

ANALÝZA VÝKONOVÝCH NORIEM A SPOTREBY ČASU LESNÝCH KOLESOVÝCH TRAKTOROV NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ANALYSIS OF PERFORMANCE STANDARDS AND TIME CONSUMPTION OF FOREST SKIDDERS IN THE SLOVAK REPUBLIC

LUKÁŠ ORLOVSKÝ ✉ - VALÉRIA MESSINGEROVÁ

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G. Masaryka 2117/24, 960 01 Zvolen, Slovak Republic

✉ e-mail: lukasorlovsky67@gmail.com

ABSTRACT

The effectivity of timber skidding process evaluated through the time consumption is mostly affected by the technology, ergonomic demands and environmental factors connected with the technology used. There is still an inadequate research effort aimed to time consumption and work effectivity of forest skidders in Slovakia, which is one of the causes of insufficient payments for their work. The paper compares time consumptions for particular work operations of the forest skidders calculated from the data from field measurements compared with standardized forest skidders time consumptions published in the Collection of performance standards (MLVH 1992) of the Ministry of Agriculture of the Slovak Republic. Measuring the time consumption of skidders was carried out using the methods of continual time study, i.e. by connecting the work day snapshot with the fluent chronometry. The results confirmed statistically significant differences in time consumption for particular work operations such as winching and work on the forest landing between cable and cable-grapple skidder. Generalized linear models confirmed that particular work operations (winching, skidding and works on the forest landing) in both technologies are affected by the same production factors. We found significant differences of the basic standardized times for the particular work operations (Calculated standardized times on based measured time versus actual standards of the Slovak Ministry) only in the case of the HSM 805 HD skidder.

For more information see Summary at the end of the article.

Kľúčové slová: spotreba času; lesné kolesové traktory; výkonové normy; časová štúdia; vyťahovanie; približovanie

Key words: time consumption; wheeled skidders; performance standards; time study; winching; skidding

ÚVOD

Traktorové technológie prešli za posledné roky rozsiahlym technickým a technologickým vývojom z hľadiska ergonomie (usporiadanie ovládacích prvkov), výkonnosti a vybavenia lesného kolesového traktora (rádiové ovládanie, hydraulický manipulátor atď.), preto vzniká oprávnený nárok na pravidelnú aktualizáciu výkonových noriem, ktoré by predovšetkým uľahčili proces plánovania a kontroly prác vykonávaných touto technológiou. Lesné kolesové traktory patria medzi najzastúpenejší ťažbovo-dopravný prostriedok, vykonávajúci sústreďovanie na území Slovenskej republiky (SR), pričom najčastejšie používané sú úväzkové lesné kolesové traktory typu LKT 81 a LKT 81T, hoci v mnohých krajinách sa práve bezúväzkové lesné kolesové

traktory ukázali byť efektívnejšie a produktívnejšie (BEMBENEK et al. 2011; MOUSAVI et al. 2013).

Platné výkonové normy Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky (MP SR) pre traktorové technológie, ktoré sú uverejnené v Zborníku výkonových noriem č. 24/1992 (MLVH 1992), obsahujú výkonové normy pre pásové, univerzálne a lesné kolesové traktory. Tieto výkonové normy boli vypracované na základe snímok priebehu práce a časových pozorovaní lesných kolesových traktorov (MLVH 1992). Uvedené výkonové normy neboli prepracované ani aktualizované už dlhší čas a v súčasnosti nezodpovedajú požiadavkám, kladeným na moderné lesné kolesové traktory z hľadiska ergonomie a ekológie, keďže sa v modernej koncepcii vykonávania ťažbových prác predpo-

kladá, že dané ťažbové práce by sa mali vykonávať nielen efektívne z hľadiska ekonomiky a bezpečnosti práce, ale mali by spôsobovať iba minimálne poškodenie lesných ekosystémov (GIEFING et al. 2012). Rovnaký problém, ako v prípade zborníkových výkonových noriem, sa javí aj pri výkonových normách v programe KRPK (kalkulácie, rozpočet, plánovanie, kontrola – oficiálny softvérový produkt, ktorý slúži na plánovanie, organizovanie a riadenie štátneho podniku Lesy SR), ktoré sú určené na odmeňovanie prác v ťažbe a doprave dreva, vykonávaných dodávateľským spôsobom. Výkonové normy pre traktorové technológie v programe KRPK nie sú ničím iným, ako výsledkom prepracovania pôvodných zborníkových výkonových noriem do požadovanej štruktúry programu KRPK (MARKO 2007). Aktuálnosť zapracovania bezúväzkových lesných kolesových traktorov do výkonových noriem určených pre dodávateľskú sféru potvrdzuje aj skutočnosť, že v súčasnosti viac ako 95 % výkonov pestovnej a ťažbovej činnosti sa zabezpečuje dodávateľsky (KOVALČÍK 2019). Pre porovnanie, české výkonové normy pre traktorové technológie sú aktuálnejšie (z roku 2001) a sú členené aj na základe toho, či daný univerzálny, prípadne lesný kolesový traktor je vybavený rádiovým ovládaním (NOUZOVÁ, NOUZA 2001). Tieto výkonové normy sú zjednodušené (členené len na jeden základný normočas, ktorý sa odčíta z noriem na základe údajov o približovacej vzdialenosti a stredného objemu kmeňa v prípade vzdialenosti vyťahovania do 30 m, pri prekročení danej vzdialenosti vyťahovania sa samostatne pripočítava základný normatív na každých ďalších 10 metrov vyťahovania lana a doplnkové normatívy bližšie špecifikujú pracovné operácie na sklade dreva) v porovnaní s výkonovými normami Zborníka (MLVH 1992), ktoré sú členené až na 3 čiastkové základné normočasy pre vyťahovanie, približovanie a práce na sklade dreva. Niektoré lesnícke subjekty v Českej republike, napr. Lázeňské lesy Karlovy Vary, príspevková organizace, podobne ako aj u nás napr. štátny podnik Lesy SR, majú vypracované vlastné vnútro podnikové výkonové normy (NOUZA, NOUZOVÁ 2012) pre jednotlivé pracovné operácie v lesnom hospodárstve.

Časovými štúdiami lesných kolesových traktorov sa zaoberá množstvo zahraničných autorov v rôznych krajinách sveta. Väčšina zahraničných štúdií bola orientovaná len na jeden lesný kolesový traktor (BEHJOU et al. 2008; ZEČIĆ et al. 2010; LOTFALIAN et al. 2011; BORZ et al. 2014; MARČETA et al. 2014; BORZ et al. 2015; KULAK et al. 2019) alebo sa zamerali na porovnanie výkonnosti a efektívnosti sústreďovania úväzkovými a bezúväzkovými lesnými kolesovými traktormi (KLUENDER et al. 1997; GAWART 1998; MEDERSKI et al. 2010; MOUSAVI et al. 2013; PROTO et al. 2018). GAWART (1998) uskutočnil časovú štúdiu lesných kolesových traktorov v Kanade a potvrdil, že drapákový lesný kolesový traktor bol 2,47-krát produktívnejší v porovnaní s lesným kolesovým traktorom vybaveným lanovým navijakom. Podobné výsledky prezentujú vo svojej štúdií aj MEDERSKI et al. (2010), ktorí porovnávali produktivitu bezúväzkového lesného kolesového traktora HSM 904Z 6WD s úväzkovým lesným kolesovým traktorom RSG, pričom zistili, že bezúväzkový lesný kolesový traktor HSM dosiahol viac než dvojnásobne vyššiu produktivitu v porovnaní s úväzkovým lesným kolesovým traktorom RSG. PROTO et al. (2018) vo svojej štúdií porovnávali úväzkový a bezúväzkový spôsob sústreďovania pomocou lesného kolesového traktora John Deere 548H v južnom Taliansku. Výsledky tejto štúdie nepoukázali na žiadny štatisticky významný rozdiel v produktivite približovania dvoma metódami (dvojbubnový navijak verzus hydraulický drapák). NAJAFI et al. (2007) uskutočnili časovú štúdiu o lesnom kolesovom traktore HSM-904 na získanie matematického modelu a na výpočet výrobných nákladov v severnom Iráne. Výsledky štúdie ukázali, že čas jazdy traktora závisí od približovacej vzdialenosti a počtu sústreďovaných kmeňov v náklade pracovného cyklu. HOWARD (1987) vo svojej štúdií skúmal produktivitu bezúväzkových lesných kolesových traktorov v borovicových porastoch. Dospel k zisteniu, že celkový čas cyklu približovania je ovplyvnený približovacou vzdialenosťou, výkonom lesného kolesového traktora a počtom kmeňov na otáčku. BEHJOU et al. (2008) študovali produkti-

vitú približovania úväzkovým lesným kolesovým traktorom Timberjack 450C v strmom a náročnom teréne. Zistili, že celkový čas cyklu bol ovplyvnený predovšetkým približovacou vzdialenosťou, vyťahovacou vzdialenosťou a interakciou medzi približovacou vzdialenosťou a sklonom. ADAMS (1997) uviedol, že premenné – veľkosť kmeňa, sklon, približovacia vzdialenosť a objem nákladu na jeden pracovný cyklus, sa ukázali ako štatisticky významné pri približovaní nákladu z porastu na odvozné miesto.

Časové štúdie sú bežným nástrojom na hodnotenie ťažbových operácií a identifikáciu úzkych miest, môžu byť však časovo dosť náročné (BRADLEY et al. 1976; BOLDING 2008; BAZGHANDI 2012). Väčšinou boli časové štúdie zamerané na zisťovanie efektívnosti výroby, výrobných nákladov, ako aj na určovanie faktorov ovplyvňujúcich spotrebu času a produktivitu približovania (MOUSAVI 2012b). Jednou z aplikácií časových štúdií je aj ich použitie v porovnávacích štúdiách (MOUSAVI 2012a). Posúdenie účinnosti výrobného systému v ťažbových operáciách sa vykonáva pomocou technik merania práce, ktoré sa používajú na vyvíjanie modelov alebo na porovnanie dvoch, alebo viacerých alternatívnych úprav (BORZ et al. 2013). Znalosť efektívnosti zariadení používaných v ťažbovo-dopravnom procese môže pomôcť lepšej organizácii výroby, zatiaľ čo hodnotenie ich vplyvu na životné prostredie je veľmi užitočné pri formulovaní stratégií a politik (MAGAGNOTTI, SPINELLI 2012). Efektívnosť približovacích operácií závisí od kvalifikácie operátora lesného kolesového traktora, mechanického stavu zariadenia a od dostatočného objemu sústreďeného nákladu, ktorý je ovplyvnený podmienkami porastu a predpisom ťažby (KLUENDER et al. 1997). Cieľom štúdie bolo (I) vykonať analýzu kontinuálnej časovej štúdie sledovaných úväzkových a bezúväzkových lesných kolesových traktorov, (II) porovnať spotrebu času a predikčné modely čiastkových pracovných operácií úväzkových a bezúväzkových lesných kolesových traktorov a (III) porovnať vypočítané normočasy pre jednotlivé čiastkové pracovné operácie úväzkových a bezúväzkových lesných kolesových traktorov so zborníkovými normami Ministerstva pôdohospodárstva SR z roku 1992 (MLVH 1992) určených pre traktorové technológie. Hypotézou tejto práce bolo overenie spotreby času jednotlivých pracovných operácií lesných kolesových traktorov pri zmenených ekonomických a ergonomických požiadavkách, ktoré vyplývajú zo zmeny technologických postupov, zásad bezpečnosti práce a zvýšených environmentálnych požiadaviek.

MATERIÁL A METODIKA

Merania spotreby času lesných kolesových traktorov boli realizované od konca mája do konca septembra 2019 vo Vysokoškolskom lesníckom podniku (VŠLP) vo Zvolene predovšetkým počas letných mesiacov jún a júl. Tieto merania spotreby času nezohľadňujú zmeny terénnych podmienok v priebehu zimných mesiacov, a preto nemôžu byť použité pre výpočet výkonnosti a spotreby času lesných kolesových traktorov v zimnom období. Skúmanie spotreby času lesných kolesových traktorov sme uskutočnili pomocou snímky priebehu práce, čiže spojením snímky pracovného dňa a plynulej chronometráže. V rámci časovej štúdie sme skúmali spotrebu času štyroch lesných kolesových traktorov (HSM 805HD, LKT 81 ITL (HM) s hydraulickým manipulátorom, LKT 81T a LKT 81 ITL), ktoré vykonávali sústreďovanie v 19 porastoch, prevažne bukových, bukovo-dubových a bukovo-jedľových. Technické parametre sledovaných lesných kolesových traktorov zobrazuje tab. 1. Charakteristiku skúmaných porastov, v ktorých bolo vykonané sústreďovanie, zobrazuje tab. 2. Uvedené lesné kolesové traktory na základe spôsobu sústreďovania nákladu môžeme rozčleniť na úväzkové (LKT 81 ITL, LKT 81T) a bezúväzkové (LKT 81 ITL (HM), HSM 805HD). Obr. 1 a 2 zobrazujú uvedené typy lesných kolesových traktorov. Pracovné skupiny lesných kolesových traktorov pozostávali prevažne z troch členov (operátor lesného kolesového traktora a dvaja piliari), len v prípade lesného kolesového traktora



Foto/Photo: L. Orlovský 2019

Obr. 1.
LKT 81 ITL (HM) (bezúväzkový lesný kolesový traktor)

Fig. 1.
LKT 81 ITL (HM) (cable-grapple skidder)



Foto/Photo: L. Orlovský 2019

Obr. 2.
LKT 81T (úväzkový lesný kolesový traktor)

Fig. 2.
LKT 81T (cable skidder)

LKT 81 ITL išlo o dvojčlennú pracovnú skupinu, tvorenú operátorom traktora a piliarom. Každý sledovaný lesný kolesový traktor v tejto prípadovej štúdií mal svojho stáleho operátora s niekoľkoročnou praxou a samostatnú pracovnú skupinu piliarov. Spotrebu jednotkových, dávkových a zmenových časov sme zaznamenávali pomocou snímkov pracovného dňa s presnosťou na minúty. Zaznamenávali sme aj výskyt stratových časov a dôvod ich vzniku. Stratové časy sme rozdelili na dve kategórie, a to: technicko-organizačné (spôsobené technicko-organizačnými nedostatkami) a osobné straty času. Časy pracovnej zmeny operátorov lesných kolesových traktorov boli členené na základe stredo európskej klasifikácie časov publikovanej autormi (KLOUDA et al. 1988; LHOŤSKÝ 2005; DVOŘÁK et al. 2010). Komplexný pracovný cyklus sústredovania sme pre potreby normovania práce a na základe členenia normočasov v Zborníku výkonových noriem č. 24 (MLVH 1992) rozdelili na 3 čiastkové pracovné operácie, a to: vyťahovanie, približovanie a práce na sklade dreva. Spotrebu času uvedených čiastkových pracovných operácií sme zaznamenávali pomocou plynulej chronometráže s presnosťou na sekundy počas celého trvania pracovnej zmeny. Pre každú skúmanú čiastkovú pracovnú operáciu boli stanovené medzné body, ktoré určovali presný začiatok a koniec vykonávania danej pracovnej operácie. V rámci časovej štúdie sme uskutočnili 44 snímkov pracovného dňa, pričom bolo zameraných 197 plynulých chronometráží (pracovných cyklov) lesných kolesových traktorov. Okrem spotreby času operátorov lesných kolesových traktorov sme sa zamerali aj na výrobné faktory ovplyvňujúce spotrebu času daných čiastkových pracovných operácií, a to: vyťahovacia vzdialenosť, približovacia vzdialenosť, počet kmeňov v náklade, objem nákladu pracovného cyklu, druh dreveniny a priemernú objemovosť sústredených kmeňov. Približovacia vzdialenosť a vzdialenosť vyťahovania sme merali pomocou laserového diaľkomeru TruPulse 360B. Okulárne sme zaznamenávali počet kmeňov v náklade a druh ťaženej dreveniny. Na základe údajov o dĺžke a strednej hrúbke kmeňa bol vypočítaný pomocou Huberovho vzorca objem nákladu každého pracovného cyklu lesného kolesového traktora.

V priebehu meraní spotreby času lesných kolesových traktorov sa nezasahovalo do pracovného procesu operátorov lesných kolesových traktorov pracovnými príkazmi a odporúčanými technologickými postupmi zo strany časomerača, ktoré by mohli ovplyvniť bežný pracovný stav. Vyberaní boli predovšetkým operátori lesných kolesových traktorov, od ktorých sa očakávalo, že dodržia všetky pracovné a bezpečnostné predpisy. Operátori lesných kolesových traktorov boli pred uskutočnením meraní spotreby času informovaní o meraní jednotlivých zložiek časov pracovnej zmeny a o zaznamenávaní sledovaných výrobných faktorov. Všetky vyhotovené formuláre snímkov pracovného dňa a plynulých chronometráží boli prepisované do elektronickej podoby pre zachovanie čitateľnosti. Pred spracovaním meraní spotreby

Tab. 1.
Charakteristika sledovaných lesných kolesových traktorov
Specifications of the monitored skidders

Parameter/Parameter	Typ traktora/Skidder type			
	HSM 805HD	LKT 81 ITL (HM)	LKT 81 ITL	LKT 81T
Výkon motora/Engine power (kW)	129	85	85	74
Vek traktora [roky]/Age of skidder [years]	12	1	3	24
Dĺžka/Length [mm]	6200	6335	5800	5700
Šírka/Width [mm]	2700	2550	2450	2484
Výška/Height [mm]	3090	3050	3050	2780
Hmotnosť/Mass [kg]	12 100	8500	7300	6900

času lesných kolesových traktorov sa uskutočnilo očistenie časového radu, čiže došlo k vylúčeniu nevierohodných údajov a chybných meraní z časového radu. Vylučovanie nevierohodných dát sa realizovalo porovnávaním strednej hodnoty spotreby času konkrétnej pracovnej operácie lesného kolesového traktora v porovnateľných podmienkach s jednotlivými hodnotami meraní časového radu a následne boli veľmi vychýlené, respektíve extrémne hodnoty merania v odôvodniteľných prípadoch vylúčené. Vylúčené zo spracovávania dát boli aj prvé merania spotreby času sledovaných operácií lesných kolesových traktorov a zo snímok pracovného dňa boli vylúčené tie snímky, ktoré boli výrazne ovplyvnené nepriaznivým počasím (dlhotrvajúci dážď) alebo výskytom dlhotrvajúcich technicko-organizačných strát času. Pre sledované pracovné operácie lesných kolesových traktorov boli vytvorené predikčné modely pomocou zovšeobecnených lineárnych modelov (Generalized linear model). Predikčné modely boli vytvárané postupnou regresnou technikou, ktorá predstavovala zahrnutie všetkých možných nezávislých premenných do modelu a následné vylúčenie tých premenných, ktoré pri zvolenej hladine významnosti nepreukázali žiadny štatistický význam. Pre každý vytvorený predikčný model bola vypočítaná hodnota AIC (Akaike Information Criterion), aby sa získal podklad pre výber najvhodnejšieho modelu. Na základe výsledkov časových štúdií operátorov lesných kolesových traktorov sme pristúpili k výpočtu základných normočasov pre jednotlivé čiastkové pracovné operácie (vyťahovanie, približovanie a práce na sklade dre-

va) lesných kolesových traktorov. Tieto normočasy boli vypočítané pre každý sledovaný lesný kolesový traktor a pre každý dielec, v ktorom sa uskutočnilo sústreďovanie. Vypočítané boli len základné normočasy pre sledované pracovné operácie bez zohľadnenia percentuálnych úprav (prirážok a zrážok) k daným normočasom. Pred začatím testovania vypočítaných normočasov sme vykonali test normality pre všetky sledované premenné pomocou Shapiro-Wilk testu. Následne po teste normality boli vypočítané normočasy pre jednotlivé sledované pracovné operácie porovnávané so zborníkovými normočasmi použitím neparametrických testov, a to Kruskal-Wallis a Wilcoxon test. Celú štatistickú analýzu sme uskutočnili pomocou štatistického programu STATISTICA 12.0 (Statsoft 2012).

VÝSLEDKY

Percentuálne zastúpenie jednotkových, dávkových a zmenových časov v pracovnej zmene operátorov lesných kolesových traktorov zobrazuje tab. 3. Z výsledkov uvedených v tejto tabuľke vyplýva, že v priemere najväčší podiel z pracovnej zmeny zaberá čistý čas práce operátora lesného kolesového traktora. Najnižší podiel čistého času práce zaznamenal operátor lesného kolesového traktora LKT 81T (67%), naopak, najvyšší podiel čistého času práce bol registrovaný v prípade operátora traktora LKT 81 ITL (86%) v priemere za všetkých sledovaných

Tab. 2.
Charakteristiky sledovaných porastov
Characteristics of the studied stands

Dielec/ Subcompartment	Typ traktora/ Skidder type	Výmera dieľa/ Land area (ha)	Vek porastu [roky]/Stand age [years]	Zastúpenie/ Species composition (%)	Zakmenenie/ Stand density	Približovacia vzdialenosť/ Skidding distance (m)	Vzdialenosť vyťahovania/ Winching distance (m)	Skon porastu/ Slope (%)
1318	HSM 805HD	11,15	100	BK 6; HB 2; DB 2	0,80	424	21	30
1322	HSM 805HD	10,74	95	BK 7; DB 2; SM 1	0,80	87	9	30
1315	HSM 805HD	18,69	105	BK 6; DB 2; JD 2	0,70	1099	18	30
1317	HSM 805HD	20,14	100	BK 9; DB 1	0,70	467	25	30
1324	HSM 805HD	12,25	95	BK 7;DB 2; HB 1	0,96	1193	38	30
1338b	HSM 805HD	3,67	90	HB 4; DB 5; JD 1	0,67	1073	12	15
1291	HSM 805HD	5,51	105	BK 6; DB 2; HB 2	0,70	1356	23	60
1330	HSM 805HD	6,79	100	BK 8; HB 2	0,88	1833	16	35
1320	HSM 805HD	19,10	95	BK 5; SM2; DB 2; BR 1	0,78	470	17	30
1290	HSM 805HD	13,27	120	BK 9; DB 1	0,71	616	19	30
721	LKT 81 ITL(HM)	7,86	105	BK 6;JD 3; SM 1	0,65	316	21	15
851c	LKT 81 ITL(HM)	12,50	35	SM 6; BK 2; BO 2	1	618	18	20
745	LKT 81 ITL(HM)	16,16	105	BK 6; JD 3; JS 1	0,65	526	21	35
581	LKT 81 ITL(HM)	10,20	130	DB 5; CR 4; HB 1	0,71	619	16	30
1091	LKT 81 T	13,40	120	BK 8; CR 1; DZ 1	0,75	150	7	35
1093	LKT 81 T	12,60	120	BK 8; DB 2	0,78	300	11	35
234	LKT 81 T	15,38	105	DB 5; BK 4; HB 1	0,83	1059	12	40
1094a	LKT 81 T	8,74	120	BK 5; CR 3; DB 2	0,75	178	9	35
253	LKT 81 ITL	4,88	150	BK 9; DB 1	0,73	1112	17	40
250	LKT 81 ITL	14,44	120	BK 10	0,78	986	5	40

Vysvetlivky/Captions: BK – buk/beeche, DB – dub/oak, HB – hrab/hornbeam, JD – jedľa/fir, CR – cér/Turkey oak SM – smrek/spruce, JS – jaseň/ ash, BO – borovica/ pine

operátorov lesných kolesových traktorov; to predstavuje percentuálny podiel 76,2 %. Zvyšný podiel 23,8 % pripadá na neoperatívne časy pracovnej zmeny (technická obsluha pracoviska, príprava a ukončenie práce, údržba stroja, atď.), z čoho najväčší podiel, 9,75 %, zaberá čas technickej obsluhy pracoviska. Nasledujú biologické a oddychové prestávky s podielom 3,02 %. Najnižší priemerný percentuálny podiel neoperatívnych časov 1,35 % zaberajú pracovné príkazy. Stratové časy pracovnej zmeny s najvyšším zastúpením technicko-organizačných strát času, ktoré predstavujú podiel 92 % zo všetkých zaznamenaných stratových časov. Osobné straty času, ktoré boli spôsobené predovšetkým osobnými telefonátmi operátorov lesných kolesových traktorov a rozhovormi s THP (technicko-hospodárskymi pracovníkmi) na mimopracovnú tému, zaberajú v priemere len nepatrný podiel 0,2 % z času pracovnej zmeny. Výrazné rozdiely v percentuálnom zastúpení technickej obsluhy pracoviska medzi operátormi traktorov (HSM 805HD, LKT 81T, LKT 81 ITL(HM)) v porovnaní s operátorom traktora LKT 81 ITL boli spôsobené tým, že operátori lesných kolesových traktorov zamestnaní VŠLP TU Zvolen zabezpečovali častejšie presun traktorov z miesta lesnej správy do porastu, prípadne boli dané lesné kolesové traktory presúvané na pracovisko na väčšiu vzdialenosť z miesta parkovania v porovnaní s lesným kolesovým traktorom, dodávateľom ťažbových prác (LKT 81 ITL). Najvyšší percentuálny podiel času technickej obsluhy pracoviska zaznamenal operátor lesného kolesového traktora LKT 81 T (17,2 %). Dôvod vyššieho zastúpenia času technickej obsluhy pracoviska tohto operátora lesného kolesového traktora v porovnaní s ostatnými sledovanými operátormi lesných

kolesových traktorov bol spôsobený vyššou frekvenciou presunu traktora medzi jednotlivými pracoviskami, ako aj výrazne dlhou vzdialenosťou presunu a nižšou konštrukčnou rýchlosťou tohto traktora (25 km.h⁻¹) v porovnaní s ostatnými sledovanými lesnými kolesovými traktormi. Z porovnania percentuálneho zastúpenia času opráv porúch strojov sledovaných operátorov lesných kolesových traktorov vyplýva, že operátori traktorov (LKT 81 ITL (HM), LKT 81 ITL) dosiahli výrazne nižšie percentuálne zastúpenie tohto zmenového času v porovnaní s operátormi traktorov (HSM 805HD a LKT 81T). Tento výrazný rozdiel je možné vysvetliť rozdielnym vekom sledovaných lesných kolesových traktorov (tab. 1), kde s rastúcim vekom traktora dochádza pochopiteľne k zvýšenému nárastu porúch strojov, a tým aj k nárastu času venovanému ich opravám. Pri porovnaní veľkosti technicko-organizačných strát času operátorov lesných kolesových traktorov vyplýva, že operátor traktora LKT 81 ITL zaznamenal výraznejšie vyšší podiel týchto stratových časov v porovnaní s ostatnými sledovanými operátormi traktorov (tab. 3). Tento rozdiel je možné vysvetliť rozdielnou veľkosťou pracovnej skupiny (1+1 verus 1+2), kde pracovná skupina pri lesnom kolesovom traktore LKT 81 ITL bola zložená len z dvoch členov: operátora lesného kolesového traktora a piliara, čo viedlo aj k častejšiemu výskytu strát času z dôvodu čakania operátora lesného kolesového traktora na skončenie práce piliara (doopíľovanie kmeňov).

Priemernú spotrebu času čiastkových prvkov pracovného cyklu a výrobných faktorov úväzkových a bezúväzkových lesných kolesových traktorov zobrazuje tab. 4. Z porovnania spotreby času pracovnej ope-

Tab. 3.

Priemerné percentuálne zastúpenie jednotkových, dávkových a zmenových časov v priebehu pracovnej zmeny sledovaných operátorov lesných kolesových traktorov

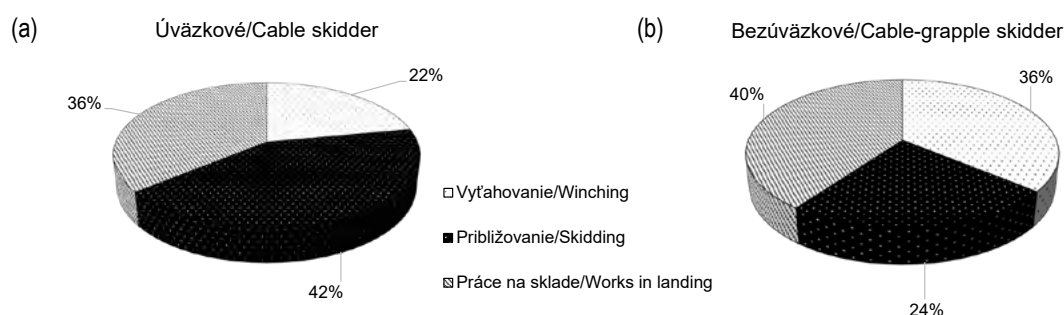
Average share [%] of unit, batch and shift times during the working shift of monitored operators of wheeled skidders (Dvořák et al. 2011)

Zložky pracovnej zmeny/ Shift time	Typ lesného kolesového traktora/Skidder type			
	HSM 805HD	LKT 81 ITL (HM)	LKT 81 ITL	LKT 81T
	%			
Čistý čas práce sústreďovania (T_{A1})/ Net time work (T_{A1})	73,8	78	86	67
Príprava a ukončenie práce (T_{B101})/ Work preparation and termination (T_{B101})	1,7	2,7	3,6	4
Pracovné príkazy (T_{B102})/ Work orders (T_{B102})	0,8	1,7	0,9	2
Technická obsluha pracoviska (T_{C103})/ Technical service of the workplace (T_{C103})	12	9	0,8	17,2
Údržba stroja (T_{C104})/ Technical service of the machine (T_{C104})	2,8	1,8	2,1	2
Oprava porúch stroja (T_{C105})/ Machine defaults repair (T_{C105})	3,6	0,2	0,4	4,5
Biologické a oddychové prestávky (T_2)/ Biological and recreational breaks (T_2)	4,5	4,4	1,6	1,6
Technicko-organizačné straty (T_E)/ Technical-organizational losses (T_E)	0,6	2	4,4	1,7
Osobné straty (T_D)/ Personal losses (T_D)	0,2	0,2	0,1	0,2
Celkový čas pracovnej zmeny (T)/ Total working time (T)	100	100	100	100

rácie vyťahovanie lesných kolesových traktorov vyplýva, že operátori bezúväzkových lesných kolesových traktorov spotrebovali v priemere o 52 % viac času na túto pracovnú operáciu v porovnaní s operátormi úväzkových lesných kolesových traktorov. Čo sa týka spotreby času pracovnej operácie práce na sklade dreva, najnižšia spotreba tohto času bola zaznamenaná pri operátorovi lesného kolesového traktora LKT 81T. Príčina nižšej spotreby tohto času v porovnaní s ostatnými operátormi traktorov môže súvisieť s najnižším sústreďovaným objemom nákladu, len 5,43 m³ spomedzi všetkých sledovaných operátorov lesných kolesových traktorov (tab. 4). Z porovnania výrobných faktorov lesných kolesových traktorov vyplýva, že operátori bezúväzkových lesných kolesových traktorov zostavovali náklad z väčšieho počtu kmeňov (6,79 ks) v porovnaní s operátormi úväzkových lesných kolesových traktorov (5,37 ks). To sa odrazilo aj na vyššom objeme nákladu na otáčku v prípade operátorov bezúväzkových lesných ko-

lesových traktorov o 3 %. Najvyššia hodnota priemernej približovacej vzdialenosti bola registrovaná pri lesnom kolesovom traktore LKT 81 ITL (1111,51 m), ktorý zároveň sústreďoval aj najväčší objem nákladu spomedzi všetkých sledovaných operátorov lesných kolesových traktorov (tab. 4). Dôvodom vysokej približovacej vzdialenosti bola predovšetkým ochrana časti odvoznej cesty, nakoľko v prípade kratšej približovacej vzdialenosti (500 m) by sa časť sústreďovania musela realizovať priamo po vozovke odvoznej cesty, čo by mohlo spôsobiť vážne poškodenie tejto cestnej komunikácie.

Rozloženie času prvkov pracovného cyklu úväzkových a bezúväzkových lesných kolesových traktorov zobrazuje obr. 3a a 3b. Čiastková pracovná operácia približovanie je časovo najnáročnejším prvkom v prípade úväzkových lesných kolesových traktorov, po ktorom nasledujú práce na sklade dreva a vyťahovanie. V prípade bezúväzkových lesných kolesových traktorov sú najnáročnejšou operáciou práce na



Obr. 3. Rozloženie času prvkov pracovného cyklu úväzkových (a) a bezúväzkových (b) lesných kolesových traktorov
Fig. 3. Time distribution of work operation elements during work cycle of cable (a) and cable-grapple (b) skidders

Tab. 4. Priemerná spotreba času čiastkových pracovných operácií skúmaných lesných kolesových traktorov
Average time consumption of work operation elements of monitored skidders

Čiastková pracovná operácia/ Element work operation	Typ lesného kolesového traktora/Skidder type			
	LKT 81 ITL (HM)	HSM 805 HD	LKT 81T	LKT 81 ITL
	(min)			
Vyťahovanie/Winching	31,31	17,60	9,75	15,63
Približovanie/Skidding	15,80	14,54	17,89	32,68
Práce na sklade dreva/Works in landing	28,83	23,21	18,60	23,42
Celkový čas cyklu/Total working time	74,71	54,81	45,70	69,63
Priemerný čas pracovnej zmeny/Average working time	449,00	458,00	452,00	436,00
Výrobné faktory/Production factors				
Počet kmeňov v náklade (ks)/Number of logs in load (pcs)	7,98	5,59	5,06	5,68
Objem nákladu/Volume load (m ³)	7,95	6,96	5,43	9,40
Vzdialenosť vyťahovania/Winching distance (m)	17,34	17,65	11,08	15,15
Približovacia vzdialenosť/Skidding distance (m)	533,68	699,46	545,85	1111,51

sklade dreva, po ktorej nasleduje vyťahovanie a najmenší podiel bol zaznamenaný pri pracovnej operácii približovanie.

Tabuľka 5 zobrazuje porovnanie zovšeobecnených lineárnych modelov (Generalized linear model) vypočítaných pre pracovné operácie (vyťahovanie, približovanie a práce na sklade dreva) operátorov úväzkových a bezúväzkových lesných kolesových traktorov.

Porovnanie vypočítaných základných normočasov pre jednotlivé pracovné operácie sledovaných lesných kolesových traktorov so zborníkovými normočasmi MP SR a normočasmi vypočítanými VŠLP zobrazuje tab. 6.

Výsledky porovnania vypočítaných základných normočasov pracovných operácií lesných kolesových traktorov so zborníkovými normočasmi a normočasmi VŠLP uskutočnenými pomocou Kruskal-Wallis testu zobrazuje tab. 7. Z výsledkov zobrazených v tejto tabuľke vyplýva, že štatisticky významné rozdiely v porovnávaných normočasoch boli zaznamenané len medzi normočasmi práce na sklade dreva operátora lesného kolesového traktora HSM 805HD.

Tabuľka 8 zobrazuje výsledky porovnania vypočítaných normočasov operátorov lesných kolesových traktorov na základe skutočne nameraných údajov spotreby času so zborníkovými normočasmi Zborníka č. 24 MP SR uskutočnených pomocou Wilcoxon testu. Výsledky naznačujú, že štatisticky významné rozdiely boli zaznamenané pri normočasoch na približovanie a celkovom normočase lesného kolesového traktora HSM 805HD. Tieto štatisticky významné rozdiely boli pravdepodobne spôsobené vyšším výkonom lesného kolesového traktora HSM 805 HD oproti lesným kolesovým traktorom LKT 81 a LKT 81 T, ktoré boli predmetom snímkovania práce pri vypracovaní zborníkových výkonových noriem MP SR.

DISKUSIA

Metodicky sa táto štúdia zamerala predovšetkým na porovnávaciu oblasť, pričom korelačným aspektom sa venovala menšia pozornosť. Hlavným problémom korelačnej štúdie je množstvo ovplyvňujúcich faktorov, ktoré boli kontrolované rozdelením celého pracovného

Tab. 5.

Porovnanie zovšeobecnených lineárnych modelov pracovných operácií úväzkových a bezúväzkových lesných kolesových traktorov
Comparison of generalized linear models of working operations for cable and cable-grapple skidders

Čiastková pracovná operácia/ Elemental of working operation	AIC	Nulová odchýlka/ Null deviance	Reziduálna od- chýlka/Residual deviance	Koeficient/ Coefficient	Odhad/ Estimate	Štandardná chyba/ Standard Error	t-test	p-hodnota/ p-value	
Vyťahovanie (úväzkové)/ Winching (cable skidder)	370,1	2652,8	968,6	Intercept	0,5510	1,3527	0,41	0,685	
				LKT 81 ITL	4,2711	1,0464	4,82	0,000	***
				xn	1,3749	0,2080	6,61	0,000	***
				xwd	0,2028	0,0761	2,66	0,009	**
Vyťahovanie (bezúväzkové)/ Winching (cable-grapple skidder)	1019,3	29 287,0	16 174,0	Intercept	13,1733	2,8800	4,57	0,000	***
				HSM 805	10,1668	2,0757	-4,90	0,000	***
				xwd	0,2557	0,1003	2,55	0,012	*
				xn	1,7016	0,2621	6,49	0,000	***
Približovanie (úväzkové)/ Skidding (cable skidder)	393,2	10 736,0	1382,6	Intercept	-3,3779	2,1809	-1,55	0,127	
				LKT 81 ITL	-6,1105	2,1403	-2,86	0,006	**
				xsd	0,0288	0,0019	15,40	0,000	***
				xvl	1,0231	0,3441	2,97	0,004	**
Približovanie (bezúväzkové)/ Skidding (cable-grapple skidder)	767,7	7423,7	2403,6	Intercept	4,3139	1,2154	3,55	0,001	***
				HSM 805	-3,0540	0,7979	-3,83	0,000	***
				xsd	0,0145	0,0010	15,02	0,000	***
				xvl	0,4681	0,1274	3,68	0,000	***
Práce na sklade (úväzkové)/ Works in landing (cable skidder)	435,7	4034,6	2741,6	Intercept	6,4902	2,2001	2,49	0,015	*
				xvl	1,0756	0,2934	3,67	0,000	***
				xn	1,0807	0,3359	3,22	0,002	**
Práce na sklade (bezúväzkové)/ Works in landing (cable-grapple skidder)	961,1	16 660,0	10 565,0	Intercept	5,8244	2,3846	2,44	0,016	*
				xn	0,6461	0,2003	3,23	0,002	**
				xvl	2,0099	0,2590	7,76	0,000	***

Vysvetlivky/Captions: xsd – približovacia vzdialenosť/skidding distance, xwd – vzdialenosť vyťahovania/winching distance, xvl – objem nákladu/volume load, xn – počet kmeňov v náklade/number of logs in a load; Kódy významnosti/Significance codes: ≤ 0,001 ‘***’ 0,001 ‘**’ 0,01 ‘*’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘.’

Tab. 6. Porovnanie vypočítaných normočasov pre sledované porasty: namerané údaje spotreby času, Zborník výkonových noriem (MLVH 1992) a vypočítané normočasy VŠLP (Výskokoškolského lesníckeho podniku)
Comparison of calculated standard time of observed stands: measured time consumption data, Collection of performance standards (MLVH 1992) and calculations of standard time of the University Forestry Enterprise

Porast/Stand	Typ traktora/Skider type	Vstupné parametre/Input parameters			Vyťahovanie/Winching				Približovanie/Skidding				Práce na sklade/Works in landing				Celkový normočas/Total standard time		
		Približovacia vzdialenosť/ Skidding distance (m)	Vyťahovacia vzdialenosť/ Winching distance (m)	Objemovosť/ Mean tree volume (m ³)	NM	NVN	NVŠLP	NM	NVN	NVŠLP	NM	NVN	NVŠLP	NM	NVN	NVŠLP	NM	NVN	NVŠLP
1320	HSM 805	470	17	1,28	0,06	0,05	0,03	0,03	0,05	0,04	0,09	0,09	0,08	0,18	0,18	0,15	0,15	0,20	0,20
1318	HSM 805	424	21	2,10	0,06	0,08	0,06	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,10	0,14	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
1322	HSM 805	87	9	1,55	0,06	0,03	0,05	0,02	0,02	0,03	0,10	0,07	0,09	0,18	0,12	0,17	0,17	0,22	0,22
1315	HSM 805	1099	18	2,20	0,05	0,04	0,05	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,09	0,20	0,20	0,22	0,20	0,20	0,22
1317	HSM 805	467	25	1,82	0,05	0,08	0,08	0,05	0,05	0,04	0,07	0,08	0,08	0,17	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20
1324	HSM 805	1193	38	1,66	0,07	0,08	0,06	0,04	0,10	0,08	0,05	0,08	0,10	0,16	0,26	0,23	0,23	0,23	0,23
1338b	HSM 805	1073	12	1,23	0,05	0,03	0,05	0,07	0,09	0,03	0,03	0,08	0,08	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
1291	HSM 805	1356	23	0,58	0,08	0,08	0,05	0,08	0,13	0,07	0,07	0,11	0,09	0,22	0,32	0,21	0,21	0,21	0,21
1330	HSM 805	1833	16	1,30	0,06	0,05	0,05	0,08	0,14	0,07	0,07	0,09	0,09	0,21	0,28	0,21	0,21	0,21	0,21
1290	HSM 805	616	19	1,46	0,04	0,05	0,05	0,03	0,06	0,07	0,06	0,09	0,09	0,13	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21
721	LKT 81 ITL (HM)	316	21	1,82	0,05	0,03	0,02	0,03	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,13	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14
851c	LKT 81 ITL (HM)	618	18	0,43	0,14	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,10	0,09	0,10	0,30	0,22	0,24	0,24	0,24	0,24
745	LKT 81 ITL (HM)	526	21	2,72	0,05	0,03	0,02	0,03	0,05	0,05	0,06	0,06	0,13	0,15	0,14	0,19	0,19	0,19	0,19
581	LKT 81 ITL (HM)	619	17	0,90	0,12	0,05	0,06	0,05	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10	0,25	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23
1091	LKT 81T	150	7	1,48	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06	0,10	0,09	0,07	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
1093	LKT 81T	300	11	1,99	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,06	0,07	0,08	0,07	0,13	0,15	0,17	0,17	0,17	0,17
234	LKT 81T	1059	12	1,10	0,05	0,05	0,04	0,13	0,11	0,07	0,07	0,09	0,08	0,25	0,24	0,19	0,19	0,19	0,19
1094a	LKT 81T	178	9	1,30	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06	0,08	0,09	0,07	0,15	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

Výsvetlivky/Captions: NM – Namerané údaje spotreby času/Measured time consumption data, NVN – Normočasy Zborníka výkonových noriem/Standard time of the Collection of performance standards, NVŠLP – Normočasy VŠLP/Standard time of the University Forestry Enterprise

Tab. 7.

Výsledky porovnania normočasov: namerané údaje spotreby času lesných kolesových traktorov, Zborník výkonových noriem (MLVH 1992), normočasy VŠLP pomocou Kruskal-Wallis testu

Results of comparison standard time: measured time consumption data of skidders, Collection of performance standards (MLVH 1992), standard times of the University Forestry Enterprise using the Kruskal-Wallis test

Typ traktora/ Skidder type	Normočas/ Standard time	Chi-kvadrát/ Chi-squared	Df	p-hodnota/ p-value
HSM 805HD	Vyťahovanie/Winching	1,720	2	0,423
	Približovanie/Skidding	2,550	2	0,279
	Práce na sklade/Works in landing	7,915	2	0,019
	Celkový normočas/Total standard time	4,920	3	0,178
LKT 81 ITL (HM)	Vyťahovanie/Winching	2,440	2	0,295
	Približovanie/Skidding	2,899	2	0,235
	Práce na sklade/Works in landing	2,223	2	0,329
	Celkový normočas/Total standard time	0,270	2	0,874
LKT 81T	Vyťahovanie/Winching	5,025	2	0,081
	Približovanie/Skidding	2,899	2	0,235
	Práce na sklade/Works in landing	3,842	2	0,147
	Celkový normočas/Total standard time	0,274	2	0,872

Vysvetlivky/Captions: Df – Počet stupňov voľnosti/Number of degrees of freedom

Tab. 8.

Výsledky porovnania vypočítaných normočasov skúmaných lesných kolesových traktorov so Zborníkovými normočasmi (MLVH 1992) pomocou Wilcoxon testu

Results of calculated standard time comparisons of the skidders with the standard time (MLVH 1992) using the Wilcoxon test

Typ traktora/ Skidder type	Porovnanie normočasov/ Standard time comparison	Počet platných/ Number of valid	T	Z	p-hodnota/ p-value
HSM 805HD	Vyťahovanie/Winching	10	26,50	0,1019	0,919
	Približovanie/Skidding	9	1,00	2,5471	0,011
	Práce na sklade/Works in landing	10	19,00	0,8664	0,386
	Celkový normočas/Total standard time	9	5,00	2,0732	0,038
LKT 81 ITL (HM)	Vyťahovanie/Winching	4	0,00	1,8257	0,068
	Približovanie/Skidding	4	2,00	1,0954	0,273
	Práce na sklade/Works in landing	4	3,00	0,7303	0,465
	Celkový normočas/Total standard time	4	1,00	1,4606	0,144
LKT 81T	Vyťahovanie/Winching	4	0,00	1,8257	0,068
	Približovanie/Skidding	4	0,00	1,8257	0,068
	Práce na sklade/Works in landing	4	1,00	1,4606	0,144
	Celkový normočas/Total standard time	4	3,00	0,7303	0,465
LKT 81 ITL	Vyťahovanie/Winching	2	0,00	1,1826	0,179
	Približovanie/Skidding	2	0,00	1,3416	0,179
	Práce na sklade/Works in landing	2	0,00	1,3416	0,179
	Celkový normočas/Total standard time	2	0,00	1,3416	0,179

Vysvetlivky/Captions: T – hodnota testovacej štatistiky/test statistic value, Z – hodnota kritickéj štatistiky/value of critical statistics

cyklu lesných kolesových traktorov na čiastkové pracovné operácie (BERGSTRAND 1991; NURMINEN et al. 2006). Výsledky tejto štúdie je možné použiť len v oblastiach s rovnakými alebo podobnými pracovnými, respektíve výrobnými-technickými podmienkami.

Neoperatívne časy pracovnej zmeny sledovaných operátorov lesných kolesových traktorov predstavujú priemerný percentuálny podiel 23,8 % (14–33 %). Väčšina uskutočnených štúdií uvádza vyšší percentuálny podiel neoperatívnych časov pracovnej zmeny (SABO, PORŠINSKÝ 2005; BORZ et al. 2013; MOUSAVI et al. 2013; BORZ et al. 2014). Najvyšší podiel neoperatívnych časov v pracovnej zmene pre úväzkové lesné kolesové traktory zaznamenali BORZ et al. (2013) – 51 % a 43 %. Na druhej strane, najnižší podiel týchto časov uvádzajú vo svojej štúdií KULAK et al. (2019) – len 10 %. Straty času predstavujú priemerný podiel 2,4 % a boli spôsobené predovšetkým čakaním operátorov lesných kolesových traktorov na skončenie práce piliarov (doopíľovanie kmeňov). Osobné straty predstavovali priemerný percentuálny podiel zo stratových časov len 8 % a boli zapríčinené predovšetkým osobnými telefonátmi operátorov lesných kolesových traktorov a rozhovormi s technicko-hospodárskymi pracovníkmi na mimopracovnú tému. Väčšina uskutočnených štúdií (LOTFALIAN et al. 2011; MOUSAVI 2012a; MOUSAVI et al. 2012, 2013; BORZ et al. 2013, 2015) uvádza vyšší priemerný percentuálny podiel osobných strát času v porovnaní s touto štúdiou.

V prípade úväzkových lesných kolesových traktorov je časovo najnáročnejšou pracovnou operáciou približovanie s priemerným percentuálnym podielom 42 % z celkového času pracovného cyklu, čo je porovnateľné s výsledkami časovej štúdie KULAK et al. (2019), ktorí uvádzajú priemerný percentuálny podiel tejto operácie 45 %. BORZ et al. (2013) uvádzajú vyšší priemerný percentuálny podiel tejto pracovnej operácie v prípade úväzkových lesných kolesových traktorov (TAF 690OP, TAF 657) – 71 % a 64 % pri priemernej približovacej vzdialenosti 980 m a 871 m. Priemerný percentuálny podiel pracovnej operácie práce na sklade dreva v prípade sledovaných operátorov úväzkových a bezúväzkových lesných kolesových traktorov predstavuje 36 % a 40 %, čo je viac než dvojnásobne vyššie percentuálne zastúpenie v porovnaní s časovou štúdiou SABO, PORŠINSKÝ (2005) – 14,6 % a niekoľkonásobne vyššie v porovnaní s výsledkami štúdií BORZ et al. (2013) a MOUSAVI et al. (2013). Tento rozdiel je možné vysvetliť ako prerozdelenie percentuálneho podielu medzi jednotlivými čiastkovými pracovnými operáciami z dôvodu odlišnej priemernej približovacej vzdialenosti, ako aj väčším spektrom operácií uskutočnených na sklade dreva v tejto časovej štúdií, ktoré zahŕňali okrem odopínania nákladu a navalovania kmeňov aj časť manipulačných prác (rozmeriavanie kmeňov operátormi lesných kolesových traktorov). Pracovná operácia vyťahovanie v prípade úväzkových lesných kolesových traktorov zaberá priemerný podiel 22 %, čo je porovnateľné s výsledkami, ktoré uvádzajú BORZ et al. (2013) pre úväzkový lesný kolesový traktor TAF 690OP (26 %). NIKOBY et al. (2013) vo svojej časovej štúdií uskutočnenej pre úväzkový traktor Timberjack 450C zaznamenali vyšší podiel pracovnej operácie vyťahovanie až 47 %. Vo svojej štúdií tiež uviedli, že spotreba pracovnej operácie vyťahovanie závisí predovšetkým od počtu kmeňov v náklade. V tejto štúdií sme preukázali závislosť spotreby času pracovnej operácie vyťahovania od počtu kmeňov v náklade a vzdialenosti vyťahovania v prípade obidvoch sledovaných skupín (úväzkových a bezúväzkových) lesných kolesových traktorov. Niektoré uskutočnené štúdie (JOURGHOLAMI 2005; BAVAGHAR et al. 2010) preukázali, že premenné, ako nevhodný čas ťažby, zle navrhnutá približovacia linka, vyvíjanie tlaku na pracovníkov, môžu ovplyvniť spotrebu času pracovnej operácie vyťahovanie a približovanie lesnými kolesovými traktormi. Naopak, smerová stínka môže byť užitočná pre skrátenie spotreby času pracovnej operácie vyťahovanie (BEHJOU et al. 2008). Operátori bezúväzkových lesných kolesových traktorov v tejto štúdií dosiahli o 18 % nižšie percentuálne zastúpenie pracovnej operácie približovanie v porovnaní s operátor-

mi úväzkových lesných kolesových traktorov. Tento výrazný rozdiel je možné vysvetliť predovšetkým rozdielnou veľkosťou priemernej približovacej vzdialenosti, kde priemerná približovacia vzdialenosť operátorov úväzkových lesných kolesových traktorov je o 212 m vyššia v porovnaní s priemernou približovacou vzdialenosťou operátorov bezúväzkových lesných kolesových traktorov. Rozdiely v priemerných približovacích vzdialenostiach vedú automaticky k percentuálnemu prerozdeleniu času podľa kategórií pracovných operácií (BORZ et al. 2013). Medzi percentuálnym zastúpením pracovnej operácie práce na sklade dreva operátorov úväzkových a bezúväzkových lesných kolesových traktorov sa neprejavili významné rozdiely. Naopak, v prípade percentuálneho zastúpenia pracovnej operácie vyťahovanie operátori úväzkových traktorov zaznamenali o 14 % nižšie zastúpenie tejto pracovnej operácie v porovnaní s operátormi bezúväzkových traktorov. Z porovnania priemernej spotreby času tejto pracovnej operácie medzi oboma skupinami lesných kolesových traktorov vyplýva, že operátori bezúväzkových lesných kolesových traktorov spotrebovali v priemere o 52 % viac času v porovnaní s operátormi úväzkových lesných kolesových traktorov. Vzniknuté rozdiely je možné vysvetliť uplatňovaním a používaním rôzneho spôsobu vyťahovania nákladu (úväzkový verus bezúväzkový spôsob) skúmaných operátorov lesných kolesových traktorov, ako aj dlhšou priemernou vzdialenosťou vyťahovania (tab. 4) v prípade operátorov bezúväzkových lesných kolesových traktorov o 4,38 m. Podľa výsledkov štúdie BEMBENEK et al. (2011) pri používaní bezúväzkového spôsobu vyťahovania kmeňov pomocou hydraulického manipulátora lesného kolesového traktora dochádza v najmenšej miere k poškodzovaniu prirodzeného zmladenia. V prípade lesného kolesového traktora LKT 81T, ktorý vykonával vyťahovanie kmeňov na priemernú vzdialenosť 11,08 m, bola zaznamenaná priemerná spotreba času 9,75 minúty. Podobnú veľkosť spotrebovaného času pre túto čiastkovú pracovnú operáciu uvádzajú vo svojej štúdií BORZ et al. (2015) – 11,4 minút. Z porovnania spotreby času pracovnej operácie práce na sklade dreva operátormi úväzkových a bezúväzkových lesných kolesových traktorov vyplýva, že operátori bezúväzkových lesných kolesových traktorov spotrebovali na túto pracovnú operáciu v priemere o 20 % viac času v porovnaní s operátormi úväzkových traktorov. Rozdiely boli spôsobené používaním rôzneho zariadenia na uskutočnenie navalovania kmeňov (hydraulický manipulátor verus predná rampovacia vzpera).

Zovšeobecnené lineárne modely (tab. 5) odhalili, že všetky sledované čiastkové pracovné operácie obidvoch skupín lesných kolesových traktorov (úväzkových a bezúväzkových) boli ovplyvnené tými istými výrobnými faktormi. Spotreba času pracovnej operácie vyťahovanie je ovplyvnená počtom kmeňov v náklade a vzdialenosťou vyťahovania. Rovnaké zistenie prezentuje vo svojej štúdií aj BORZ et al. (2013). Pracovná operácia približovanie je ovplyvnená predovšetkým približovacou vzdialenosťou a objemom nákladu. Rovnaké výsledky uvádzajú vo svojej štúdií aj MARČETA et al. (2014). Pre porovnanie BORZ et al. (2013) vo svojej štúdií preukázali závislosť spotreby času približovania úväzkovými lesnými kolesovými traktormi typu TAF len od približovacej vzdialenosti. V prípade prác na sklade dreva sa prejavila závislosť spotreby času úväzkových a bezúväzkových lesných kolesových traktorov len od počtu kmeňov v náklade a objemu nákladu.

ZÁVER

Výsledky štúdie naznačujú, že rozdiely v spotrebe času medzi operátormi úväzkových a bezúväzkových lesných kolesových traktorov sa prejavili pri pracovných operáciách vyťahovanie a práce na sklade dreva. Na druhej strane, výsledky zovšeobecnených lineárnych modelov nepoukázali na rozdielnosť vplyvu výrobných faktorov na skúmané pracovné operácie v prípade obidvoch sledovaných skupín lesných kolesových traktorov. Porovnanie normočasov pracovných operácií lesných kolesových traktorov naznačuje, že aj napriek roz-

dielom v spotrebe času čiastkových pracovných operácií sledovaných lesných kolesových traktorov a pri dodržaní určitých ergonomických a ekologických zásad vypočítané normočasy Zborníka (MLVH 1992) vyhovujú aj pre modernejšie typy lesných kolesových traktorov značky LKT 81 ITL pozorované v tejto štúdiu, ktoré patria do rovnakej alebo podobnej výkonovej kategórie ako lesné kolesové traktory, pre ktoré boli tieto výkonové normy vyhotovené (LKT 81, LKT 81T). V prípade výkonnejších lesných kolesových traktorov zastúpených napr. HSM 805HD je potrebné uvažovať nad vytvorením normočasov pre túto výkonovú kategóriu lesných kolesových traktorov. Výsledky časovej štúdie je možné použiť na zlepšenie racionalizácie a plánovania práce. Zároveň môžu byť použité aj ako podklady na vypracovanie mzdového ohodnotenia pracovníkov pracujúcich v ťažbovo-dopravnom procese. Tieto výsledky môžu slúžiť aj ako základ pre diskusiu o potrebe aktualizácie výkonových noriem určených pre traktorové technológie.

LITERATÚRA

- ADAMS P.W. 1997. Soil and water conservation: an introduction for woodland owners. Oregon State University Extension Service, EC 1143: [4 s.] The Woodland Workbook.
- BAVAGHAR M.P., SOBHANI H., FEGHHI J., DARVISHSEFAT A.A., MARVI MOHAJER M.R. 2010. Comprehensive productivity models for tracked and wheeled skidders in the Hyrcanian forests of Iran. *Research Journal of Forestry*, 4: 65–71. DOI: 10.3923/rjf.2010.65.71
- BAZGHANDI A. 2012. Techniques advantages and problems of agent based modeling for traffic simulation. *International Journal of Computer Science Issues*, 9: 115–119.
- BEHJOU F.K., MAJNOUNIAN B., NAMIRANIAN M., DVOŘÁK J. 2008. Time study and skidding capacity of wheeled skidder Timberjack 450C in Caspian forest. *Journal of Forest Science*, 54 (4): 183–188.
- BEMBENEK M., MEDERSKI P.S., ERLER J., GIEFING D.F. 2011. Results of large-size timber extracting with a grapple skidder. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 10 (3): 5–14.
- BERGSTRAND K.G. 1991. Planning and analysis of forestry operation studies. *Skogsarbeten Bulletin*, 17. Skogforsk Uppsala. Forest Operation Institute of Sweden: 63 s.
- BOLDING M.C. 2008. Increasing forestry machine utilization. *Sawmill & Woodlot Magazine*: 23–27.
- BORZ S.A., DLNULCA F., BIRDA M., IGNEA CH., CLOBANU 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 from Romanian Carpathians. *Annals of Forest Research*, 56 (2): 363–375.
- BORZ S.A., IGNEA G., POPA B. 2014. Assessing timber skidding efficiency in group shelterwood system applied to a fir-beech stand. *African Journal of Agricultural Research*, 9 (1): 160–167. DOI: 10.5897/AJAR2013.7537
- BORZ S.A., IGNEA G., POPA B., SPÁRCHÉZ G., IORDACHE E. 2015. Estimating time consumption and productivity of roundwood skidding in group shelterwood system – a case study in broadleaved mixed stand located in reduced accessibility conditions. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 36 (1): 137–146.
- BRADLEY D.P., BILTONEN F.E., WINSAUER S.A. 1976. A computer simulation of full-tree field chipping and trucking. St. Paul, MN, U.S. Department of Agriculture Forest Service, North Central Forest Experiment Station: 14 s. Research Paper NC–129.
- DVOŘÁK J., GROSS J., OLIVA J., HOŠKOVÁ P., MALKOVSKÝ Z. 2010. Sestavení výkonových norem pro harvestory a vyvážecí traktory podle výkonových tříd strojů a výrobních podmínek. Závěrečná zpráva. Praha, ČZU v Praze: 79 s.
- DVOŘÁK J., BYSTRICKÝ R., HOŠKOVÁ P., HRÍB M., JARKOVSKÁ M., KOVÁČ J. et al. 2011. The use of harvester technology in production forests. *Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce*: 156 s.
- GAWART B. 1998. Badania efektywności pozyskiwania drewna w różnych rodzajach ciec w Kanadzie. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej*, 3: 16–19.
- GIEFING D.F., BEMBENEK M., GACKOWSKI M., GRZYWIŃSKI W., KARASZEWSKI Z., KLENTAK I., KOSAK J., MEDERSKI P.S., SIEWERT S. 2012. Ocena procesów technologicznych pozyskiwania drewna w trzebiezach późnych drzewostanów sosnowych. *Metodologia badań. Nauka Przyroda Technologie*, 6 (3): 59.
- HOWARD A.F. 1987. Modeling the cost and profitability of timber harvesting with cable skidders. *Northern Journal of Applied Forestry*, 4: 87–92. DOI: 10.1093/njaf/4.2.87
- JOUGHOLAMI M. 2005. Study of efficiency, production and cost of large and small skidders (case study of TAF and optimum road spacing of ground based 112 skidding operations Timberjack 450C. [MSc Thesis.] Tehran, Tehran University: 94 s.
- KLOUDA M., SYROVÁTKA K., BLUŽOVSKÝ Z. 1988. Normování práce v lesním hospodářství. Praha: Ministerstvo lesního a vodního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu ČSR. Praha, SZN: 207 s.
- KLUENDER R., LORETZ D., MSCOY W., STOKES B.J., KLEPAC J. 1997. Productivity of rubber-tired skidders in southern pine forests. *Journal of Forest Products*, 47 (11–12): 43–58.
- KOVALČÍK M. 2019. Efektivnosť z rozsahu dodávateľov služieb v lesnom hospodárstve Slovenska. *Zprávy lesnického výzkumu*, 64 (3): 117–124.
- KULAK D., STAŃCZYKIEWICZ A., SZEWCZYK G., WALA Ł. 2019. Wydajność zrywki drewna skiderem na terenach pochyłych. *Sylwan*, 163 (7): 601–609. DOI: 10.26202/sylwan.2019003
- LHOTSKÝ O. 2005. Organizace a normování práce v podniku. Praha, ASPI: 100 s.
- LOTFALIAN M., MOAFI M., FOUMANI B.S., AKBARI R.A. 2011. Time study and skidding capacity of the wheeled skidder Timberjack 450C. *Journal of Science and Environmental Management*, 2 (7): 120–124.
- MAGAGNOTTI N., SPINELLI R. 2012. Replacing steel cable with synthetic rope to reduce operator workload during log winching operations. *Small-scale Forestry*, 11 (2): 223–236. DOI: 10.1007/s11842-011-9180-0
- MARČETA D., PETKOVIĆ V., KOŠIR B. 2014. Comparison of two skidding methods in beech forests in mountainous conditions. *Nova mehanizacija šumarstva – časopis za teoriji i praksu šumarskoga inženjerstva*, 35 (1): 51–62.
- MARKO J. 2007. Výkonové normy. *Lesník*, 3: 27–29.
- MEDERSKI P.S., BEMBENEK M., JÖRN E., DIETER D.F., KARASEWSKI Z. 2010. The enhancement of skidding productivity resulting from changes in construction: grapple skidder vs. rope skidder. In: *Forest engineering: meeting in the needs of the society and the environment*. 43. International Symposium FORMEC 2010. Padova, 11.–14. July 2010. Padova, Libreria Editrice Università: 1–7.

- MLVH 1992. Zborník výkonových noriem č. 24. [Collection of performance standards]. Výkonové normy pre sústreďovanie dreva univerzálnymi, pásovými a špeciálnymi lesnými kolesovými traktormi. Bratislava, Ministerstvo lesného a vodného hospodárstva Slovenskej republiky: 32 s.
- MOUSAVI R. 2012a. Effect of log length on productivity and cost of Timberjack 450C skidder in the Hyrcanian forest in Iran. *Journal of Forest Science*, 58 (11): 473–482.
- MOUSAVI R. 2012b. Time consumption productivity, and cost analysis of skidding in the Hyrcanian forest in Iran. *Journal of Forestry Research*, 23 (4): 691–697.
- MOUSAVI R., NIKOOY M., NEZHAD A.E., ERSHADFAR M. 2012. Evaluation of full tree skidding by HSM-904 skidder in patch cutting of aspen plantation in Northern Iran. *Journal of Forest Science*, 58 (2): 79–87.
- MOUSAVI R., NIKOOY M., NAGHDI R. 2013. Comparison of timber using two ground-based skidding systems: grapple skidding vs. cable skidding. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 3 (3): 79–86.
- NAJAFI A., SOBHANI H., SAEED A., MAKHDOM M., MARVI MOHAJER M.R. 2007. Time study of Skidder HSM 904. *Journal of the Iranian Natural Resources*, 60: 921–930.
- NIKOOY M., ESMAILNEZHAD A., NAGHDI R. 2013. Productivity and cost analysis of skidding with Timberjack 450C in forest plantations in Shafaround watershed, Iran. *Journal of Forest Science*, 59 (7): 261–266.
- NOUZA J., NOUZOVÁ J. 2012. Výkonové normy v lesním hospodářství. Lázeňské lesy Karlovy Vary s. p. [141 s.] Dostupné na/Available on: <https://www.llkv.cz/wp-content/uploads/Vykonove-normy.pdf>
- NOUZOVÁ J., NOUZA J. 2001. Výkonové normy v lesním hospodářství. Praha, Silvaco: 136 s.
- NURMINEN T., KORPUNEN H., UUSITALO J. 2006. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica*, 40: 335–363. DOI: 10.14214/sf.346
- PROTO A.R., MACRÍ G., VISSER R., RUSSO D., ZIMBALATTI G. 2018. Comparison of timber extraction productivity between winch and grapple skidding. A case study in Southern Italian Forests. *Forests*, 9 (2): 1–12. DOI: 10.3390/f9020061
- SABO A., PORŠINSKY T. 2005. Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26 (1): 13–27.
- ZEČIĆ Ž., VUŠIĆ D., PRKA M., KLEPAC S. 2010. Utjecaj nagiba traktorskog puta na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju drvnih sortimenta u prebornim šumava. *Šumarski list*, 134 (3–4): 103–113.

ANALYSIS OF PERFORMANCE STANDARDS AND TIME CONSUMPTION OF FOREST SKIDDERS IN THE SLOVAK REPUBLIC

SUMMARY

In Slovakia, the most frequently used skidding technology is the forest skidder. Despite its common use, the performance standards for this technology have not been updated for several decades. The standards were created for skidders manufactured in the 1990s without regards to up-to-date demands such as economic effectivity of the work process, the best possible work ergonomics and the best possible ecological parameters of the machinery (GIEFING et al. 2012).

The aim of this study is to compare the time consumption of cable and cable-grapple skidders, calculate standardized times for individual work operations, and compare them with the performance standards of the Ministry of Agriculture and Rural Development of the Slovak Republic.

The study of the time consumption was carried out in the Forestry Enterprise of the Technical University in Zvolen from May till the end of September 2019 in 19 mostly beech and beech-oak stands (Tab. 2). Time consumption measurements included work day snapshots connected with fluent chrono-analysis. Work day snapshots were used for evaluation of work efficiency of the skidder operators and the partial phases of work operation of the skidders (winching, skidding etc.) were measured using the fluent chronometry. During the study, 44 snapshots of the work day were taken, and 197 work cycles of skidders were measured. Following production factors were recorded for every single work cycle: winching distance, skidding distance, load volume, number of stems in single load, tree species and volume of the mean stem. Generalized linear model (GLM) was used for processing the data both for cable and cable-grapple skidders. Differences between recorded data and data from the ministry standards were tested using Kruskal-Wallis and Wilcoxon tests in the STATISTICA 12.0 software.

Work day snapshots of the operators of both type of skidders (Tab. 3) showed average net time of the work ranging from 67% to 86% with the mean 72.8%. Average percentage of the non-operation time of the shift was 23.8%. The highest average percentage of non-operation time was attributable to the technical service of the workplace and the biological and recreational breaks (Tab. 3). Time losses cover 2.4% of the shift on average, from which technical and organisational time losses caused 92%. Time consumption of particular work operations (Tab. 4) is significantly different in case of the cable skidders use compared with the cable-grapple skidders. The most considerable differences were recorded in the work operations winching and works on forest landing. Nevertheless, the GLM of work operations (Tab. 5) did not confirm any differences in the production factors (type and number) between both groups of the skidders. Significant differences of standard times for individual work operations (Tab. 7 and Tab. 8) were found only in skidding time, work on forest loading and in whole cycle time of the HSM 805 HD skidder.

Based on the comparison of the operational time, we assume that the work time standards for skidders (MP SR) are suitable also for the advanced skidding machinery such as LKT 81 ITL. The parameters of this skidder are similar to older LKT 81, LKT 81T skidders that were the base of the standards. As for the more powerful skidders such as the HSM 805HD, it seems to be necessary to develop new standards. Results of this study may help increase the efficiency of using the skidders and also may become a basis for the discussion about the need for updating the performance standards used in our forestry practice.

Zasláno/Received: 22. 05. 2020

Přijato do tisku/Accepted: 05. 01. 2021