným ťažného lana na bubon navijaka traktora a končí vytiahnutím kmeňa na približovaciu linku.
- e) **Približovanie** – táto operácia začína približovaním nákladu z približovacej linky na odvozné miesto a končí zastavením traktora na odvoznom mieste.
- f) **Odobínanie nákladu** – táto operácia začína uvoľnením ťažného lana z bubna navijaka a končí odopnutím nákladu a navinutím ťažného lana na bubon navijaka lesného kolesového traktora.
- g) **Navalovanie a triedenie kmeňov na hromady** – úsek pracovnej operácie začína po skončení operácie odobínanie nákladu a končí po uložení posledného kmeňa na hromadu sortimentov.

3.3 Metodika merania spotreby času pri sústredovaní dreva traktorovými technológiami

Cieľom je experimentálne meranie spotreby času práce lesných kolesových traktorov (LKT 81 ITL a HSM 805) v štandardných výrobných podmienkach VŠLP (Vysokoškolského lesníckeho podniku vo Zvolene). Experimentálne merania sa uskutočnia postupným snímkaním práce v priebehu pracovnej zmeny, ktoré môžeme v rámci časovej štúdie rozdeliť do dvoch bodov, a to na meranie spotreby času:

- a) pracovnej operácie, resp. úsekov pracovných operácií lesného kolesového traktora
- b) pracovného dňa, resp. pracovnej zmeny operátora lesného kolesového traktora, ktorá samozrejme zahŕňa aj celkový čas na pracovnú operáciu

Meranie čiastkových úsekov pracovnej operácie traktorových technológií budeme uskutočňovať plynulou chronometrážou, priamym pozorovaním priebehu práce a jej snímkaním v náhodne vybraných lesných porastoch VŠLP tzv. metódou merania postupného času. Použitie snímky priebehu práce (spojenie snímky pracovného dňa a chronometráže) pri traktorových technológiách odôvodňujeme tým, že tieto dve metódy sa vzájomne dopĺňajú. Tak ako snímka pracovného dňa pomáha zlepšiť organizáciu práce a výroby a dáva podklady pre stanovenie normatívu niektorých zložiek normy času, tak je tomu aj u chronometráže. Rozdiel je v tom, že oproti snímke pracovného dňa, ktorá sa zameriava rozsahom spotreby času v priebehu celého pracovného dňa, je chronometráž zameraná len na výkon určitej pracovnej operácie (DVOŘÁK et al., 2007).

Vyberané budú predovšetkým také situácie (porasty), ktoré sa nevymykajú bežnému pracovnému normálu a bežným pracovným postupom. Jednotkové, dávkové a zmenové časy normovateľného a stratového charakteru traktorových technológií budú merané počas celej pracovnej zmeny prostredníctvom snímky pracovného dňa s presnosťou na minúty. Kontrolné merania budú uskutočnené na videosnímках nafilmovaných pri práci traktorových technológií.

Do priebehu pracovného procesu sa nebude zasahovať pracovnými príkazmi, odporučenými technologickými postupmi a inými ďalšími vstupmi zo strany časomerača, ktoré by mohli ovplyvniť bežný stav výrobného procesu.

Všetky dokumenty jednodennej pracovnej snímky vyplnené počas zmeny v teréne časomeračom budú prepisované do predtlačенých tlačív na zaistenie čitateľnosti a uložené do elektronickej databázy.

Popri meraní spotreby času na pracovné operácie traktorových technológií sa budeme zameriavať aj na faktory, ktoré výraznou mierou ovplyvňujú spotrebu času tejto technológie. Na základe výsledkov časových štúdií zahraničných autorov (HOWARD, 1987; KLEUENDER, 1997; BEHJOU et al., 2008; BORZ et al., 2013) upriamime svoju pozornosť predovšetkým na tieto faktory: približovaciú vzdialenosť, počet kmeňov v náklade na otáčku, druh drevinu, vzdialenosť vyťahovania, priemernú objemovosť sústredených kmeňov a sklon svahu.

3.4 Metodika stanovenia normatívu času a výkonových noriem

Technologické hodnotenie nameraných údajov je možné rozdeliť do základných bodov:

- a) Výpočet skutočných jednotlivých časov úseku pracovnej operácie, pracovných operácií (cyklov), a ostatných dávkových, zmenových a stratových časov a časov prestávok.
- b) Vylúčenie nevierohodných údajov z časovej rady (očistenie časovej rady).
- c) Výpočet spotreby času na pracovné operácie v závislosti na výrobných činiteľoch.

ad a) spotreby času na úseky pracovných operácií, sú počítané rozdielom časov po sebe nasledujúcich v snímkach pracovných operácií operátora lesného kolesového traktora.

Spotreba dávkových, zmenových časov, časov nutných prestávok a stratových časov každého operátora ja vypočítaná rozdielom časov po sebe nasledujúcich v snímke pracovného dňa. Ich výpočet je možné uskutočniť pomocou váženého aritmetického priemeru.

$$T_{m_n} = \frac{T'_{m_1} x q_1 + T'_{m_2} x q_2 + \dots + T'_{m_n} x q_n}{q_1 + q_2 + \dots + q_n}$$

kde:

T_{m_n} – vypočítaný priemerný dávkový, zmenový alebo stratový čas (min), (h)

T'_{m_n} – nameraný dávkový, zmenový, stratový čas n-tej zmeny (min), (h)

q_n – dĺžka n-tej zmeny (min), (h)

n – počet zmien

ad b) jednotlivé namerané údaje kolísajú od strednej hodnoty. Niektoré z údajov sa môžu výrazne odchyľovať od strednej hodnoty a v zdôvodnených prípadoch je nutné tieto hodnoty vylúčiť. Hlavnými dôvodmi odchýlok môžu byť:

- vplyv činiteľa, ktorý meranie ovplyvnil, ktorého výskyt sa bežne vo výrobnom procese neobjavuje a vytvára skôr výnimku (napr. obchádzanie ojedinelej prekážky na ploche výrobnej jednotky vedie k predĺženiu času pre jazdu stroja do nového postavenia),
- výskyt mimoriadne náhodného javu, pričom jeho početnosť je opäť veľmi nízka,
- chyba časomerača, ktorá mohla vzniknúť napr. chybným odčítaním času zo stopiek alebo chybným zápisom do predtlačeného formulára.

ad c) Čas na úsek pracovnej operácie, kde je potvrdená závislosť na objemovosti ťaženého kmeňa, je definovaná najčastejšie mocninovou funkciou:

$$t_A = a \cdot h^b$$

kde:

t_A – vypočítaná spotreba času na pracovnú operáciu závislú na objemovosti ťaženého kmeňa a definovaných kvalitatívnych činiteľoch (jednotka času)

h – objemovosť ťaženého kmeňa ($m^3 \cdot kmeň^{-1}$)

a, b – koeficienty regresnej funkcie

Táto funkcia potvrdzuje indexom korelácie (I) najvyššiu závislosť (tesnosť) danej spotreby času na objemovosti ťaženého kmeňa zistenou predbežnými analýzami. Prezentovaná spotreba času t_{Ai} sa pohybuje predovšetkým v rozsahu meraných kvantitatívnych a registrovaných kvalitatívnych činiteľov (Dvořák et al., 2010).

Skladba výkonových noriem

Všeobecná skladba normy ja daná vzťahom:

$$t = t_1 + t_2$$

kde:

t – norma času

t_1 – norma času práce ($Ns.strom^{-1}$) alebo ($Nmin.náklad^{-1}$)

t_2 – norma času nutných prestávok ($Ns.strom^{-1}$) alebo ($Nmin.náklad^{-1}$)

respektíve vzťahom:

$$t = t_A + t_B + t_C$$

kde:

t_A – normy času jednotkového

t_B – normy času dávkového

t_C – normy času zmenového

V lesnom hospodárstve sa väčšinou uplatňuje len jedna norma času, ktorá zahŕňa čas jednotkový, dávkový a zmenový.

Nevýhodou noriem vzniknutých zlúčením viacerých normatívnych časov je vznik určitej nepresnosti, ktorá je úmerná ich prekračovaniu a neplneniu. Počet normohodín vzniknutých súčinom normy a výrobných jednotiek obsahuje nielen úmerný čas jednotkový, ale podľa plnenia aj úmerne zvýšený alebo znížený čas dávkový, prípadne zmenový a to aj vtedy ak k ich zmene v skutočnosti nedošlo vôbec alebo aspoň nie úmerne (KLOUDA et al., 1988).

3.5 Analýza cien práce v ťažbe a doprave dreva

Cieľom prieskumu bude zisťovanie celkových nákladov (fixných a variabilných), ktoré musia lesnícke podniky alebo samotný externý dodávateľ vynaložiť na chod jednotlivých technológií (traktorové, lanovkové technológie). Predmet svojho výskumu zameriame predovšetkým na mzdové a prevádzkové náklady. Zaujímať nás budú nasledujúce druhy nákladov:

- mzdové náklady,
- náklady na údržbu a opravy,
- materiálové náklady,
- odpisy,
- režijné náklady.

Jednotlivé druhy nákladov budeme zisťovať na základe archivovaných faktúr jednotlivých lesných podnikov (mzdové náklady, náklady na údržbu a opravy, odpisy), ak pôjde o lesný podnik, ktorý zamestnáva vlastných zamestnancov a používa vlastné technológie (napr. VŠLP alebo štátny podnik Lesy SR). Tieto náklady budeme zisťovať podľa jednotlivých mesiacov v priebehu kalendárneho roka 2018 diferencovane podľa použitej ťažbovo-dopravnej technológie. Pri externých dodávateľov budeme zisťovať jednotlivé položky nákladov na základe vedenia vlastného účtovníctva. Ďalšou dôležitou zložkou nákladov sú aj minimálne odvody (sociálne, zdravotné poistenie), ktoré sú povinní odvádzať živnostníci pracujúci v ťažbovo-dopravnom procese, túto položku nákladov je potrebné zaradiť medzi náklady na ťažbovú činnosť. Tieto údaje o jednotlivých nákladoch sa budú spracovávať v rámci kancelárskych prác, použitím matematicko-štatistických metód.

Pri porovnávaní priemerných celkových nákladov na realizáciu jednotlivých lesníckych činností v ťažbovo-dopravnom procese budú počítané náklady na jeden m³ vyťaženého dreva v závislosti od použitej dopravnej technológie.

Na základe porovnania priemerných tržieb robotníkov za ťažbu a dopravu dreva (napr. za kalendárny mesiac, kalendárny rok) a priemerných celkových nákladov pri jed-

notlivých ťažbovo-dopravných technológiách za kalendárny mesiac (rok) budeme hodnotiť ekonomickú efektívnosť danej technológie. Cieľom tohto porovnania je stanoviť interval minimálnej (modelovej) ceny práce, ktorá bude zohľadňovať celkové priemerné náklady pre konkrétnu ťažbovo-dopravnú technológiu (traktorovú, lanovkovú a pod.), priemerný denný (zmenový) výkon danej technológie a k tomu prislúchajúce primerané mzdové ohodnotenie. Tento interval bude predstavovať model minimálnej ceny práce. Zároveň chceme tento interval diferencovať aj v závislosti od toho, či pôjde o novú, prípadne starú technológiu, kde budeme zohľadňovať obstarávaciu cenu danej technológie.

4 ZÁVER

Týmto výskumom chceme poukázať na neaktuálnosť Zborníkov výkonových noriem, čísla 21 až 27 uverejnených Ministerstvom pôdohospodárstva Slovenskej republiky v roku 1988- 1992 a na potrebu ich aktualizácie. Najväčšia potreba aktualizácie sa javí pri zborníkoch č. 24 a 26, kde príslušné normatívy sú pre súčasné moderné traktorové a lanovkové technológie nepoužiteľné. Súčasne chceme poukázať na skutočnosť, že spotreba času na pracovnú operáciu pri adekvátnom dodržaní všetkých ekologických, ergonomických a ekonomických zásad musí byť bezprostredne vyššia ako spotreba času na tú istú pracovnú operáciu bez patričného dodržiavania všetkých vyššie spomínaných zásad.

Cieľom nášho merania spotreby času pri traktorových technológiách je potvrdiť túto hypotézu a objektivizovať normy spotreby času a následne tieto objektivizované normy spotreby času preniesť do mzdového odmeňovania pracovníkov v ťažbovo-dopravnom procese. Kde v cene práce bude zohľadnená náročnosť danej technológie, objektívna spotreba času, ale aj dodržanie prípustného poškodenia zostávajúceho porastu, podrastu a pôdy.

5 LITERATÚRA

- BEHJOU, F.K., MAJNOUNIAN, B., NAMIRANIAN, M., DVOŘÁK, J., 2008: Time study and skidding capacity of the wheeled skidder Timberjack 450C in Caspian forests. In Journal of Forest Science. 2008, vol. 54, no. 4, p. 183-188.
- BORZ, S.A., DINULICA, F. BIRDA, M., IGNEA, GH., CIOBANU, V.D., POPA, B., 2013: Time consumption and productivity of skidding Silver fir (*Abies alba* Mill.) round wood in reduced accessibility conditions: a case study in windthrow salvage logging form Romanian Carpathians. In Annals of Forest Research. 2013, vol. 56, no. 2, p. 363-375.
- DVOŘÁK, J., GROSS, J., OLIVA, J., HOŠKOVÁ, P., MALKOVSKÝ, Z. 2010: Sestavení výkonových norem pro harvestory a vyvážecí traktory podle výkonových tříd stroju a výrobních podmínek. Závěrečná správa. Praha: ČZU v Praze, 79s. Dostupné na internete: <https://lesycr.cz/wp-content/uploads/2016/12/vykonove-normy-harvestory-web.pdf>.
- DVOŘÁK, J., SAČKOV, I., FERENČÍK, M., 2007: Časový snímek harvesterové technologie v předmyšných těžbách a návrh optimálních výrobních podmínek. In Acta Fakultatis Forestalis Zvolen. 2007, roč. 49, č.2, s. 111 -122. Dostupné na internete: https://lf.tuzvo.sk/sites/default/files/Acta_2007_c2.pdf/volume10/issue1/art-01.html.
- HALASOVÁ, A., GLOMBÍKOVÁ, V., DULOVÁ, O. 2005: Vybrané kapitoly z technické přípravy výroby. Liberec 2005.
- HOWARD, A.F., 1987: Modeling the cost and profitability of timber harvesting with cable skidders. In Northern Journal of Applied Forestry. 1987, vol. 4, p. 87-92.

- KLOUDA, M., SYROVÁTKA, K., BLUŽOVSKÝ, Z., 1988: Normování práce v lesním hospodářství. Praha: Ministerstvo lesního a vodního hospodářství a dřevospracujícího průmyslu ČSR, SZN v Praze, 1988. 207s.
- KLUENDER, R.A., ET AL. 1997: Productivity of rubber-tired skidders in southern pine forests. In Forest Products Journal. 1997, vol. 47, p. 53-58.
- LEMPFELD, J. 2013: Standardizace pracoviště WHN 13: diplomová práce. Plzeň: ZČU, 2013. 89 s. Dostupné na internetu: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/7302/1/jlemfeld_DP_17_5_2013.pdf.
- LUKÁČKA, M. 1982: Normovanie práce a základy ergonomie v lesnom hospodárstve: MLVHH SSR, Bratislava 1982. 130s.
- MARKO, J., 2007: Výkonové normy In *Lesník*. 2007, č.3, s. 27-29.
- NOUZOVÁ, J., NOUZA, J., 2001: Výkonové normy v lesním hospodářství. Praha: Silvaco a.s., 2001. 136s.
- ZBORNÍK VÝKONOVÝCH NORIEM č. 24 Výkonové normy pre sústreďovanie dreva univerzálnymi, pásovými a špeciálnymi lesnými kolesovými traktormi. Ministerstvo lesného a vodného hospodárstva Slovenskej republiky. Vydanie 1992, 32 s.
- ZBORNÍK VÝKONOVÝCH NORIEM č. 26 Výkonové normy pre sústreďovanie dreva lanovkami. Ministerstvom lesného a vodného hospodárstva a dřevospracujícího průmyslu Slovenskej Socialistickej republiky 1988, 32 s.
- Metodicko-organizačný pokyn: Uplatňovanie výkonových noriem v štátnom podniku LESY SR, 2016.

Podakovanie:

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a inovácie pre projekt: Komplexný výskum mitigačných a adaptačných opatrení na zmiernenie negatívnych dopadov klimatických zmien na lesné ekosystémy Slovenska (FORRES), kód ITMS: 313011T678, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Adresa autorov:

Ing. Lukáš Orlovský, prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc., Ing. Martin Lieskovský, PhD.
 doc. Ing. Miloš Gejdoš, PhD.
 Katedra lesnej ťažby logistiky a meliorácií
 Lesnícka fakulta
 Technická univerzita vo Zvolene
 T. G. Masaryka 24
 960 01 Zvolen
 Slovenská republika
 e-mail: lukasorlovsky67@gmail.com

Time consumption analysis of wood skidding with special wheeled tractors

Summary

The research deals with the analysis of performance standards of time consumption of mining-transport technologies and methodology of time consumption measurement of tractor technologies performing wood skidding in the University forestry company in Zvolen. We will explore the time consumption of the following tractor technology operations: driving from roadside landing to the stand, load attachment, winching, skidding, load detachment, landing operations. We will track the time consumption of these tractor technology sub-operations through continuous chronometry and we will record working day images and subsequent measurements on observation and cover sheets of time snapshots. At the end of the thesis, we will propose methodically the procedure for evaluating the economic efficiency of the explored mining-transport technologies.

ODVODENIE HRÚBKY STOJACICH STROMOV V RÔZNYCH VÝŠKACH NAD TERÉNOM POMO- COU POZEMNÉHO LASEROVÉHO SKENOVANIA

Milan HUNČAGA

Hunčaga, M.: Odvodenie hrúbky stojacich stromov v rôznych výškach nad terénom pomocou pozemného laserového skenovania. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen

Pozemné laserové skenovanie (TLS) je presná a pomerne rýchla metóda získavania bodových mračien, ktoré sa používajú na 3D modelovanie lesa a odvodenie vybraných dendrometrických parametrov. V našej práci sme sa zamerali na odvodenie hrúbok stromov v rôznych výškach nad terénom. Zber údajov prebiehal na kruhovej výskumnej ploche s polomerom 16 m. Na výskumnej ploche je 100% zastúpená drevina Dub zimný (*Quercus petraea* Mill.) s priemernou výškou 30,1 m a priemernou hrúbkou 1,3 m nad zemou 31,8 cm. Výskumnú plochu sme naskenovali pomocou pozemného laserového skenera Faro Focus^{3D} 120 metódou multi-sken zo siedmich stanovísk. Pri referencovaní skenov a prvotnom filtrovaní bodového mračna sme použili program FARO Scene 5.1. Bodové mračno sme následne spracovali v programe DendroCloud 1.49, v ktorom sme z bodového mračna odfiltrovali nevhodné body, odvodili digitálny model terénu, vytvorili rezy bodovým mračnom vo viacerých výškach a odvodili hrúbky stromov na vytvorených rezoch do výšky 7 m. Hrúbka stromov vo všetkých meraných výškach bola odvodená s vychýlením 0,89 cm a strednou kvadratickou chybou (RMSE) 3,19 cm. Najpresnejšie odvodenie hrúbok bolo zaznamenané vo výške 1 m nad zemou (vychýlenie 0,85 cm a RMSE 2,68 cm).

Kľúčové slová: pozemné laserové skenovanie, hrúbka stromu, rez mračnom bodov

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Pozemné laserové skenovanie je presná a zároveň rýchla metóda získavania trojdimenzionálnych bodových mračien s veľkou hustotou. Hlavnými výhodami používania TLS pri inventarizácii lesa či lesníckej praxi sú možnosti zberu, uskladnenia, vizualizácie, modelovania údajov o lesnom prostredí a zároveň možnosť odvodenia mnohých stromových alebo porastových veličín. V poslednom období bolo vyvinuté extrémne úsilie vo výskume a interpretácii údajov TLS

Bodové mračná vytvorené pomocou TLS sa vyznačujú dostatočnou hustotou na to, aby z nich bolo možné identifikovať stromy v hustom lesnom prostredí a extrahovať údaje o geometrii takmer celých stromoch s vysokou presnosťou. Pomocou pozemného laserového skenera FARO Focus^{3D} je možné vytvoriť bodové mračno s hustotou umožňujúcou odvodenie hrúbky stromov v prsnej výške či výšky stromu (CABO et al., 2018). Hrúbka v $d_{1,3}$ je jednou z najdôležitejších a najčastejšie zisťovaných veličín v lesníctve, preto sa jej odvodeniu venovalo veľa autorov nie len pomocou TLS (BIENERT et al., (2006), HUANG et al., (2011), LIANG et al., (2011), LIANG et al., (2016), KOREŇ et al., (2017)), ale aj z bodových mračien vytvorených pomocou pozemnej digitálnej fotogrametrie (LIANG

et al., (2014 a), SUROVÝ et al., (2016), FORSMAN et al., (2016), HUNČAGA (2017)), či pomocou mobilnej aplikácie Trestima Forest Inventory, ktorá využíva snímky z mobilných telefónov alebo tabletov v kombinácii s referenčnou latou na odvodenie informácií o lese v reálnom čase (VASTARANTA et al., 2015).

Odvodenie výšky stromov je náročnejšie nakoľko vrchná časť stromov je vo všeobecnosti hustejšia, obsahuje väčšie množstvo konárov či listov preto je náročné jasne definovať rastový vrchol stromov. Aj napriek tomu neustále pribúdajú štúdie, v ktorých sa skúmajú spôsoby odvodenia výšky pomocou TLS (LIANG et al., (2013), OLOFSSON et al., (2014)) či digitálnej fotogrametrie (FLECK et al., (2011), MILLER et al., (2015)). Súčasný výskum naznačuje že presnosť odvodenia nie je dostatočná na to aby boli spomenuté technológie využívané v lesníckej praxi (LIANG et al., 2016).

S rastúcim pochopením možností využitia TLS rastie záujem o skúmanie komplikovanejších lesníckych veličín, ktoré nie sú bežne merateľné nedeštruktívnym spôsobom. Napríklad pre meranie kmeňových profilov rastúcich stromov nie je vyvinutá žiadna meracia pomôcka ani napriek tomu že je nevyhnutná pre rozlíšenie aký podiel drevnej hmoty patrí do guľatiny a aký podiel do štiepky (LIANG et al., 2011). TLS ponúka nedeštruktívnu alternatívu pre analýzy kmeňov stromov a tvorbu kmeňových profilov. Kmeňové profily determinujú zmenu hrúbky v závislosti od výšky stromu preto sa vo všeobecnosti používajú na výpočet objemu stromov (SUN et al., 2016). Presná metóda odvodenia objemu stromov pomocou single-scan metódy TLS bola porovnaná s objemom vytážených stromov (ASRUP et al., 2014). Metóda pre automatické odvodenie biomasy kmeňa a koruny stromu bola prezentovaná v práci OLOFSSONA a HOLMGRENA (2017). O všestrannom využití TLS v lesníctve svedčí to, že môže byť využité aj pre mnohé atribúty, ktoré priamo nesúvisia s drevnou hmotou napríklad odvodenie erózie pôdy po ťažbe dreva na základe digitálneho modelu terénu (KOREŇ et al., 2015).

Morfologická krivka kmeňa popisuje zužovanie kmeňa stromu ako funkciu výšky, čím v podstate modeluje tvar kmeňa. Pomocou morfolologickej krivky dokážeme určiť hrúbku stromu v akejkoľvek výške, celkový objem kmeňa alebo jeho časti, či využiteľnosť kmeňa v drevospracujúcom priemysle. Napriek veľkej využiteľnosti morfolologickej krivky v lesníctve zatiaľ nebola vyvinutá neinvázna metóda na jej meranie. Napriek tomu, že už prebehlo niekoľko úspešných pokusov, niektoré témy stále zostávajú otvorené napríklad vplyv rôznych druhov drevín, využiteľnosť morfolologickej krivky pri odvodení iných stromových alebo porastových charakteristík (LIANG et al., 2014 b).

2 CIELE PRÁCE

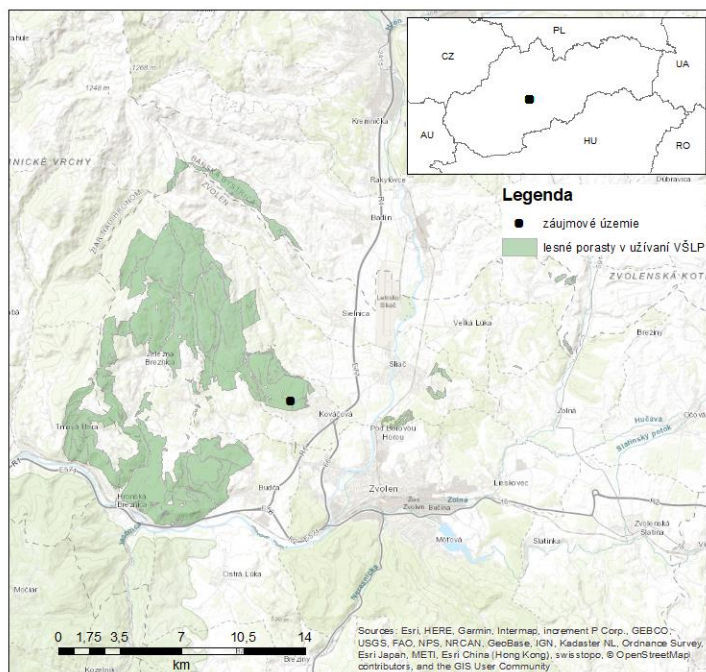
Cieľom práce je overenie metodiky pre odvodenie tvaru kmeňa stojacich stromov z bodových mračen získaných pomocou pozemného laserového skenovania. V predkladanej práci budú rozpracované a overené postupy identifikácie stromov a odvodenia hrúbky kmeňa stojacich stromov v rôznych výškach nad terénom. V práci bude overený vplyv výšky rezu bodovým mračnom na správnosť odvodenia hrúbky stromu. Výsledky

práce budú využiteľné pri stanovení objemu stojacich stromov pre potreby lesníckeho výskumu a praxe.

3 MATERIÁL A METÓDY

3.1 Výskumná plocha

Lokalitu pre výskumnú plochu (obrázok číslo 1) sme zvolili na území Vysoškolského lesníckeho podniku (VŠLP), Technickej univerzity vo Zvolene. V spolupráci s odborným lesným hospodárom bolo vytipovaných niekoľko lokalít a na základe prieskumu terénu a podmienok na jednotlivých plochách bol vyselektovaný porast číslo 326. Porast spĺňal podmienky minimálneho sklonu pre prácu so zdvíhacím zariadením, jednoduchý prístup pre pracovníkov a techniku. Zároveň bolo 80 percentné zastúpenie jednej dreveniny (odstránenie vplyvu rôznych drevín) s minimálnym podrastom čím sa znižuje množstvo šumu v spodnej časti vytváraného 3D modelu. Vo vybranom poraste sme vytýčili kruhovú výskumnú plochu s polomerom 16 m so sklonom do 5%. Na výskumnej ploche sa nachádza jeden druh dreveniny a to Dub zimný (*Quercus petraea* Mill.) s priemernou hrúbkou (1,3 m nad zemou) 31,8 cm a priemernou výškou 30,1 m.



Obrázok číslo 1: Zaujmové územie.
Figure number 1: Area of interest.

3.2 Technické vybavenie

3.2.1 Meranie hrúbky, výšky a pozície stromov

Meranie hrúbky stromov prebiehalo podľa pracovných postupov hospodárskej úpravy lesov s použitím oceľového obvodového pásma spoločnosti Ben Meadows Co..

Na meranie výšok sme použili ultrazvukový výškomer Vertex IV s jeho neoddeliteľnou súčasťou transpondérom od spoločnosti Haglof. Prístroj okrem výšok meria aj odstupové vzdialenosti či uhly a sklony.

Presné zmeranie pozícií stromov, stanovísk skenerov a referenčných gulí bolo zabezpečené použitím totálnej stanice Topcon GPT-9000M. Totálna stanica spája technológiu bezhranolového pulzného laserového merania vzdialeností s farebným dotykovým 3,5 palcovým displejom, operačným systémom Windows CE.NET 4.2 a programom TopSURV. Presnosť merania bezhranolovým spôsobom do vzdialenosti 2000 m sa pohybuje v rozmedzí ± 5 mm.

3.2.2 Pozemný laserový skener Faro Focus^{3D} 120

Skenovanie výskumnej plochy bolo realizované profesionálnym skenerom Faro Focus^{3D} 120 (obrázok číslo 2). Skener využíva technológiu fázového posunu vďaka ktorej dokáže nasnímať až 976 000 bodov za sekundu. Rozhranie skenovania skenera je od 0,6 do 120 m s presnosťou ± 2 mm, v horizontálnej rovine 360° a 300° vo vertikálnej, čím sa zabezpečí naskenovanie celého priestoru okrem priestoru pod skenerom v ktorom je umiestnený jeho stojan (FARO Technologies Inc. 2012). Doplnkovou výbavou skenera sú referenčné gule, ktorých použitie je podmienkou pre správne spojenie a referencovanie viacerých skenov pri použití metódy multi-sken.

3.3 Programové vybavenie

Nasnímané skeny boli spojené, referencované a primárne filtrované pomocou špecializovaného programu FARO Scene 5.1 od spoločnosti Faro Technologies Inc.. Následná špecifická filtrácia a odvodenie dendrometrických parametrov prebehlo v programe DendroCloud 1.49 (gis.tuzvo.sk/dendrocloud/). Na štatistické vyhodnotenie bol použitý program R (www.r-project.org).

3.3.1 FARO Scene 5.1

Program je navrhnutý pre profesionálnych používateľov na správu, zobrazenie a prácu s trojdimenzionálnymi údajmi. FARO Scene sa pri spracovaní údajov vďaka širokej škále nástrojov a automatických funkcií vyznačuje vysokou rýchlosťou a efektivitou

filtrovania, vyhľadávania referenčných objektov, spájania viacerých skenov či automatického zafarbenia bodového mračna reálnymi farbami zo snímok. Program umožňuje v spracovaných bodových mračnách jednoduché merania na ich 3D vizualizáciách. Údaje môžu byť exportované do rôznych typov formátov bodových mračien alebo CAD súborov čím poskytuje priestor pre všestranné využitie a ďalšie spracovanie výstupov (FARO Technologies Inc. 2012).

3.3.2 DendroCloud 1.49

Program DendroCloud bol navrhnutý pre spracovanie lesníckych údajov z bodových mračien získaných pomocou pozemnej fotogrametrie alebo pozemných lasero- vých skenerov. Medzi základné funkcie patrí spracovanie bodových mračien (import, filtrovanie, priestorová agregácia bodov, horizontálne rezy) práca s digitálnym modelom terénu (vertikálna projekcia, extrakcia bodov, vytváranie a práca s trojdimenzionálnou mriežkou), trojdimenzionálne vizualizácie, odvodenie dendrometrických veličín a export údajov (KOREŇ, M., 2019).

3.3.3 Štatistický program R verzia 3.44

Údaje boli štatisticky spracované v programe R (www.r-project.org). Program R je vytváraný ako systém s otvoreným zdrojovým kódom. Poskytuje širokú paletu funkcií na štatistické vyhodnotenie akýchkoľvek údajov. Program umožňuje import údajov z rôznych vstupných formátov a databáz. Umožňuje výpočet základných parametrov charakterizujúcich vstupný súbor údajov, robí testy normálneho rozdelenia, parametrické či neparametrické testy štatistických hypotéz, grafické zobrazenie údajov.

3.4 Zber údajov

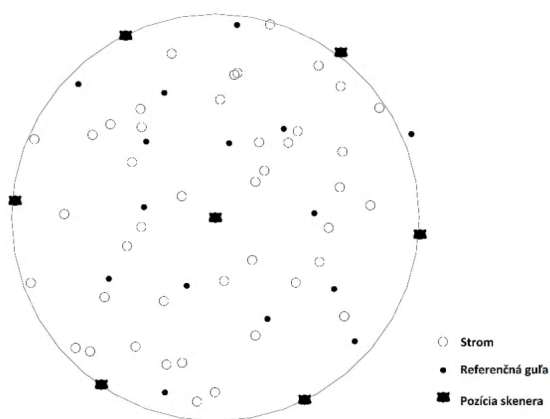
Vo vybranom poraste 362 na území VŠLP bola vytýčená kruhová výskumná plocha, stred plochy bol v teréne dočasne stabilizovaný a jeho presné súradnice zistené totálnou stanicou Topcon GPT – 9000M. Polomer výskumnej plochy bol prispôbený minimálnemu počtu stromov, tak aby bola dosiahnutá dostatočne veľká výberová vzorka. Vytýčením kruhu s polomerom 16 m bolo vybraných 40 stromov. Na všetkých stromoch na výskumnej ploche boli sprejom vyznačené 5 cm široké pásy po obvode stromu do výšky 5 m (0,3 m, 0,7 m, 1,0 m, 1,3, 2,0 m 3,0 m, 4,0 m a 5,0 m). Hrúbka stromov bola meraná obvodovým pásmom v strede červeného pásu, ktorý zároveň slúžil na identifikáciu miesta merania v bodovom mračne (obrázok číslo 3).



Obrázok číslo 3: Spôsob označenia stromov.

Figure number 3: Method of tree marking.

Na naskenovanie výskumnej plochy bola použitá metóda multi-sken pri ktorej sa plocha naskenuje z viacerých pozícií a na spojenie skenov sa použijú referenčné gule. Plocha bola skenovaná zo siedmich stanovísk jedno v strede plochy a 6 stanovísk na vrcholoch šesťuholníka pretínajúcich hranicu výskumnej plochy. Pred samotným skenovaním bolo v rámci výskumnej plochy rozmiestnených 15 referenčných gulí tak, aby z každej pozície skenera bolo naskenovaných minimálne 6 gulí. Presné pozície stromov, referenčných gulí, a stanovísk skenera boli zamerané totálnou stanicou (obrázok číslo 4).



Obrázok číslo 4: Grafické znázornenie výskumnej plochy.

Figure number 4: Graphic representation of the research area.

3.5 Spracovanie údajov

Spracovanie údajov prebiehalo v nasledujúcich krokoch:

1. Import údajov
2. Referencovanie bodového mračna
3. Filtrácia bodového mračna
4. Odvodenie DTM
5. Určenie polohy stromov
6. Vytvorenie viacnásobných rezov stromov
7. Odvodenie hrúbky stromov
8. Štatistické vyhodnotenie údajov

Naskenované údaje boli prenesené zo skenera do personálneho počítača pomocou SD karty. Program FARO Scene bol použitý na spojenie siedmich skenov do uceleného bodového mračna. Spájanie a referencovanie skenov prebieha poloaufomaticky pomocou referenčných guľí. Program automaticky vyhľadá referenčné guľe vo všetkých bodových mračnách a označí ich ako sférické objekty, niektoré môžu byť označené nesprávne resp. iné objekty môžu byť označené za referenčné guľe. Zatižené či neúplne naskenované referenčné guľe nedokáže softvér rozoznať. Obrázok číslo 5 zobrazuje správne určené referenčné guľe zelenou farbou, guľe s malým počtom odrazených bodov sú žlté a čiastočne zatienená guľa neidentifikovaná programom je v červenom kruhu. Vyhľadane objekty boli manuálne skontrolované a nesprávne určené objekty vymazané. Na základe referenčných guľí prebieha referencovanie skenov automaticky. Po správnom spojení skenov bolo bodové mračno exportované v textovom formáte .xyz vhodného pre import a ďalšie spracovanie v programe DendroCloud 1.49.

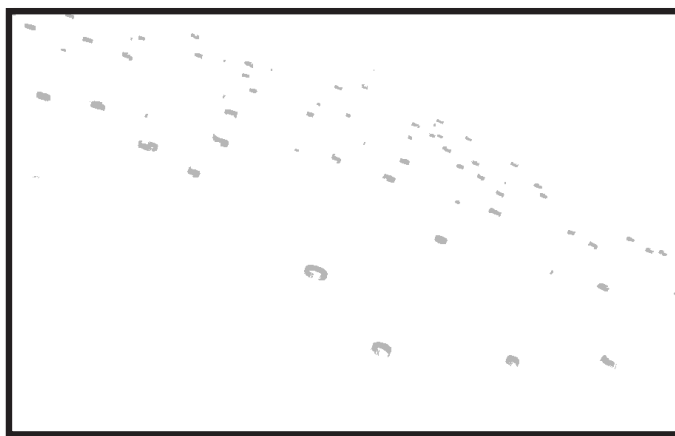


Obrázok číslo 5: Vyhodnotenie referenčných guľí.
Figure number 5: Evaluation of reference spheres.

Vytvorené bodové mračno obsahovalo veľké množstvo údajov nie len o výskumnej ploche ale aj v okolitom prostredí. Z toho dôvodu po importe údajov do programu Den-droCloud bolo bodové mračno filtrované pomocou funkcie *Filter by box*. Bodové mračno bolo filtrované s definovanou hranou štvorcovej základne 40 m a výškou 30 m čím sa odstránili prebytočné body, uľahčila manipulácia s bodovým mračnom a skrátil čas potrebný na spracovanie údajov.

Upravené bodové mračno bolo konvertované do trojrozsomernej mriežky (gridu) z bodového mračna. Rozsah vytvorenej mriežky zodpovedá rozsahu daného bodového mračna. Šírka a výška vytvoreného rastra je daná rozlíšením. Hodnota rozlíšenia by mala byť väčšia ako najväčší objekt na povrchu terénu v prípade danej výskumnej plochy bolo zvolené rozlíšenie 0,5 m. Vytvorený raster sa používa na vytvorenie vrstiev digitálnych modelov reliéfu (z ang. *Digital terrain model* DTM) a digitálnych modelov terénu (z ang. *Digital surface model* DSM), pomocou metódy vertikálnej projekcie (KOREŇ ET AL., 2014). Algoritmu vypočíta hodnotu agregáčnej funkcie zo všetkých bodov, ktoré spadajú do vnútra jednotlivých buniek rastra. Pomocou tejto funkcie sme vytvorili DTM z najnižších hodnôt jednotlivých buniek rastra.

Pozícia stromov bola v zmeraná vo výške 1,3 m preto bolo potrebné odvodiť pozíciu stromov z bodového mračna v rovnakej výške. Vytvorením 5 cm širokého rezu bodového mračna (obrázok číslo 6) 1,3 m nad DTM bolo zabezpečené správne miesto pre odvodenie pozície stromov. Na vytvorenie rezu bodovým mračnom bola použitá funkcia *cross-section*, jednotlivé body však v tomto kroku nemali vzájomný vzťah a netvorili tak skupiny opisujúce tvar kmeňov.



Obrázok číslo 6: 5 cm široký rez bodovým mračnom.

Figure number 6: 5 cm thick point cloud cross-section.

Na úspešnú identifikáciu stromov bolo potrebné vytvoriť skupiny bodov reprezentujúce jednotlivé kmene stromov. Priestorové zhluky bodov boli vytvorené funkciou *group*

by distance, na základe maximálnej vzdialenosti bodov od skupiny (2 cm). Následne skupiny bodov, ktoré mali menší počet bodov v skupine ako zadaný minimálny limit (200) boli automaticky odstránené. Nakoľko bodové mračná môžu obsahovať šum z krovin, vetiev alebo iných objektov bolo potrebné manuálne skontrolovať vytvorené skupiny bodov. Kontrola prebiehala v module *cross-section analyst*, ktorý slúži na interaktívne odvodenie hrúbky stromov, vizualizáciu rezov bodovým mračnom, manuálnu kontrolu či čistenie priestorových zhlukov bodov.

Odvodenie pozícií stromov prebiehalo súčasne s odvodením hrúbky stromov pomocou algoritmov, ktoré vytvoria kružnicu a čo najpresnejšie ju stotožnia s priestorovým zhlukom bodov. Proces prebiehal v dvoch krokoch pričom v prvom kroku sa odvodila hrúbka a pozícia stromov na základe geometrických vlastností priestorového zhliku bodov (*minimum bounding box*, *maximum distance*, *centroid*) a následne pomocou zlepšovacej metódy boli parametre jednotlivých stromov upresnené. Na upresnenie výpočtu bola použitá metóda *optimal circle*, ktorá pomocou multi-dimenzionálneho matematického optimalizačného algoritmu odvodí pozíciu a hrúbku na základe najnižšej hodnoty RMS. Metóda *optimal circle* využíva veľký počet opakovaných výpočtov hrúbky a pozície na základe malých posunov stredu kruhu a jeho veľkosti pokiaľ nedosiahne zadanú hodnotu RMS (0,001 m) alebo minimálny počet opakovaní (1000).

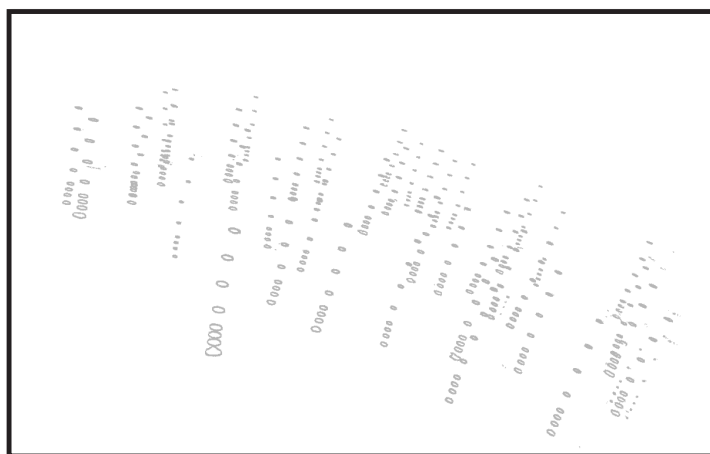
Pri vytváraní rezov často dochádza k chybe, kedy je jeden kmeň pretnutý dvomi alebo viacerými bunkami rastra. V prípade že bunky rastra majú rôznu hodnotu nadmorskej výšky dochádza k posunom v reze bodovým mračnom (obrázok číslo 7) a tým k nepresnému odvodeniu hrúbky stromu. Aby sa v práci predišlo danej chybe bola odvodená výška základne pre každý strom ktorá vyrovnala lokálne extrémny terén. Na základe odvodenej pozície stromov boli z bodového mračna funkciou *extract trunks* vybraté kmene stromov. Na interpoláciu terénu pri päte stromu bola použitá funkcia *tree base*. Funkcia vytvorila zrezaný kužeľ rozširujúci sa smerom dole tak že obsiahol celú pätu stromu a terén v jej okolí. Terén bol vyrovnaný ako priemerná hodnota bodov vybraných pomocou kužeľa. Takto vytvorená základňa stromu slúžila ako nulová hodnota pre odvodenie viacnásobných rezov bodovým mračnom.



Obrázok číslo 7: Posun v reze bodovým mračnom.

Figure number 7: Shift in point cloud cross-section.

Viacnásobné rezy bodovým mračnom boli vytvorené funkciou *Multiple cross-section*. Funkcia na základe zadaných parametrov a vypočítaných základní stromov automaticky vytvorí priestorové zhľady bodov v jednotlivých sekciách. Vytvorené boli rezy bodovým mračnom vo výškach 0,3 m, 0,7 m, 1,0 m, 1,3 m, 2 m, 3 m, 4 m, a 5 m (obrázok číslo 8). Šírka rezu bodovým mračnom bola 0,05 m. Vytvorené zhľady bodov bolo potrebné manuálne skontrolovať a odstrániť šum. Z vytvorených viacnásobných rezov bodovým mračnom bola odvodená hrúbka na všetkých kmeňoch a sekciách metódami *Centroid* a *Optimal circle*, postup odvodenia hrúbok bol popísaný vyššie. Odvodené hrúbky boli porovnané s referenčnými hodnotami a vyhodnotená správnosť ich odvodenia. Porovnaná bude aj správnosť odvodenia hrúbky v závislosti od výšky sekcie. Na štatistické vyhodnotenie údajov bol použitý program R verzia 3.44.



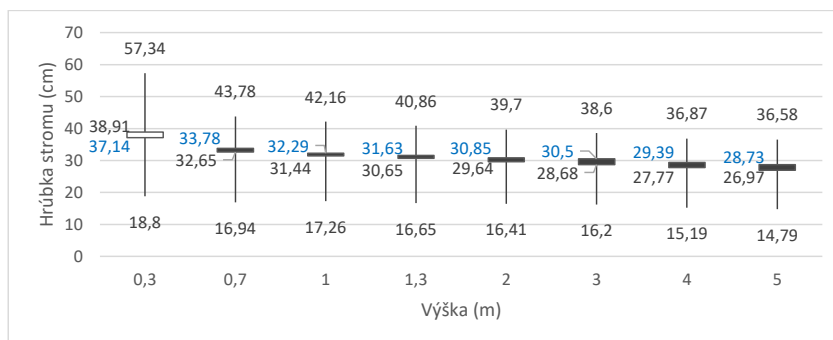
Obrázok číslo 8: Viacnásobný rez bodovým mračnom.
Figure number 8: Point cloud multiple cross-section.

4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

V práci bol overený postup odvodenia hrúbky stromov v rôznych výškach nad terénom s použitím multi-sken metódy (7 stanovísk skenera). Použitie metódy single-sken výrazne redukuje čas strávený na výskumnej ploche, zároveň však nasnímané body pokrývajú maximálne polovicu obvodu kmeňa stromu (ASRUP et al., 2014). Množstvo bodov v reze bodovým mračnom s hrúbkou 4 cm z rovnakej plochy obsahuje pri metóde multi-sken takmer trikrát viac bodov ako pri metóde single-sken (KOREŇ et al., 2017). Nakoľko metóda multi-sken pokrýva bodmi plochu kmeňa zo všetkých strán odvodenie hrúbky je presnejšie (LIANG et al., 2018).

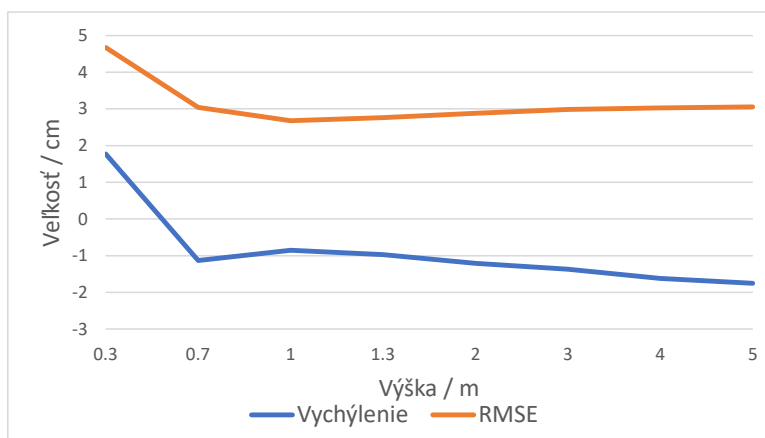
Pri štatistickom spracovaní sme porovnali odvodené hodnoty so skutočnými, na obrázku číslo 9 sú zobrazené priemerné referenčné hodnoty (modrá farba) a odvodené maximálne, minimálne a priemerné hodnoty (čierna farba) pre jednotlivé výšky. Odvodenie

$d_{1,3}$ so strednou kvadratickou chybou (RMSE) 2,76 cm bolo v priemere podhodnotené o 0,97 cm. Pri porovnaní hrúbok vo všetkých výškach odvodené hodnoty v priemere podhodnocovali skutočne namerané hrúbky o 0,89 cm s RMSE 3,19 cm. Najpresnejšie odvodené hodnoty boli vo výške 1 m nad zemou vychýlenie 0,85 cm a RMSE 2,68 cm.



Obrázok číslo 9: Zobrazenie referenčných (modrá) a odvodených (čierna) hrúbok stromov.
Figure number 9: Representation of reference (blue) and estimated (black) tree diameters.

YOU et al., (2016) v ich práci odvodzovali hrúbky kmeňov vo výškach od 0,5 m do 4 m na stromoch mimo lesného prostredia. Hrúbka rezu bodovým mračnom bola totožná s hrúbkou obvodometra (1 cm) a odvodená z bodového mračna v rovnakých výškach, v ktorých bola meraná referenčná hrúbka stromov. Pri porovnaní merania v rôznych výškach nepreukázali závislosť medzi rastúcou výškou a chybou odvodenia. Na obrázku číslo 10 je zobrazený priebeh vychýlenia a RMSE, na rozdiel od predchádzajúcej práce v našom prípade so stúpajúcou výškou stúpa chyba odvodenia hrúbok.



Obrázok číslo 10: Vychýlenie a RMSE.
Figure number 10: Bias and RMSE.

LIANG et al., (2016) popisujú problém merania vrchných častí kmeňov z dôvodu ich čiastočného zatienenia vetvami. RMSE pri automatickom odvodzovaní hrúbky spodnej najhodnotnejšej časti kmeňov bola 1,13 cm. MAAS et al. (2008) odvodili morfológickú krivku celého kmeňa stromov pričom dosiahli RMSE odvodenia krivky 4,7 cm. Najväčšia chyba bola zaznamenaná v prízemnej časti do 0,7 m (zapríčinená nepravidelným tvarom kmeňov) a vo vrchnej časti kmeňov viac ako 7,7 m (zapríčinená šumom vytvoreným vetvami). V časti kmeňov od 0,7 m do 7,7 m bola RMSE 1 cm. Aj v našej práci bola prízemná časť kmeňov odvodená s najväčšou RMSE (4,6 cm) a v priemere nadhodnotená o 1,77 cm. Chyba pri odvodení hrúbky kmeňa 0,3 m nad zemou bola spôsobená nepravidelným tvarom spodnej časti kmeňov v niektorých prípadoch poškodených predchádzajúcou ťažbou. Stredná kvadratická chyba odvodenia hrúbok 0,7 – 5 m nad zemou bola vyššia v porovnaní s predchádzajúcou prácou (2,92 cm).

Pri použití bodových mračien z pozemnej fotogrametrie bola dosiahnutá RMSE odvodenia hrúbky v $d_{1,3}$ 0,59 cm. Pri skúmaní vplyvu výšky na odvodenie hrúbky kmeňa bolo zistené, že najväčšia chyba odvodenia hrúbky je v spodnej časti stromu pri päte kmeňa a v hornej časti 3D virtuálneho modelu (2,7 m nad terénom). Autor pripisuje túto chybu vytvorenému modelu, pričom najväčší prekryt snímok a zároveň najmenšia chyba odvodenia hrúbky je práve v oblasti $d_{1,3}$, čím ďalej od $d_{1,3}$ tým viac stúpa chyba odvodenia (SUROVÝ et al., 2016). Chyba registrácie bodového mračna z viacerých skenov, môže mať vplyv na presnosť a chyby odvodenia hrúbky. Registrácia a spájanie bodového mračna sa najčastejšie vykonáva na základe referenčných gulí, ktoré sú sústredené v prízemnej časti. Predpokladá sa že presnosť registrácie bude najpresnejšia v blízkosti referenčných gulí a so stúpajúcou vzdialenosťou bude klesať (LIANG et al., 2011). V našej práci boli referenčné gule rozmiestnené vo výške od 1 m do 2 m pričom odvodené hrúbky v tejto výške sa vyznačujú najmenším vychýlením a najnižšou RMSE, zároveň s rastúcou vzdialenosťou hodnota vychýlenia a RMSE stúpa, čím výsledky našej práce teóriu potvrdzujú, avšak pre jednoznačné potvrdenie je potrebné bližšie preskúmanie závislosti.

5 ZÁVER

V práci bola prezentovaná metóda odvodenia hrúbky stromu v rôznych výškach nad terénom. Použitím spôsobu multi-sken pozemného laserového skenovania v dubovom poraste je možné vytvoriť bodové mračno s dostatočnou hustotou pre odvodenie stromových charakteristík. Výška v ktorej boli odvodené hrúbky stromov má vplyv na odvodenie hrúbky. V prízemných častiach, kde sa kmene vyznačujú veľkou variabilitou nepravidelného tvaru sa vyskytovala veľká chyba odvodenia. Pri použití danej metódy boli v priemere hodnoty prízemnej časti nadhodnotené. Od výšky 1 m, so stúpajúcou výškou stúvalo podhodnotenie referenčných údajov. Použitím prezentovanej metódy je možné odvodiť tvar stojacich stromov nedeštruktúrnym spôsobom, avšak je potrebné bližšie preskúmať dôvody podhodnocovania referenčných hodnôt. Taktiež je potrebné odvodiť hrúbky stromov

po celom kmeni stromu aby bolo možné odvodiť krivku kmeňa a odvodiť objem stojacich stromov presnejšie ako pomocou súčasne používaných metód.

Pod'akovanie

Príspevok bol vypracovaný s finančnou podporou Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied (VEGA), projekt č. 1/0881/17.

6 Literatúra

- ASTRUP, R., DUCEY, M. J., GRANHUS, A., RITTER, T., LÜPKE, N. 2014. Approaches for estimating stand-level volume using terrestrial laser scanning in a single-scan mode. In: *Canadian Journal of Forest Research*. 2014. [online]. vol. 44, no. 6, 666–676 p. [cit. 20. 02. 2019]. Dostupné na internete: <<http://dx.doi.org/10.1139/cjfr-2013-0535>>.
- BIENERT, A., MAAS, H., G., SCHELLER, S. 2006. Analysis of the information content of terrestrial laserscanner point clouds for the automatic determination of forest inventory parameters. In: *Workshop on 3D Remote Sensing in Forestry*. vol. 14, no. 15, pp. 1-7.
- CABO, C., DEL POZO, S., RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, P., ORDÓÑEZ, C., GONZÁLEZ-AGUILERA, D. 2018. Comparing terrestrial laser scanning (TLS) and wearable laser scanning (WLS) for individual tree modeling at plot level. In: *Remote Sensing*. 2018, vol. 10, no. 4, 540 p.
- FARO Technologies Inc., 2012. SCENE 5.1 - User Manual. [online]. 2018, [cit. 02. 03. 2019]. Dostupné na internete: <https://doarch332.files.wordpress.com/2013/11/e1020_scene_51_manual_en.pdf#page=77&zoom=100,0,474>.
- FORSMAN, M., BÖRLIN, N., HOLMGREN, J. 2016. Estimation of Tree Stem Attributes Using Terrestrial Photogrammetry with a Camera Rig. In: *Forests*. 2016, vol. 61, no. 3, 259-279 p.
- HUANG, H., LI, Z., GONG, P., CHENG, X., CLINTON, N., CAO, C., NI, W., WANG, L. 2011. Automated methods for measuring DBH and tree heights with a commercial scanning lidar. In: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 2011, vol. 77, no. 3, 219–227 p.
- HUNČAGA, M. 2017. Odvodenie hrúbky stromov pomocou pozemnej fotogrametrie: diplomová práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. Lesnícka fakulta. 2017. 50 s.
- KOREŇ, M., 2019. DendroCloud User Guide: Version1.49. 2019. [online]. 2019. [cit. 12. 02. 2019]. Dostupné na internete: <http://gis.tuzvo.sk/dendrocloud/download/dendrocloud_1_49.pdf>.
- KOREŇ, M., MOKROŠ, M., BUCHA, T. 2017. Accuracy of tree diameter estimation from terrestrial laser scanning by circle-fitting methods. In *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 63, pp. 122–128,
- KOREŇ, M., SLANČÍK, M., SUCHOMEL, J., DUBINA, J., 2015. Use of terrestrial laser scanning to evaluate the spatial distribution of soil disturbance by skidding operations. In: *iFor. – Biogeosci. For.* 8, 861–868. <http://dx.doi.org/10.3832/for1165-007>.
- LIANG, X., HYYPÄ, J. 2013. Automatic stem mapping by merging several terrestrial laser scans at the feature and decision levels. In: *Sensors*. vol. 13, no. 2, 1614–1634 p.
- LIANG, X., HYYPÄ, J., HOLOPAINEN, M. 2011. Stem curve measurement using terrestrial laser scanning. In: *Proceedings of 11th International Conference on LiDAR Applications for Assessing Forest Ecosystems*. 2011. p. 1-6.
- LIANG, X., HYYPÄ, J., KAARTINEN, H., LEHTOMÄKI, M., PYÖRÄLÄ, J., PFEIFER, N., HOLOPAINEN, M., BROLLY, G., FRANCESCO, P., HACKENBERG, J., HUANG, H., JO, H., KATOH, M., LIU, L., MOKROŠ, M., MOREL, J., OLOFSSON, K., PAVEDA-LOPEZ, J., TROCHTA, J., WANG, D., WANG, J., XI, Z., YANG, B., ZHENG, G., KANKARE, V., LUOMA, V., YU, X., CHEN, L., VASTARANTA, M., SAARINEN, N., WANG, Y. 2018. International benchmarking of terrestrial laser scanning approaches for forest inventories. In: *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 144, 137-179.

- LIANG, X., JAAKKOLA, A., WANG, Y., HYYPÄ, J., HONKAVAARA, E., LIU, J., KAATINEN, H. 2014, a. The use of a hand-held camera for individual tree 3d mapping, in forest sample plots. In: *Remote Sensing*. 2014. vol. 6, no. 7, 6587-6603 p.
- LIANG, X., KANKARE, V., HYYPÄ, J., WANG, Y., KUKKO, A., HAGGRÉN, H., YU, X., KAATINEN, H., JAAKKOLA A., GUAN, F., HOLOPAINEN, M., VASTARANTA, M. 2016. Terrestrial laser scanning in forest inventories. In: *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2016, vol. 115, 63-77p.
- LIANG, X., KANKARE, V., YU, X., HYYPÄ, J., & HOLOPAINEN, M. 2014, b. Automated stem curve measurement using terrestrial laser scanning. In: *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52(3), 1739-1748.
- MAAS, H. G., BIENERT, A., SCHELLER, S., KEANE, E. 2008. Automatic forest inventory parameter determination from terrestrial laser scanner data. In: *International journal of remote sensing*, 29(5), 1579-1593.
- MILLER, J., MORGENROTH, J., GOMEZA, CH. 2015. 3D modelling of individual trees using a handheld camera: Accuracy of height, diameter and volume estimates. In: *Urban Forestry & Urban Greening*. 2015, vol.14, p. 932-940.
- OLOFSSONA, K., & HOLMGRENA, J. 2017. Tree stem and canopy biomass estimates from terrestrial laser scanning data. In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(3/W3).
- OLOFSSON, K., HOLMGREN, J., OLSSON, H. 2014. Tree stem and height measurements using terrestrial laser scanning and the RANSAC algorithm. In: *Remote Sensing*. 2014, vol. 6, 4323-4344.
- SUN, Y., LIANG, X., LIANG, Z., WELHAM, C., LI, W. 2016. Deriving merchantable volume in poplar through a localized tapering function from non-destructive terrestrial laser scanning. In: *Forests* (2016), 7(4), 87.
- SUROVÝ, P., YOSHIMOTO, A., PANAGIOTIDIS, D. 2016. Accuracy of reconstruction of the tree stem surface using terrestrial close-range photogrammetry. In: *Remote Sensing*. 2016, vol. 8, 1-83p.
- VASTARANTA, M., GONZÁLEZ, L., LUOMA, V., SAARINEN, N., HOLOPAINEN, M., HYYPÄ J. 2015. Evaluation of a smartphone app for forest sample plot measurements In: *Forests*. 2015. vol. 6, 1179-1194 p.
- YOU, L., TANG, S., SONG, X., LEI, Y., ZANG, H., LOU, M., ZHUANG, C. 2016. Precise measurement of stem diameter by simulating the path of diameter tape from terrestrial laser scanning data. In: *Remote Sensing*, 8(9), 717.

Adresa autorov:
Ing. Milan Hunčaga
Katedra plánovania lesných zdrojov a informatiky
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: milanhuncagaml@gmail.com

Estimation of standing trees diameter in various heights above the terrain by terrestrial laser scanning.

Summary

Terrestrial laser scanning (TLS) is fast and precise method for acquisition of point clouds, which are used, for 3D modeling of forest and estimation of dendrometric variables. In our work, we focus on diameter estimation in different heights above terrain. Data were collected on the research plot with radius of 16 m. On research plot there is 100 % presence of Sessile oak (*Quercus petraea* Mill.) with average height 30,1 m and average diameter at breast height 31,8 cm. Research plot was scanned by terrestrial laser scanner FARO Focus^{3D} 120 with multi-scan method and seven scanner positions. For scan referencing and primary filtering, we used software FARO Scene 5.1. Point cloud was then processed in software DendroCloud 1.49, in which we filtered unsuitable points, derived digital terrain model, created multiple cross-sections in several heights and estimated diameters in created cross-sections.