

ZKUŠENOSTI S POUŽITÍM PŘENOSNÉHO MOTOROVÉHO JAMKOVÁČE PŘI ZAKLÁDÁNÍ LESA

EXPERIENCE WITH THE USE OF EARTH AUGER FOR TREE PLANTING

MARTIN BALÁŠ¹⁾ ✉ - IVAN KUNEŠ¹⁾ - JARMILA NÁROVCOVÁ²⁾

¹⁾Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Kamýcká 1176, CZ - 165 21 Praha 6 - Suchbátka, Czech Republic

²⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, CZ - 517 73 Opočno, Czech Republic

✉ e-mail: balas@fld.czu.cz

ABSTRACT

Construction of portable earth augers, which can be relatively easily and safely used for fast and cheap planting of forest trees, has been enabled due to the technological progress in recent years. Earth augers can be efficiently used to make planting holes for common-sized planting stock. However, these augers can drill also quite large and deep holes suitable even for the planting of semisaplings and saplings. This way of planting has naturally its limitations: it can be only used on light (sandy or loamy) soils without excessive presence of stones, roots and grass turf. For example, sandy soils of natural pine stands can be considered suitable for the use of the earth auger. Despite the growing popularity of earth auger drilling among forest workers in some regions, the manual planting (with hoes, planting bars etc.) has been dominating so far. For that reason, there are almost no available data concerning the time consumption of the mechanized planting (or work standards). The aim of the paper is to bring some initial outcomes of the research on the time consumption of the mechanized planting with earth augers. On the basis of the results it can be concluded that total time required to complete the planting of one sapling is ca. 69 sec (related to one worker). The work costs with the device depreciation of one sapling are approx. 4 CZK (0.16 EUR) (excluding the price of planting stock).

Klíčová slova: mechanizovaná výsadba, motorový jamkovač, vrták, odrostky, porostní diverzifikace

Key words: mechanized planting, earth auger, drill, saplings, stand diversification

ÚVOD

V České republice (ČR) se v současné době pohybuje plocha umělé obnovy lesních porostů kolem 20 000 ha ročně a spotřeba sazenic dosahuje přibližně 140 milionů kusů. Konkrétně v roce 2014 činila plocha umělé obnovy 20 203 ha, produkce sazenic cca 143,8 mil. ks (MZE 2015). Jamky pro výsadbu sadebního materiálu při umělé obnově lesa a zalesňování se dnes připravují převážně pracovním a namáhavým způsobem pomocí ručního nářadí (sekeromotyka, sazeč). Pouze v menší míře jsou používány sázecí stroje (např. rýhový zalesňovací stroj). Existuje také způsob polomechanizovaný, který kombinuje mechanizované zhotovení jamky pomocí motorového jamkovače (vrtáku) s ručním zasazením stromku. Tato metoda však zatím nebyla ověřena rozsáhlejšími výzkumnými zkouškami, chybějí zkušenosti, nákladové kalkulace a pracovní normy.

Tento příspěvek je jedním z prvních náhledů, který komplexněji pojednává o problematice polomechanizované výsadby pomocí půdních jamkovačů v podmínkách České republiky. Jeho cílem je (i) shrnout praktické zkušenosti s mechanizovanou výsadbou lesních dřevin, prováděnou pomocí ručně neseného motorového půdního jamkovače, a (ii) zhodnotit přínosy a omezení této technologie, včetně ekonomických aspektů.

Rozbor problematiky

Klasické způsoby zhotovení sadebních jamek

Výsadba sadebního materiálu lesních dřevin pomocí ručního nářadí (sekeromotyka nebo sazeč) dosud v našich podmínkách zcela převládá, jedná se však o velmi pracnou a namáhavou činnost. Jako zásadní limitující faktor při zhotovování sadebních jamek klasickým způsobem (kopání sekeromotykou) lze považovat vysokou fyzickou náročnost této práce, která je dána především nutností pracovat v ergonomicky značně nepříznivé poloze (v předklonu) za současného silného dynamického namáhání zejména horních končetin a zad, konkrétně bederní páteře (PERNICA, ŠEDIVÝ 2001). Štěrbínová výsadba pomocí sazeče je oproti jamkové výsadbě rychlejší (NOUZA, NOUZOVÁ 2003) a z hlediska fyzické náročnosti výrazně příznivější, ovšem je spojena s rozsáhlou problematikou deformací kořenového systému takto vysazeného sadebního materiálu (důsledky různě vzniklých deformací kořenových systémů popisují např. MAUER, PALÁTOVÁ 1992; MAUER et al. 2007; MAUER, VANĚK 2013). Výhodou výsadby pomocí ručního nářadí je nicméně vyšší flexibilita práce, kdy se pracovník může lépe přizpůsobit různým terénním a půdním podmínkám (sklon svahu, překážky v půdě i na povrchu apod.), a v neposlední řadě se pozitivně

projevují nízké pořizovací a téměř nulové provozní náklady ručního nářadí.

Alespoň částečné odstranění ergonomicky nepříznivé práce a případně také zvýšení pracovního výkonu může být dosaženo použitím mechanizace. Možnosti použití pojezdých mechanizačních prostředků jsou při zalesňování dosti omezené. Zařízení na principu rýhových zalesňovacích strojů se při nasazení v běžném lesním terénu zpravidla potýkají s neobratností, poruchovostí a zhoršenou kvalitou výsadby. S větším úspěchem je lze použít pouze pro menší sadební materiál, na lehkých půdách bez překážek, případně při zalesňování zemědělských půd (KONEČNÝ 1982; KRIEGEL 1984; VACEK, SIMON et al. 2009). Naproti tomu polomechanizovanou výsadbu pomocí motorového jamkovače lze použít na širším spektru stanovišť a také pro vyspělejší sadební materiál s bohatým kořenovým systémem.

Historie mechanizované výsadby

Snahy o rozvoj mechanizované výsadby lesních dřevin sahají až do 50. let 20. století. Nejprve byly zkoušeny jamkovače (někdy nazývány také „důlkovače“) nesené za traktorem (KLÍR 1956), postupně bylo vyvinuto či ze zahraničí dovezeno množství typů (PLÍŠEK 1965). Jako zásadní nevýhoda se brzy ukázala nízká terénní dostupnost a malá výkonnost daná nutností přejíždět a manévrovat s traktorem ke každé jamce. Rozsáhleji byl proto vrták nesený za traktorem používán pouze na nelesních půdách při výsadbě rychlerostoucích dřevin (topolové větrolamy), (DOLEŽAL 1961).

V počátcích vývoje se také zvažovalo, že motorové (přenosné) vrtáky budou sloužit pouze k pomístné přípravě půdy, nikoliv přímo k vyvrtání jamky. Předpokládalo se, že jamka bude ve vrtáku připravené půdě vykopána následně klasickým ručním způsobem. Za tímto účelem byly zkoušeny různé typy vrtáků (křídlové, spirálové či klasické šnekové), (DUJÍČEK 1959).

Současně byly vyvíjeny přenosné jamkovače. Již při prvních zkouškách se objevily problémy, z nichž s některými se technologie potýká dodnes, jiné byly celkem uspokojivě vyřešeny. Výkony byly omezeny přítomností kořenů, šterku a buřeně. Stroje byly značně poruchové, trpěla zejména ložiska, převodovka a spojka. Vrtáky měly krátký hrot a špatně se zavrtávaly. Oproti tomu bylo jako pozitivum shledáno dobré prokypření dna jamky a dostatek zeminy k zasypaní kořenů. K lepšímu přesekávání kořenů byly vrtáky na konci spirály opatřeny přírarky a byla prováděna příprava půdy odkopnutím či odhrnutím drnu (SCHNEEBERG 1958). Denní výkon čtyř šesti pracovníků s jedním jamkovačem dosahoval až 1 700 jamek (vysazených stromků), což znamenalo cca dvojnásobnou úsporu pracovníků, a to při zajištění dobré kvality práce, neboť rozměry jamek jsou dány velikostí vrtáku (SCHALEK 1959). Podobný výkon uvádí také DOLEŽAL (1960), kdy skupina 2–4 pracovníků s jedním jamkovačem vysadila cca 1 300 až 1 700 sazenic za směnu. V kamenité půdě či na zabuřenělé ploše byly výkony samozřejmě menší (POSPÍŠIL 1959).

Provoz jamkovačů byl často spojen s různými těžkostmi. Objevovaly se potíže s mazáním převodovky a vrták se v kamenité půdě rychle opotřebovával (POSPÍŠIL 1959). Vzhledem k otřesům, hluku a značné hmotnosti byla práce s jamkovačem značně neoblíbená, dělníci s ním odmítali pracovat. Stroj byl navíc poruchový, měl vysoké správkové náklady a časté prostoje (SCHALEK 1959). Stejný autor dále zdůrazňuje nutnost citlivého zacházení se strojem. Během práce s jamkovačem byly dokonce prováděny studie fyziologické zátěže pracovníků (HUBAČ et al. 1963), přičemž podle typu jamkovače zhotovil jeden zkoumaný pracovník až 400 jamek za směnu, tj. dvojnásobek oproti normě pro ruční kopání.

V pozdější literatuře jsou již zmínky o motorových jamkovačích méně čtené. Byl testován vrtací adaptér na křovinořez (HANUŠ 1977) či dvoj-jamkovač nesený za traktorem (LIŠKA 1978). Možnosti využití jamkovačů při výsadbě odrostků popisuje DUŠEK (1984). Vyvíjen byl také

jamkovač poháněný elektromotorem, spojený kabelem s elektrocentrálou (SKOUPÝ 1967; PRUDIL 1984; WASSERBURGER, NERUDA 1985). Jamkovače nesené za traktorem se používaly při výsadbě na imisních holinách v Krušných horách (BERÁNEK 1988). Na zabuřenělých plochách, včetně imisních oblastí, se při výsadbě větších sazenic zkoušelo zhotovování jamek pomocí malého bagru (NERUDA et al. 1993) nebo sázečích klínů na výložníku rypadla (SIMANOV 2015). Ruční jamkovač nesený za jednoosým malotraktorem (systém Vari) představují ve svém příspěvku NERUDA a NAVRÁTIL (1998). Dále NERUDA (2000) podrobněji popisuje školkařskou produkci a výsadbu odrostků pomocí pojezdného jamkovače s předním kolečkem. Použití motorového jamkovače typu Stihl 4309 při výsadbě řízkovanců smrku v Krkonoších uvádí KRIEGEL (2003). Nejnověji je použití motorového jamkovače zmiňováno v rámci seriálu článků o historii lesnické mechanizace (SIMANOV 2015) a v monografickém přehledu lesnické mechanizace (HNILICA et al. 2015).

V dostupné zahraniční literatuře jsou údaje o používání motorových jamkovačů k zalesňování velmi sporadické. V poslední době byly realizovány podrobnější studie zejména v Rumunsku (BOJA et al. 2013a, 2013b, 2013c). Jamkovač byl používán v Jihoafrické republice k pomístné přípravě půdy před výsadbou plantáží *Pinus radiata* (SOUTH et al. 2001) nebo ve Španělsku rovněž k přípravě a provzdušnění půdy před výsadbou keřů (PADILLA et al. 2009). Většina zmínek o použití motorových jamkovačů je spojena zejména s odběrem výzkumných vzorků. Pomocí speciálního dutého vrtáku byly např. odebrány vzorky permafrostu poblíž řeky Leny na Sibiři (ZUBRZYCKI et al. 2013), naplaveniny na pobřeží Finského zálivu v Baltském moři (RYABCHUK et al. 2011) nebo půdní vzorky v Austrálii (HANCOCK et al. 2015).

Poněkud odlišná situace je v současné době s vývojem a využitím jamkovačů či sázečích adaptérů nesených na jeřábu motorového vozidla (na bagru místo rypadla nebo na harvestoru místo kácací hlavice). Příkladem mohou být sázečí adaptéry Bracke Planter či M-planter, které nejprve připraví půdu, do níž pomocí trnu (kolíku) zhotoví sadební jamku a následně automaticky vysadí stromek (používá se zejména obalovaný sadební materiál menší velikosti), (LAINE, RANTALA 2013; ERSSON et al. 2014). Tato zařízení se v současnosti využívají zejména ve Skandinávii a Pobaltí.

Z literárního přehledu vyplývá, že i přes četné pokusy v minulosti se ruční motorové jamkovače ve středoevropském lesnictví dosud široce nerozšířily. Podle současných poznatků z praxe lze však usuzovat, že k výraznějšímu rozšíření používání jamkovačů dochází právě v současné době, a to pravděpodobně zejména v důsledku technologického pokroku v konstrukci jamkovačů. Dle mínění autorů lze zřejmě jako zásadní a nejvíce přínosný inovativní prvek označit brzdomýčkový systém, resp. spojku.

Motorové jamkovače

Půdní jamkovače lze podle konstrukce rozdělit na několik typů:

- jamkovač nesený na tříbodovém závěsu traktoru, případně jiného vozidla
- jamkovač umístěný jako adaptér na hydraulickém jeřábu různých typů motorových vozidel (traktor, bagr, nakladač apod.)
- ruční pojezdný jamkovač, nesený na konstrukci s předním kolem
- ruční jamkovač přenosný (volný, nenesený).

Každý z typů má svoje výhody a nevýhody. Výhoda jamkovačů nesených za motorovým vozidlem spočívá zejména v jejich robustnosti. Vrták je vzhledem k vysokému točivému momentu schopen proniknout i tvrdou půdou s překážkami (např. kořeny). V porovnání s ostatními typy jamkovačů lze jako výrazně pozitivní aspekt označit příznivé pracovní podmínky pro obsluhu (minimalizace hluku a vibrací). Nevýhodou jsou vysoké provozní náklady (stroj, řidič-operátor) a omezená pohyblivost v terénu, kterou limituje svažitost, dále

únosnost půdy a zejména výskyt povrchových překážek (pařezy, velké kameny). Tyto stroje se v lesnictví s úspěchem používají např. při vrtání hlubokých otvorů pro kůly při stavbě oplocenek. Využití při zhotovování sadebních jamek připadá v úvahu prakticky pouze v rovinném terénu s únosnou půdou a bez překážek (pařezy, kameny). Při zalesňování v běžném lesním terénu je proto využití nesených jamkovačů značně omezené a nepříliš efektivní.

Jamkovač či sázecí adaptér umístěný na hydraulickém jeřábu motorového vozidla (bagr, harvester) má výhodu především ve flexibilitě při pohybu v lesním terénu. Zatímco nosné vozidlo průběžně manévruje mezi překážkami, pohyblivý hydraulický jeřáb s adaptérem může zhotovit jamku nebo přímo vysadit stromek na libovolném místě v dosahu jeřábu. Nevýhodou jsou značné pořizovací i provozní náklady.

Samostatným typem jsou ruční jamkovače nesené na konstrukci s předním kolem. Nosná konstrukce pohlcuje významnou část nežádoucích sil a vibrací. Část hmotnosti stroje je nesená na předním kolečku, část nese pracovník přes řídítka. Nevýhodou je nižší flexibilita práce. Pracovník musí se strojem zdlouhavě a namáhavě objíždět překážky. Problematická je také práce ve větším sklonu.

Posledním popisovaným typem je ruční přenosný jamkovač, který sestává pouze z vrtáku a pohonné jednotky opatřené madlem. Nemá pojezd, je přenášen ručně. V pracovní poloze (vrták kolmo na povrch půdy) je jamkovač přidržován obsluhou a do vrtu je tlačěn vlastní tíhou, v případě potřeby další zatížení vykonává obsluha. Zásadní charakteristikou provozu vrtáku je, že obsluhující pracovník musí při vrtání působit na madlo jamkovače silovým momentem, a to v opačném směru oproti směru točení vrtáku. Tento silový moment na základě principu „akce a reakce“ odpovídá odporu, jenž působí na vrták v půdě. Síla, kterou musí obsluha působit na madlo jamkovače je tolikrát menší, kolikrát je delší rameno madla (cca 25 cm) oproti polo-měru vrtáku (cca 5–10 cm).

Tato studie se dále zabývá pouze přenosnými jamkovači bez jakékoliv nosné konstrukce.

Využití motorového jamkovače při výsadbě odrostků

K obnově lesa se obvykle využívá sadební materiál lesních dřevin (sazenice nebo semenáčky) s výškou do 70 cm.

Existují však situace, kdy je výhodné uplatnit také rostliny větších rozměrů, tj. poloodrostky a odrostky s intenzivně upravovaným kořenovým systémem, který je koncentrován pod rostlinu (BURDA 2001, 2009; BURDA, NÁROVCOVÁ 2009; BURDA et al. 2015). Jedním z příkladů, kdy je vhodné uplatnit vyspělý sadební materiál, je obohacování druhové skladby porostů na stanovištích přirozených borových porostů, tj. cílový hospodářský soubor (CHS) 13. Zde sice výrazně dominuje borovice lesní, ale jistý podíl zejména melioračních a zpevňujících dřevin (MZD) je žádoucí uplatnit především na méně extrémních stanovištích v rámci tohoto CHS. Vyhláška č. 83/1996 Sb. stanoví na CHS 13 minimální podíl MZD při obnově porostu 5–15 %, přičemž lze uplatnit buk, dub, jeřáb, jedli, dub červený, břízu, habr a lípu. Vzhledem k většinou příznivým terénním a půdním podmínkám na těchto stanovištích se zde nabízí možnost vytvoření sadební jamky pomocí ručně neseného motorového jamkovače.

Převážná část výzkumných šetření prezentovaných v tomto příspěvku byla provedena během zakládání výsadeb odrostků listnatých dřevin na borových stanovištích, a to v porostech, kde vlivem sněhových polomů došlo k prolámání borových porostů středního věku (cf. SOUČEK 2010) a vytvoření malých porostních mezer (o velikosti cca do 0,5 ha).

MATERIÁL A METODIKA

Během testovacích výsadeb odrostků na borových stanovištích pomocí ručně neseného motorového půdního jamkovače byly pořízeny snímky spotřeby pracovního času při výsadbě. Výsadby byly provedeny v porostech v okolí Týniště nad Orlicí, přírodní lesní oblast (PLO) 17 – Polabí. Tyto porosty se blíží svými stanovištními poměry vlastnostem přirozených borových stanovišť. Další výsadby byly založeny v oblasti Brd (PLO 7 – Brdská vrchovina) za účelem vnašení listnaté příměsi při obnově rozsáhlých smrkových monokultur a také v lokalitě Truba u Kostelce nad Černými lesy (PLO 10 – Středočeská pahorkatina) na stanovišti bývalé lesní školky s velmi lehkou půdou. Přehled základních stanovištních charakteristik pokusných výsadeb je uveden v tab. 1. Typologické údaje jsou převzaty z webové mapové aplikace ÚHÚL, Brandýs n. L. (ÚHÚL 2015).

Lokalita I se nachází na holoseči v mýtním porostu s dominancí borovice s příměsí smrku, břízy, buku a dubu letního. Půda je lehká, písčité

Tab. 1.

Základní stanovištní údaje o pokusných výsadbách
Basic stand characteristics of the experimental plantations

Č./No.	Lokalita/Locality	GPS [WGS 84]	nadmořská výška/ altitude [m]	soubor lesních typů/ecosite*	cílový hospodářský soubor/target management category**
I	Týniště n. O. – U Nádraží	N 50° 9,84' E 16° 4,35'	255	2P	27 – oglejená chudá stanoviště nižších a středních poloh
II	Týniště n. O. – Pod Křivinou	N 50° 10,15' E 16° 6,92'	280	2I	23 – kyselá stanoviště nižších poloh
III	Týniště n. O. – Rašovice	N 50° 9,28' E 16° 6,70'	270	1M	13 – přirozená borová stanoviště
IV	Kostelec n. Č. l. – Truba	N 50° 0,39' E 14° 50,21'	365	3S	43 – kyselá stanoviště středních poloh
V	Brdy – Voznice	N 49° 50,48', E 14° 11,05'	460	3B	45 – živná stanoviště středních poloh

*2P – Acidic Oak (*Quercetum abietinum variohumidum acidophilum*), 2I – Compacted-acid Beech-Oak (*Fageto-Quercetum illimerosum acidophilum*), 1M – Nutrient-very poor Pine-Oak (*Pineto-Quercetum oligotrophicum /arenosum/*), 3S – Nutrient-medium Oak-Beech (*Querceto-Fagetum mesotrophicum*), 3B – Nutrient-rich Oak-Beech (*Querceto-Fagetum eutrophicum*), (terminology by VIEWEGH et al. 2003)

**27 – gleyic poor sites at low and middle altitudes, 23 – acid sites at low altitudes, 13 – sites of natural pine forests, 43 – acid sites at middle altitudes, 45 – fertile sites at middle altitudes

s mírným oglejením. Lokalita II je umístěna na malé holoseči ve věkově rozrůzněném porostu borovice, se skupinovou příměsí smrku, buku a dubu letního. Půda je lehká, písčité, bez ovlivnění vodou. Lokalita III se nachází na rekultivované výsypce v prostoru pískového lomu. Jedná se o převrstvenou antropozem s nevyvinutým humusovým horizontem. V hloubce cca 15–30 cm se místy vyskytuje velmi ztuhlá vrstva štěrkopísku. Na okolních výsypkách se nacházejí mlaziny až tyčoviny borovice lesní s příměsí břízy a osiky. Všechny plochy leží na rovině. Lokalita IV se nachází v prostoru bývalé lesní školky. Jedná se v podstatě o bývalou zemědělskou půdu hlinito-písčitého typu, s minimálním výskytem skeletu či dalších překážek, kde byla před výsadbou provedena příprava půdy kultivátorem. Stanoviště je ideální k použití jamkovače. Lokalita V se nachází na holoseči v mýtním porostu s dominancí smrku. Před výsadbou byl odstraněn klest, příprava půdy nebyla provedena. Půda je dosti kamenitá, s častým výskytem kořenů. Stanoviště je pro použití jamkovače spíše méně příznivé.

Při výsadbách byl použit vyspělý sadební materiál, a to poloodrostky a odrostky lípy srdčité (*Tilia cordata*), dubu zimního (*Quercus petraea*) a buku lesního (*Fagus sylvatica*), sázené do vrtaných jamek o průměru 20 cm, a dále sazenice lípy o výšce do 50 cm (vrták 10 cm). Průměrná vzdálenost mezi jednotlivými jamkami (spon výsadby) byla cca 1,5 m.

Při vrtání jamek byl použit jamkovač značky Stihl BT 121, jehož důležitým konstrukčním prvkem je spojka (analogie brzdy řetězu u motorové pily) s obchodním názvem QuickStop® (STIHL 2006). Hmotnost prázdného jamkovače (bez paliva) a bez nasazeného vrtáku je 9,4 kg. Jamkovač je sice koncipován jako jednomužný, ale v obtížnějších podmínkách a při použití většího vrtáku je vhodné, aby jej obsluhovaly dvě osoby.

Při výsadbě byly používány vrtáky o různých průměrech, a to 10 cm, 12 cm, 15 cm a 20 cm. Rozměry vrtáků byly voleny podle potřeby (resp. podle rozměrů kořenových systémů), přičemž na dané lokalitě se zpravidla používala jen část z rozměrového spektra. Ve vybraných případech byl kromě nijak neupraveného vrtáku použit také vrták upravený. Tato úprava spočívá v navaření ocelového zubu na boční řeznou hranu vrtáku za účelem mechanického narušení stěny vyvrtané jamky, která by zejména v těžších půdách zůstala ohlazená a ztuhlá, což by mohlo zhoršovat prorůstání kořenů z prostoru záspy v jamce do okolní půdy a způsobovat tak deformace kořenového systému.

Měření pracovního času proběhlo analogickým způsobem, který je uveden v práci BALÁŠ et al. (2011). Proces výsadby byl pro účely měření pracovního času rozdělen na etapy: (1) úprava kořenů zastřížením; (2) roznesení sadebního materiálu; (3) vyvrtání jamky; (4) samotná výsadba (rozložení kořenů v jamce, zasypání zeminou a ztuhnutí).

Nezbytně nutný čas potřebný k provedení příslušné dílčí etapy výsadby je označen jako tzv. „aktivní čas“. Tento údaj je měřen od okamžiku zahájení dané činnosti do jejího ukončení. Nezahrnuje žádné technické prostoje, přesuny a přestávky, ale navýšení času po případném zaseknutí vrtáku apod. „Souhrnný“ čas je součtem aktivního času a technických prostojů. Do těchto prostojů je zařazeno především přecházení mezi jednotlivými jamkami, krátkodobý odpočinek, vyhledání vhodného místa pro jamku nebo drobná úprava zařízení (dotažení šroubů apod.). Vždy byl měřen najednou celý soubor vyvrtaných jamek (např. jeden řádek). Při vrtání jamek malým vrtákem (10 cm) byly dosahované časy velmi krátké a vyčleňování „aktivního“ času z pracovního procesu by bylo proto obtížné a nepřesné. V tomto případě byl měřen pouze „souhrnný“ čas, tedy od zahájení vrtání jedné jamky po zahájení vrtání další jamky (včetně přechodu a případného prostoje).

Bylo provedeno celkem 658 měření času vrtání jamek a 113 měření času výsadby. U 76 ks odrostků byl změřen čas úpravy jejich kořenů a roznáška celkem 112 kusů na průměrnou vzdálenost 50 m. Obsluhu půdního jamkovače prováděli zkušení pracovníci (muži) z VÚLHM – VS Opočno a ČZU, vlastní výsadbu a další činnosti pak pracovníci VÚLHM a ČZU (autoři tohoto článku a další).

Pro hodnocení statistických rozdílů byl použit Mann-Whitney test a software Statistica 9.1. Statistická významnost byla hodnocena na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Průměrná doba potřebná k úpravě (ostříhání) kořenů jedné sazenice činí cca 11 s (kořeny se upravují pouze v případě, pokud již nebyly ostříhány při expedici ve školce a pokud to jejich nadměrná délka vyžaduje). Průměrný čas potřebný k roznášce jedné sazenice ze založité k jamkám (průměrná vzdálenost cca 50 m, rovina), vypočtený jako průměr podílů počtu sazenic v právě roznášeném balíku a času potřebného k roznesení daného balíku, činí cca 6 s. Průměrná hloubka jamky (zhotovená vrtákem o průměru 20 cm) byla 22 cm (měřeno ode dna jamky po úroveň povrchu půdy), resp. 31 cm (ode dna jamky k vrcholu „valu“ z vyvrtané zeminy).

Vrták o průměru 20 cm

Průměrný čas potřebný k vyvrtání jedné jamky vrtákem o průměru 20 cm (tzv. „aktivní“ čas – měřeno od okamžiku zahájení vrtání po okamžik vyvednutí vrtáku z jamky) dosahoval podle jednotlivých lokalit hodnot od 7 do 13 s. Pokud vrtání probíhá bez problémů a vrták nenarazí na výraznější překážku, netrvalo samotné vrtání jamky déle než 10 s (71 % případů). V obtížnějších podmínkách (při zaseknutí vrtáku o kořen či kámen) může čas potřebný k vyvrtání jedné jamky činit až několik desítek sekund, dokonce i více než 1 minutu. Déle než 20 s trvalo vyvrtání jedné jamky pouze v cca 8 % případů.

Průměrný čas potřebný k přechodu k další jamce (měřeno od ukončení vrtání jedné jamky po zahájení vrtání následující jamky) dosahoval podle jednotlivých lokalit hodnot od 5 do 9 s. V 87 % případů nepřesáhl 10 s. Na druhou stranu se i v tomto případě vyskytovaly hodnoty v řádech desítek sekund. Čas delší než 20 s byl však zaznamenán pouze u 8 % případů.

Souhrnný čas pro vyvrtání jedné jamky (vč. přechodů) byl v 83 % případů kratší než 20 s (průměrně 17 s).

Samotná výsadba sazenic do jamek vytvořených 20cm vrtákem trvala průměrně cca 30 s; přechod mezi jednotlivými jamkami cca 5 s. Hodnoty jsou oproti vrtání více vyrovnané.

Vrták o průměru 15 cm

Lokalita IV (Kostelec – Truba) představuje vzhledem k lehké a předem připravené půdě ideální podmínky pro efektivní použití motorového vrtáku. Průměrný souhrnný čas (tj. aktivní čas včetně přechodů) potřebný ke zhotovení jedné jamky činil necelých 5 s. I když byl proveden pouze relativně malý počet měření, pracovní tempo bylo drženo po celou dobu výsadby (mezi jednotlivými řádky byly samozřejmě vloženy různé dlouhé prostoje potřebné k přesunutí vytyčovacího zařízení). Výsadbu prováděla pětičlenná četa, kdy jeden pracovník obsluhoval jamkovač, tři sázeli, jeden roznášel sadební materiál a jeden upravoval kořeny. Celkem bylo za 155 minut vysazeno 880 ks sazenic. Průměrný hodinový výkon kompletně vysazených stromků v přepočtu na jednoho pracovníka byl 70 ks.

Vrták o průměru 12 cm

Vrták o průměru 12 cm byl používán na lokalitě V (Brdy – Voznice). Měřen byl pouze souhrnný čas (bez rozlišování aktivního času a přechodů). Průměrný čas potřebný ke zhotovení jedné jamky se v dílčích měřeních pohyboval mezi 6–12 s, průměrně dosáhl 10 s. V 62 % případů netrvalo vyvrtání déle než 10 s, déle než 20 s trvalo pouze u 3 % případů. Z údajů vyplývá, že i v půdě s vyšším obsahem skeletu, která byla zaznamenána na tomto stanovišti, lze s menším vrtákem pracovat výrazně rychleji než s větším vrtákem.

Vrták o průměru 10 cm

Použití menšího vrtáku (pro výsadbu poloodrostků s menším kořenovým systémem) práci výrazně zrychlilo, a to jak samotné vrtání, tak čas přechodu. Měření bylo pouze „souhrnný“ čas (dohromady čas vrtání + přechody a další krátké prostoje).

„Souhrnný“ čas zhotovení jedné jamky (vrtání + přechod) vrtákem o průměru 10 cm byl cca 6 s. V 91 % případů celkový čas vyvrtání jedné jamky (vrtání + přechod) nepřekročil 10 s, dokonce 19 % jamek bylo (včetně přechodu k další) zhotoveno v čase kratším než 5 s. U žádné jamky ve sledovaných případech netrvalo vyvrtání déle než 20 s. Je to dáno nižší náchylností malého vrtáku k zachytávání a překážky v půdě. Kratší doba zřejmě souvisí s výrazně menší vynaloženou

námahou, což se odrazí v potřebě kratšího odpočinku mezi jednotlivými jamkami a v celkově vyšší intenzitě práce. Nebyla zaznamenána statisticky průkazná odlišnost času vrtání upraveným a neupraveným vrtákem. (V případě 20cm vrtáku tento aspekt vzhledem k nehomogenním terénním podmínkám nebyl vyhodnocován.)

Samotná výsadba do jamek vytvořených vrtákem o průměru 10 cm trvala 14 s, což je zhruba poloviční čas oproti výsadbě do velkých jamek (statisticky průkazná odlišnost). Je to způsobeno menším objemem půdy, který je třeba do jamky nahnout a ztuhnout. Čas přechodu byl podobný jako u velkých jamek (kolem 5 s), průkazně se nelišil. Zjištěné časové údaje jsou prezentovány v tab. 2 a vybrané hodnoty jsou znázorněny na obr. 1.

Tab. 2.

Časová náročnost mechanizované výsadby sazenic pomocí motorového jamkovače
Time requirements for planting using earth auger

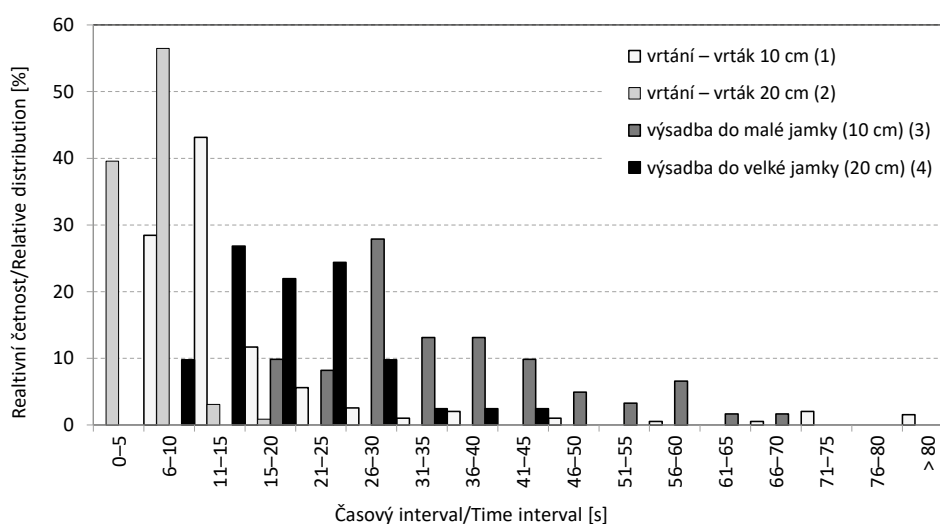
Vrtání ¹ Vrták Ø 20 cm ³	Lokalita I ²			Lokalita II			Lokalita V		
	Aktivní čas ⁴ [s]	Přechod ⁵ [s]	Souhrnný čas ⁶ [s]	Aktivní čas [s]	Přechod [s]	Souh. čas ⁶ [s]	Aktivní čas [s]	Přechod [s]	Souh. čas [s]
počet měření ⁷	89	85	85	114	112	112	141	141	141
průměr ⁸	11,5	9,3	20,9	7,2	6,7	13,9	12,7	5,0	17,7
min./max. ¹⁰	4/65	3/55	8/84	3/78	2/63	6/81	4/63	1/34	6/97
sm. odchylka ¹¹	13,14	8,90	17,27	8,01	6,87	10,64	9,43	4,71	12,06
medián ¹²	7	7	14	5	5	11	10	3	14

Vrtání	Lokalita IV (vrták Ø 15 cm) ¹³		Lokalita V (vrták Ø 12 cm)				
	Souhrnný čas [s]	dílčí měření 1 ¹⁴	dílčí měření 2	dílčí měření 3	dílčí měření 4	dílčí měření 5	měření 1–5 dohromady ¹⁵
počet měření	42	42	51	47	42	42	224
průměr	4,8	12,2	11,6	7,6	12,2	6,2	10,0
min./max.	4/8	7/18	5/24	4/14	6/30	2/21	2/30
směrodatná odchylka	0,92	2,43	3,84	2,09	4,27	2,75	4,07
medián	5	12	11	8	11,5	6	9,5

Vrtání	Lokalita I		Lokalita II		Lokalita III (neupravený vrták) ¹⁶		Lokalita III (upravený vrták) ¹⁷		Lokalita III dohromady ¹⁸		Lokality I–III dohromady ¹⁹	
	Vrták Ø 10 cm											
Souhrnný čas [s]												
počet měření	104	143	102	106	208	455						
průměr	6,5	4,8	7,4	7,2	7,3	6,3						
min./max.	3/18	2/12	2/19	3/13	2/19	2/19						
sm. odchylka	1,98	1,27	2,75	1,87	2,34	2,27						
medián	6	5	7	7	7	6						

Výsadba ²⁰	Lokalita I – jamka Ø 20 cm ²¹			Lokality I, II, III – jamka Ø 10 cm ²²		
	Aktivní čas [s]	Přechod [s]	Souhrnný čas [s]	Aktivní čas [s]	Přechod [s]	Souhrnný čas [s]
počet měření	64	61	61	49	40	41
průměr	29,8	5,1	35,0	14,3	4,8	19,0
min./max.	14/60	2/20	17/70	4/35	2/9	6/44
sm. odchylka	11,12	3,19	12,39	6,83	1,95	7,73
medián	27	4	32	13	5	18

Captions: ¹drilling of a planting hole; ²locality I (localities description – see Tab. 1); ³auger bit of 20 cm in diameter; ⁴active time; ⁵movement and transport time between places of two neighboring holes; ⁶overall time; ⁷number of measurements; ⁸mean value; ⁹minimum value; ¹⁰maximum value; ¹¹standard deviation; ¹²median; ¹³Locality IV (auger bit of 15 cm in diameter); ¹⁴partial measurement No. 1; ¹⁵partial measurements altogether; ¹⁶Locality III (unmodified auger bit); ¹⁷Locality III (modified auger bit); ¹⁸Locality III altogether; ¹⁹Locality I–III altogether; ²⁰planting of trees; ²¹Locality I (planting hole made by 20 cm auger bit); ²²Localities I, II, III – (planting hole made by auger bit of 10 cm in diameter)



Obr. 1.

Rozdělení četností časů vyvrtání jedné jamky vrtákem o průměru 10 cm a 20 cm a časů výsadby jednoho stromku (zjišťováno na lokalitách I–III). Občasný výskyt vysokých hodnot je způsoben zpravidla nutností vyprostit vrták zaseknutý o překážku v půdě (kořeny, kameny)

Fig. 1.

Frequency distribution of times required for drilling of one planting hole with an auger bit of 10 cm (1) and 20 cm (2) in diameter, respectively. The distribution of times (excluding drilling) required for planting one tree into a smaller (3) and larger (4) planting hole, respectively (measured on the localities I–III). The occasionally occurred long time periods were recorded e.g. when the auger bit got stuck in the soil due to the obstacles (roots, stones)

Finanční zhodnocení

Celková časová náročnost výsadby odrostků s použitím vrtáku o průměru 20 cm je 69 s (11 s stříhání kořenů, 6 s roznesení sazenic, 17 s vrtání jamky, 35 s samotná výsadba). Pro výpočet finanční náročnosti je třeba provést přepočty na jednoho pracovníka, tzn. násobit čas vrtání koeficientem 2 (jamkovač zpravidla obsluhovaly dvě osoby, případně druhá osoba upravovala povrch terénu). Kompletní výsadba jednoho odrostku v přepočtu na jednoho pracovníka trvá 86 s (1:26 min). Při uvažovaných mzdových nákladech 150 Kč.h⁻¹ (vč. odvodů) to dopovídá 3,57 Kč ve mzdových nákladech na jeden stromek. Náklady na palivo, opravy a amortizaci stroje lze odhadnout na cca 0,50 Kč na jednu jamku. Celkové náklady tedy činí cca 4 Kč (0,15 EUR). V porovnání s pracovní normou (NOUZA, NOUZOVÁ 2003), která pro ruční zhotovení jamky velikosti 25 cm × 25 cm ve středně náročném terénu (vč. současné výsadby sazenic) počítá s cca 35 ks sazenic za 1 hodinu, činí výkonnost mechanizované výsadby (ovšem odrostků) zhruba 120 % této normy.

Kompletní výsadba jedné sazenice do malé jamky (10 cm) zabere 31 s (stříhání kořenů se neprovádělo, tj. 6 s roznesení sazenic, 6 s vrtání jamky, 19 s samotná výsadba; vrták v tomto případě obsluhovala vždy jedna osoba), což odpovídá 1,29 Kč ve mzdových nákladech na jeden stromek. Náklady na palivo, opravy a amortizaci stroje lze odhadnout na cca 0,30 Kč na jednu jamku. Celkové náklady tedy činí cca 1,60 Kč (0,06 EUR). Uvedené finanční zhodnocení je třeba brát jako modelové, orientační, teoreticky dosažitelné pouze v příznivých podmínkách bez jakýchkoliv dalších prostojů, které mohou být způsobeny např. poruchami, nepříznivým počasím či jinými nestandardními podmínkami.

Naše výsledky lze porovnat s již zmíněnými rumunskými studiemi, které navíc používají stejný typ jamkovače (Stihl BT 121). Pro vrták o průměru 20 cm uvádějí BOJA et al. (2013c) průměrný čas potřebný pro zhotovení jedné jamky 10–13 s. Pro vrták o průměru 15 cm udávají BOJA et al. (2013b) značně proměnlivý čas v rozmezí 5–24 s, což je zřejmě způsobeno nestejnoměrnými vlastnostmi půdy. V obou těchto

studiích bylo pozorováno ztuhnutí stěn jamky, což bylo způsobeno těžkou glejovou půdou.

Pro srovnání, LAINE a RANTALA (2013) uvádějí výkonnost sázecího adaptéru M-planter 275 ks.h⁻¹ (tj. 13 s na jeden vysazený stromek), podle jiných autorů (LIEPIŅŠ et al. 2011) se výkon pohybuje kolem 260 ks.h⁻¹. Je však nutné podotknout, že cena samotného sázecího adaptéru dosahuje v přepočtu cca 1,5 mil. Kč (+ cena nosného vozidla, tj. bagru či harvesteru) (ERSSON et al. 2014).

Reálný pracovní výkon motorového jamkovače, a tím i náklady, budou vždy závislé především na terénních podmínkách a dalších okolnostech, které lze jen obtížně kvantifikovat a které jsou pro každé stanoviště specifické. Uvedené výsledky naznačují, že pracovní výkon je snižován zejména vlastnostmi půdy, konkrétně přítomností skeletu, kořenů či větví v půdě a dále pak pokryvem buřeně (tráva, ostružiník), přičemž vlastnosti půdy se mohou i v rámci jednoho stanoviště (porostu, pracoviště) výrazně měnit. Současně platí, že větší průměr vrtáku znamená na daném stanovišti nižší počet zhotovených jamek, zároveň lze konstatovat, že velikost použitého vrtáku se na pracovním výkonu projevuje méně než vliv vlastností půdy. Může tedy nastat situace, že vrtání s větším vrtákem v půdě s příznivými vlastnostmi bude rychlejší než vrtání s menším vrtákem v půdě s vlastnostmi méně příznivými a naopak. Od tohoto zjištění by se následně mělo odvíjet normování, a tím i odměňování práce.

ZÁVĚR A DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Příspěvek popisuje využití ručně nesených motorových jamkovačů (vrtáků) pro zhotovování jamek pro výsadbu sadebního materiálu lesních dřevin se zaměřením na odrostky. Na základě hodnocení časové náročnosti výsadby lze konstatovat, že kompletní výsadba jednoho odrostku do jamky zhotovené 20cm vrtákem v přepočtu na jednoho pracovníka trvala 86 s. Při uvažované hodinové sazbě (vč. odvodů) 150 Kč/h činí mzdové náklady na výsadbu jednoho odrostku cca 4 Kč (0,16 EUR). V případě poloodrostků sazených do jamky zhotovené

10cm vrtákem výsadba trvala 31 s a náklady činí cca 1,60 Kč (0,06 EUR).

Podle dosavadních zkušeností s provozem motorového jamkovače je možné shrnout praktické poznatky:

- Přednosti motorového jamkovače jsou neefektivněji využity na lehkých půdách, např. při zalesňování zemědělských půd nebo na lesních půdách po celoplošné přípravě.
- Jako zcela zásadní požadavek pro komfortní a bezpečnou práci lze označit nutnost, aby jamkovač byl vybaven spojkou, která přeruší točivý moment při zaseknutí vrtáku.
- Technologie by mohla najít uplatnění mimo jiné při výsadbě vyspělého sadebního materiálu (odrostků), kdy je při ruční výsadbě nutné kopat rozměrnou jamku.
- Na pracovní výkon mají vliv zejména stanovištní podmínky. Menší, ale jistě výrazný, je vliv velikosti použitého vrtáku. Výkon lze dále ovlivnit např. způsobem organizace práce.
- Nadměrné ohlazování a utužování stěn jamek přichází v úvahu pouze na těžkých jílovitých půdách a lze jej omezit mechanickými úpravami vrtáku (navážení zdršňovacího trnu).
- Při správném používání však technologie hloubení jamek pro výsadbu lesních dřevin pomocí motorového jamkovače přináší až několikanásobné zrychlení, a tím i ulehčení práce oproti klasickému ručnímu kopání, a to za současného snadnějšího dodržování kvality práce.

Poděkování:

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu NAZV QJ1220331. Autoři děkují všem, kteří se podíleli na činnostech předcházejících vzniku tohoto příspěvku.

LITERATURA

- BALÁŠ M., KUNEŠ I., ŠRENK M., KOŇASOVÁ T. 2011. Časová a pracovní náročnost výsadby prostokořenných odrostků listnatých dřevin v horských polohách. Zprávy lesnického výzkumu, 56: 235–243.
- BERÁNEK J. 1988. Význam přípravy půdy pro obnovu lesů v Krušných horách. Lesnická práce, 67: 357–361.
- BOJA N., BOJA F., DARAU P. A. 2013a. Influence of the resistance to penetration and shearing on the gas consumption at the execution of the holes for planting saplings. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology, 17: 92–98.
- BOJA N., BOJA F., CABA I., GLIGORAŠ D., DĚRÁU P. A. 2013b. Researches regarding the behavior of the Stihl BT 121 motto-borer, equipped with a 150 mm drill, for drilling holes designed to planting saplings. INMATEH – Agricultural Engineering, 39: 39–48.
- BOJA N., BOJA F., DARAU A. 2013c. Influence of the resistance to penetration and shearing on the execution steps of the holes for planting saplings. Research Journal of Agricultural Science, 45: 30–37.
- BURDA P. 2001. Nové konstrukční řešení stroje pro pěstování velkého sadebního materiálu a práci na nelesních půdách. In: Karas J. et al. (eds.): COYOUS – Konference mladých vědeckých pracovníků. Sborník z konference. Praha, 25. května 2001, Praha, LF ČZU: 14–18.
- BURDA P. 2009. Ověření pěstebních postupů a využití školkařských technologií při pěstování sadebního materiálu lesních dřevin a posouzení kvality vyprodukovaného materiálu. Disertační práce. Praha, ČZU v Praze: 90 s.
- BURDA P., NÁROVCOVÁ J. 2009. Ověřování technologie pěstování poloodrostků a odrostků v lesních školkách. Zprávy lesnického výzkumu, 54: 92–98.
- BURDA P., NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., KUNEŠ I., BALÁŠ M., MACHOVIČ I. 2015. Technologie pěstování listnatých poloodrostků a odrostků nové generace v lesních školkách. Certifikovaná metodika. Strnady, VÚLHM: 56 s. Lesnický průvodce 3/2015.
- DOLEŽAL D. 1960. Práce s přenosnými motorovými jamkovači. Lesnická práce, 39: 443–445.
- DOLEŽAL D. 1961. Mechanizace prací při výsadbě rychle rostoucích dřevin. Lesnická práce, 40: 231–232.
- DUJÍČEK B. 1959. Univerzální vrták pro přípravu půdy. Lesnická práce, 38: 382–383.
- DUŠEK V. 1984. Pěstování prostokořenných poloodrostků. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 27 s. Lesnický průvodce 1/1984.
- ERSSON B. T., BERGSTEN U., LINDROOS O. 2014. Reloading mechanized tree planting devices faster using a seedling tray carousel. Silva Fennica, 48: article id 1064.
- HUBAČ M., BORSKÝ I., STRELKA F., STAREK E. 1963. Fyziologický rozbor výkonu při práci s motorovými jamkovači. Lesnický časopis, 9: 1035–1048.
- HANCOCK G. R., WELLS T., MARTINEZ C., DEVER C. 2015. Soil erosion and tolerable soil loss: Insights into erosion rates for a well-managed grassland catchment. Geoderma, 237–238: 256–265.
- HANUŠ J. 1977. Nové možnosti mechanizovaného zalesňování. Lesnická práce, 56: 534–536.
- HNILICA R., MESSINGEROVÁ V., STANOVSKÝ M., SLUGEŇ J., HNILICOVÁ M., FERENČÍK M. 2015. Možnosti mechanizace prací při zakladání a výchově lesa. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 99 s.
- KLÍR J. 1956. Půdní jamkovače. Lesnická práce, 35: 269–271.
- KONEČNÝ J. 1982. Výsledky ověřování sovětského zázečního automatu v podmínkách lesního hospodářství ČSSR. Zprávy lesnického výzkumu, 27: 2: 27–29.
- KRIEGEL H. 1984. Problematika mechanizované výsadby a sadbového materiálu borovice lesní. Lesnická práce, 63: 348–354.
- KRIEGEL H. 2003. Vývoj smrkových kultur generativního a vegetativního původu v horských polohách Krkonoš. Zprávy lesnického výzkumu, 48: 21–24.
- LAINE T., RANTALA J. 2013. Mechanized tree planting with an excavator-mounted M-Planter planting device. International Journal of Forest Engineering, 24: 183–193.
- LIEPIŅŠ K., LAZDIŅA D., LAZDIŅŠ A. 2011. Productivity and cost-effectiveness of the M-planter tree planting machine in Latvian conditions. Baltic Forestry, 17: 308–313.
- LIŠKA V. 1978. Využití neseného dvojjamkovače při jamkové sadbě. Lesnická práce, 57: 232–233.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E. 1992. Vliv různých způsobů a typů sadby na vývoj kořenového systému smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.). Lesnictví – Forestry, 38: 193–203.
- MAUER O., VANĚK P. 2013. Kvalita zakládaných kultur – základ kvality nových porostu. In: Baláš, M. et al. (eds.): Proceedings of Central European Silviculture. Sborník z konference. Kostelec nad Černými lesy, 2.–3.7.2013. Praha, ČZU: 159–166.
- MAUER O., POP M., PALÁTOVÁ E. 2007. Root system development and health condition of sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) in the air-polluted region of Krušné hory Mts. Journal of Forest Science, 53: 452–461.
- MZe 2015. Zpráva o stavu lesního hospodářství České republiky v roce 2014. Praha, Ministerstvo zemědělství: 108 s.
- NERUDA J. 2000. Technology for planting admixed species in Norway spruce monocultures. In: Klimo E. et al. (eds.): Spruce monocultures in Central Europe – Problems and prospects. Joensuu, Finland, European Forest Institute: 177–188. Proceedings No. 33.

- NERUDA J., NAVRÁTIL S. 1998. Technizace produkce a výsadby sadebního materiálu větších dimenzí. *Lesnická práce*, 77: 14–15.
- NERUDA J., ULLRICH R., FRITZSCH R. 1993. Bagrová výsadba sazenic na obtížně zalesnitelných stanovištích. *Lesnictví*, 39: 449–453.
- NOUZA J., NOUZOVÁ J. 2003. Výkonové normy v lesním hospodářství pro Lesy České republiky, s. p.: 152 s. [online]. [cit. 2015-12-14] Dostupné na/Available on: <http://www.lesycr.cz/lz9/oznameni-o-vyberovych-rizenich/Documents/normy.pdf>
- PADILLA F.M., ORTEGA R., SÁNCHEZ J., PUGNAIRE I. 2009. Rethinking species selection for restoration of arid shrublands. *Basic and Applied Ecology*, 10: 640–647.
- PERNICA M., ŠEDIVÝ V. 2001. Vliv pracovní polohy při zalesňování na vnímání svalových bolestí. *Lesnická práce*, 80: 354–356.
- PLÍŠEK F. 1965. Nesené jamkovače. *Lesnická práce*, 44: 288.
- POSPÍŠIL B. 1959. Přenosný motorový důlkovač Vú/56. *Lesnictví*, 5: 979–990.
- PRUDIL A. 1984. Soustava strojů pro pěstební práce (II. část). *Lesnická práce*, 63: 406–411.
- RYABCHUK D., LEONT'YEV I., SERGEEV A., NESTEROVA E., SUKHACHEVA L., ZHAMOIDA V. 2011. The morphology of sand spits and the genesis of longshore sand waves on the coast of the eastern Gulf of Finland. *Baltica*, 24: 13–24.
- SCHALEK M. 1959. Skúsenosti s motorovým jamkovačom pri zalesňovacích prácach. *Lesnická práce*, 38: 411–414.
- SCHNEEBERG A. 1958. Přenosný motorový jamkovač VÚ 56 v praxi. *Lesnická práce*, 37: 22–27.
- SIMANOV V. 2015. Historie lesnické techniky v letech 1945–1992; pěstební činnost lesního hospodářství (III. část). *Lesnická práce*, 94: 406–410.
- SKOUPÝ J. 1967. Souprava ručních elektrických jamkovačů pro výsadbu kořenáčových sazenic. *Lesnická práce*, 46: 109–111.
- SOUČEK J. 2010. Možnosti úpravy druhové skladby borových porostů. In: Novák et al. (eds.): Sněhová kalamita v borovém hospodářství 2010. Albrechtice nad Orlicí, 5. března 2010. Opočno, VÚLHM: 30–32.
- SOUTH D. B., ZWOLINSKI J. B., KOTZE H. 2001. Early growth responses from weed control and planting larger stock of *Pinus radiata* are greater than that obtained from mechanical soil cultivation. *New Forests*, 22: 199–211.
- STIHL. 2006. Stihl BT 121 – Instruction Manual. [online] Andreas Stihl AG & Co, KG: 65 s. [cit. 2015-12-14]. Dostupné na/Available on: <https://www.manualowl.com/m/Stihl/BT-121-Earth-Auger/Manual/368509>
- ÚHŮL. 2015. Webová mapová aplikace: Mapy a data, Katalog mapových informací, Oblastní plány rozvoje lesů. Dostupné na/Available on: <http://geoportal.uhul.cz/OPRLMapNew/>, [cit. 14-12-2015].
- VACEK S., SIMON J. et al. 2009. Zakládání a stabilizace lesních porostů založených na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*: 784 s.
- VIEWEGH J., KUSBACH A., MIKESKA M. 2003. Czech forest ecosystem classification. *Journal of Forest Science*, 49: 74–82.
- WASSERBURGER D., NERUDA J. 1985. Nový způsob mechanizovaného zalesňování v lanovkových terénech. *Zprávy lesnického výzkumu*, 30: 1: 12–17.
- ZUBRZYCKI S., KUTZBACH L., GROSSE G., DESYATKIN A., PFEIFFER E.-M. 2013. Organic carbon and total nitrogen stocks in soils of the Lena River Delta. *Biogeosciences*, 10: 3507–3524.

EXPERIENCE WITH THE USE OF EARTH AUGER FOR TREE PLANTING

SUMMARY

In the last decades, several experiments on earth augers used for tree planting in Czech forestry have been conducted. However, this technology was almost forgotten because of construction imperfections. Technological progress in the recent years has enabled the development of portable earth augers powered by petrol engine (alternative terms e.g.: power-driven earth auger, plant-hole borer, motto-borer), which can be relatively easily and safely used for fast and cheap planting of forest trees. The earth augers can be efficiently used to make planting holes for common-sized seedlings and transplants. However, these earth augers can drill also quite large and deep holes suitable even for planting of semisaplings and saplings. This way of planting naturally has its limitations; it can be only used at light (sandy or loamy) soils without excessive presence of stones, roots and grass turf. For example, sandy soils of natural pine stands or afforestation of abandoned agricultural land (after site preparation) can be considered suitable for the use of this earth auger.

Despite the growing popularity of earth auger drilling among forest workers in some regions, the manual planting (with hoes, planting bars etc.) has been dominating so far. For that reason, there are almost no available data concerning the time consumption of the mechanized planting (or work standards). The main aim of this paper is to bring initial outcomes of research on the mechanized planting with an earth auger. Basic stand characteristics of the experimental plantations are presented in Tab 1.

The total time required to accomplish the planting of one sapling was ca 69 s (related to one worker). This value includes the time required for drilling of a hole with auger bit of 20 cm in diameter (17 seconds), adjustment (shortening) of root system (11 s), delivery of saplings (6 s) and the plantation of sapling (35 s). The detailed outcomes are summarized in Tab 2.

The total time required to accomplish the planting of one common-sized seedling into the planting hole made by the auger bit of 10 cm in diameter is ca. 31 s. The example of frequency distribution of required times for drilling one planting hole and the distribution of required times to plant one tree is summarized in Fig. 1.

The costs of one sapling planting (including the auger depreciation) are approx. 4 CZK (0.16 EUR) (the price of planting stock excluded). Further it was found that the stand (soil) characteristics have more extensive influence on the work performance than the diameter of the auger bit. Under the same stand (soil) conditions, the work performance with smaller auger bit will be higher than the performance with the larger one.

Zasláno/Received: 03. 02. 2016

Přijato do tisku/Accepted: 06. 09. 2016