MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav lesnické a dřevařské techniky

Technicko-ekonomické parametry harvestorového uzlu s mobilním trakčním navijákem

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2017 Bc. Lukáš Černý

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Technicko-ekonomické parametry harvestorového uzlu s mobilním trakčním navijákem

vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne …….

Podpis

Poděkování

Pár slovy bych chtěl za pomoc a snahu poděkovat vedoucímu této diplomové práce Ing. Tomáši Zemánkovi, PhD., za jeho čas, trpělivost a ochotu během konzultací, za rady a připomínky při zpracování práce.

Rovněž děkuji panu Kláskovi a společnosti Reparoservis s. r. o. za vstřícnost a poskytování neméněcenných informací a neméně důležitou podporu prostřednictvím zajištění prostředků k tvorbě této diplomové práce.

Mé díky patří také panu Hankovi a společnosti Hanko CZ s. r. o. především za umožnění sběru dat a dalších cenných informací které tvoří podstatu diplomové práce.

Dále děkuji operátorovi vyvážecího traktoru panu Valentovi za přímou pomoc při získávání dat prostřednictvím jeho vlastní práce a za jeho čas.

Taktéž děkuji operátorovi harvestoru panu Urbanovi za přímou pomoc při získávání dat prostřednictvím jeho vlastní práce a za jeho čas.

Dále děkuji všem, kteří byli jakýmkoliv způsobem nápomocni a všem kterým vděčím za podporu při studiu a při zpracování diplomové práce.

Abstrakt

Jméno a příjmení: Lukáš Černý

Technicko-ekonomické parametry harvestorového uzlu s mobilním trakčním navijákem

Diplomová práce se zabývá činností harvestorového uzlu s mobilním trakčním navijákem ve svažitých terénech v různých technologických variantách. Byla provedena časová studie jednotlivých pracovních cyklů harvestoru s mobilním trakčním navijákem a bez mobilního trakčního navijáku během mýtní těžby smrkového porostu, který se nacházel na východním Slovensku. Při použití mobilního trakčního navijáku byly zjištěny v rámci jednotlivých pracovních cyklů časové rozdíly, které však nebyly statisticky významné z pohledu pracovního procesu těžby jednoho stromu. V rámci studie byl také popsán vliv mobilního trakčního navijáku na změnu produktivity práce harvestorového uzlu. Dále byla zpracována časová studie vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem. Následně bylo provedeno hodnocení poškození půdního povrchu během práce harvestorového uzlu ve dvou technologických variantách na Slovensku a v České republice. Technologická varianta s mobilním trakčním navijákem vykazovala nižší poškození půdního povrchu zejména kvůli zamezení prokluzu kol. Celkové hodnocení poškození půdy však kvůli vysokému počtu přejezdů použité mechanizace vyšlo negativně. Pro úplnost byla vypracována analýza provozních nákladů, kde se ukázala jako více nákladná technologická varianta s mobilním trakčním navijákem zejména díky vysoké pořizovací ceně navijáku a vyšší spotřebě pohonných hmot.

Klíčová slova: mobilní trakční naviják, harvestorová technologie, harvestor, vyvážecí traktor, časoměrná studie, poškození půdy, analýza provozních nákladů, soustřeďování dříví

Abstract

Name: Lukáš Černý

Name of dissertation: The technical-economic parameters of the harvester node with a mobile traction winch

The dissertation explores the work with harvester technology with a mobile traction winch in sloping terrains. It deals with the efficiency of these machines in their technological varieties. A time measurement study was undertaken in the dissertation which studied the work of a harvester with a mobile traction winch and without a mobile traction winch during the toll logging of a centennial spruce stand. The time study was performed in eastern Slovakia to establish the differences in time consumption during the work cycles. Some minor differences had been detected during work tasks, however, these did not exhibit any effect on the mobile traction winch in the work cycles of logging one tree. Furthermore, the time study measured the effect on any changes in work productivity, which is required during the operation of the mobile traction winch. Besides the harvester, a time study of a forwarder with a mobile traction winch has been compiled. To establish the effect on the forrest environment of the harvester technology and the mobile traction winch, an evalution of damage to the soil in two technological varieties was performed in Slovakia and the Czech republic. The technological variety with a mobile traction winch was less damaging to the soil surface due to the prevention of wheel slipping destpite the fact that the overall results of soil damage were negative. An operating cost analysis has been worked out to complete the study, which has shown the technological variety with the mobile traction winch to be more costly due to the purchase price of the winch and the higher fuel consumption. The main advantage, however, is safety, not cost savings.

Key words: mobile traction winch, CTL technology, harvester, forwarder, time study, damage to soil in the forest cover, operating cost analysis, logging of wood

Seznam použitých zkratek

5K – Kyselá jedlová bučina

6F – kyselá smrková bučina

BK – buk lesní (*Fagus sylvatica* L.)

BOZP – bezpečnost a ochrana zdraví při práci

CTL – Cut To Lenght (harvestorová technologie)

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČUZK – Český úřad zeměměřičský a katastrální

DPH – daň z přidané hodnoty

FOPS – Falling-Object Protective Structure

FW – forwarder (vyvážecí traktor)

HV – harvestor

JD – jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.)

LHC – Lesní hospodářský celek

LHP – Lesní hospodářský plán

mth – motohodina

MTN – mobilní trakční naviják

MZe – Ministerstvo zemědělství České republiky

OM – odvozní místo (lokalita soustřeďování dříví)

OPS – Operator Protective Structure

P – pařez (lokalita soustřeďování dříví)

ROPS – Roll-Over Protective Structure

SLKT – speciální lesní kolový traktor

SLT – soubor lesních typů

SM – smrk ztepilý (*Picea abies* L.) H. Karst.

ÚHÚL – Ústav hospodářské úpravy lesů

UKT – univerzální kolový traktor

VM – vývozní místo (lokalita soustřeďování dříví)

VÚBP – Výzkumný ústav bezpečnosti práce

VÚV TGM – Výzkumný ústav vodohospodářský

Obsah

1 Úvod 1
2 Cíl práce 2
3 Současný stav řešené problematiky 3
3.1 Mobilní trakční navijáky 3
3.2 Poškození půdy 5
3.3 Ekonomické přínosy harvestorové technologie 8
4 Metodika 10
4.1 Popis lokality sběru dat Čierná Lehota 10
4.1.1 Administrativně správní zařazení 10
4.1.2 Vlastnické poměry 10
4.1.3 Stručný popis přírodních podmínek 10
4.2 Popis lokality sběru dat Trutnov 12
4.2.1 Administrativně správní zařazení 12
4.2.2 Vlastnické poměry 12
4.2.3 Stručný popis přírodních podmínek 12
4.3 Základní popis těžebních strojů 14
4.3.1 Základní popis harvestoru 14
4.3.2 Základní popis vyvážecího traktoru 14
4.3.3 Základní popis mobilního trakčního navijáku 15
4.4 Metodika časoměrné studie 16
4.4.1 Podmínky sběru dat 16
4.4.2 Přípravné práce časoměrné studie 17
4.4.3 Terénní práce časové studie 18

4.5 Metodika zjišťování poškození půdy 24
4.5.1 Přípravné práce hodnocení poškození půdy 24
4.5.2 Stupeň rezistence lesních půd v těžebně-dopravním procesu 24
4.5.3 Stanovení počtu zkusných ploch 25
4.5.4 Terénní práce hodnocení poškození půdy 27
4.6 Metodika analýzy provozních nákladů 28
5 Výsledky 29
5.1 Index rezistence 29
5.2 Hodnocení poškození půdy 30
5.2.1 Výsledky hodnocení poškození půdy v lokalitě Čierná lehota 30
5.2.2 Výsledky hodnocení poškození půdy v lokalitě Trutnov 32
5.3 Výsledky časoměrné studie 34
5.3.1 Analýza rozptylu a středních hodnot pracovních úkonů harvestoru 34
5.3.2 Pracovní cykly harvestoru dle technologických variant 41
5.3.3 Pracovní cyklus vyvážení dříví v technologické variantě vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem 48
5.3.4 Pracovní cyklus přemístění mobilního trakčního navijáku 54
5.4 Výsledky analýzy provozních nákladů 58
6 Diskuse 62
7 Závěr 67
8 Literatura 69
9 Seznam tabulek 74
10 Seznam obrázků 75
11 SUMMARY 77

1 Úvod

Harvestorové technologie v České republice nachází dle Dvořáka et al. (2012) potenciál využití až 50 %. V současné době se těží sortimentní metodou 37,7 % dříví v České republice (MZe 2016) a tak se harvestorová technologie stává nedílnou součástí lesního hospodářství. Obecným technickým pokrokem se dle Klvače (2011) stroje a zařízení stávají dokonalejší a na samotnou práci je tak vynakládáno méně fyzické práce člověka. V lesním hospodářství se tento trend projevuje například při přechodu z motomanuální těžby na těžbu plně mechanizovanou, tedy za použití harvestorových technologií. Zvýšení mechanizace a automatizace mívá zpravidla vliv i na jiné disciplíny, jako je psychologie práce člověka, ergonomie, bezpečnost a ochrana zdraví při práci apod. Podstatou zdokonalování technologií je potom zvyšování produktivity a ekonomické efektivity práce.

Ukazatelem dosažení hlavních cílů může být právě analýza práce. Podle Klvače a Kleibla (2012) má měření práce v lese místo mezi důležitými obory lesnické vědy, která se započala rozvíjet na konci 20 let minulého století. Analýzu práce je možné provést z jakéhokoliv hlediska, které je pro hodnotitele stěžejní a stejně tak k provedení analýzy je možné přistupovat různými způsoby. Vždy se však jedná o rozdíly vstupů relevantních proměnných a jejich výstupů (Klvač a Kleibl 2012).

Tato diplomová práce se zabývá studií práce především formou měření práce a časoměrné studie. Hlavním záměrem je analýza produktivity práce a ekonomiky provozu určené technologie ve svazích. Mimo tento záměr se studie zabývá i poškozením půdy a provozními aspekty výroby harvestorového uzlu s mobilním trakčním navijákem. Součástí této práce je i seznámení se s touto problematikou a možnostmi využití zmíněné technologie.

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je:

Seznámení se s problematikou nasazení harvestorové technologie ve svažitých terénech a s možnostmi použití mobilních trakčních navijáků. Své poznatky prezentovat s přihlédnutím k technickým a výkonnostním parametrům strojů.

Provedení analýzy pracovních operací vyvážecího traktoru a harvestoru ve svažitých terénech metodou časoměrné studie. Vyhodnocení práce uvedených strojů rovněž z hlediska ekonomiky provozu a produktivity výroby. Zaměření se v těžených porostech na poškození půdního povrchu v důsledku nasazení strojů.

Analýza provozu harvestorového uzlu v technologických variantách s mobilním trakčním navijákem a bez použití mobilního trakčního navijáku. Při tomto ověřit hypotézu vlivu mobilního trakčního navijáku na pracovní cykly těžby dříví harvestorovou technologií.

3 Současný stav řešené problematiky

3.1 Mobilní trakční navijáky

Trakční navijáky mohou být v dnešní době shledány na různých prostředcích. Nejčastěji se s nimi setkáváme u osobních automobilů, ačkoliv tyto spíš slouží k vyproštění automobilu a jsou od chvíle instalace součástí dopravní prostředku. U lesní techniky mohou být také instalovány na harvestor nebo vyvážecí traktor. Připevnění k těžebnímu prostředku může být pomocí rychlého upínání (Herzog 2013). Tažná síla navijáku je synchronní s pojezdem těžebního prostředku.

Mobilní navijáky, jak už název napovídá, jsou samostatnými prostředky, které jsou opatřeny vlastním podvozkem. To se stává v případě prostředků na těžbu dříví výhodou, protože například vyvážecí traktory nenesou navíc hmotnost trakčního navijáku (Keith 2013). Co se týče rozměrů stroje, mobilní trakční navijáky neprodlužují délku stroje. Na rozdíl od ostatních navijáků, se očekává vyšší kapacity bubnu.

Vývoj mobilních trakčních navijáků byl spjat s rozšířením pracovních schopností harvestorové technologie. Při konstrukci navijáku typu T-winch bylo záměřem zaměřit se na dvě oblasti. První oblastí je maximalizovat faktor bezpečnosti obsluhy a druhým faktorem je zabránit poškozování půdy během těžby s touto technikou (ecoforst GmbH 2016). Společnost econforst GmbH (2016) dodává, že naviják jejich konstrukce umožňuje přístup do terénů, kde by před tím harvestorová technologie neobstála.

Bezpečnost a ochrana zdraví při práci je nesmírně důležitým mezníkem v lesní výrobě. Výzkumný ústav bezpečnosti práce prozatím nestanovil pravidla pro užívání mobilních trakčních navijáků (Šalamoun 2011). Zatímco se u mobilních trakčních navijáků posouvá hranice zdolávání na svazích. econforst GmbH (2016) uvádí, že těžební stroje a jejich pohyb se musí přizpůsobit jízdě v takto strmém terénu v závislosti k meznímu sklonu a povětrnostním podmínkám. Stroje pohybující se na svazích musí mít dobrou stabilitu a brzdný účinek. Potom se dá mobilní trakční naviják použit všude, kde je snížen faktor BOZP. Bezpečnost práce podle Keitha (2013) je také zvyšována tím, že navijáky disponují dálkovým ovládáním. Operátoři se tak dostávají do vzdálenosti od pohybujícího se prostředku a tím snižují rizika úrazu.

Moderní provedení navijáku T-winch[10.1] mají řadu bezpečnostních prvků, jako je vypínání navijáku před vyvinutím lana z navijáku. Takto si prostředek nechává poslední

závity lana v bubnu, aby nedošlo k jeho uvolnění (ecoforst GmbH 2016). Mobilní naviják se od zmiňované společnosti zabezpečuje dvěma textilními úvazky, aby nedošlo k jeho posunu po připojení těžkých těžebních strojů.

Druhou předností mobilních trakčních navijáků je zmíněné snižování poškození půd (ecoforst GmbH 2016). Cook, Ray a Lever (2016) došli k závěru, že mobilní trakční navijáky jsou díky hydraulickým systémům pracovat s nízkými otáčkami za vysoké tahové síly a tím dochází k minimalizaci prokluzu kol v případě tažení jiných prostředků navijákem. Konstruktéři společností pro výrobu těžebních strojů kromě produktivity také zájem nepoškozovat přírodní prostředí včetně půdy (ecoforst GmbH 2016). Díky omezení prokluzu kol během soustřeďování dříví mobilními trakčními navijáky se redukují škody na půdě až o 20 % (econforst GmbH 2016). Podle Turnqista (2013) je výhodou trakčních navijáků také to, že v různých délkách vytaženého lana je přibližně stejná tahová schopnost a rychlost na celé dráze pojezdu taženého prostředku. Mobilní trakční naviják má T-winch[10.1] kapacitu bubnu až 500 m tažného lana (ecoforst GmbH 2016). Využití mobilních trakčních navijáků je podle Turnquista (2013) rozmanité a lze je používat například s rypadly, které ztrácí stabilitu na svazích ale i v odlišných odvětvích.

3.2 Poškození půdy

Jakékoliv běžné operace v lesním prostředí způsobují zhutnění půdy. Toto tvrzení přetrvává dodnes (již přes šedesát let), i přesto není tento problém zcela vyřešen (Neruda et al. 2008). Historie zkoumání vlivu pojíždění strojů na půdu sahá dvacet let nazpět, uvádí Ulrich, Schlaghamerský a Štorek (2002). Problematika poškozování půdního a zároveň produkčního prostředí byla zmiňována i na světových konferencích, například Summit země v roce 1992, ze kterého pak vycházela Montrealská dohoda z roku 1998 apod. Zhutňování půd je ale také přirozený proces založený na ilimerizaci, inkrustaci půdní struktury solemi nebo zvětráváním a tvorbou jílových minerálů (Vavříček, Kučera 2015), dále sešlapem a pohybem zvěře apod., uvádí Klvač a Liška. Nepřirozená forma zhutnění, kterou se tato práce zabývá, je důsledkem pojezdu těžkých strojů v lesním prostředí.

Důsledkem pojezdu těžkých strojů bylo zjištěno poškození půdních struktur i ve více jak 20 cm, dále změna vlhkostních podmínek a později bylo zjištěno, že důsledkem zhutnění půd se omezuje růst dřevní produkce (Neruda a kol. 2008). K maximálnímu zhutnění dochází v hloubkách do 30 cm pod povrchem půdy (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014).

Zhutnění má vliv na celou řadu půdních charakteristik. Jako vnitřní faktory, které tyto charakteristiky ovlivňují, považují Gebauer a Martinková (2008) zejména posun a změnu velikosti půdních částic, druh a množství absorbovaných minerálů, obsah organických látek, půdní strukturu a půdní texturu, stabilizaci kořenů a humusových látek, hustotu půdy, spojitost pórů a obsah vody. K vnějším faktorům přiřazují technologii těžeb, její intenzitu a způsob přepravy sortimentů dříví. Jako příklad uvádějí stroje s odlišnými pneumatikami. Není jednoduché určit parametr, který by mohl vyjádřit nebezpečí zhutnění a to proto, že přesná čísla vykazují velké variace způsobené zhutněním. V delším časovém horizontu se může pojezd strojů promítnout do snížené dostupnosti volně pohyblivých látek (jako O2, CO2, vody a některých živin) v rhizosféře (Skoupý 2011). Hromaděním CO2 je též ovlivněna aktivita půdních organizmů, jež je daná strukturou půdy a její vlhkostí, jakož i příjem energeticky důležitých živin pro kořenový systém. Proto je narušena veškerá biologická aktivita stromů (Skoupý 2011).

Následkem zhutňování půd může nastat povrchová eroze půdy. Vavříček a Kučera (2015) definují erozi jako ztrátu nebo odnos zemského povrchu vlivem vody, větru, ledu a též jako geologický faktor za účasti zemské gravitace. V ekosystému probíhá proces eroze nepřetržitě tempem, které nepřevyšuje tvorbu půdy a je tedy přírodním procesem nazývající se eroze geologická (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014). Eroze způsobená antropogenní činností je eroze zrychlená a je 10-1000 krát rychlejší než geologická. Dochází tak k fyzikální, chemické a biologické degradaci půdy. Mění se půdní struktura, textura, objemová hmotnost, retence pro vodu, pórovitost, infiltrační schopnost, fyziologická hloubka. Snižuje se obsah organické hmoty, minerálních živin. Je odnášena biologicky nejaktivnější část půdy. Zpomalují se koloběhy látek ekosystému.

Narušením povrchu půdy erozní rýhou se charakter odtékající vody soustřeďuje v povrchový odtok, jenž za normálních okolností nevzniká. Tvoří se stružky, rýhy, strže, kterými jsou unášeny půdní částice i z meziryhového prostoru a ty se usazují většinou na bázích svahů (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014). Při stlačování půdy dochází ke zvyšování objemové hmotnosti, tím pádem ke zhoršování propustnosti pro vodu (Malík a Dvořák 2007). Jestliže operátor stroje používá při jízdě jednu a tu samou kolej za mokrého stavu, dochází k vytlačování zeminy rozrušeného povrchu, a pokud je obsah vody vysoký, dochází k jejímu rozstřikování do okolí (Neruda et al. 2011). Následkem vzniku kašovité konzistence při míšení půd s vodou, odtéká velké množství zeminy.

Zmínění autoři (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014) rozlišují faktory, za kterých eroze nastává a při jejich sloučení se erodibilita zvyšuje. Tyto faktory jsou kvalitativního a kvantitativního charakteru. Kvalitativní eroze vyjadřuje dlouhodobou ztrátu z ekosystémové půdní složky a je určena zejména vodní erozí přívalových dešťů. Kvantitativní eroze závisí na více faktorech, které korelují s indexem rezistence. Prvním je faktor erozní účinnosti dešťů, kdy se počítá s četností výskytu srážek, četností úhrnu, jejich intenzitě a kinetické energii, která doprovází vodu padající k povrchu. Při deštích půda infiltruje vodu a mění se tak konzistence zeminy. Odnos půdních částic začíná tehdy, jestliže jsou póry plně nasyceny vodou. Posledním faktorem je účinnost protierozních opatření.

Z hlediska faktoru půdní erodovatelnosti rozlišují Neruda et al. (2011) půdně taxonomické jednotky na extrémně erodovatelné, lehce erodovatelné, středně lehce erodovatelné, středně těžce erodovatelné a těžce a velmi těžce erodovatelné půdy. U extrémně erodovatelných půdně taxonomických jednotek převažuje proces ilimerizace. Předpokládaná rizika jsou v referenčních třídách luvisolů, regosolů, arenických subtypech. Oproti tomu charakterizují těžce erodovatelné půdy, které mají podíl jílovité a písčité složky vyrovnaný a vyznačují se hydricky ovlivněnou ekologickou řadou. Na příkladu uvádějí glejosoly a organosoly. Je známo, že s přibývající jílovitou složkou stoupá soudržnost zeminy (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014). Jíly se vyznačují vysokou kohezí, kdy velká styčná plocha částeček zmírňuje riziko rozrušení, zatímco u písčitých a štěrkových substrátů nezávisí tolik na kohézních silách jako na hrubosti zrn.

Vezmeme-li v úvahu rychlost tvorby půdy, můžeme jí považovat za neobnovitelný přírodní zdroj (Vavříček, Kučera 2015). Eroze je považována za globální hrozbu v souvislosti s pěstováním zemědělských plodin a s nárůstem populace.

3.3 Ekonomické přínosy harvestorové technologie

Harvestorové technologie umožňují provádět manipulaci a druhování dříví přímo v lese a tím otevírají cestu organizaci dodávek a přepravy dříví z lesa rovnou k odběrateli. Tímto momentem končí odvoz surového dříví z lesa na manipulační sklad k manipulaci a druhování, kde se dříve v druhé etapě znovu organizovala manipulace a druhování. Poté se prováděl znovu transport dříví k odběrateli (Mze 2010). Tím se šetří finanční prostředky a práce hned několika subjektů. V lesnickém sektoru je vyšší a vyšší nátlak na dodavatele prací z hlediska rozměrů sortimentů, což vytváří vazbu na neustálé zdokonalování těžební techniky a způsobu zpracování dříví. Nejen že, záleží na kvalitě zpracování sortimentů, ale záleží i na jejich čistotě (Uusitalo 2010). Půdní částice způsobují problémy při dalším zpracování tupením prvků řezacího ústrojí.

Lesnické společnosti mají pouze omezený vliv na výrobní náklady. Způsob kalkulace provozních nákladů musí být proto objektivní vzhledem ke změně pracovních podmínek (Helmer 2010). Například změna skladby vyráběných sortimentů má vliv na celou výrobu.

Bartoš (2009) odhaduje, že v České republice nahradily na některých místech harvestrové technologie lesní těžby, díky finančním úsporám, zcela některé konvenční prostředky a jejich zastoupení je možné 35 až 40 % lesní těžby. Jiné odhady jsou například až 80 % lesní těžby (MZe 2012).

Dlouholetou snahou mnoha výzkumných pracovišť a pozorovatelů lesnické techniky je najít optimální technologie pro určité výrobní podmínky, které by bylo možné provozovat v některých konkrétních oblastech po řadu let (Skoupý 2011). To sebou nese tlak na konstrukci strojů a stroje musí být technicky dokonalejší. Takto stoupá jejich pořizovací cena. Čím je stroj dražší, tím jsou materiálové a mzdové náklady, jakož i náklady na servis stroje větší, tím důsledněji a zodpovědněji je třeba zabezpečit organizaci (logistiku) strojů (Janeček et al. 2011). Ze strategického hlediska jsou však strojní technologie na základě víceoperačních strojů zárukou vyrovnanosti a stability produkčních, ekonomických i ekologických vazeb mezi biologickými a technickými požadavky v současném lesnictví (Janeček et al. 2011).

Hlavními ekonomickým přínosy harvestorové technologie jsou podle Nerudy et al. (2013b) produktivita práce, druhování z celé délky stromu, přesné elektronické měření délek, tlouštěk a objemů dříví, usnadnění příjmů a evidence dříví, okamžitý přehled o těženém množství a objemu jednotlivých sortimentů, optimalizace výroby sortimentů dle kvality a typu ceny, disponibilitě hotových sortimentů na lokalitě odvozního místa (možnosti dodávek dříví odběrateli přímo z odvozního místa), trasparentnosti cen sortimentů na odvozním místě, úspoře nákladů při převozu dříví na manipulační a expediční sklady, úsporách na dílčích operacích v těžební činnosti a zkrácení doby celého výrobního procesu a snížení rozpracovanosti výroby.

Mezi sociálně ekonomickým přínosům podle Nerudy et al. (2013b) jsou ekonomické podmínky a hygiena práce a předcházení nemocem z povolání, plynulý dvousměnný provoz při práci, použitelnost technologií pro širokou škálu vlatníků a uživatelů lesa, úspory energií, zvyšování společenské úrovně práce v lesním hospodářství a konkurenceschopnosti a v poslední řadě je přínosem náhrada ubývajících dřevorubců.

4 Metodika

4.1 Popis lokality sběru dat Čierná Lehota

4.1.1 Administrativně správní zařazení

První lokalitou sběru dat se stala oblast na východu Slovenské republiky. Katastrální zařazení je tedy ve Slovenské republice v kraji Košickém (Katastra nehnuteľností 2017). Okresem je se stejnojmenným názvem okresního města Rožňava. Nejbližší obec u lokality sběru dat, která se nachází jižně od těženého porostu, je Čierná lehota.

Těžený porost se nachází přibližně 250 m vzdušnou čarou severním směrem pod vrcholem Skalka, jež stoupá do výšky 1 116 m n. m. (GPS: 48.7471825N, 20.2234567E), (ArcGIS 2017). Přístup k porostu je možný sítí lesních cest, nejlépe odvozní cestou, která vede z obce Čierná lehota podél Lehotského potoka směrem proti jeho proudu. Od Lehotského potoka se těžený prost potom nachází jihozápadním směrem mezi místy Fábená hola a Prostredný grůň (Katastra nehnuteľností 2017).

4.1.2 Vlastnické poměry

Těžený porost je v soukromém vlastnictví, které je založeno na urbariátním systému. Lesní hospodářský celek tvoří parcela, která má ke dni 23. 3. 2017 dle mapového portálu Katastra nehnuteľností (2017) 24 vlastníků v různém majetkovém poměru. Kontaktní osobou je podle Úradu pro verejné obstaravanie (2015) p. Vlčák. Výměra všech pozemků LHC činí 228 ha.

4.1.3 Stručný popis přírodních podmínek

Lesní oblastí, kde se těžený porost nalézá, je (38) Veporské vrchy a Stolické vrchy (LHP 2015). Dále podoblast se nazývá (B) Veporské vrchy (sever). Těžený prorost nese podle zdejších jednotek prostorového rozdělení lesa označení 404 – 1 (LHP 2015).

Celková výměra činí 10,15 ha. Svah je orientovaný severovýchodně se sklonem 55 %. Nadmořská výška porostu je v rozpětí 950–1050 m n. m (LHP 2015).

Geologickým podložím jsou porfyrické granodiority převážně s bílými vyrostlicemi draselných živců původem z holocénu (Hraško 2013). Půdy jsou místy

mělké s vysokým obsahem skeletu. Půdním typem je kambizem modální a lze přisuzovat právě těm místům s vysokým obsahem skeletu kambizem rankerovou.

Hospodářský soubor podle LHP (2015) je 511, tedy živné jedlové bučiny (*Fageto-abietum*), na němž se vyskytoval porostní typ 15 – smrkový (Križová, Nič 2000). V typologické klasifikaci ÚHÚL (Plíva 1987) by tento hospodářský soubor odpovídal číslu 55 (hospodářství živných stanovišť vyšších poloh se souborem lesních typů 6F (svahová smrková bučina).

Dle Chytrého et al. (2001) je v těchto živných jedlových bučinách průměrná roční teplota 3-6 °C. Dále se roční úhrn srážek pohybuje mezi 900-1200 mm.

Doba obmýtí porostu byla stanovena na 100 let, doba obnovní 30 let. Růstovým stupněm byla silná kmenovina a k roku 2016 dospěla do 91 let. Zakmenění se rovnalo hodnotě 0,9. Terénní typ podle slovenské klasifikace má číslo 10, což znamená trvale nepřechodný půdní typ. Funkční typ je klasifikován jako protierozně-produkční (LHP 2017).

Druhové složení porostu bylo tvořeno dřevinami SM, JD a BK. SM byl v dominantním zastoupení 96 %, potom vtroušeně JD 1 % a BK 3 %. Výška dřeviny SM odpovídala 26 m s tloušťkou 38 cm. Průměrný objem kmene činil 0,7 m^3 (LHP 2015). V těchto podmínkách došlo k poškození dřevin v porostu o 3 %, jednalo se především o zlomené vrcholy SM pod náporem těžkého sněhu nebo větru.

Porost se nachází ve chráněné ptačí oblasti Muránská planina – Stolica, která je zřízena vyhláškou MŽP SR č. 439/2009 Z.z. zo 17. 9. 2009, ktorou sa vyhlasuje Chránené vtáčie územie Muránska planina. Jiný stupeň ochrany se v těženém porostu dle platného LHP (2015) nevyskytuje.

4.2 Popis lokality sběru dat Trutnov

4.2.1 Administrativně správní zařazení

Druhou lokalitou se stala oblast ve Východních Čechách. Katastrální území v České republice náleží Východočeskému kraji v bývalém okrese Trutnov. Nejbližší obcí s rozšířenou působností je město Dvůr Králové nad Labem. Dle ČUZK (2015) náleží katastrální území obci Kocbeře.

Těžený porost se nachází přibližně 2 km proti proudu potoka Drahyně, který také pramení nedaleko. Potok se dále vlévá jako levý přítok Kocbeřského potoka který pokračuje vléváním jako pravý přítok řeky Labe (severní úmoří). Přístup porostu je možný pomocí sítě lesních cest. Vodoteč je od lokality sběru dat východním směrem (kolmo na směr toku) (GPS: 50.4596503N, 15.9027558E) nejlépe z obce Nový Kohoutov (ArcGis 2017).

4.2.2 Vlastnické poměry

Lesní hospodářský celek, kde se nalézá zájmová lokalita, spadá pod správu Lesů a parků Trutnova s. r. o. Vlastníkem lesů je však město Trutnov. Podnik Lesy a parky Trutnov obhospodařuje LHC o velikosti 2 319 ha s lesoparkem o výměře 300 ha (Lesprojekt Hradec Králové s. r. o. 2007). Zodpovědnou osobou se stal Ing. Semerák.

4.2.3 Stručný popis přírodních podmínek

Přírodní lesní oblastí, na níž se lokalita vyskytuje, nese název Podkrkonoší s číslem 23 (kód LHC 506417). Těžený porost je označen podle jednotek prostorového rozdělení lesa 4F10 (Lesprojekt Hradec Králové s. r. o. 2007).

Celková výměra porostní skupiny j 1,31 ha. Těžený porost je orientován jižním směrem se sklonem 31 %. Nadmořská výška porostu se pohybuje okolo 500 m n. m (Lesprojekt Hradec Králové s. r. o. 2007).

Geologickým podložím jsou křemenné pískovce charakteristické pro Dvůr Králové a jeho okolí (Královédvorský pískovec), který pochází z období svrchní křídy, cenoman, perucko-korycanské souvrství, korycanské vrstvy (Lesprojekt Hradec Králové s. r. o. 2007). Půdním typem je kambiem districká (ČZU 2017).

Průměrná roční teplota oblasti je podle Sekyrové (2014) 7 °C. Průměrný roční úhrn srážek v letech 1983-2012 je podle téže autorky 707 mm.

Hospodářský soubor nese označení dle LHP (Lesprojekt Hradec Králové s. r. o. 2007) 53, tedy hospodářství kyselých stanovišť vyšších poloh, na kterém se vyskytoval typ porostu smrkový, tedy smrkové hospodářství. Soubore lesních typů je 5K (kyselá jedlová bučina).

Doba obmýtí těženého porostu je 100 let. Porost byl těžen ve věku 103 let. Zakmenění porostu odpovídalo hodnotě 0,9 (Lesprojekt Hradec Králové s. r. o. 2007). Terénním typem je 14 B, což odpovídá dle terénní klasifikace Lesprojektu (Neruda 2013a) únosným terénům se sklonem od 26 do 40 %.

Druhové složení porostu odpovídalo smrku se 100% zastoupením. Výška porostu v roce 2007 byla 26 m s výčetní tloušťkou 29 cm. Objem středního kmene byl 0,82 m^3. Zásoba těženého porostu byla k roku 2007 593 m^3 (Lesprojekt Hradec Králové s. r. o. 2007).

Lokalita je součástí oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) Východočeská křída (VÚV TGM 2017) a dále spadá do ochranného pásma vodních zdrojů druhého stupně rozhodnutím Vodoprávního úřadu města Trutnova dne 4. 10. 1985. (Novák 2014). Číslo hydrologického pořadí vodoteče potoka Drahyně je 1-01-01-0800-0-00 (ČHMÚ 2016).

4.3 Základní popis těžebních strojů

4.3.1 Základní popis harvestoru

Stroj, který byl využit k měření dat, byl harvestor Rottne H11^{C}8WD. Jedná se o kategorii střední velikosti s osmikolovým podvozkem (viz příloha 1 a 2 tab. 1 a 2). Tento typ byl konstruován do mýtních těžeb. Harvestor byl opatřen harvestrorovu hlavicí typu SP 561 LF (viz příloha 3 tab. 3). Vzhledem ke kompaktním rozměrům hlavice, je možné odvětvovat kmeny až do průměru 30 mm a zároveň je schopná zpracovávat i silnější kmeny (ROTTNE INDUSTRI AB 2017). Výrobce uvádí, že hlavice dosahuje nejvyššího výkonu, při odvětvování 15–35 cm. Další technické údaje o harvestorové hlavici jsou uvedeny v přílohách.

Pro výkon práce s mobilním trakčním navijákem byl harvestor opatřen kolopásy CLARK GROUZER na pření tandemové nápravě. Zadní náprava byla vybavena řetězy. Stroj disponuje pohonem všech kol. Kola byly vybaveny nízkotlakými pneumatikami Trelleborg s dezénem lomených lamel.

Kabina harvestoru neumožňovala naklápění vpřed a vzad, pouze nabízela možnost otáčení.

4.3.2 Základní popis vyvážecího traktoru

Druhým strojem harvestorvého uzlu byl vyvážecí traktor Rottne F15^{D}. Jedná se o stroj použitelný do mýtních těžeb. Základní technické údaje přináší tabulka 4 a 5 v přílohách 4 a 5. Stroj disponuje pohonem všech kol. Umístění řetězů a kolopásů u vyvážecího traktoru vylo opačné jak u harvestoru. Tedy klolopásy typu CLARK GROUZER se nacházely na zadní tandemové nápravě a řetězy na přední tandemové nápravě. Kola byla opatřena rovněž pneumatikami Trelleborg s lomenými lamelami.

Zvláštností stroje je výsuvná čelní mříž, která ohraničuje ložný prostor, jež se polohuje pomocí hydromotoru. Takto je možné čelní mříž vysunout o několik centimetrů. Dále je vyvážecí traktor opatřen hydraulickým jeřábem s naklápěcím sloupem, který umožňuje vyrovnání sloupu na svazích do svislého směru. Klanice ložného prostoru jsou připevněny šrouby.

4.3.3 Základní popis mobilního trakčního navijáku

Mobilní trakční naviják T-Winch je samostatným strojem s dieselovým motorem. Stoj slouží primárně k tažení těžké lesní techniky ve svažitých terénech. Přenos hnací síly je hydrostaticko-mechanický (ecoforst GmbH 2016). Dieselový motor pohání dvojitý hydrogenerátor a ten pohání hydromotory pohonu pásového podvozku, navijáku a radlice, která slouží zároveň jako vzpěra. Hydrogenerátor umožňuje regulaci výkonu omezením průtoku pracovní kapaliny. Buben navijáku se nachází v zadní části stroje a tažné lano tak prochází celým strojem a ústí v radlici navijáku. Poškození lana průchodem navijáku a ústěním z radlice zabraňují rolny. Součástí navijáku s velkou kapacitou lana je lamelová brzda, rovněž hydraulicky ovládaná (ecoforst GmbH 2016).

Řízení mobilního trakčního navijáku se děje pomocí ručního ovladače, který ovládá stroj prostřednictvím radiového vysílání. Aby bylo možné dosáhnout vyšší úrovně bezpečnosti a zamezit zapřenému navijáku uvolnění během tažení těžké lesní techniky, používají se k jeho ukotvení textilní úvazky s pruhovými kurtami (ecoforst GmbH 2016). Další údaje o mobilním trakčním navijáku je možné nalézt tabulce 6 v příloze 6.

Tahová schopnost mobilního trakčního navijáku neumožňuje táhnout celou hmotnost harvestoru či vyvážecí traktor bez pojezdu. V případě vyvážecího traktoru s plným nákladem slouží naviják k rozkladu sil a tím by měl zamezit prokluzu kol nebo umožnit výjezd do svahu, kde by se tato technika už nebyla schopná sama pohybovat. Předností stroje je slazení otáček navijáku s pojezdem stroje, k čemuž slouží potenciometr s amplitudou nastavení 4-8 tun tahové síly.

K zefektivnění práce navijáku slouží systém rekuperace. Poměrně komplikovaný hydraulický systém obsahuje rekuperační jednotky, které akumulují přebytečnou energii při jízdě ze svahu. Tato energie je využívána později, kdy je zapotřebí vyvinout vyšší tahovou schopnost navijáku, tedy při jízdě do svahu.

4.4 Metodika časoměrné studie

Časoměrná studie v pojetí této diplomové práce je ve skutečnosti kombinací studie měření práce a časoměrné studie, jak je charakterizuje Klvač (2012). Čímž se dále řadí do studií komparativních, kde jde o objasnění neměnných faktorů. V tomto případě jde o studii faktorů produktivity práce a spotřeby času kombinací těžebních strojů. Charakter komparativní studie je ovlivňován doplněním o prvky modelové studie. Další úrovní zařazení je mezi studie pozorovací. Bylo upuštěno od prvků experimentální studie a to proto, aby bylo vystiženo pracovní nasazení v běžných provozních podmínkách.

4.4.1 Podmínky sběru dat

Časoměrná studie práce harvestorového uzlu s mobilním trakčním navijákem probíhala v běžných provozních podmínkách na Slovensku. Studie vychází z hypotézy (také nulová hypotéza), že produktivita a rychlost práce by měla být odlišná s použitím mobilního trakčního navijáku a bez jeho použití. Z tohoto důvodu se sběr dat prováděl na celkem čtyřech kombinacích těžebních strojů.

První kombinací těžebních strojů byla práce harvestoru s mobilním trakčním navijákem. Druhou kombinací byla práce samotného harvestoru bez mobilního trakčního navijáku.

Třetí kombinace těžebních strojů byla práce vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem. Čtvrtou kombinací byla rovněž práce samotného vyvážecího traktoru.

Doménou lesního hospodářství je variabilita přírodních podmínek, které se odrážejí na jednotlivých pracovních úkonech a tyto nuance se dále promítají ve spotřebě času v pracovních operacích apod. Z tohoto důvodu nastala nutná snaha o dodržení základních podmínek při provedené chronometráži (viz příloha 8 tab. 8). Mezi přírodní podmínky, které se podařilo dodržet v první a druhé kombinaci harvestoru s mobilním trakčním navijákem a harvestoru bez mobilního trakčního navijáku byl stejný slon terénu, hmotnatost porostu, terénní překážky, profil svahu, druh těžených dřevin, druhová skladba porostu, zakmenění, původ porostu (umělá obnova). Z podmínek technologických ve stejných kombinacích strojů se podařilo dodržet rozčlenění porostu, výchova porostu, druh těžby, druh vyráběných sortimentů, poškození abiotickými a biotickými činiteli. Mezi technickými podmínkami se podařily dodržet všechny

relevantní podmínky, protože se měření odehrávalo na stejných strojích. Mezi nespecifickými podmínkami byly zařazeny schopnosti operátora, duševní stav operátora a čas směny, kdy je operátor ovlivněn únavou. Tyto podmínky se podařilo omezit tím, že měření bylo provedeno u téhož operátora harvestoru i vyvážecího traktoru. Podstatou je i zkušenost operátora. U vyvážecího traktoru se jednalo o operátora, který má desetileté zkušenosti. U harvestoru figuroval operátor se zkušenostmi dvouletými s těžebními stroji.

U třetí kombinace těžebních strojů, tedy u vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem, se podařilo z přírodních podmínek dodržet vše obdobně jako u harvestoru. Z podmínek technologických byla dodržena přibližná velikost nákladu. Tomu se předcházelo vyvážením stejného druhu sortimentu. Rovněž se u této kombinace strojů, jako u předchozí, podařilo jako dodržet stejné technické a nespecifické podmínky.

Měření poškození půdy probíhalo v České republice. To bylo uskutečněno pouze pro porovnání vlivu technologických variant na půdní povrch. Podařily se dodržet stejné technické podmínky a technologické podmínky.

4.4.2 Přípravné práce časoměrné studie

Sběr dat pro časoměrné studie je složitý z hlediska časové, technické náročnosti a finanční náročnosti, proto by se přípravy práce neměly podceňovat.

Přípravné práce v případě časoměrné studie začínají již samotným zjišťováním informací o technologii. V současné době je totiž v České republice harvestorová technologie s použitím mobilního trakčního navijáku ne zcela běžnou technologií a tudíž bylo nutné zjistit, jak vypadá běžný výrobní proces a v jakých kombinacích výrobních fází je možné těchto strojů využít. To dalo základ vzniku nulové hypotézy, že mobilní trakční naviják má vliv na pracovní cykly těžby dříví harvestorovou technologí. Tento přístup podmiňuje vznik experimentálního designu. V časoměrné studii byla provedena analýza výrobní fáze (pracovní cyklus), tak jak ji definuje Neruda a kol. (2013a). Výrobní fáze byla členěna na jednotlivé výrobní (pracovní) operace a dále z výrobních operací byly vyčleněny jednotlivé pracovní úkony. Pracovní úkony byly stanoveny na základě předpokladu odlišnosti měřené spotřeby času jednotlivých kombinací strojů.

Způsobem, jaký vzniknul experimentální design studie, došlo k snížení objemu prací, jelikož došlo k určení pracovních cyklů, v němž byly některé výrobní operace vynechány. Přesněji se studie u kombinací harvestoru a mobilního trakčního navijáku a samotného harvestoru zabývá pouze jedním pracovním cyklem – kácení a zpracování stojícího stromu. U kombinací vyvážecího traktoru a mobilního trakčního navijáku a samotného vyvážecího traktoru se rovněž jedná o jednom pracovním cyklu – soustřeďování dříví.

Po zjištění výrobních operací nadcházelo sestavení formuláře s detailním rozborem pracovních úkonů. Tento formulář šetřil čas a pracnost během zapisování při ručním měření času. Vhodné je si sestavit formulář tak, aby mohly být doplněny spotřeby času, které se netýkají pracovního cyklu. Dle autorů Klvače a Kleibla (2012) se tímto způsobem dají předpovědět rušivé proměnné, které jsou hodnotitelem jednoduše ovlivnitelné.

Po založení experimentálního designu následovalo vlastní měření. Vlastním měřením vznikl ucelený časový cyklus, který byl opakovaně zaznamenáván. Sledováním tohoto vzorku bylo prováděno za účelem získání očekávané variace.

K vyhodnocení dat a ověření hypotézy, zda má mobilní trakční naviják vliv na pracovní cykly těžby dříví harvestorovou technologií, byla provedena statistická analýza dat pomocí analyticko-statistického programu SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), který vyvinula společnost IBM. Pro zjišťování statistické významnosti, závislosti mezi technologickými variantami, byl použit Levenův test rovnosti rozptylů pro porovnání nezávislých proměnných (tab. 5). Pro určení statistické významnosti rovnosti průměrů byl použit dvouvýběrový nepárový t-test nezávislých proměnných (tab. 5). K tomu byla zvolena hladina statistické významnosti prvního druhu $\alpha < 0,05$.

4.4.3 Terénní práce časové studie

Po předcházejících přípravných pracích následovalo vlastní měření. Sběr dat je mimo jiné organizačně velice náročná činnost. Proto bylo upuštěno od měření kompletních cyklů za pomocí ručních stopek a zápisníku, k čemuž by byli v ideálním případě, vhodní zapisovatel a další měřič s ručními stopkami. Řešení této situace bylo zaznamenání pracovních cyklů na kameru. Z hlediska kapacit záznamu aparatury se jevilo jako nejlepší kombinace obojího.

Zvláštní podmínky pracoviště byly také zaznamenávány ručně do zápisníku. Protože na svahu, na kterém práce probíhaly, se místy měnil sklon, bylo provedeno měření sklonu svahu ručním sklonoměrem. Sklon byl měřen laserovým dálkoměrem Nikon Forestry Pro.

Rozbor dat spočíval v opakovaném přehrávání záznamu a zaznamenáváním spotřeby času jednotlivých pracovních úkonů. Fáze a jednotlivé operace, které byly účelně sledovány, a tedy u nich bylo uskutečněno měření, jsou uvedeny v následujících tabulkách 7, 8 a 9.

Tab.: 1 Sledovaný výrobní cyklus harvestoru Rottne H11^{C}

Sledovaný výrobní cyklus harvestoru Rottne H11^{C}			
Výrobní operace	**Kácení stromu**	**Výroba sortimentů**	**Výrobní operace**
Pracovní úkony	Příjezd ke stromu	Výroba prvního (oddenkového) sortimentu	**Běžné úkony**
	Uchopení stromu s vyhledáváním	Výroba kulatinových sortimentů	
	Hlavní řez	Výroba vlákninových sortimentů	
	Uvedení do směru pádu a pád stromu	Přeřezání a uložení těžebních zbytků	
	Zemní úpravy	Přerovnání sortimentů	**Ostatní úkony**
	Výměna řetězu nebo pilové lišty	Rozprostření těžebních zbytků	
	Celkový čas na těžbu dříví	Celkový čas na výrobu sortimentů	
Celková spotřeba času výrobního cyklu			

V tabulce 7 jsou uvedeny sledované výrobní operace a k nim přiřazeny pracovní úkony, které slouží k porovnání pracovních cyklů mezi dvěma kombinacemi strojů, a to harvestoru s mobilním trakčním navijákem a harvestoru bez mobilního trakčního navijáku. Pracovní úkony jsou dále členěny na běžné úkony a ostatní úkony. Běžné jsou ty, které se odehrávají pravidelně v cyklech, naproti tomu ostatní úkony vstupují do pracovních cyklů nahodile.

Příjezdem ke stromu se zároveň rozumí i skupina stromů. Vycházeno je z předpokladu, že je efektivní pro operátora těžba co největšího počtu stromů z jednoho místa, nikoliv popojíždění ke každému stromu zvlášť. Uchopením stromu s vyhledáváním se rozumí vyhledávání stromu, jako rozmýšlení se operátora, jaký strom si momentálně vybere k těžbě. Hlavní řez představuje čas oddělení stromu od pařezu. Zemními úpravami se rozumí úprava terénu během vytváření vývozní linky. Výměna řetězu nebo pilové lišty zahrnovala prakticky stejný úkon jako nasazení řetězu. Výroba prvního oddenkového sortimentu je časem, při kterém operátor strom uvádí do směru

pádu a již před dopadem stromu na zem, začíná strom zpracovávat (probíhá již posuv stromu mezi podávacími válci). Výroba kulatinových sortimentů je hodnota času výroby všech kulatinových sortimentů včetně prvního oddenkového sortimentu. Taktéž výroba vlákninových sortimentů je hodnota výroby všech vlákninových sortimentů. Podmínkou správného vyhodnocení bylo zachování stejných délek sortimentů. Přeřezáním a uložením těžebních zbytků se rozumí rozřezání špice stromu, kterou měřící systém harvestoru vyhodnotil jako krátký nebo slabý sortiment na čepovém konci. Takto byla špice stromu nutná ještě rozřezat na kratší části, aby nepřekážela během průjezdu pod koly harvestrou nebo vyvážecího traktoru.

Tab.: 2 Sledovaný výrobní cyklus vyvážecího traktoru Rottne F15^{D}

Sledovaný výrobní cyklus soustřeďování dříví forwarderem Rottne F15^{D}			
Výrobní operace	**Vyvážení dříví**	**Transport dříví na OM**	**Výrobní operace**
Pracovní úkony	Připojení forwarderu + spuštění MTN*	Jízda forwarderu na odvozní místo	**Běžné úkony**
	Pojezd na vyvážecí lince bez nákladu	Vykládání dříví	
	Nakládání dříví	Jízda forwardedu na vývozní místo	
	Pojezd na vyvážecí lince s nákladem		
	Odpojení forwarderu + vypnutí MTN		
	Práce s hydraulickým jeřábem	Zemní úpravy	**Ostatní úkony**
	Popojíždění forwarderu během nakládání	Celkový čas odvozu dříví	
	Zemní úpravy		
	Celkový čas vyvážení dříví		
Celková spotřeba času výrobního cyklu			

MTN* = mobilní trakční naviják

Tabulka 8 uvádí sledované výrobní operace vyvážecího traktoru a k nim přiřazené pracovní úkony. Jako u předchozí tabulky 7 jsou zde členěny pracovní úkony na běžné a ostatní. Dle tabulky 8 se rozumí připojením forwarderu a vystoupení ze stroje, připojení lana navijáku k vyvážecímu traktoru a zpětné nastoupení do stroje. Po nastoupení následuje spuštění mobilního trakčního navijáku a dopínání lana do okamžiku, než se vyvážecí traktor začne rozjíždět. Tyto úkony jsou pro účely vyhodnocení hodnoceny jako jeden pracovní úkon. Pojezdem na vyvážecí lince bez nákladu se rozumí pojezd vyvážecího traktoru od času rozjezdu stoje (možné vývozní místo) po čas, kdy operátor započne nakládat první sortiment. K této časové hodnotě byla měřena i vzdálenost pojezdu na vyvážecí lince. Nakládání dříví je celkový čas pro nakládání ložného prostoru forwarderu dřívím, který je dále členěn v ostatních úkonech na práci s hydraulickým jeřábem a popojíždění. K nakládání dříví byl zaznamenán i

počet naložených sortimentů. Pojezd na vyvážecí lince s nákladem je čas, kdy bylo sjížděno s vyvážecím traktorem na vývozní místo nebo také místo, kde docházelo k odpojení vyvážecího traktoru od mobilního trakčního navijáku. Spotřeba času na odpřáhnutí byla měřena obdobně jako při zapřáhnutí stroje. Jízda forwarderu na odvozní místo byla měřena jako spotřeba času od okamžiku rozjezdu stroje z vývozního místa po zastavení na odvozním místě. Poté následovalo vykládání dříví z ložného prostoru forwarderu a vrácení se zpět na vývozní místo. Zemními úpravami se u výrobní operace vyvážení dříví rozumí především úprava terénu drapákem vyvážecího traktoru na linkách, naproti tomu zemními úpravami u výrobní operace transport dříví na OM rozumí úprava odvozní cesty nebo skládky při vykládání dříví.

Pro správnost výsledků byly hodnoceny u harvestoru vždy stromy stejné hmotnatosti. Dále pokud se vyskytovaly stromy silnější, než povoloval úřez harvestorové hlavice, byl čas pro jejich zpracování hodnocen zvlášť. Pokud se vyskytovaly stromy se zlomenými vrcholy, kterých bylo podle LHP (2015) v porostu 3 %, byly hodnoceny rovněž zvlášť. Taktéž to platí pro suché a zelené stromy.

V případě vyvážecího traktoru byla stanovená průměrná vzdálenost pojezdu na vyvážecích linkách z období prováděné časové studie a taktéž vzdálenost jízdy na odvozní cestě. Z časů pojezdů byla vypočítána průměrná rychlost pojezdu na linkách a z časů jízdy průměrná rychlost na odvozní vrstevnicové cestě. Během měření spotřeby časů bylo dbáno na sledování stejných sortimentů, kterými byla kulatina, vláknina vždy délky 4 m. Množství transportovaného dříví bylo spočítáno podle rozměrů nákladového prostoru a převodního koeficientu dle doporučených pravidel pro měření a třídění dříví (Lasák, Wojnar 2008), která vychází z ČSN 48 0009 Tabulky objemu kulatiny bez kůry podle středové tloušťky měřené v kůře (1997).

Tabulka 3 obsahuje popis sledovaného výrobního cyklu mobilního trakčního navijáku. Cyklus byl rozdělen taktéž na výrobní operace, tak jako tomu je v přechozích případech, které jsou dále děleny na pracovní úkony. Pracovní úkon výjezd harvestoru k mobilnímu trakčnímu navijáku znamená výjezd stroje nahoru po dokončení práce na jedné vyvážecí lince. Po zastavení stroje následovalo odpojení tažného ocelového lana od harvestoru. Aby mohl být mobilní trakční naviják přemístěn, muselo být zrušeno zakotvení textilních úvazků a kurt, které slouží k zabezpečení stroje proti samovolnému pohybu. Navinutím lana se myslí navinutí lana mobilního trakčního navijáku, aby

nedocházelo k jeho poškození během jízdy. Vyproštěním mobilního trakčního navijáku z místa vzepření se rozumí navrácení navijáku zpět na půdní povrch tak, aby se mohl bez překážky volně pohybovat. Pracovní úkon na novou vyvážecí linku byl pravidelně realizován o 7-8 m. Tato vzdálenost byla určena dosahem hydraulického jeřábu vyvážecího traktoru. Úpravou terénu radlicí mobilního trakčního navijáku se myslí především vytvoření valu strhnutím vrchních vrstev půdy. Tento úkon byl prováděn za účelem zvýšení stability mobilního trakčního navijáku. Po tomto úkonu byl stroj zapřen zpravidla o pařez či suť kamenů o radlici, která má tedy zároveň funkci vzpěry. Ukotvení mobilního trakčního navijáku je ve své podstatě úkon v opačném časovém sledu jako zrušení zakotvení. Toto se děje především o pařezy nebo stojící stromy. Vytaženími lana z mobilního trakčního navijáku je úkonem, kdy si operátor ulehčoval práci tím, že si lano povytáhl v době, kdy u sebe měl vysílačku k ovládání navijáku. Takto ji nemusel mít u sebe během připojování lana. Nastavením mobilního trakčního navijáku se rozumí přepnutí do pracovního režimu navijáku. Dopnutím lana mezi stroji je spotřebou času do doby než se lano pomalým pohybem napne do doby, než je harvestor či vyvážecí traktor plně připojený na navijáku. Operátor zde také zkouší pevnost ukotvení navijáku.

Tab.: 3 Sledovaný výrobní cyklus mobilního trakčního navijáku T-winch[10.1]

Sledovaný výrobní cyklus přemístění mobilního trakčního navijáku T-winch[10.1] na nové pracovní místo	
Výrobní operace	**Vyproštění mobilního trakčního navijáku**
Pracovní úkony	Výjezd harvestoru k mobilnímu trakčnímu navijáku
	Odpojení harvestoru
	Zrušení ukotvení dvou úvazků mobilního trakčního navijáku
	Navinutí lana
	Zvednutí radlice mobilního trakčního navijáku
	Vyproštění mobilního trakčního navijáku z místa vzepření
Výrobní operace	**Přejezd mobilního trakčního navijáku**
Pracovní úkony	Přejezd na novou vyvážecí linku (vzdušnou čarou 7-8 m)
	Úprava terénu radlicí mobilního trakčního navijáku
	Zapření mobilního trakčního navijáku (suť, pařez)
	Ukotvení mobilního trakčního navijáku dvěma úvazky
	Vytažení lana z mobilního trakčního navijáku
Výrobní operace	**Přejezd harvestorem na nové pracovní místo**
Pracovní úkony	Přesun a nastoupení do harvestoru
	Přejezd na nové pracovní místo s harvestorem
	Připojení harvestoru
	Nastavení mobilního trakčního navijáku
	Nastoupení do harvestoru
	Dopnutí lana mezi stroji
	Vjezd do porostu
	Příjezd k prvnímu těženému stromu
Celková spotřeba času výrobního cyklu	

4.5 Metodika zjišťování poškození půdy

4.5.1 Přípravné práce hodnocení poškození půdy

Hodnocení poškození půdy bylo realizováno metodou dle autorů Ulricha a Vavříčka (2013), uznaná ministerstvem zemědělství v roce 2013, která je jako součást certifikované metodiky ukazatelů a systémů technologických postupů v rámci těžební činnosti a udržitelného využívání lesních ekosystémů (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014).

Tato metoda byla založena pro provozní užití a lze tedy poškození půdy hodnotit přímo na pracovišti bez rozsáhlých příprav. Jednoduchá metoda je založena na vizuálním posouzení poškození půdy. Před vlastní prací je důležité zjistit údaje o hodnoceném porostu. Jedná se především o výměru, sklon svahu, půdní typ, půdní druh, roční úhrn srážek, lesní vegetační stupeň, soubor lesních typů, informace o druhu těžby a těžebních strojích a podobně.

Pro sběr dat k vyhodnocení slouží terénní zápisník (viz příloha 7 tab. 7). V hlavičce záznamníku jsou doplňovány údaje o majiteli porostu, těženém porostu a použité technologii. Poté měřič zaznamenává hloubku poškození půdy v bodech, kde hrana čtverce zkusné plochy protíná vyvážecí linku harvestrou či vyvážecího traktoru. Mezi těmito body dále zaznamenává hloubku a délku kolejí způsobených po této technice. Hloubka kolejí je uváděna v centimetrech a délka v metrech. Je v hodné, aby se měřič opatřil nejlépe dřevěným metrem a svinovacím pásmem. Pro rozlišení zkusné plochy v terénu je vhodné ji vyznačit značkovacím sprejem.

4.5.2 Stupeň rezistence lesních půd v těžebně-dopravním procesu

Index rezistence je součástí téže certifikované metodiky dle Ulricha a Vavříčka (2013) a slouží jako nadstavba systému hodnocení poškození půdy a lesních porostů v důsledku těžebně dopravní činnosti. Index rezistence představuje vyjádření odolnosti půdy vůči vystavení vlivu těžebně dopravního procesu, pomáhá předcházet škodám půdního povrchu a jako prevenci předurčuje technologie a jejich vybavenost vzhledem k aktuálnímu stavu přírodních podmínek.

Hodnocení rezistence vychází z faktorů, které přímo ovlivňují stabilitu půdního tělesa. Proto se stanovuje index rezistence z bodově ohodnocených charakteristik nacházejících se aktuálně na dané lokalitě. Jsou to stupně únosnosti půdy, jež se váží na půdně taxonomické jednotky. Dále stupně erodovatelnosti, při nichž závisí na textuře a struktuře svrchní organické vrstvy a na její mocnosti a počítá se tak s infiltrační

schopností půdního prostředí, odolností agregátů a s propustností. Stupně odolnosti jsou posuzovány z aspektu obsahu skeletu v půdním profilu. Stupně odolnosti jsou také hodnoceny z aspektu sklonu a nepřerušované délky svahu, kdy tyto veličiny mají vliv na zrychlení erozního toku a infiltraci vody. Faktorem je i dynamický účinek vody na půdní částice snižuje kohézní síly a uvolňuje agregáty. Méně se projevuje u konkávních svahů, více u svahů přímých a konvexních. Stupně odolnosti jsou stanoveny, mino jiné, z hlediska pokryvnosti půdního povrchu. Vegetační pokryvnost zpomaluje povrchový odtok a dále navyšuje pórovitost svým prokořeněním a známé je i zpevňování půdního tělesa v rámci jednotlivých půdních horizontů.

Z každého z těchto šesti parametrů je určen stupeň rezistence hodnocený čísly 1-5. Tedy číslo 1 znamená nejnižší odolnost k poškození, číslo 5 naopak nejvyšší. Součtem stupňů jednotlivých parametrů dostaneme skutečný stupeň rezistence ($I_{skut.}$), jež vždy dělíme stupněm rezistence maximálním ($I_{max.}$) tj. 30 (součet maximálních hodnot rezistence). Výsledkem je index rezistence neboli množina hodnot od 0,20 do 1,00. Tyto hodnoty se dále kategorizují do pěti podmnožin, které jsou uvedeny v přílohách 9 (Tab. 9, 10, 11, 12, 13, 14).

Kategorie rezistencí obsahují soubor doporučení optimalizovaných technologií a technologických postupů při dopravě a těžbě dříví vycházející z přírodních podmínek. K tomuto účelu slouží výběr souborů lesních typů pro náležitou kategorii, které jsou definovány edafickými kategoriemi a lesními vegetačními stupni. Soubory lesních typů vycházejí z typologické klasifikace UHÚL. Metodika neslouží pro stanovení hloubky koleje vznikající díky pojezdovému ústrojí, nýbrž jako informativní hodnota pro vyjádření rizika poškození a degradace stanoviště.

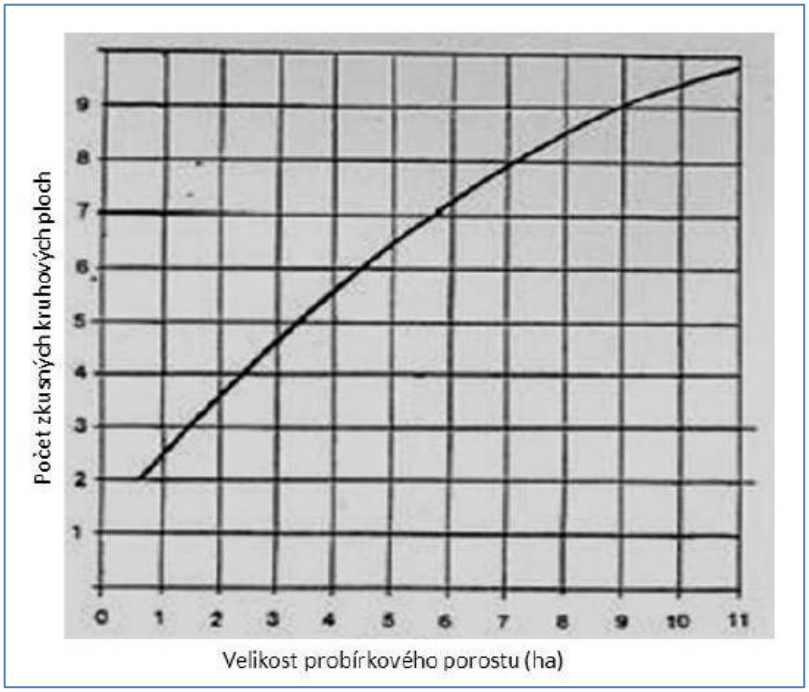
Vzorec výpočtu (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014):

$$I_{opt} = I_{skut.}/I_{max.}$$

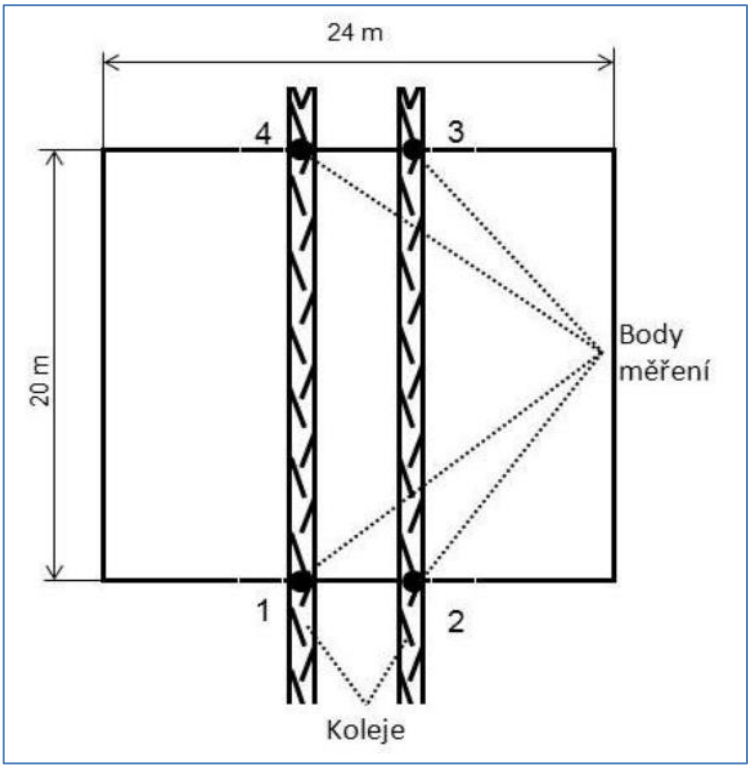
4.5.3 Stanovení počtu zkusných ploch

Hodnocení faktorů pro výpočet indexu rezistence a následujícího poškození půdy a stromů v porostech bylo provedeno ve zkusných plochách velkých 20×20 m (0,04 ha). Počet zkusných ploch byl stanoven pro každý porost zvlášť podle grafikonu (Obr. 1), závisí na velikosti těženého porostu. Počet zkusných ploch lze také odvodit od velikosti porostu tak, že na každý ha náleží jedna zkusná plocha, ale tento počet

ploch podle ha navýšíme vždy o jednu zkusnou plochu. Vzdálenost zkusných ploch na lince se odvíjelo od délky linek a jejich rozmístění po ploše porostu. Středy čtverců ležely vždy ve středu linky a byly orientovány svou stranou rovnoběžně s osou linky (Obr. 2).



Obr. 1 Grafikon určení počtu zkusných ploch (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014)



Obr. 2 Schéma zkusných ploch (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014)

4.5.4 Terénní práce hodnocení poškození půdy

Odvozený počet zkusných ploch byl rovnoměrně rozmístěn po porostu tak, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků. Měření velikosti plochy probíhalo svinovacím pásmem. Pro přehled vzdáleností mezi plochami byl používán laserový dálkoměr. Rohy zkusné plochy a místa, kde linka protínala hrany čtverce, byly označeny značkovacím sprejem, aby se zvýšila přehlednost v terénu. V těchto plochách byly měřeny hloubky vytlačených kolejí. Měření probíhalo k rostlému neporušenému povrchu půdy, nikoliv vytlačené půdě od kol harvestorové technologie. Jako pomůcka při měření sloužila rovná suchá větev stromu, která byla přikládána přes kolej, aby se omezil vznik chyb. Zapisovala se jak hloubka koleje, tak její délka. Vycházíme-li ze zmíněného rozměru ploch, pak může mít jedna hloubka koleje maximální délku 20 m. Pokud se stalo, že se v této vzdálenosti vyskytovali koleje s různou hloubkou, byla kolej s menší hloubkou měřena až k začátku koleje hlubší.

Kromě hloubek a délek kolejí by posuzován i průsak vody v koleji. Jednalo se opět o vizuální zhodnocení situace, zda voda v rýhách stagnuje či nikoliv. Stagnuje-li voda v kolejích, hrozí nebezpečí eroze. Dále byla posuzována půda z hlediska půdního druhu (hlinitý, písčitý a hlinitopísčitý) a vlhkosti (suchá, čerstvá, nasycená, mokrá). Pokud je to možné, má být alespoň odhadnut počet jízd strojů s nákladem po vyvážecí lince.

Vyhodnocení poškození půdy dle této metody vychází z procentuálního poškození právě dle různých hloubek kolejí. Tedy, součet délek všech kolejí představují 100 %. Z tohoto se vypočte procentuální míra poškození pro jednotlivé hloubky kolejí. Tato hodnota dále představuje mezní parametry rýhy, které odpovídají konkrétním přírodním podmínkám. Mezní parametry rýhy (příloha 10 obr. 15, 16, 17) jsou součástí zmíněné certifikované metodiky dle Vavříčka, Ulricha a Kučery (2014). Přírodními podmínkami, podle kterých se mění závažnost poškození, jsou především sklon svahu ve směru vyvážecí linie, množství srážek dané oblasti a soubor lesních typů.

4.6 Metodika analýzy provozních nákladů

Analýza provozních nákladů byla provedena v součinnosti s měřenými stroji. Protože se jedná o citlivé údaje zainteresovaných subjektů, nebylo možné zjistit výnosy a tím nebyla stanovena ekonomická efektivnost, což by také bylo nad rámec tohoto textu. Údaje o cenách za jednotlivé položky v tabulkách byly poskytnuty společností Reparoservis s. r. o. a další byly doplněny z cen obecně platných a převzatých od jiných oficiálních subjektů.

Jedná se stanovení základní hrubé měsíční mzdy, která podle Českého statistického úřadu (ČSÚ 2016) pro 4. čtvrtletí z roku 2016 dosahovala 25 0459 Kč v lesnickém sektoru. Ta byla uměle navýšena vzhledem k tomu, že se jedná o práci v nestandartních podmínkách (sklon svahu, BOZP apod.) K této hodnotě se poutá zákon č. 592/1992 Sb., o pojistném na veřejné zdravotní pojištění, kde jsou uvedeny výše zdravotního pojištění. Dále zákon č. 589/1992 Sb., o pojistném na sociální zabezpečení a příspěvku na státní politiku zaměstnanosti, kde jsou uvedeny výše příspěvků za sociální pojištění. Roční úroková sazba 1,88 % na dlouhodobý hmotný majetek uvádí Česká národní banka (ČNB 2017). Hodnoty, které je nutno získat jejich dlouhodobým sledováním byly taktéž poskytnuty společností Reparoservis s. r. o. Odpisy byly nastaveny jako lineární dle Kupčáka (2003).

Ostatní ceny nebo vstupní hodnoty výpočtu jsou také měřeny přímo během provádění sběru dat. Nepřipouští se, že by výstupní hodnoty kalkulace byly platné za všech podmínek provozu. Nepřesností výstupních hodnot v praxi není chybou výpočtu, ale spíše se jedná o změnu přírodních, technologických, technických a jiných podmínek výroby (viz přílohy 11 a 12 tab. 18, 19, 20, 21).

Provozní náklady jsou stanoveny přepočteny na motohodiny (mth) a objem výroby 1 m^3 bez kůry. Stanoveny jsou tak provozní náklady na hodinu, den a měsíc provozu stroje.

5 Výsledky

5.1 Index rezistence

Vypočtený index rezistence nabyl u lokality Čierná Lehota hodnoty Iop = 0,53, což odpovídá kategorii rezistence rezistentní (se střední odolností). U lokality Trutnov se index rezistence rovnal hodnotě Iop = 0,63. Tato hodnota odpovídá stejné kategorii, jaká přísluší lokalitě Čierná Lehota.

Na těchto stanovištích je podle certifikované metodiky autorů Ulricha a Vavříčka (2013) třeba provádět soustřeďování dříví vlečením lanovými dopravními zařízeními a lanovými systémy na bázi dvoububnového navijáku na traktoru se zvýšeným tažným lanem. Dále je vhodné použít na krátkých vzdálenostech animální soustřeďování. Alternativně je možné použít i UKT a SLKT s podmínkou, že budou vybaveny flotačními pneumatikami. Totéž platí i pro harvestorovou technologii, kde je navíc podmínkou použitelnosti dostatečná výše klestu (min. 30-40 cm) rozprostřená pod koly. U vyvážecích linek a cest na prudkých svazích, jako je tomu v tomto případě je nutné vybudovat svodnice po 30 metrech v úhlu 30° k cestě. Nevhodné je vyústění linky kolmo na odvozní cestu. Dále platí obecně platné zásady, jako je minimalizovat objem přesouvání zemin, nekřižovat vyvážecí linkou vodoteče, pokud to není nezbytně nutné. Vyhýbat se vjíždění těžebních strojů na půdy se zvýšenou vlhkostí především u edafických kategorií V, O, P a G. Předcházet sesouvání zemin, odvodňovat těleso cesty, instalovat zachycovače splavenin do vodotečí a podobně.

5.2 Hodnocení poškození půdy

5.2.1 Výsledky hodnocení poškození půdy v lokalitě Čierná lehota

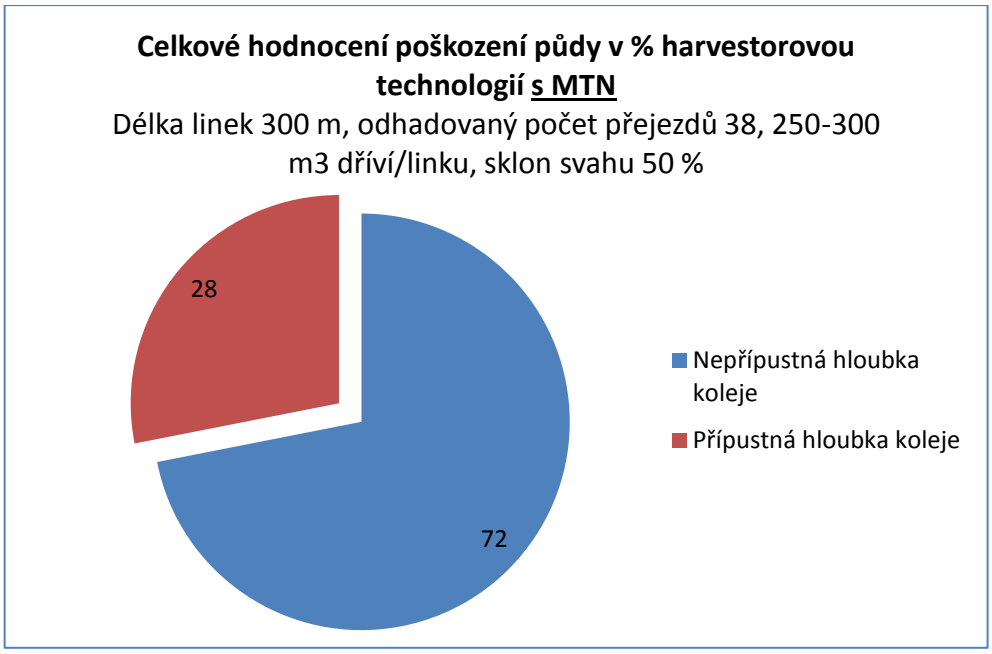
Hodnocení poškození půdy na lokalitě Čierná Lehota představují následující grafy (obr. 3 a 4.). Grafy vypovídají o celkovém hodnocení poškození půdy během mýtní těžby, které je rozlišeno na přípustnou a nepřípustnou hloubku koleje. Mýtní těžba byla zároveň těžbou kůrovcového dříví. Toto rozdělení je určeno mezními parametry rýhy podle zmíněné certifikované metodiky (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014), které jsou uvedeny v příloze 10 (tab. 17). Jestliže jsou překročeny mezní parametry rýhy, je nutné učinit asanaci poškozené půdy technologickým opatřením.

Na této lokalitě byly stanoveny mezní parametry rýhy pro dočasné vyvážecí linie ve směru sklonu svahu. Hraničními hodnotami jsou hloubka rýhy do 7 cm a celkové délky koleje 15 %, 10 cm hloubky a celkové délky koleje 10 % a 15 cm hloubky a celkové délky 5 %.

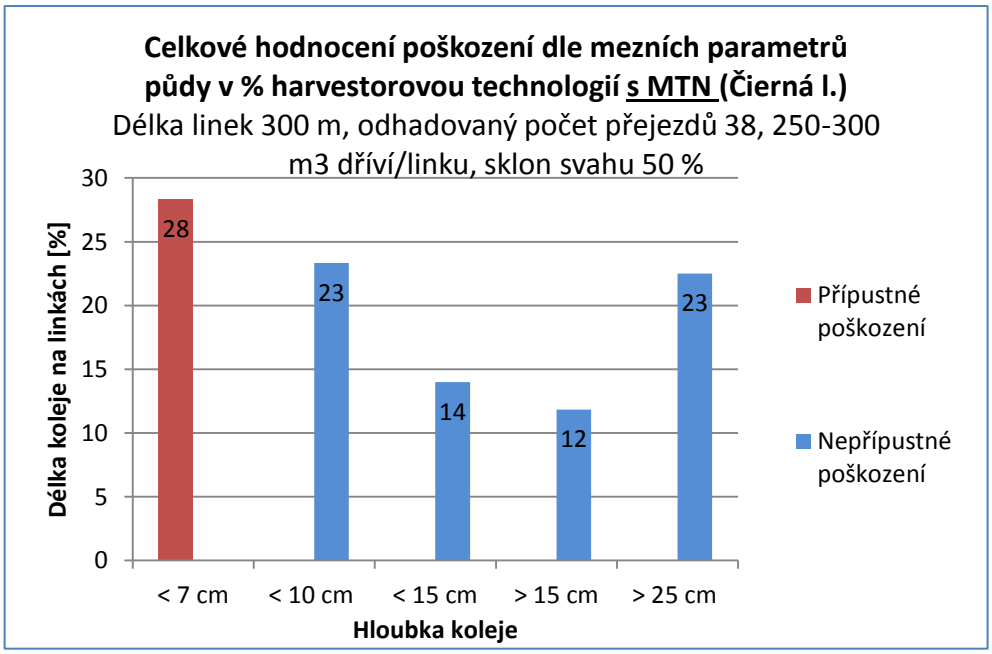
Graf na obrázku 3 vykazuje poškození půdy na 72 % (nepřípustná hloubka koleje) vyvážecích linek a na 28 % vyvážecích linek jako nepoškozené (Přípustná hloubka koleje). Délky linek v tomto případě byly 300 m se změřeným sklonem 50 %. Šírka vyvážecích linek byla 4 m a jejich rozestup byl 15 m. Odhadovaný počet přejezdů na lince vyvážecím traktorem je 38 a z toho 19 přejezdů s nákladem dříví 13,9 m^3. Celkem bylo soustředěno mezi 250-300 m^3 z jedné vyvážecí linky. Během těžby dříví harvestorem byl rozprostírán klest z korun stromů pod koly, který dosahoval výšky 15-20 cm. Klest byl převážně suchý. Stagnace vody v kolejích nebyla nikde během měření zpozorována. Stav půdy byl během měření čerstvý.

Graf na obrázku 4 znázorňuje detailní pohled na poškození půdy během mýtní těžby touto technologií. Na SLT 6F je za přípustné poškození považována hloubka rýhy do 7 cm na celé délce linky. U ostatních kategorií je mez všude překračována. U druhé kategorie je překročena mez o 13 % délky kolejí. U třetí kategorie je mez překročena na 9 % délky kolejí. Ostatní kategorie jsou nepřípustné při všech délkách a dohromady tvoří 35 % délky kolejí. Maximální hloubka kolejí dosahovala až 55 cm. Minimální hloubka byla 0 cm a jednalo se především o místa s vyšší mocností klestu.

Poškození půdy vzniká i během umístění navijáku, kde se vytváří val ze svrchních vrstev půdy, aby se zabránilo nežádoucímu uvolnění navijáku během připojení těžebních strojů. Toto hodnocení je nad rámec metody.



Obr. 3 Celkové hodnocení poškození půdy harvestorovou technologií s mobilním trakčním navijákem na lokalitě Čierná Lehota



Obr. 4 Celkové hodnocení poškození půdy v % harvestrorovou technologií s mobilním trakčním navijákem na Lokalitě Čierná Lehota dle mezních parametrů rýhy

5.2.2 Výsledky hodnocení poškození půdy v lokalitě Trutnov

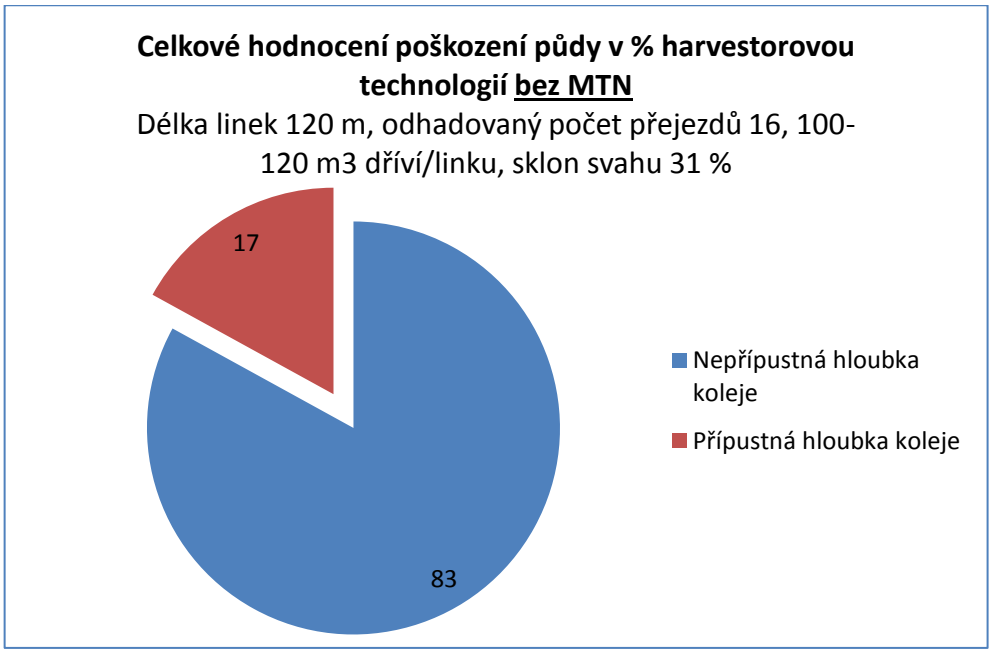
Hodnocení poškození půdy v lokalitě Trutnov je konstruováno stejným způsobem jako hodnocení na lokalitě Čierná Lehota. Výsledky jsou zobrazeny v grafech na obrázcích 5 a 6. Jednalo se opět o těžbu mýtní s tím rozdílem, že zde nebylo shledáno biotického poškození. Technologický rozdíl byl především v absenci použití mobilního trakčního navijáku. Díky podobnosti přírodních podmínek odpovídaly mezní parametry rýhy stejným parametrům jako v předešlém případě. Sice se může zdát sklon svahu jako rozdílný, nicméně odpovídá rozlišení platné metodiky (viz přílohy 10 tab. 17) Opět byly v zájmu hodnocení dočasné vyvážecí linky.

Graf na obrázku 5 vypovídá o poškození půdy na 83 % (nepřípustná hloubka koleje) vyvážecích linek a na 17 % vyvážecích linek jako nepoškozené (přípustná hloubka koleje). Délka linek v tomto případě byla 120 m se změřeným sklonem 31 %. Šířka linek byla taktéž 4 m s rozestupem 15 m. Odhadovaný počet přejezdů je 16 bez nákladu, tedy 8 přejezdů s nákladem 13,9 m^3 dříví. Z jedné linky tak bylo soustředěno 100-120 m^3. Během těžby dříví byl rozprostírán klest pod koly strojů, tentokrát byl klest čerstvý. Výška klestu po stlačení dosahovala také 15-20 cm. Stagnace vody v kolejích nebyla nikde zpozorována. Stav půdy během měření byl čerstvý.

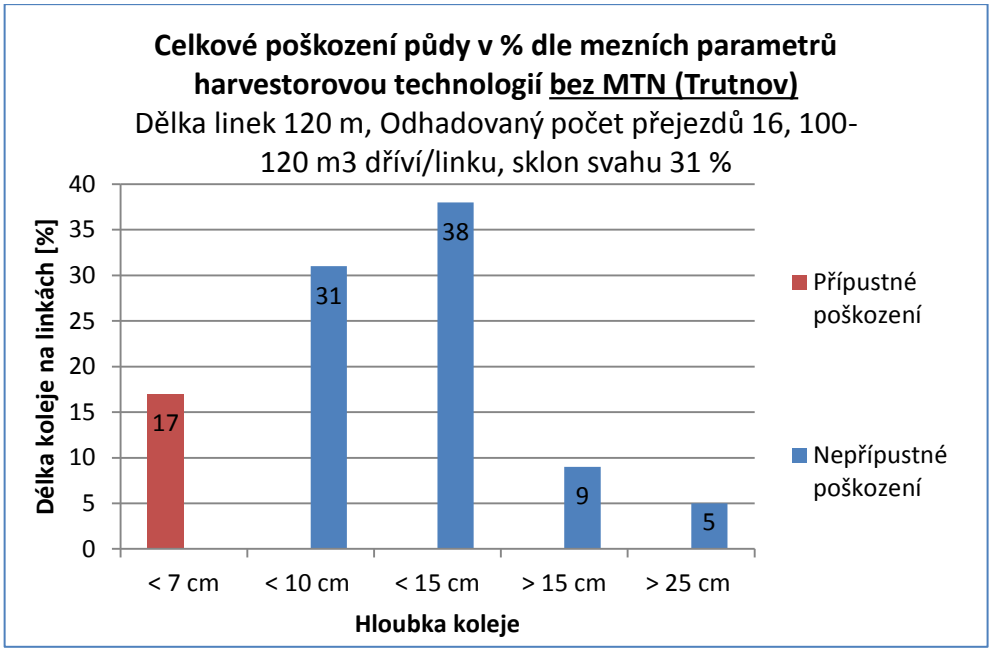
Graf na obrázku 6 znázorňuje detail poškození půdy v % harvestorovou technologií bez mobilního trakčního navijáku. Na SLT 5K je za přípustné poškození považována hloubka rýhy 7 cm na celé délce linky. Nepřípustné hloubky a délky rýhy byly taktéž zjištěny ve všech ostatních případech. Mezní parametr rýhy byl překročen v druhém případě na 21 % délky vyvážecí linky. U třetí kategorie byla mez překročena až na 32 % vyvážecí linky. Ostatní kategorie jsou jako v předešlém případě nepřípustné v jakýchkoli délkách a tvoří dohromady 14 % délky linky. Maximální hloubka kolejí dosahovala 33 cm a minimální hloubka kolejí 0 cm v místech, kde byla vyšší mocnost klestu.

Rozdíly mezi technologickými variantami s použitím mobilního trakčního navijáku jsou zřetelné na všech grafech (obr. 3, 4, 5 a 6). Technologická varianta s mobilním trakčním navijákem se jeví jako šetrnější v případě přípustných hloubek kolejí o celých 11 %. Dále byl měřením shledán vyšší podíl kolejí s menšími hloubkami na rozdíl od varianty bez navijáku. U varianty bez navijáku byla nejvyšší míra poškození u mezního parametru rýhy do 15 cm a dále je na grafu zřetelná nižší četnost

extrémních hodnot v podobě hlubokých kolejí. Graf 4 vykazuje oproti grafu 5 vyšší rozpětí naměřených hodnot.



Obr. 5 Celkové hodnocení poškození půdy v % harvestorovou technologií bez mobilního trakčního navijáku



Obr. 6 Celkové poškození půdy v % harvestorovou technologií bez mobilního trakčního navijáku na lokalitě Trutnov dle mezních parametrů rýhy

5.3 Výsledky časoměrné studie

5.3.1 Analýza rozptylu a středních hodnot pracovních úkonů harvestoru

Po rozboru časových záznamů byla provedena statistická analýza dat pomocí analyticko-statistického programu SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), který vyvinula společnost IBM. Tabulka 4 obsahuje údaje o pracovních operacích s vypočtenými deskriptivními hodnotami jednotlivých pracovních úkonů během operace kácení. Popisovány jsou zde dvě technologické varianty při zachování stejných podmínek provozu.

Tab.: 4 Popisná statistika pracovní operce kácení suchých stromů různých technologických variant

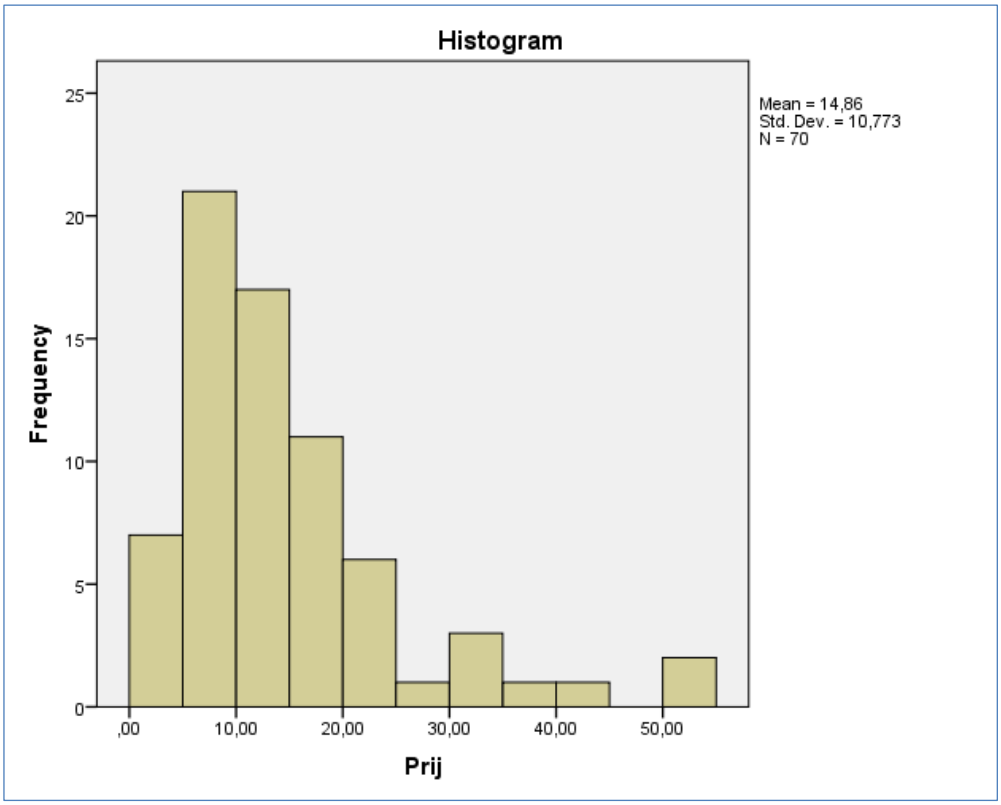
Popisná statistika operace kácení suchých stromů v technologických variantách					
*HV - harvestor *MTN - mobilní trakční naviják	Technologická varianta	Četnost	Aritmetický průměr	Směrodatná odchylka	Standardní chyba průměru
		N	x̄	Sx	SEM
Pojezd po lince	*HV s *MTN	42	13,6905	10,3039	1,5899
	HV bez MTN	9	11,8889	5,6001	1,8667
Vyhledávání a uchopení stromu	HV s MTN	79	9,5443	3,8690	0,4353
	HV bez MTN	10	9,1000	4,4833	1,4177
Hlavní řez	HV s MTN	79	5,1646	4,1862	0,4710
	HV bez MTN	10	6,7000	4,4485	1,4067
Uvedení do směru pádu a pád stromu	HV s MTN	79	7,5949	5,7924	0,6517
	HV bez MTN	10	4,7000	4,1647	1,3170

Hodnoty statistických výpočtů jsou již uvedeny po odstranění extrémních hodnot. Pro zjišťování statistické významnosti, závislosti mezi technologickými variantami, byl použit Levenův test rovnosti rozptylů pro porovnání nezávislých proměnných (tab. 5). Pro určení statistické významnosti rovnosti průměrů byl použit dvouvýběrový nepárový t-test nezávislých proměnných (tab. 5). K tomu byla zvolena hladina statistické významnosti prvního druhu $\alpha < 0,05$. Analyzovány byly technologické varianty práce harvestoru s mobilním trakčním navijákem a harvestoru bez mobilního trakčního navijáku. Oba statistické testy vykazují hladiny signifikace vyšší než zmíněná chyba prvního druhu. Znamená to, že rozptyly časových hodnot jsou stejnorodé, tudíž nemůže být nulová hypotéza zamítnuta (závislost spotřeby času s mobilním trakčním navijákem). Sledovaný faktor práce harvesrotu s mobilním trakčním navijákem nemá podle statistických testů vliv na čas provedených pracovních úkonů.

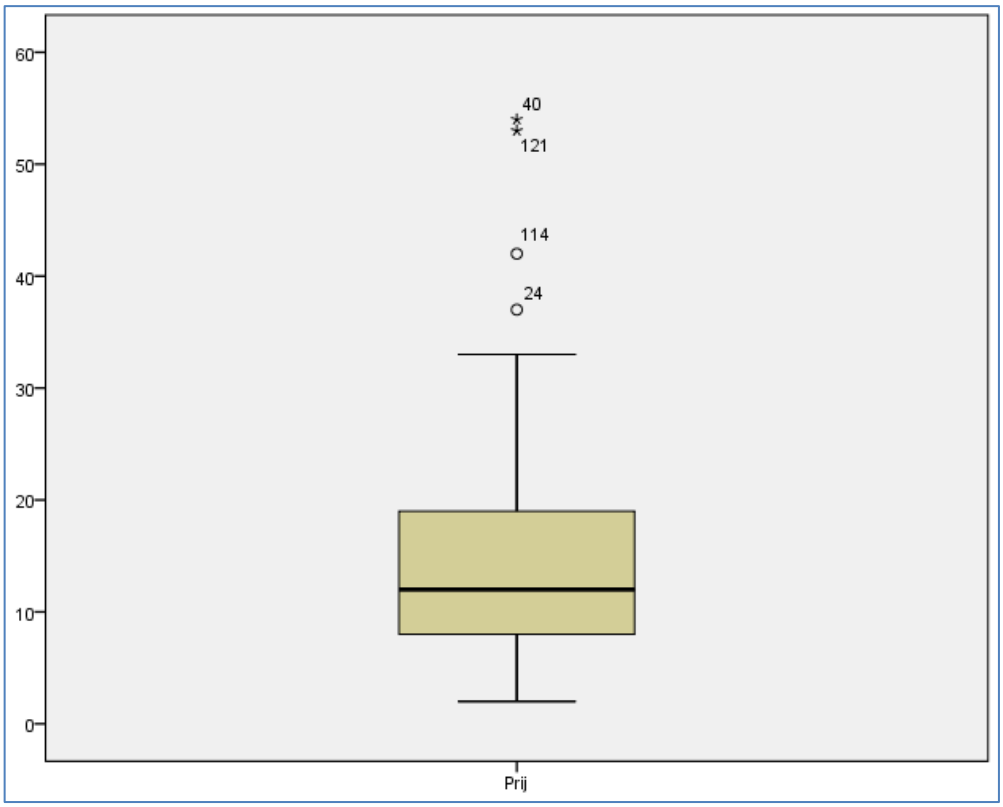
Tab.: 5 Levenův test a dvouvýběrový nepárový t-test pracovních úkonů kácení dříví

Parametrické testy operce kácení suchých stromů v technologických variantách						
Test nezávislých proměnných						
*HV - harvestor *MTN - mobilní trakční naviják	Technologická varianta	Levenův test		Dvouvýběrový nepárový t-test		
		F	Sig.	t	df	Sig. (oboustr.)
Pojezd po lince	*HV s *MTN	1,5780	0,2150	0,5060	49,0000	0,6150
	HV bez MTN			0,7350	21,5990	0,4700
Vyhledávání a uchopení stromu	HV s MTN	0,0000	0,9960	0,3360	87,0000	0,7380
	HV bez MTN			0,3000	10,7660	0,7700
Hlavní řez	HV s MTN	0,2760	0,6000	-1,0860	87,0000	0,2810
	HV bez MTN			-1,0350	11,1150	0,3230
Uvedení do směru pádu a pád stromu	HV s MTN	1,2490	0,2670	1,5280	87,0000	0,1300
	HV bez MTN			1,9700	13,8510	0,0690

Graf na obrázku 5 znázorňuje rozložení dat spotřeby času pracovního úkonu popojíždění po lince v technologické variantě harvestoru s mobilním trakčním navijákem. Právě zde byly předpokládány největší rozdíly ve spotřebě času. Rozdělení dat na hisogramu je špičaté a levostranné (kadně sešikmené). Při tomto rozdělení však nelze usuzovat neplatnost hodnot kvůli systematické chybě v horním kvartilu. Uvedené hodnoty na ose x představují spotřebu času ve vteřinách, na ose y je pak jejich četnost.



Obr. 7 Pracovní úkon popojíždění po lince v technologické variantě harvestoru s mobilním trakčním navijákem

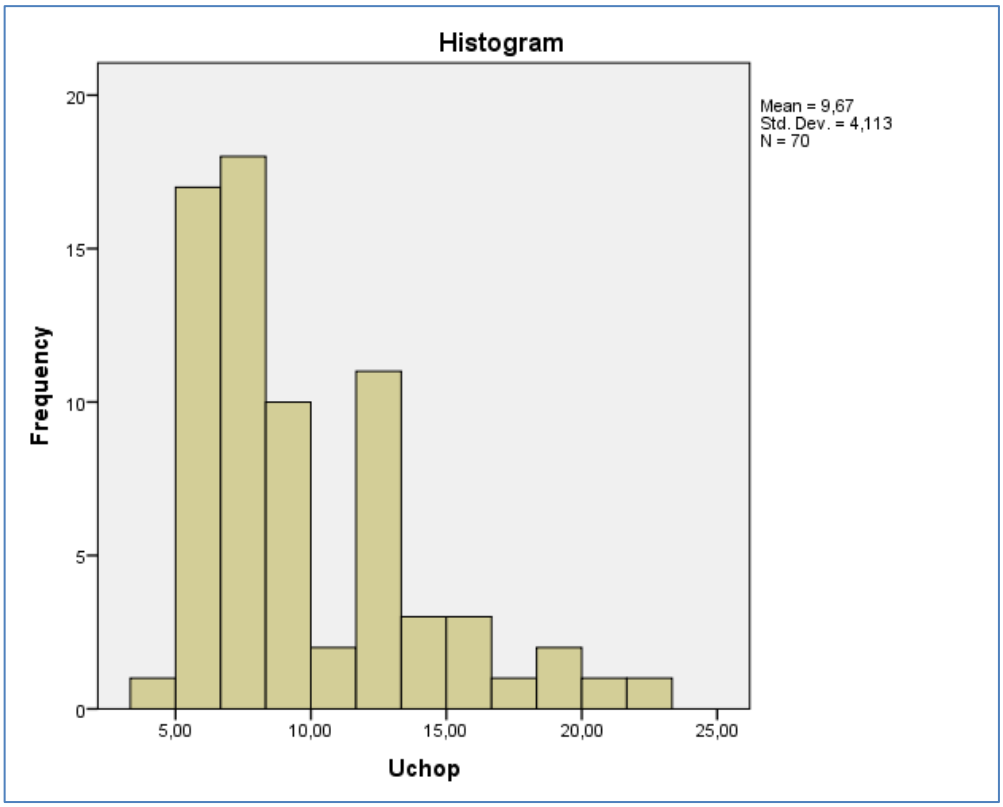


Obr. 8 Krabicový graf (boxplot) pracovního úkonu popojíždění po lince v technologické variantě harvestoru s mobilním trakčním navijákem

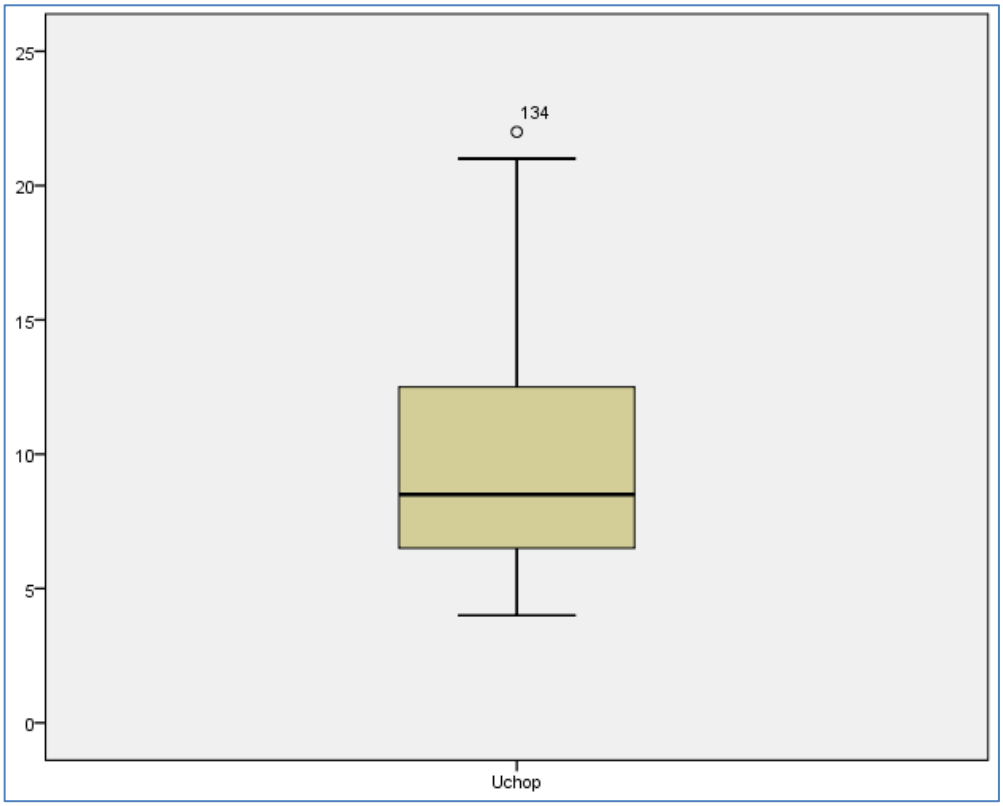
Na obrázku 6 se nachází krabicový graf (boxplot) pracovního úkonu popojíždění po lince, který vystihuje detail rozložení kvartilů. Střední hodnota úkonu popojíždění se vyskytuje kolem hodnoty 10 vteřin a nachází se mírně posunuta k nižším hodnotám. Můžeme zpozorovat celkem čtyři odlehlé hodnoty spotřeby času. Vousy krabicového grafu znázorňují minima a maxima měřených hodnot. Spodní a horní kvartil jsou nesouměrně rozložené, což opět značí nerovnoměrné rozložení dat.

Na obrázku 7 se nachází pracovní histogram pracovního úkonu, kde je zachycena spotřeba času na vyhledávání a uchopení jednoho stromu v technologické variantě s mobilním trakčním navijákem. Osa x na grafu představuje spotřebu času v sekundách na provedení úkonu a na ose y leží jejich četnost. Opět se shledáváme se špičatostí a levostranným rozdělením dat, jako tomu bylo v předchozím případě. Ani zde nelze vyloučit hodnoty ležící vpravo na ose x jako systematickou chybu.

Graf na obrázku 7 zobrazuje krabicový graf pracovního úkonu vyhledávání a uchopení stromu. Je možné si povšimnout vzájemné podobnosti rozložení dat s pracovním úkonem popojíždění. Rozložení kvartilů také vypovídá o levostranosti a střední hodnota se nachází blíže kladné spodní části grafu.



Obr. 9 Pracovní úkon vyhledávání a uchopení stromu v technologické variantě harvestroru s mobilním trakčním navijákem



Obr. 10 Krabicový graf (boxplot) pracovního úkonu vyhledávání a uchopení stromu v technologické variantě harvestoru s mobilním trakčním navijákem

Vzhledem k tomu, že grafy ostatních pracovních úkonů ve výrobní operaci kácení mají velmi podobný design rozložení dat, nejsou dále uváděny.

Tabulka 6 obsahuje údaje deskriptivní statistiky pracovních úkonů výroby sortimentů. Podobně jako tomu je u tabulky 4, jedná se o dvě technologické varianty. Průměrný počet sortimentů ze sledovaných těžených stromů je 6 výřezů kulatiny a 1 výřez vlákniny. Prvním sortimentem je kulatinový výřez z oddenkové části kmene. Posledním úkonem je rozřezání a uložení těžebních zbytků, které probíhalo zpravidla na vyvážecí linku pod koly stroje.

Tab.: 6 Popisná statistika pracovní výroba sortimentů suchých stromů různých technologických variant

Popisná statistika operace výroby sortimentů v technologických variantách					
*HV - harvestor *MTN - mobilní trakční naviják	Technologická varianta	Četnost	Aritmetický průměr	Směrodatná odchylka	Standardní chyba průměru
		N	x̄	Sx	SEM
1 sortiment (oddenek)	*HV s *MTN	79	18,5063	15,2944	1,7208
	HV bez MTN	10	26,4000	33,6260	10,6335
2 sortiment (kulatina)	HV s MTN	78	10,8846	12,0561	1,3651
	HV bez MTN	10	6,4000	3,6271	1,1470
3 sortiment (kulatina)	HV s MTN	73	8,8630	8,4612	0,9903
	HV bez MTN	10	5,8000	3,2592	1,0306
4 sortiment (kulatina)	HV s MTN	60	7,0667	7,4170	0,9575
	HV bez MTN	9	7,6667	7,9057	2,6352
5 sortiment (kulatina)	HV s MTN	41	7,0244	5,2844	0,8253
	HV bez MTN	5	6,8000	4,3243	1,9339
6 sortiment (kulatina)	HV s MTN	9	8,5556	5,2705	1,7568
	HV bez MTN	3	6,6667	3,5119	2,0276
7 sortiment (vláknina)	HV s MTN	46	9,0217	4,3076	0,6351
	HV bez MTN	3	6,6667	0,5774	0,3333
Rozřezání a uložení těžebních zbytků	HV s MTN	78	6,4231	3,3401	0,3782
	HV bez MTN	10	6,7000	2,9833	0,9434

Tabulka 7 obsahuje parametrické testy pracovních úkonů výroby sortimentů. Opět byl použit Levenův test rovnosti rozptylů pro nezávislé proměnné a dvouvýběrový nepárový t-test rovnosti průměrů nezávislých proměnných.

Hned u prvního sortimentu je nesplněna podmínka signifikace, která je nižší než požadovaná hladina významnosti α 0,05 a data tudíž mají rozdílné rozptyly hodnot spotřeby času pro výrobu prvního oddenkového sortimentu. V předchozí tabulce 6 je rozdíl aritmetického průměru obou variant při zpracování prvního oddenkového sortimentu 7,9 vteřin, což se jeví jako významný rozdíl. Nulová hypotéza, závislosti mobilního trakčního navijáku a spotřeby času během pracovního úkonu výroby prvního sortimentu, je zamítnuta. Tento rozdíl nabízí vysvětlení v odlišném přístupu zpracování káceného stromu. Operátor harvestoru pracoval pomaleji bez mobilního trakčního navijáku kvůli opatrnosti, jelikož má nižší stabilitu stroje. Operátor je tak pod vlivem vyšší psychické zátěže. Stroj se v těchto svahových podmínkách dává samovolně do pohybu a hrozí vyšší riziko převrácení stroje. Vliv časového překryvu pracovních úkonů byl eliminován měřením spotřeby času každého zvlášť. I přes to se dosahuje kratších časů zpracování prvního sortimentu ve variantě s mobilním trakčním navijákem především proto, že operátor zpracovává spíše první sortiment před dopadením stromu na zem, kdežto u varianty bez mobilního trakčního navijáku zpracovává strom po dopadení.

Druhý a třetí sortiment tabulky 7 splňují podmínky signifikace podle Levenova testu, avšak podmínky signifikace dvouvýběrového nepárového t-testu rovnosti průměrů splněny nejsou. Hodnoty se nalézají pod hladinou významnosti α 0,05. Hulová hypotéza, závislosti mobilního trakčního navijáku a spotřeby času během pracovního úkonu výroby druhého sortimentu, je rovněž zamítnuta. Rozdíl hodnot průměrů tabulky 6 druhého sortimentu je 4,5 vteřin u třetího sortimentu činí celé 3 vteřiny. Vysvětlením je opět odlišný způsob zpracování stromů. Po zpracování prvního sortimentu se u kůrovcem napadeného dříví stávalo, že harvestorové hlavici prokluzovaly válce posuvu . Suché větve v prvních přeslenech se silnou tloušťkou kladly při odvětvování takový odpor, který nebyla harvestorová hlavice schopna překonat. Aby se odvětvovací nože a nezastavovaly před prvními přesleny a byla využitá kinetická energie posouvaného stromu, byl nejprve kmen na druhém či třetím výřezu odvětven a poté následovalo jeho rozřezání a uložení.

Tab.: 7 Levenův test a dvouvýběrový nepárový t-test pracovních úkonů výroby sortimentů

Parametrické testy operce kácení suchých stromů v technologických variantách						
Test nezávislých proměnných						
*HV - harvestor *MTN - mobilní trakční naviják	Technologická varianta	Levenův test		Dvouvýběrový nepárový t-test		
		F	Sig.	t	df	Sig. (oboustr.)
1 sortiment (oddenek)	*HV s *MTN	11,2183	0,0012	-1,3012	87,0000	0,1966
	HV bez MTN			-0,7328	9,4768	0,4814
2 sortiment (kulatina)	HV s MTN	1,7833	0,1853	1,1642	86,0000	0,2475
	HV bez MTN			2,5152	42,5709	0,0158
3 sortiment (kulatina)	HV s MTN	2,1608	0,1454	1,1283	81,0000	0,2625
	HV bez MTN			2,1430	30,0849	0,0403
4 sortiment (kulatina)	HV s MTN	0,5484	0,4616	-0,2245	67,0000	0,8231
	HV bez MTN			-0,2140	10,2278	0,8348
5 sortiment (kulatina)	HV s MTN	0,2771	0,6013	0,0910	44,0000	0,9279
	HV bez MTN			0,1067	5,5710	0,9188
6 sortiment (kulatina)	HV s MTN	0,7509	0,4065	0,5702	10,0000	0,5811
	HV bez MTN			0,7041	5,3731	0,5107
7 sortiment (vláknina)	HV s MTN	4,5748	0,0377	0,9373	47,0000	0,3534
	HV bez MTN			3,2834	27,0409	0,0028
Rozřezání a uložení těžebních zbytků	HV s MTN	0,0514	0,8212	-0,2495	86,0000	0,8036
	HV bez MTN			-0,2725	12,0887	0,7899

U vlákninového sortimentu v tabulce 7 jsou oba parametrické testy, Levenův i nepárový t-test, s nízkou hladinou signifikace (nižší než α 0,05). V tabulce 6 má však odpovídající varianta harvestoru bez mobilního trakčního navijáku nízkou četnost (pouze 3 hodnoty), proto se zamítnutí či nezamítnutí nulové hypotézy nedá v tomto případě posoudit.

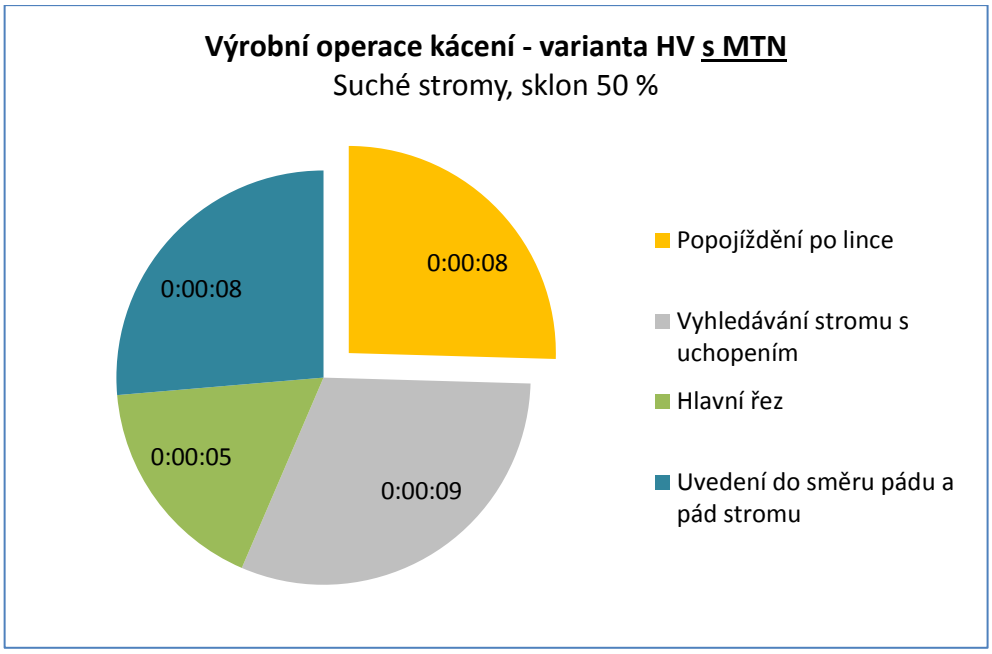
Všechny ostatní pracovní úkony jsou s vyšší statistickou významností u obou parametrických testů. Nulová hypotéza nemůže být zamítnuta. Znamená to tedy, že na zpracování zbylé části stromu nemá vyliv připojení harvestoru k mobilnímu trakčnímu navijáku. U 3. a 4. sortimentu vychází zpracování s velmi podobnou spotřebou času. Operátor již zpravidla nijak nemanipuluje se zpracovávaným kmenem pomocí hydraulického jeřábu, nýbrž kmen zpracovává pouze posuvem v harvestorové hlavici a rozřezáním kmene na jednom místě. Ukládá stejné sortimenty kulatiny na jedno místo tak, aby byly tříděny pro snazší práci operátora vyvážecího traktoru. U 5. a 6. sortimentu je opět nízká četnost ve variantě bez mobilního trakčního navijáku, jako u vlákninového sortimentu.

5.3.2 Pracovní cykly harvestoru dle technologických variant

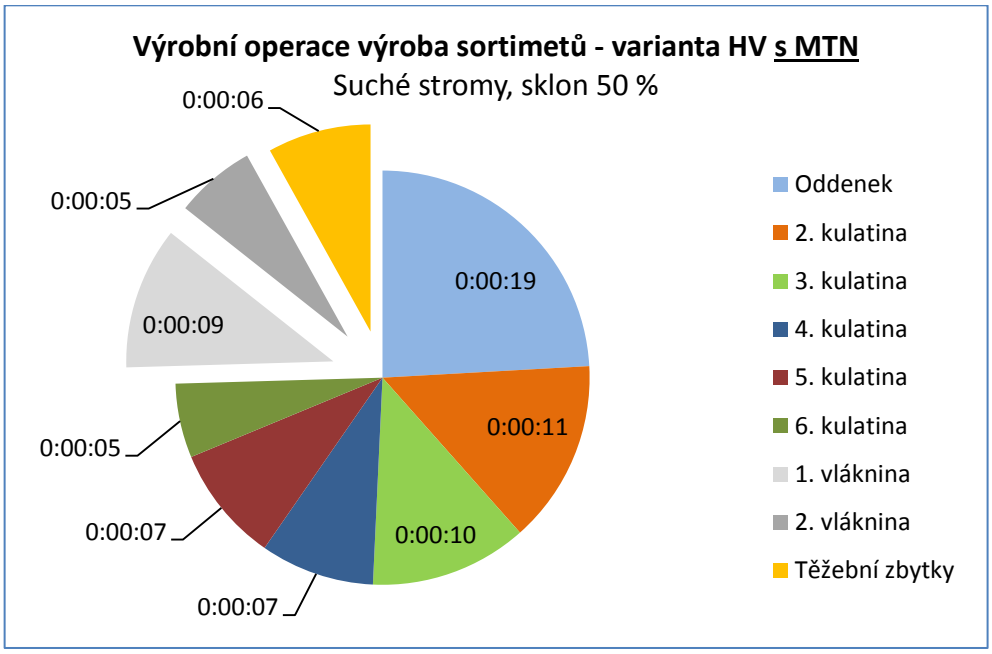
Podle rozdělení pracovních operací byly stanoveny střední hodnoty spotřeby časů pracovních úkonů. Pro měření sklonu bylo použito třech vyvážecích linek, na kterých stroje pracovali během měření. Sklon byl měřen laserovým dálkoměrem Nikon Forestry Pro. Nejvyšší sklon svahu byl v jeho úpatí a dosahoval až 68 % (34,4°), naopak minimální sklon svahu byl naměřen 42,45 % (22,6°) a to na jeho vrcholu. Vynesením sklonu a délky v metrech ve výškovém profilu byl zjištěn konvexní tvar svahu.

Na obrázku 9 je znázorněna ve výsečovém grafu výrobní operace kácení u technologické varianty harvestoru s mobilním trakčním navijákem při těžbě suchých stromů. Spotřeba času je vynakládána na popojíždění po lince, ačkoliv je tato hodnota z hlediska těžby jednoho stromu zkreslená tím, že operátor nepřejíždí vždy ke každému stromu zvlášť, nýbrž má snahu kácet co nejvíce stromů z jednoho místa zastavení. Nejvyšší spotřebou času je vyhledávání stromu s uchopením, tedy manipulace s hydraulickým jeřábem a harvestorovou hlavicí. Hlavní řez zaujímá nejmenší spotřebu času z výrobní operace kácení. Posledním úkonem výrobní operace je uvedení do směru pádu a pád stromu, kde se projevuje i vliv porostu, jelikož bývají některé stromy stahovány při zavěšení.

Na obrázku 10 je znázorněna výrobní operace výroba sortimentů u technologické varianty harvestoru a mobilního trakčního navijáku. Během této měření docházelo k překrývání posuzovaných pracovních úkonů a tím k překryvu výrobních operací. Proto byly posuzovány samostatně. Jedná se o pracovní úkony uvedení do směru pádu a pád stromu a zpracování prvního (oddenkového) sortimentu. Oddenkový sortiment tak zaujímá ve výrobní operaci výroba sortimentů nejvyšší spotřeby času. Při zpracování druhého sortimentu dochází k druhé nejvyšší spotřebě času a dále se spotřeba času na výrobu kulatinových sortimentů snižuje. Zásadní je při těchto úkonech postupné snižování hmotnosti kmene a snižování plochy styku koruny se zemí. Během zpracování druhého sortimentu dochází také k odvětvování nejsilnějších větví koruny. Tyto faktory způsobují se snížení odporu kmene během posuvu hydraulickými válci harvestorové hlavice směrem k vrcholu stromu. Nárůst spotřeby času je parný potom při výrobě prvního vlákninového sortimentu. Operátor v tomto případě třídí sortimenty a vlákninové ukládá na jiné místo, čímž do úkonu vstupuje navíc pohyb hydraulickým jeřábem.



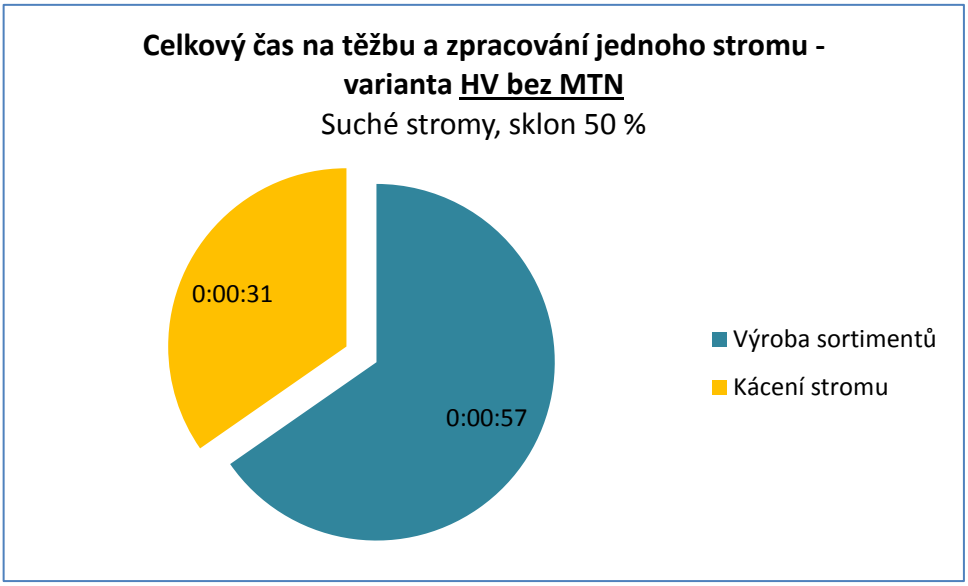
Obr. 11 Výrobní operace kácení technologické varianty harvestoru s mobilním trakčním navijákem



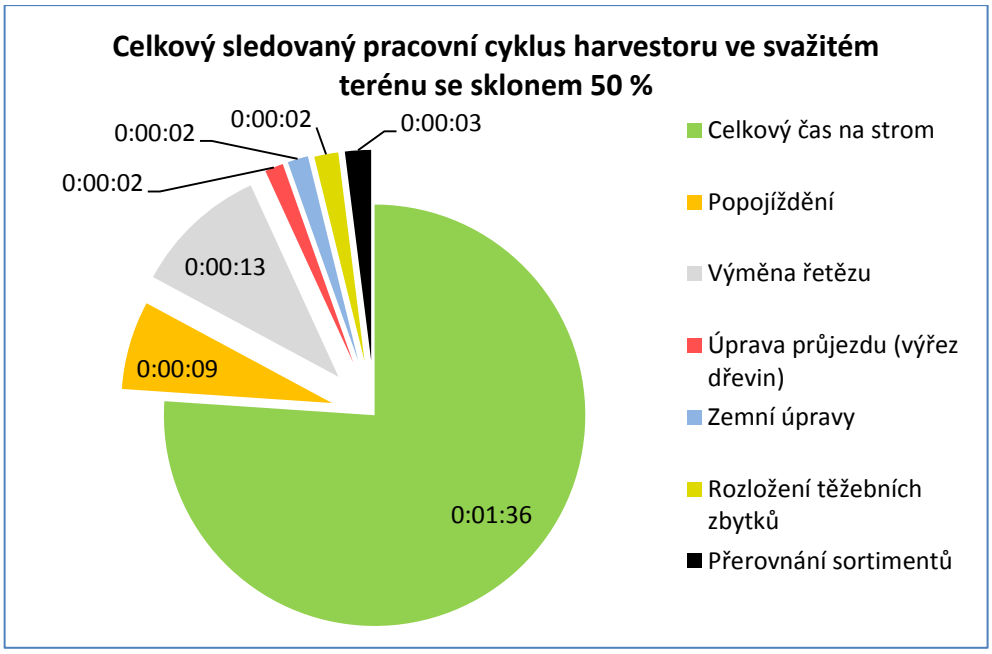
Obr. 12 Výrobní operace výroba sortimentů technologické varianty harvestoru s mobilním trakčním navijákem

Výsečový graf na obrázku 11 znázorňuje celkový čas na sledovaný pracovní cyklus těžby jednoho stromu harvestorovou technologií s mobilním trakčním navijákem. V tomto cyklu je vyhodnocena vyšší spotřeba času na kácení stromu, která představuje celkem 65 %, zatímco výrobní operace výrova sortimentů představuje celkem 35 %.

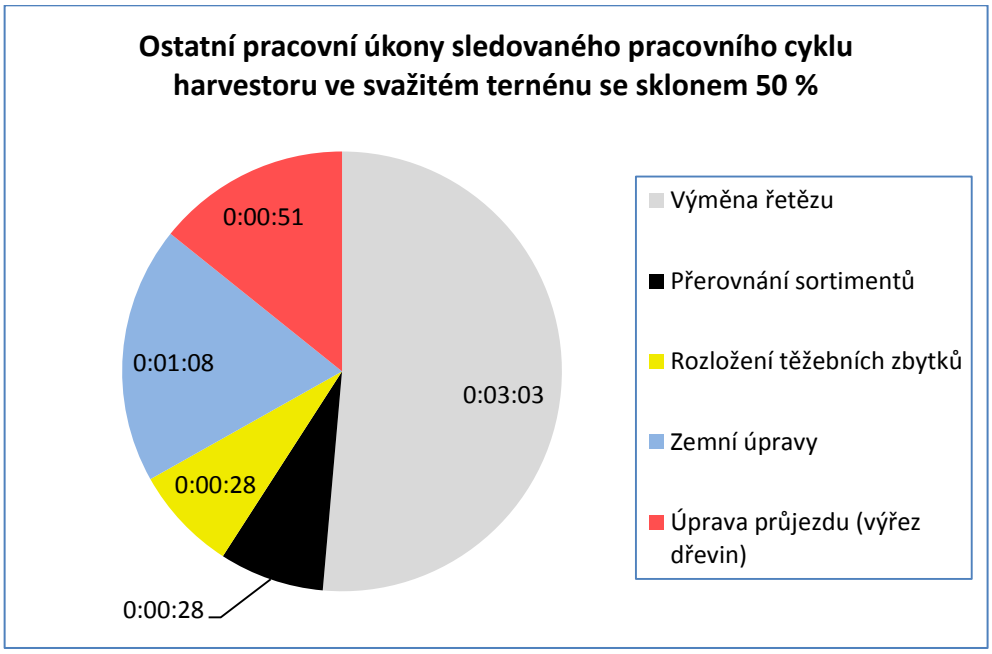
Na obrázku 12 je uveden sledovaný pracovní cyklus harvestoru ve svažitém terénu s průměrným sklonem 50 %. Celková průměrná spotřeba času na těžbu stromu pro celý základní soubor představovala 76 % celkového času celého pracovního cyklu. Mezi ostatními pracovními úkony, které se významně podílely na pracovním cyklu, bylo popojíždění, zemní úpravy, úprava průjezdu, výměna pilového řetězu či lišty, rozložení těžebních zbytků a přerovnání sortimentů (viz obr. 13). Úpravou průjezdu se rozumí především výřez náletových dřevin podrostu ve vyvážecí lince. Medián hodnoty spotřeby času popojíždění je 12 vteřin v celém základním souboru (viz zmiňované levostanné rozložení kap. 5.3.1.), přičemž operátor uskutečnil celkem 132 těchto úkonů z celkových 142 sledovaných pracovních cyklů. Celkový čas těchto nestandartních pracovních úkonů představoval 24 % celkové spotřeby času sledovaného pracovního cyklu.



Obr. 13 Pracovní cyklus těžby jednoho stromu v technologické variantě harvestoru s mobilním trakčním navijákem



Obr. 14 Celkový sledovaný pracovní cyklus harvestoru ve svažitém terénu s průměrným sklonem 50 %



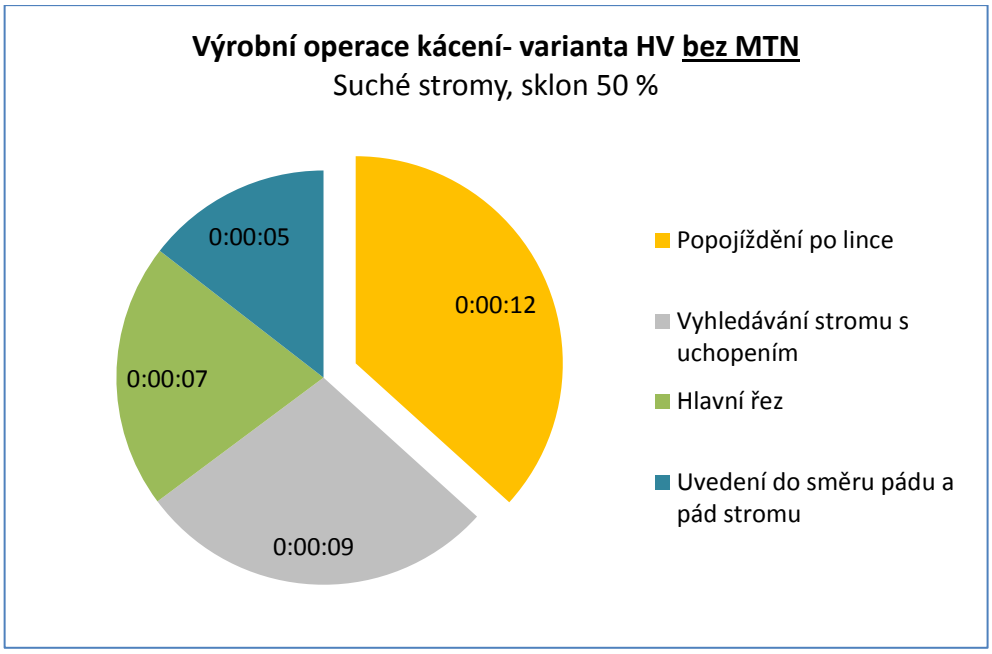
Obr. 15 Detail ostatních pracovních úkonů sledovaného pracovního cyklu harvestoru ve svažitém terénu se sklonem 50 %

Na obrázku 14 je ve výsečovém grafu zobrazena výrobní operace kácení ve variantě harvestoru bez mobilního trakčního navijáku. Je zde shledána nejvyšší spotřeba času na popojíždění, ale vzhledem k výše popsanému je tato hodnota nejspíše zkreslená. Lze si povšimnout, že ve variantě (obr. 9) je stejná průměrná spotřeba času na vyhledávání a uchopení stromů. Další výsečí je hlavní řez, který má spotřebu času o 2 vteřiny vyšší než u varianty harvestoru s mobilním trakčním navijákem. Tento rozdíl je ovlivněn nejspíše chybou technického rázu. Pravděpodobně byl v době vzorku použit tupý pilový řetěz. Uvedení do směru pádu a pád stromu je v této technologické variantě neočekávaně s nižší spotřebou času. Vysvětlením je nestejná hustota porostu, kde operátor těžil stromy po vytěžení předchozí linky. Stromy tak měly větší prostor pro pád a nezavěšovali se tak svými korunami do korun ostatních stromů.

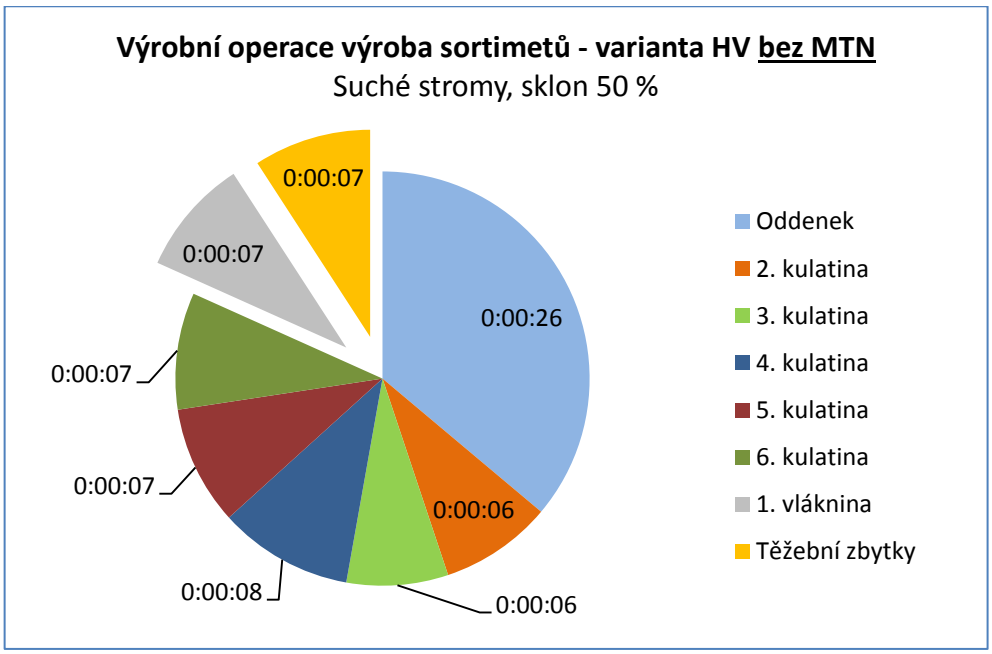
Na obrázku 15 je uvedena výrobní operace výroba sortimentů v technologické variantě harvestoru bez mobilního trakčního navijáku. Nejvyšší spotřebu času zaujímá výseč grafu se zpracováním prvního oddenkového sortimentu. Zde byla také prokázána statistická významnost testů, viz kapitola 5.3.1. Rozdíl průměrných hodnot spotřeby času na tento úkon činí celých 7,9 vteřin (tab. 7). Jak je uvedeno ve zmíněné kapitole, rozdíl hodnot je zřejmě způsoben zvýšenou psychickou zátěží operátora při zvýšeném riziku převrácení stroje. V těchto sklonech se také stává, že pokud není harvestor připojen k mobilnímu trakčnímu navijáku, dochází během zpracování stromů k samovolnému pohybu stroje po směru spádu svahu. Hmotnost stromu v harvestorové hlavici způsobí změně těžiště a tím o prokluzu kol.

Během zpracování druhého a třetího sortimentu (obr. 15) docházelo taktéž ke statisticky významným odchylkám, o čemž pojednává opět kapitola 5.3.1. Je pravděpodobné, že vzniklý rozdíl spotřeby času má taktéž původ v psychickém rozpoložení operátora při zpracování stromu. Operátor harvestoru připojený na mobilní trakční naviják si nedovolí kvůli zvýšenému riziku převrácení stroje volit způsob zpracování kmene, při kterém kmen nejprve odvětví a poté přeřeže a uloží. Nevědomě tak může zpracovávat kmen stromu rychleji. Výsledek může být ovlivněn také nepatrnou změnou přírodních podmínek.

Čtvrtý sortiment vykazuje odchylku pouhých 0,6 vteřiny, a tudíž se již vlivy odlišného zpracování stírají. U zbylých sortimentů se bohužel nepodařilo získat více četností spotřeby času (viz tab. 6). Proto nejsou výsledky dále hodnoceny.



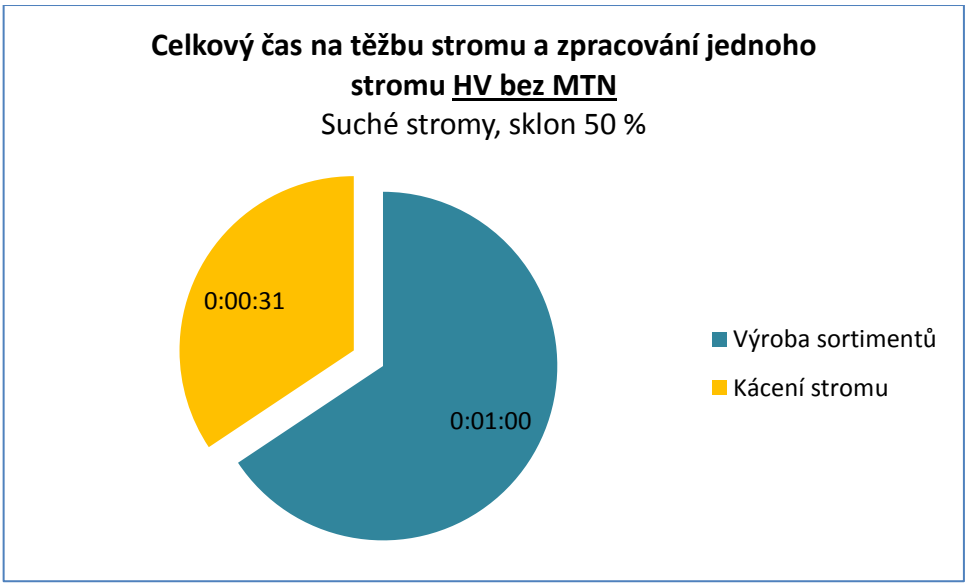
Obr. 16 Výrobní operace kácení technologické varianty harvestoru bez mobilního trakčního navijáku



Obr. 17 Výrobní operace výroba sortimentů v technologické variantě bez mobilního trakčního navijáku

Rozřezání a zpracování těžebního zbytku v grafu na obrázku 15 vychází rovněž velmi podobně. Rozdíl úkonu v těchto variantách činí pouhých 0,28 vteřin.

Na obrázku 16 je graf, který zobrazuje celkový čas na výrobní operace těžbu a zpracování jednoho stromu v technologické variantě harvestoru bez mobilního trakčního navijáku. Oproti těžbě a zpracování stromu varianty harvestrou s mobilním trakčním navijákem zde není shledán žádný výrazný rozdíl. Rozdíl je pouze 3 vteřiny ve výrobní operaci výrobě sortimentů.

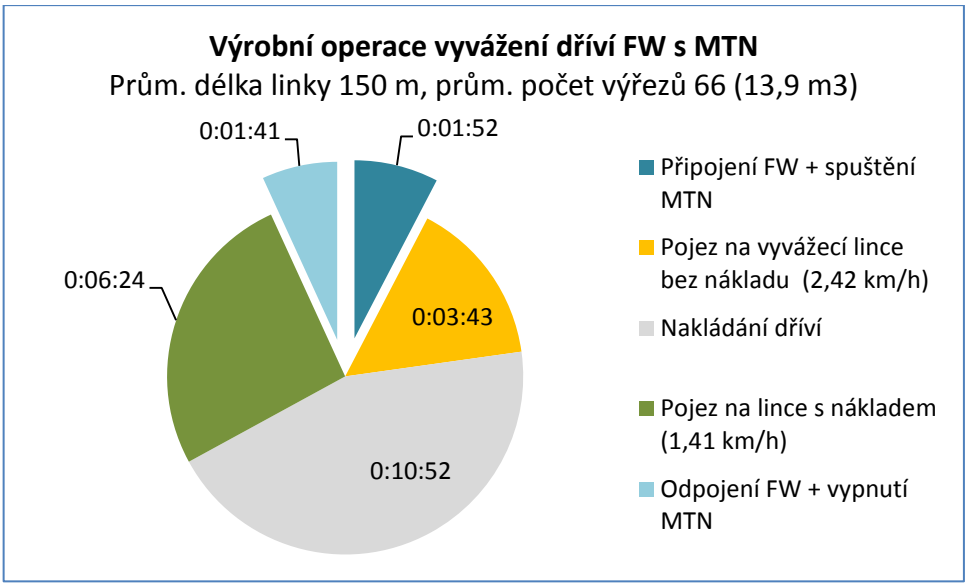


Obr. 18 Celkový čas na výrobní operace těžba a zpracování jednoho stromu v technologické variantě harvestroru bez mobilního trakčního navijáku

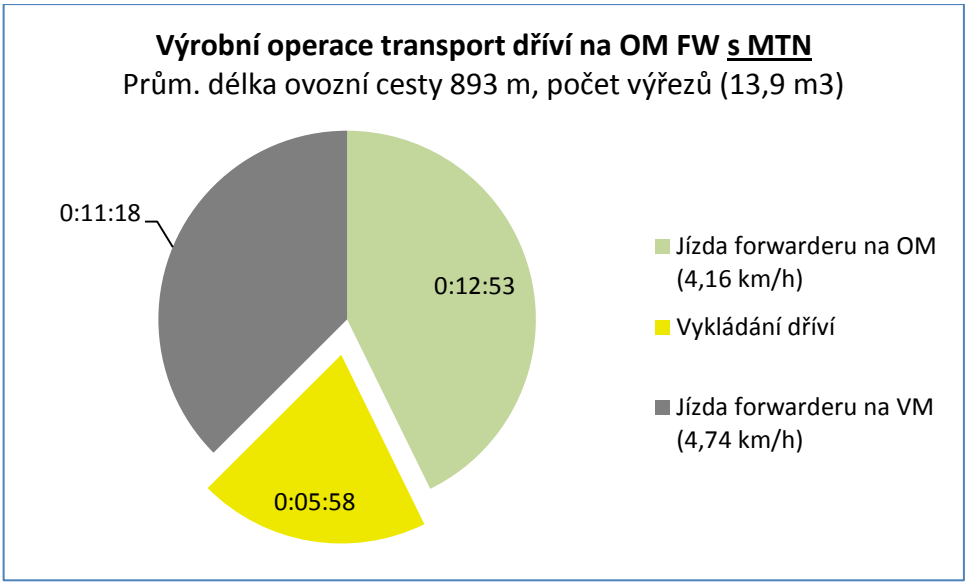
5.3.3 Pracovní cyklus vyvážení dříví v technologické variantě vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem

Během terénních prací došlo k několika komplikacím a bohužel se nepodařilo získat data o spotřebě času technologické varianty vyvážecího traktoru bez mobilního trakčního navijáku. Nedovolovaly tomu organizační a časové důvody. Jiná řešení byla zamítnuta, jelikož tento typ mobilního trakčního navijáku v době sběru dat měla uvedený v provozu pouze jediná společnost v České republice a na Slovensku. Nedodržením podmínek sběru dat, jak se píše v kapitole 4.4.1, by mohlo dojít ke zkreslení výsledků. Například dle ústního sdělení PhDr. Petra Fiľa, Ph.D (ze dne 17. 3. 2017) při změně operátora se mohou lišit výsledky spotřeby času na pracovních úkonech až o 30 %. Měření bylo tedy realizováno pouze u jedné technologické varianty.

Na obrázku 17 se nachází výsečový graf výrobní operace vyvážení dříví v technologické variantě vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem. Průměrná délka vyvážecí linky v těženém porostu byla 150 m. Na ložnou plochu vyvážecího traktoru bylo naloženo průměrně 66 kusů výřezů kulatiny se jmenovitou délkou 4 m. Vypočítané množství soustřeďovaného dříví bylo 13,9 m^3. Z grafu vyplývá, že nejvyšší spotřebou času ve výrobní operaci vyvážení zaujímá nakládání. Druhou nejvyšší spotřebou času má úkon pojezd na vyvážecí lince bez nákladu. Avšak tato hodnota je proměnlivá vzhledem k délce vyvážecí linky, proto o tom pojednává detailněji graf na obrázku 22. Dále si je možno všinout rozdílu v časových úkonech připojení a odpojení vyvážecího traktoru od mobilního trakčního navijáku, který činí 11 vteřin. Tento rozdíl je způsoben především spouštěním mobilního trakčního navijáku, které vyžaduje delší čas než vypnutí. Krom toho se jeví připojení k mobilnímu trakčnímu navijáku jako složitější úkon. Důvodem je zřejmě příjezd k místu zapojení. Operátor vyvážecího traktoru nevidí zakončení lana mobilního trakčního navijáku a musí odhadovat vzdálenost příjezdu tak, aby tažné lano nebylo krátké nebo příliš dlouhé, které by se nacházelo pod vyvážecím traktorem po zastavení. V takových případech musí operátor buď lano vytáhnout zpod stroje, nebo se strojem popojet. Vytažení lana z mobilního trakčního navijáku nebylo možné, jelikož lano o průměru 18 mm má na 300 m délky značnou hmotnost, kterou operátor nepřekoná.



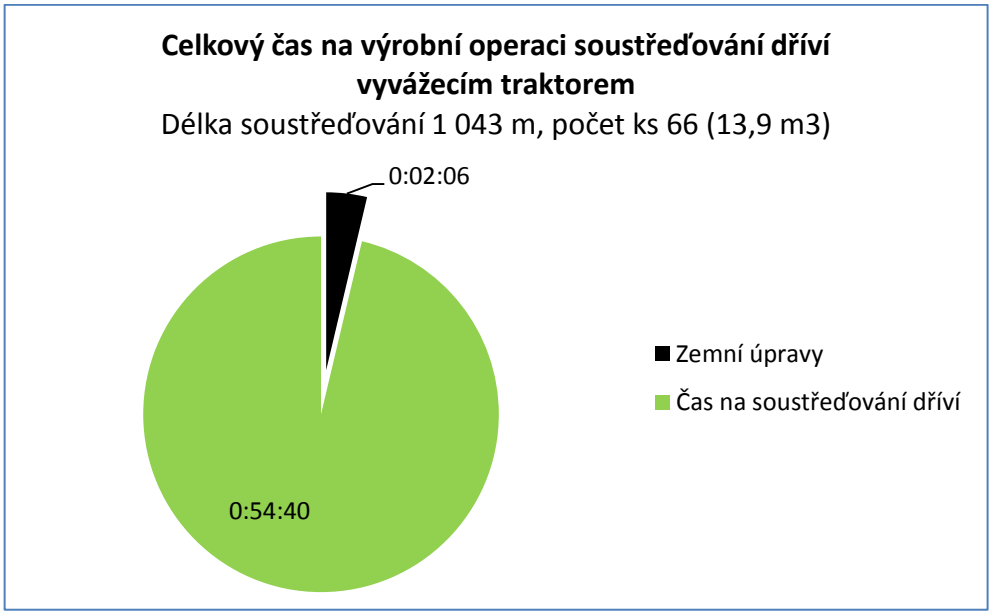
Obr. 19 Výrobní operace vyvážení dříví v technologické variantě vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem



Obr. 20 Výrobní operace transport dříví na odvozní místo vyvážecím traktorem s mobilním trakčním navijákem

Výrobní operace transport dříví na odvozní místo v technologické variantě vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem se nalézá na obrázku 18. Průměrná délka odvozní cesty, po které bylo dříví dopravováno na odvozní cestě, byla 863 m. Množství dříví, které bylo transportováno na odvozní místo, bylo stejné jako v předešlém případě. V grafu je patrný rozdíl mezi jízdou na odvozní místo s nákladem a jízdou zpět na vývozní místo. Tento rozdíl průměrů spotřeby času činí 1 minutu a 36 vteřin. Patrný je zde vliv nákladu na jízdu po dráze beze sklonu. Tento úkon se projevil nejvíce na celém pracovním cyklu, ale zásadní vliv na něj má odvozní vzdálenost.

Na obrázku 19 je v grafu zobrazen celkový čas na sledovaný výrobní cyklus soustřeďování dříví na odvozní místo vyvážecím traktorem. Jedná se o kombinaci práce vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem a bez něj. Tento graf se poutá přímo k pracovnímu místu, kde bylo soustřeďování prováděno. Jako v předešlých grafech (obr. 17 a 18) je délka vyvážení 150 m při skonu 50 % a délka transportu dříví na odvozní místo 893 m na odvozní cestě na rovinatém terénu. Na grafu (obr 19) je zřejmé, že oproti harvestoru přibývá jeden úkon, který je dle metodiky řazen do ostatních úkonů. Tím jsou zemní úpravy, které mají vyšší spotřebu času než u harvestoru, ačkoliv z celkového sledovaného výrobního cyklu zaujímá pouze 4 %. Zbytek výrobního cyklu tvoří běžné pracovní úkony, které zaujímají 96 %. To ovšem neznamená, že práce s vyvážecím traktorem je pro operátora jednodušší.



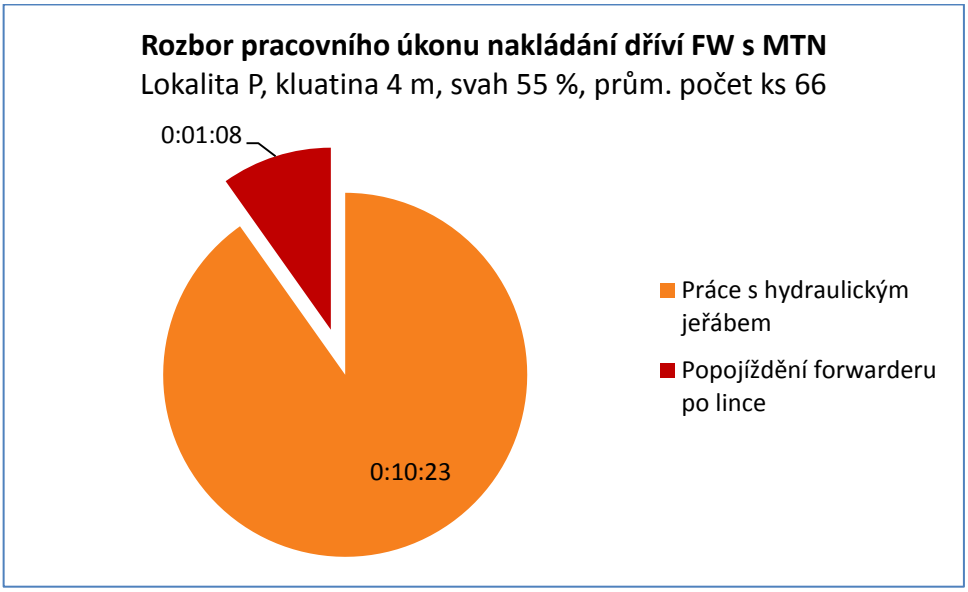
Obr. 21 Celkový čas na výrobní operaci soustřeďování dříví vyvážecím traktorem na lokalitu odvozní místo

Na obrázku 22 je v grafu zachycen lineární stoupající trend, který popisuje závislost spotřeby času na vzdálenosti, po které je dříví transportováno. Křivky se nacházejí v poměrně blízké vzdálenosti od sebe. Na krátkých přibližovacích vzdálenostech nemusí být vliv nákladu zpozorován, ačkoliv na dlouhých vzdálenostech, které mohou být v horských podmínkách častější, by mohl být vliv nákladu o velikosti několik desítek vteřin. Rychlost jízdy s nákladem byla vypočítána z ujeté vzdálenosti a spotřeby času a činí 4,16 km/h. Rychlost jízdy bez nákladu je pouze o 0,58 km/h vyšší. Poměrově je rozdíl rychlosti s nákladem oproti rychlosti bez nákladu o 12 % nižší.

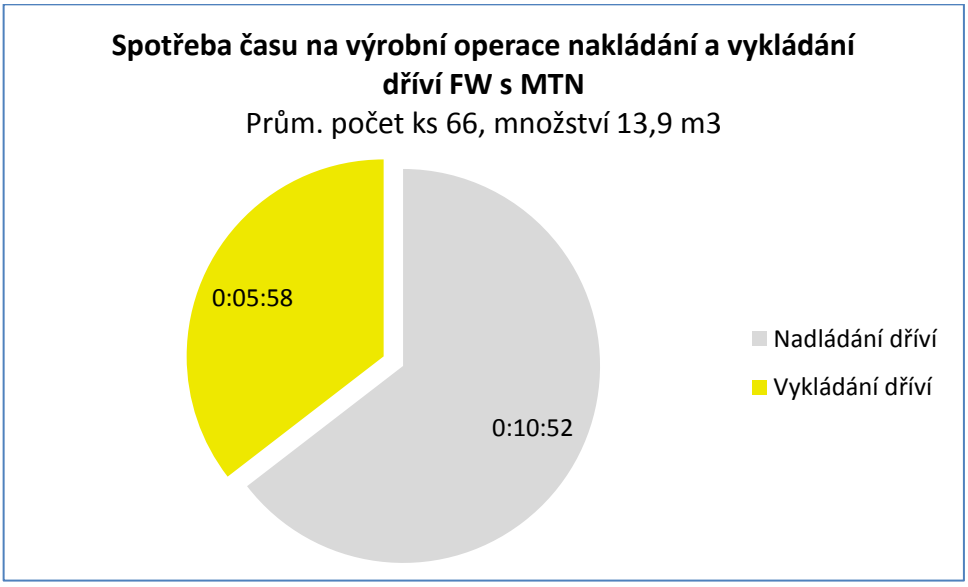
Na obrázku 21 je v grafu znázorněn opět lineární stoupající trend křivek, který zachycuje vliv naložení a směru jízdy s vyvážecím traktorem s mobilním trakčním navijákem. Křivky se více rozcházejí a vliv nákladu na rovinatém terénu tedy není tak patrný jako v terénu o sklonu svahu 50 %. Vyvážecí traktor měl průměrnou rychlost proti svahu, tedy bez nákladu 2,42 km/h. Po svahu dolů se pohyboval pomaleji, jeho průměrná rychlost byla pouze 1,41 km/h. Tato rychlost je poměrově o 42 % nižší než rychlost směrem do svahu bez nákladu. Tento jev nastal právě díky mobilnímu trakčnímu navijáku. Během jízdy proti svahu nebyl zpozorován téměř žádný prokluz kol. Operátor je navíc vedený během jízdy po lince lanem v přibližně stejné stopě jako při předchozí jízdě. Rozdíl rychlosti při pohybu stroje po svahu dolů je zapříčiněn zvýšením těžiště stroje. Snižuje se tak příčná stabilita stroje, která je umocněna podvozkem složeným ze dvou polorámů a operátor ne nucen dbát opět zvýšené opatrnosti.

Pracovní úkon vykládání dříví je detailně popsán v grafu na obrázku 20. Během tohoto dochází k překryvu dvou činností. Je zřejmé, že operátor naprostou většinu času vykonává práci s hydraulickým jeřábem. Popojíždění během nakládání tvoří pouze 10 % spotřeby času, naproti tomu práce s hydraulickým jeřábem tvoří celých 90 % spotřeby času. To svědčí také o náročnosti práce v těchto svahových podmínkách. Graf na obrázku 21 porovnává právě pracovní úkony nakládání a vykládání dříví. Je patrné, že úkon nakládání má v průměru daleko vyšší spotřeby času než vykládání. Tento rozdíl činí celé 4 minuty a 54 vteřin. Tento rozdíl nelze připisovat mobilnímu trakčnímu navijáku, nýbrž sklonu svahu, protože operátor musí pracovat se zvýšenou opatrností. Na svahu působí gravitační síly a snadno se při nepozornosti může stát, že nakládaný sortiment sjede ze svahu dolů. Jestliže je ložný prostor plně naložený,

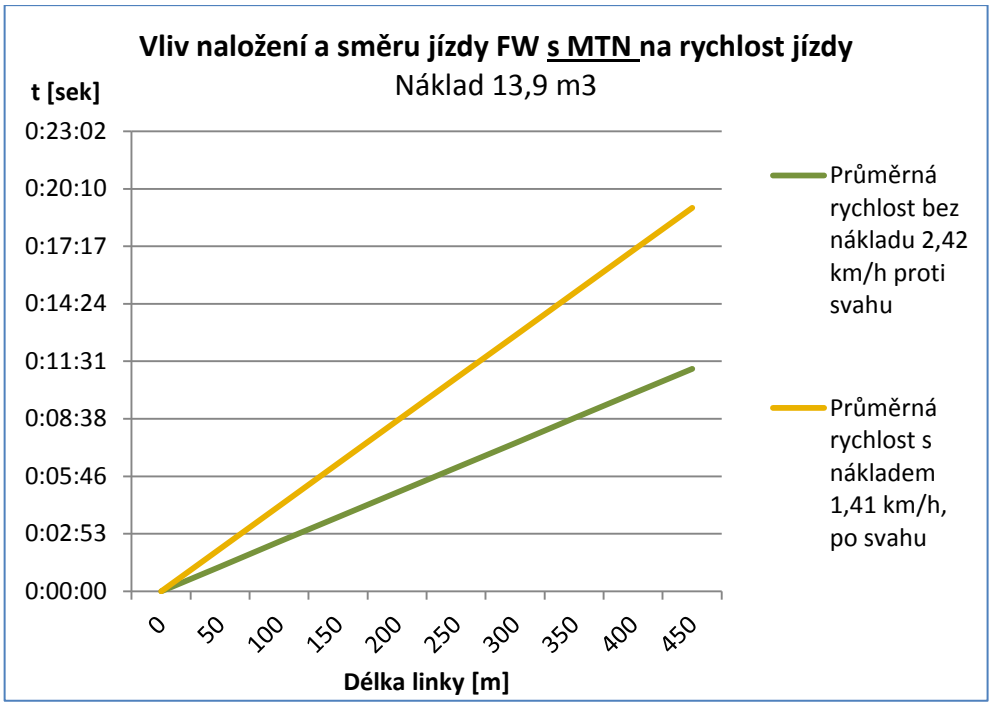
tak se při ukládání posledních výřezů může stát, že se uvolní a narazí na kabinu, v níž se nachází operátor.



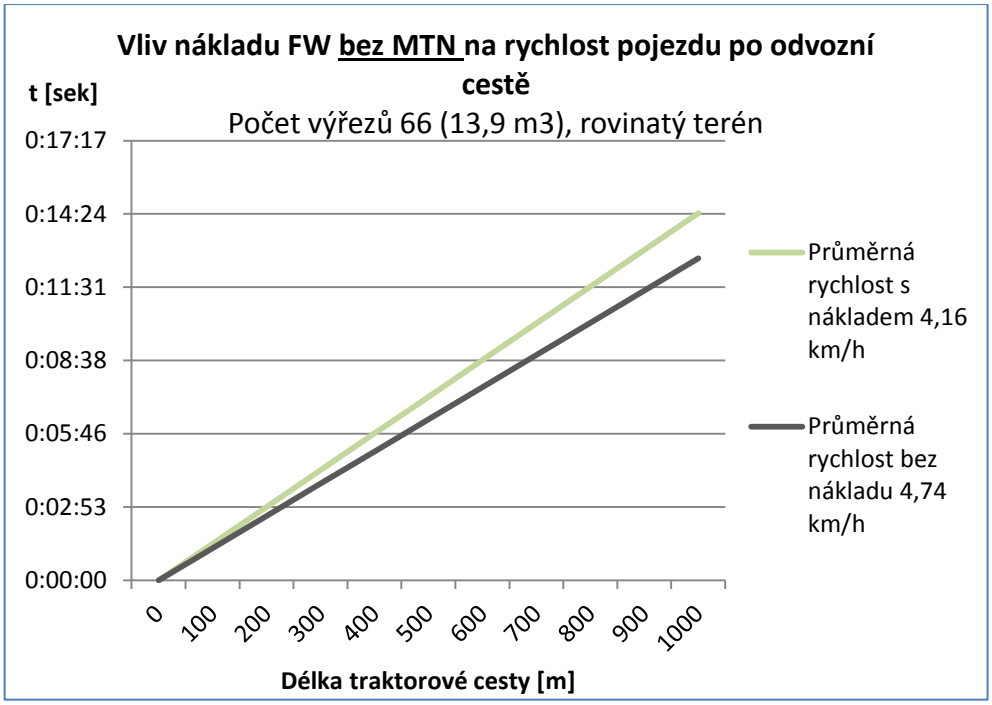
Obr. 22 Rozbor pracovního úkonu nakládání dříví technologické varianty vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem



Obr. 23 Spotřeba času na výrobní operace nakládání a vykládání dříví v technologické variantě vyvážecího traktoru a mobilního trakčního navijáku



Obr. 24 Vliv naložení a směru jízdy na rychlost jízdy vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem



Obr. 25 Vliv nákladu na rychlost pojezdu po odvozní cestě vyvážecího traktoru bez mobilního trakčního navijáku

5.3.4 Pracovní cyklus přemístění mobilního trakčního navijáku

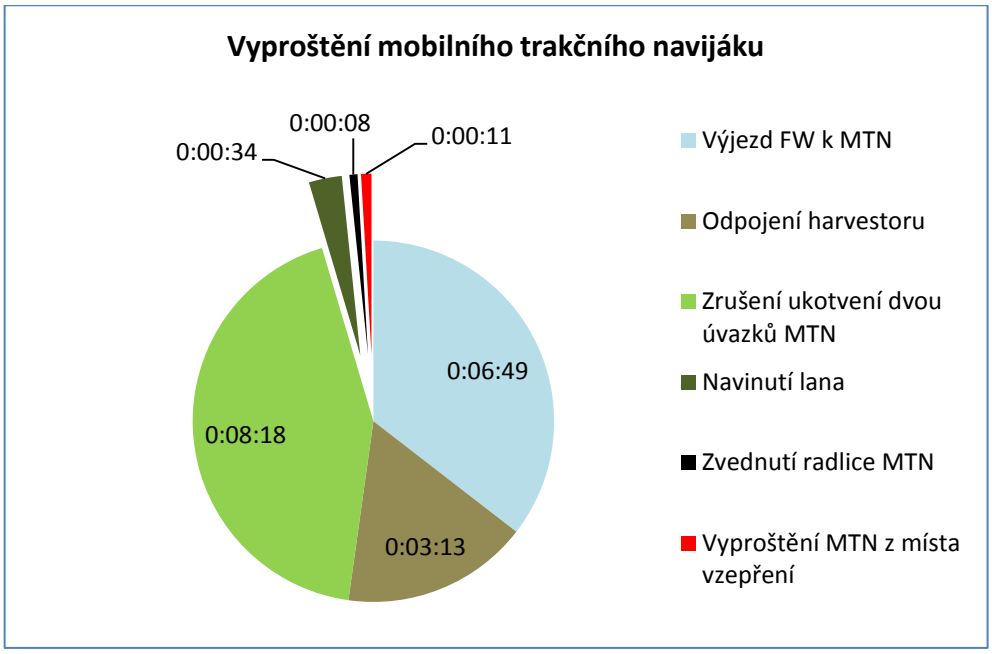
Grafy na obrázcích 26, 27, 28 a 29 obsahují údaje o spotřebě času výrobního cyklu přemístění mobilního trakčního navijáku na nové pracovní místo. Protože byla nízká četnost měření z důvodu pracovních podmínek harvestoru, je tento pracovní cyklus pouze jako příkladový.

Na obrázku v grafu 26 je znázorněna výrobní operace vyproštění mobilního trakčního navijáku z místa ukotvení. Nejvyšší spotřeba času je vynakládána na zrušení ukotvení dvou úvazků. Při tomto úkonu je vynakládáno velké množství ruční práce, oproti jiným úkonům. Druhou nejvyšší spotřebou času je výjezd s vyvážecím traktorem k navijáku. Tento úkon se však mění podle délky vyvážecí linky a terénu, kterým linka prochází. Nejnižší spotřeby času jsou potom vynakládány na navinutí lana mobilního trakčního navijáku, zvednutí radlice a vyproštění stroje. Tyto úkony mohou opět nabývat proměnlivé spotřeby času vzhledem k měnícím se podmínkám pracovního prostředí

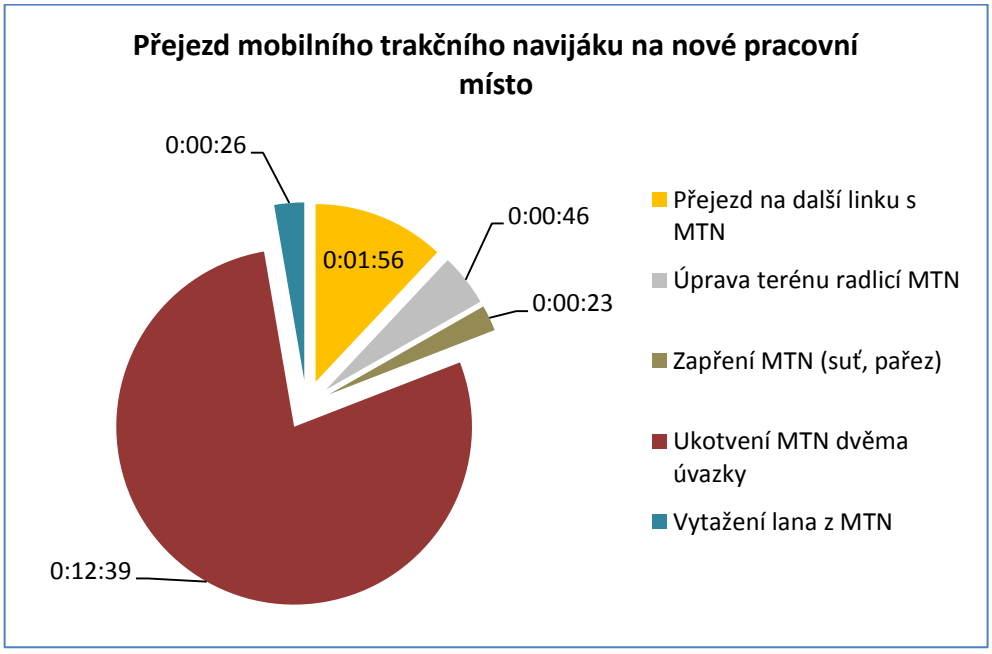
Na obrázku 27 je v grafu znázorněn přejezd mobilního trakčního navijáku na nové pracovní místo. Samotný přejezd může mít opět proměnlivou spotřebu času vzhledem k terénu, kde se naviják pohybuje. Nejvyšší spotřebou času je vynakládáno na ukotvení. Tento úkon se ukazuje jako časově nejnáročnější z výrobní operace a dále se jeví jako časově náročnější oproti předešlému zrušení ukotvení. Nejnižší spotřebu času zaujímá úkon zapření o suť nebo pařez, kterému předchází ještě úprava terénu radlicí mobilního trakčního navijáku. Tento úkon však může zcela chybět nebo může mít naopak spotřebu času nejvyšší.

Na obrázku 28 je rozložena výrobní operace přejezd harvestorem či vyvážecím traktorem na nové pracovní místo. Operace se jeví na první pohled složitá, po rozdělení na jednotlivé pracovní úkony, ačkoliv se jedná se především o pohyb operátora a následně přejezd stroje. Přesuny jsou nastoupení zpět do harvestoru nebo vyvážecího traktoru, následně přejez na nové pracovní místo. Po dalších úkonech následuje přejezd k prvnímu těženému stromu nebo k prvním kusům sortimentů, jež mají být naloženy na vyvážecí traktor a transportovány. Právě tento úkon činí nejvyšší spotřeby času z celé výrobní operace. Mezi tím ještě musí ještě dojít k připojení těžebního stroje, nastavení mobilního trakčního navijáku, dopnutí lana, navijáku a vjezdu do porostu z cesty

s těžebním strojem. Právě nastavení mobilního trakčního navijáku do pracovního režimu má z těchto úkonů nejvyšší spotřeby času.



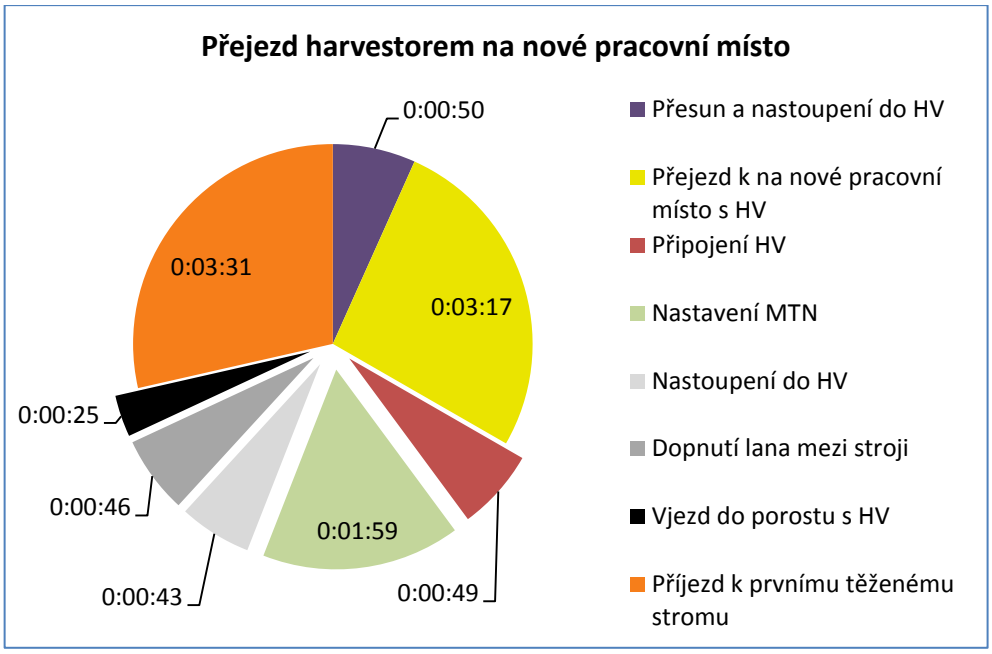
Obr. 26 Výrobní operace vyproštění mobilního trakčního navijáku z místa ukotvení



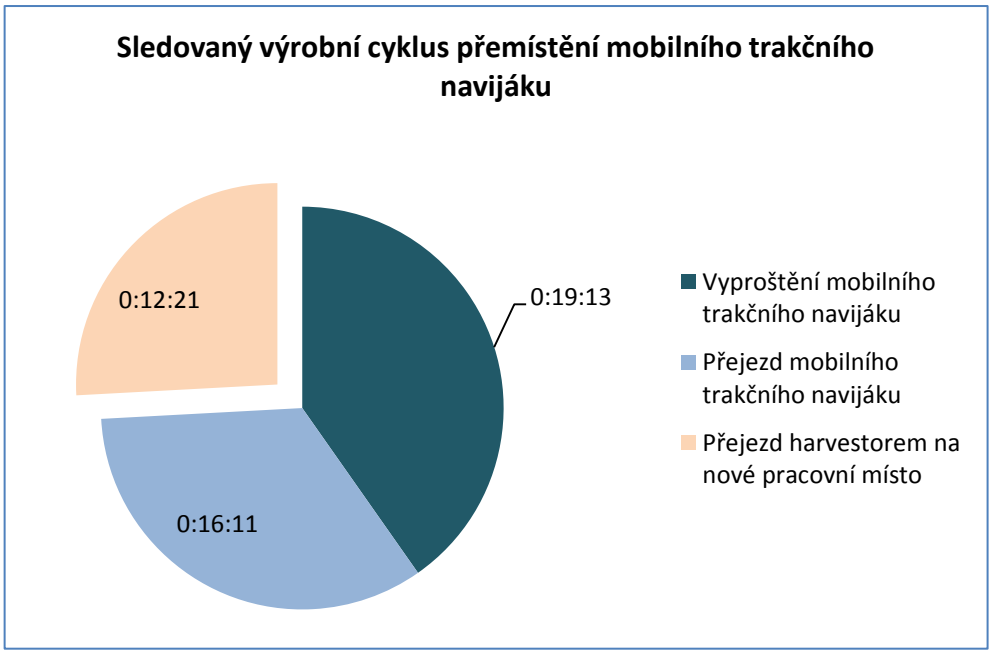
Obr. 27 Výrobní operace přejezd mobilního trakčního navijáku a nové pracovní místo

Posledním výsečovým grafem studie je obrázek 29, na němž jsou vyobrazeny jednotlivé pracovní operace výše popsané. Nejdelší operací výrobního cyklu je vyproštění mobilního trakčního navijáku, která z toho činí 40 %. Druhou nejdelší operací je přejezd mobilního trakčního navijáku a zaujímá 34 % výrobního cyklu. Operace přejezdu těžebního stroje je potom zastoupena 26 %. Přesto že je výrobní operace přejezdu harvestoru nebo vyvážecího traktoru s nejmenší spotřebou času, je při ní vyžadován nejvyšší počet pracovních úkonů.

Celkový čas na pracovní cyklus přemístění mobilního trakčního navijáku s těžebním strojem je 47 minut a 45 vteřin. Přemístění u technologické varianty s harvestorem přibližně každý druhý až třetí den, výjimečně jednou denně. Přemístění u technologické varianty s vyvážecím traktorem se konalo přibližně každý třetí až pátý den a to vždy podle toho, kolik dříví se nacházelo v jedné vyvážecí lince. Tato spotřeba času se projeví na produktivitě práce celého harvestorového uzlu ve zkrácení produktivního času v jedné směně.



Obr. 28 Výrobní operace přejezd harvestorem nebo vyvážecím traktorem na nové pracovní místo



Obr. 29 Sledovaný výrobní cyklus přemístění mobilního trakčního navijáku s harvestrorem neb vyvážecím traktorem na jiné pracovní místo

5.4 Výsledky analýzy provozních nákladů

Tabulka 8 obsahuje analýzu provozních nákladů harvestorového uzlu v technologických variantách. Sloupce jsou vytvořeny zvlášť pro harvestor, vyvážecí traktor a poslední sloupec obsahuje harvestorový uzel, tedy hodnoty, které vycházejí za předpokladu, že oba stroje pracují současně. Částky položek, které jsou v tabulce, odpovídají výrobním podmínkám harvestorové technologie ve svahu a navazují na výrobní podmínky popsané výše v textu. Jedná se především o hmotnatost těženého porostu 0,56 m^3, přibližovací vzdálenost dlouhou 1 000 m. Dále se jedná o výrobu dvou sortimentů ve jmenovitých délkách 4 m. Prvním sortimentem byla kulatina druhým vláknina. Podrobně jsou výsledky tabulky popsány v přílohách 11 a 12 v tabulkách 18, 19, 20 a 21. V tabulce jsou uvedeny výsledky v motohodinách (mth) nebo v metrech krychlových dříví bez kůry (m^3). Ceny položek, se kterými bylo počítáno v kalkulaci, jsou uvedeny bez DPH.

Výkon strojů je odvozen z reálného výkonu strojů v pracovních podmínkách ve svahu, jednalo se o lokalitu Čieraná lehota. Odpisy byly vypočítány jako lineární odpisování. Úroková sazba byla zvolena 8 %. Základní mzda operátorů byla zvolena 35 000 Kč, což neodpovídá údajům Českého statistického úřadu (ČSÚ 2017). Důvodem navýšení mzdy jsou nepříznivé pracovní podmínky a rizika práce s tím spojená. Tato částka je však neznámá a nemusí se shodovat s realitou. V běžné spotřebě jsou uvedeny vždy položky, které se spotřebovávají denně při výrobě a mění se s objemem výroby (variabilní) i ty, které se jsou fixní. Zvlášť jsou rozlišovány ceny na podvozek nebo na tažné ocelové lano v tabulce 9. Důvodem je pouze pro rozlišení, vzhledem k tomu, že například kolopásy mohou být použity na obou nápravách. V tabulce 8 byly však kolopásy pouze na jedné tandemové nápravě a na druhé nápravě bylo použito páru řetězů.

Ve výpočtu celkových provozních nákladů na mobilní trakční naviják bylo přistupováno stejným způsobem, jako u harvestorové technologie. Jeví se jako vhodné uvést, že mobilní trakční naviják pracuje vždy v součinnosti s harvestorovou technologií, mimo přemísťování. Cože nemá zásadní vliv na jeho provozní náklady, ale spíše na produkci výroby z hlediska časové spotřeby.

Celkové provozní náklady harvestorového uzlu (tab. 8) v technologické variantě bez použití mobilního trakčního navijáku vycházejí na 280 Kč/m^3 dříví bez kůry. Z toho jsou vyšší celkové provozní náklady harvestoru, které činí 151 Kč/m^3 dříví, oproti vyvážecímu traktoru, který má výši nákladů 129 Kč/m^3.

Celkové provozní náklady na variantu mobilního trakčního navijáku s harvestorem (tab. 9) jsou 50 Kč/m^3 dříví bez kůry. Tato výše se téměř rovná provozním nákladům varianty mobilního trakčního navijáku s vyvářecím traktorem, která činí 51 50 Kč/m^3 dříví bez kůry.

Celkové provozní náklady varianty harvestorové technologie s mobilním trakčním navijákem (tab. 8) jsou 381 Kč/m^3 dříví bez kůry. Z toho výše nákladů na harvestor s mobilním trakčním navijákem je opět vyšší a činí 202 Kč/m^3. U varianty vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem bylo dosaženo provozních nákladů 179 Kč/m^3. Tyto hodnoty výpočtů jsou ideálním příkladem, kterého bylo dosaženo na lokalitě Čierná lehota. Uvedené ceny se mohou navýšit dle ústního sdělení p. Hanka (ze dne 14. 3. 2017) až o 30 %, což odpovídá ceně 459 Kč/m^3 dříví bez kůry.

Stejně jako se mění podmínky přírodní, mění se i výrobní podmínky, do kterých vstupuje i jiné komplikace výroby, jako jsou například různé druhy sortimentů. Proto nelze považovat výsledky kalkulace za normativní, ale pouze jako příkladové.

Tab.: 8 Analýza provozních nákladů harvestorového uzlu v technologických variantách

Provozní náklady harvestorového uzlu Harvestor Rottne H11[C] a vyvážecí traktor Rottne F15[D]						
Hmotnatost porostu 0,56 m^3	**Harvestor**		**Vyvážecí traktor (forwarder)**		**Varianta HV uzlu na "OM"**	
Přibližovací vzdálenost 1000 m	Položky	Jednotky	Položky	Jednotky	Položky	Jednotky
Celkový počet mth za měsíc	167	mth	167	mth	333	mth
Výkon za měsíc	2 612	m^3	2 432	m^3	2 522	m^3
Odpisy na odpracovanou motohodinu (mth)	508	Kč/mth	325	Kč/mth	833	Kč/mth
Celkové odpisové náklady (m^3)	32	Kč/m^3	22	Kč/m^3	55	Kč/m^3
Náklady na zaměstnance (mth)	321	Kč/mth	279	Kč/mth	599	Kč/mth
Celkové náklady na zaměstnance (m^3)	20	Kč/m^3	19	Kč/m^3	40	Kč/m^3
Celkové měsíční bežné provozní náklady	231932	Kč/mth	176336	Kč/mth	408 268 Kč	4 899 218 Kč
Běžné provozní náklady (mth)	1 392	Kč/mth	1 058	Kč/mth	2 451	Kč/mth
Celkové běžné provozní náklady (m^3)	89	Kč/m^3	73	Kč/m^3	161	Kč/m^3
Provozní náklady na podvozek (mth)	149	Kč/mth	173	Kč/mth	322	Kč/mth
Celkové měsíční provozní náklady na podvozek (mth)	24760	Kč/mth	28822	Kč/mth	53582	Kč/mth
Celkové prozní náklady na podvozek (m^3)	9	Kč/m^3	12	Kč/m^3	21	Kč/m^3
Celkové náklady (mth)	*2 220*	*Kč/mth*	*1 702*	*Kč/mth*	*3 923*	*Kč/mth*
Celkové provozní nákady HV uzlu bez *MTN (m^3)	*151*	*Kč/m^3*	*128*	*Kč/m^3*	*280*	*Kč/m^3*
Celkové provozní náklady HV uzlu s MTN (m^3)	*202*	*Kč/m^3*	*179*	*Kč/m^3*	*381*	*Kč/m^3*

*MTN - mobilní trakční naviják OM -odvozní místo

Tab.: 9 Analýza provozních nákladů použití mobilního trakčního navijáku T-winch[10.1]

Provozní náklady mobilního trakčního navijáku T-winch[10.1]				
Varianty	**mobilní trakční naviják + HV**		**mobilní trakční naviják + FW**	
	Položky	Jednotky	Položky	Jenotky
Celkový počet mth za měsíc	167	mth	167	mth
Výkon za měsíc	2 612	m^3	2 432	m^3
Odpisy na odpracovanou motohodinu (mth)	180	Kč/mth	439	Kč/mth
Celkové odpisové náklady (m^3)	11	Kč/m^3	12	Kč/m^3
Náklady na zaměstnance (mth)	14	Kč/mth	30	Kč/mth
Celkové náklady na zaměstnance (m^3)	1	Kč/m^3	1	Kč/m^3
Celkové měsíční bežné provozní náklady	83413	Kč	80051	Kč
Běžné provozní náklady (mth)	501	Kč/mth	481	Kč/mth
Celkové běžné provozní náklady (m^3)	32	Kč/m^3	33	Kč/m^3
Provozní náklady na podvozek (mth)	16	kč/mth	15	kč/mth
Celkové provozní náklady na tažní lano	6747	kč/mth	2766	kč/mth
Celkové provozní náklady na ocelové lano	3	Kč/m^3	1	Kč/m^3
Celkové provozní náklady MTN na motohodinu (mth)	*791*	*Kč/mth*	*1047*	*Kč/mth*
Celkové provozní náklady MTN (m^3)	*50*	*Kč/m3*	*51*	*Kč/m3*
	*MTN - mobilní trakční naviják		OM -odvozní místo	

6 Diskuse

Podstatou pro používání harvestorové technologie s mobilním trakčním navijákem je terén bez překážek, tedy podle terénní klasifikace Lespojektu z roku 1980 (Neruda et al. 2013a) lze tato technologická varianta užít mimo terénní typy skupiny E. Podmínkou je také rovnost linek. Stroje připojené k lanu mobilního trakčního navijáku nemohou uhýbat, zvláště pak vyvážecí traktor. Nevíce se projevuje vedení lana vyvážecího traktoru směrem proti svahu, jelikož je jeho ložný prostor nadlehčován tahem navijáku. Neruda et al. (2013a) píše, že v podélném sklonu vozidlo ztrácí ovladatelnost, když zatížení kterékoliv nápravy klesne pod 1/3 jejího statického zatížení na rovině. Nevýhodou tření lana o povrch půdy je zavlečení pod překážku, jako je například pařez. Po té je stroj lanem vyhnut z vyvážecí linky. Se strojem o hmotnosti více jak 18 tun se špatně manipuluje pro vyproštění lana.

Stroje, které se pohybují v takovýchto sklonech (50 %) musí být opatřeny kolopásy na obou nápravách (vždy v horších terénech) nebo alespoň v kombinaci s kolopásy a řetězy na nápravách. Pokud tomu tak není a stoj se po svahu pohybuje pouze s pneumatikami, dochází k prokluzu a kol a stroj není schopen držet stopu, i ve výrobní variantě harvestorové technologie s mobilním trakčním navijákem. Harvestorová technologie bez tohoto nemožné použít. Ze zkušenosti operátorů je vhodné je umísťovat na vyvážecí traktor na přední nápravu (vyvážecí traktor najíždí do linky pozadu, přední náprava je tak více zatížená), u harvestoru na zadní nápravu (harvestor najíždí do linky popředu).

Pokud se používají kolopásy každodenně, rychle se snižuje jejich životnost, což se projeví na ekonomice provozu. Podle provozních zkušeností (podle ústního sdělení p. Valenty ze dne 11. 11. 2016) vydrží kolopásy v těchto podmínkách 1-2 maximálně 3 roky používání. Při pojezdu na ně působí směs půdy, prachu, kamení spod., která způsobuje jejich obrus. Nejvíce se opotřebovávají ve spojích článků, kde se jejich profil zužuje. Opotřebené kolopásy právě v těchto místech začínají praskat.

Nakládání dříví s vyvážecím traktorem je lepší začít se slabšími kusy tak, aby byly těžšími sortimenty zatíženy. Silnější sortimenty mají větší čela a lépe se zapírají o klec ložného prostoru a tak je zvyšována bezpečnost. Specifikem nakládání ve svahu je dle operátora (podle ústního sdělení p. Valenty ze dne 11. 11. 2016) opačný postup úchopu sortimentů. Drapákem hydraulického jeřábu se dříví uchopuje na vzdálenějším

konci od stroje tak, aby druhý konec sortimentu směřoval vždy dolů k operátorovi. Problémem práce na svahu je způsobení psychické zátěže operátorů, kdy je při chybě u výrobního úkonu operátor ohrožen padajícím sortimentem. Kabina stoje je sice certifikována proti průrazu (OPS, FOPS) a převrácení (ROPS), ale při nárazu kulatinového sortimentu do kabiny stroje je operátor stresován pocitem, že sortiment pronikne dovnitř kabiny. Dále může být stresujícím pocitem pro operátora, pokud sjíždí se strojem připojeným k tažnému lanu dolů ze svahu, přičemž se naviják ztrácí z dohledu kvůli zakřivení svahu. V porovnání práce harvestoru a vyvážecího traktoru působí na operátora vyvážecího traktoru natřásání v kabině během pojezdů. Dále musí operátor často vystupovat ze stroje kvůli poutání vyvážecího traktoru k tažnému lanu navijáku, proto se také zdá být práce s vyvážecím traktorem méně pohodlná.

Dříví se dává totiž samovolně do pohybu, zvláště na namrzlém povrchu. Je proto nutné manipulovat s ním v co největší vzdálenosti od stroje tak, aby v případě uvolnění dříví z drapáku, neohrozil pád sortimentu operátora. Protože se dříví dává samovolně do pohybu, operátor harvestoru je nucen ponechávat vysoké pařezy, aby se uložené sortimenty nezačaly rozjíždět ze svahu dolů, výřezy se dávaly do pohybu ve všech směrech, kolmo na svah a také když směřovaly čelem ze svahu dolů. Operátor harvestoru je tak nucen přistupovat ke třídění sortimentů s vysokou pečlivostí, aby co nejvíce ulehčil práci operátoru vyvážecího traktoru snížením manipulace se stortimenty.

Roli při práci na svahu hraje i konstrukce strojů. Operátoři by ocenili naklápěcí kabinu, jelikož při jízdě ve sklonu 50 % operátor jednoduše sjíždí ze sedadla a musí se zapírat nohama. Často tento problém operátoři řešili sjížděním s otočeným sedadlem, ačkoliv nevidí po směru jízdy před stroj. Nájezdové úhly vyvážecího traktoru nejsou takové, aby překonaly počáteční stoupání z odvozní cesty do porostu při výjezdu, což svědčí o tom, že tyto stroje nejsou primárně konstruovány do horských podmínek. Operátor tomu předcházel vytvořením nájezdu na vyvážecí linku drapákem hydraulického jeřábu. Vzhledem k tomu, že ani drapák není konstruován na zemní úpravy, znamená to pro výrobu také značný časový podíl.

Hydraulický jeřáb vyvážecího traktoru se díky náklonu chová jinak než na rovině. Operátor si musí zvykat na nové pohyby jeřábu. Obrazně řečeno, rameno jeřábu má tendenci se naklánět proti operátorovi. Proto byl instalován na stroj hydraulický

jeřáb s naklápěním sloupu. Ve svahu si jej operátor může dorovnávat podle potřeby a tím si zjednodušuje pracovní úkony.

Počasí v horských podmínkách je nepříznivé. Časté jsou mlhy, kdy operátor v podstatě jede po lince neznámo kam. V horském podnebí je podle Žaluda (2008) vyšší koncentrace UV záření a sluneční záření tak dělá problém při naklonění kabiny stroje, operátorovi svítí sluneční paprsky přímo do očí operátora, což mino škodlivých vlivů na zrak, znesnadňuje manipulaci se dřívím. Během dešťů by měla být práce na svazích vyloučena, jelikož koleje po těžké lesní technice předurčují vznik erozních rýh. Optimálním počasím proti vzniku erozních rýh jsou mrazy, ačkoliv ty znesnadňují celou výrobu. Dříví, jak již bylo zmíněno, se dává samovolně do pohybu a také pohyb osob na zmrzlém půdním povrchu je znesnadněn. To platí především u vyvážecího traktoru, protože je operátor nucen často vystupovat a nastupovat při pracovním úkonu připojování vyvážecího traktoru k lanu mobilního trakčního navijáku. Podstatná je zvýšená opatrnost operátora ve všech podmínkách, protože při nastupování do stroje je podle (Nerudy et al. 2013a) nejvyšší četnost pracovních úrazů při práci s touto technologií. Při nastupování a sestupování by měl operátor dbát na horolezeckou zásadu tří pevných bodů. Dále by se nemělo ze schůdků nikdy seskakovat, ale sestupovat, protože svaly na nohou jsou prací v kabině ztuhlé a nejsou připraveny na dynamické zatížení. Za nížené viditelnosti nebo (za mlhavého počasí nebo za tmy) se stává operátorovi harvestoru, že ztrácí přehled a vytváří klikatou linku, což působí negativně na vyvážení dříví. Práce harvestoru se proto za snížené viditelnosti nedoporučuje. Zdá se, že operátor harvestoru má největší vliv na celou výrobu.

Komplikací při pohybu vyvážecího traktoru po naložení je zvýšení jeho těžiště. Operátor si musí proto dát mimořádný pozor na to, aby včas vyhodnotil možnosti, které je stroj schopen překonat, zvláště pak při překonávání pařezů. Během naklánění stroje do příčného směru používal operátor uchopené výřezy v drapáku hydraulického jeřábu, jako závaží stavěl jej do opačného směru převrácení. Stejné poznatky uvádí Neruda et al. (2013). Během jízdy harvestoru se těžiště takovýmto způsobem nemění.

Jak již bylo zmíněno v kapitole výsledky, operátorovi vyvážecího traktoru může komplikovat práci odhad vzdálenosti pro připojení. Na zadní části stroje se nachází kamera, která má ochranné plexisklo, které je většinu znečištěné.

Protože svahy takovýchto rozměr se nacházejí v horském prostředí, vstupují do spotřeb časů pracovních cyklů i prostoje typu vyhýbání se s odvozní soupravou apod. Práci operátorů komplikovala mimo jiné i snížená komunikace mezi sebou, jelikož se v uzavřených údolích nenacházel signál mobilních operátorů.

Produktivita práce harvestoru je v těchto podmínkách vyšší než u vyvážecího traktoru, za což nese následek mimo jiné přibližovací vzdálenost. Vynecháním harvestoru z pracovní činnosti je neekonomické. Horské podmínky předurčují celý charakter výroby. Přibližovací vzdálenost je podle 700 m (LHP 2015), hustota cestní sítě naopak velmi nízká. Poměrně často se stávalo, že se na jedné cestě střetlo více prostředků a potom jeden z nich (například vyvážecí traktor a odvozní souprava) musel čekat na dokončení pracovní operace druhého stroje. Horské podmínky komplikují i přesun na pracovní místo, například cesta na pracoviště trvala přibližně jednu hodinu.

Mobilní trakční naviják má mírné nedostatky v konstrukci, protože má nízkou světlou výšku kvůli nízkému těžišti, čas od času se při přesunu stalo, že zavazel o půdu. Pokud mobilní trakční naviják setrvával na místě při střídání mrazivého počasí slunečným, že přimrzal k zemi pásovým podvozkem a radlicí. V takovém případě ho musí operátor vyprostit vyvážecím traktorem.

Poškození půdy vzniká i během umístění navijáku, kde se vytváří val ze svrchních vrstev půdy, aby se zabránilo nežádoucímu uvolnění navijáku během připojení těžebních strojů. Toto hodnocení je nad rámec použité metody pro hodnocení poškození půdy (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014), ačkoliv je v mnohých případech učinit vhodné asanační opatření. Další škody mohou vznikat při přesunech navijáku během jeho otáčení, kde působí agresivně na půdní povrch pásový podvozek. Proto není vhodné nadbytečné zajíždění mobilního trakčního navijáku do porostu.

Spotřeba času na kotvení mobilního trakčního navijáku je vyšší u harvestoru, protože při přesunu navijáku, který pracuje u vyvážecího traktoru, už naviják vjíždí na místo kotvení předchozího. Nemusí tak provádět tak rozsáhlé zemní úpravy.

Při analýze provozních nákladů bylo dosaženo poměrně vysokých nákladů na výrobu jednoho dříví bez kůry. Hlemler (2010) píše, že lesnické společnosti mají pouze omezený vliv na výrobní náklady. Způsob kalkulace provozních nákladů musí být proto

objektivní vzhledem ke změně pracovních podmínek. Stejně tak odpovídá Hanko (dle ústního sdělení ze dne 14. 3. 2017).

econfortst GmbH (2016) uvádí, že se produkce harvestoru zvyšuje práce na maximum při použití mobilního trakčního navijáku, což je v rozporu s výsledky časové studie. Dále výrobce mobilního trakčního navijáku uvádí, že zlepšením jízdních vlastností těžebních strojů s navijákem, umožňuje upustit od používání řetězů nebo pásů (econfortst GmbH 2016). V provozní praxi se ukázalo, že je to ve sklonech 50 % nemožné. Vyvážecímu traktoru v takovém případě prokluzují kola na místě. Dále výrobce píše (econfortst GmbH 2016), že obsluha stroje se může soustředit výlučně na svoji práci těžbu dříví, co je vzhledem k výrobní ke specifickému použití této technologie také v rozporu s realitou. econforst GmbH (2016) uvádí, že těžební stroje a jejich pohyb se musí přizpůsobit jízdě v takto strmém terénu v závislosti k meznímu sklonu a povětrnostním podmínkám. Šalamout (2011) popisuje za Výzkumný ústav bezpečnosti práce zásady BOZP v lesnictví, kde se nevyskytují zásady BOZP s mobilním trakčním navijákem. econforst GmbH (2016) dále uvádí, že se dají navijáky použít všude, kde se riziko BOZP zvyšuje. V těžbě dříví došlo podle statistik dle Jakuba (2012) k 210 případům s pracovní neschopností ročně a k průměrně 7 případům smrtelným. Tyto hodnoty řadí práci v lesní těžbě k nebezpečným povoláním.

Snižováním rizika smrtelných úrazů je největším přínosem použití mobilních trakčních navijáků. Tento faktor převyšuje svojí hodnotou zvýšené náklady na další stroj k harvestorovému uzlu.

7 Závěr

Problematika nasazení harvestorové technologie lesní těžby ve svažitých terénech s použitím mobilního trakčního navijáku byla v České republice a na Slovensku nehojně užívána o čemž svědčí málo literárních pramenů s obsahem informací o této technologii.

Provedením analýzy pracovních operací harvestorové technologie v technologických variantách byl v první řadě zjišťován charakter práce s touto technikou. Následně byla zhotovena analýza pracovních operací z hlediska spotřeby času, která byla členěna na jednotlivé úkony. Časoměrná studie provedených pracovních úkonů ukazuje, že práce s harvestorem v technologické variantě s mobilním trakčním navijákem vykazuje statisticky významný rozdíl ve spotřebě času v jednotlivých pracovních úkonech oproti technologické variantě harvestoru bez mobilního trakčního navijáku. Vyšší spotřeby času bylo naměřeno u varianty bez mobilního trakčního navijáku u pracovního úkonu výroba prvního sortimentu. Naopak nižší spotřeby času byly naměřeny při výrobě druhého a třetího sortimentu u technologické varianty harvestoru bez mobilního trakčního navijáku. V celém sledovaném výrobním cyklu kácení a zpracování jednoho stromu se však tyto rozdíly stíraly a lze usoudit, že mobilní trakční naviják nemá na tento pracovní cyklus vliv. Rozdíly výsledků však ukazují na zvýšenou psychickou zátěž operátora po odpoutání těžebního stroje od mobilního trakčního navijáku, kde operátor začal pracovat opatrněji a tím nevědomě v prvním případě zvýšil spotřebu času a v druhém ji snížil. U vyvážecího traktoru se nepodařilo kvůli časovým a technologickým důvodům provést časovou studii práce varianty vyvážecího traktoru bez mobilního trakčního navijáku. Byla zjišťována spotřeba času na pracovní cyklus vyvážení dříví n odvozní místo Během provedené časové studie varianty s mobilním trakčním navijákem byla zjištěna spotřeba času na úkony, které nejsou součástí práce ve variantě vyvážecího traktoru a projevují se na produktivitě práce. Dále byly zjištěny rozdíly pracovních úkonů v rychlostech pojezdu. Vyšší spotřeba času byla vynakládána na pojezd vyvážecího traktoru ze svahu dolů s nákladem, než proti svahu bez nákladu. Ukázalo se, že nejvyšší spotřebou času je nakládání dříví, a na tento pracovní úkon působí vliv svahu. Krom časových studií harvestorové technologie, byla provedena i studie spotřeby času přemístění mobilního trakčního navijáku. Spotřeba času na tento cyklus je velice variabilní a celkově navyšuje spotřebu času celé výroby. Dále bylo provedeno

hodnocení poškození půdy po těžbě harvestorovou technologií ve variantách s mobilním trakčním navijákem a bez něj. Toto hodnocení vyšlo negativně v obou variantách. Přes zvýšenou četnost pojezdů u varianty s mobilním trakčním navijákem a vyšším sklonem terénu byl však výsledek příznivější, jak u varianty bez mobilního trakčního navijáku. Důležitým vlivem je omezení prokluzu kol. V poslední řadě byla provedena analýza provozních nákladů, při které bylo zjištěno, že varianta s mobilním trakčním navijákem je dražší než bez něj. Způsobeno je to především pořizovací cenou navijáku, zvýšenou spotřebou času na obsluhu dalšího stroje, spotřebou komponent podvozku harvestorové technologie, zvýšenou spotřebou pohonných hmot uzlu.

Ačkoliv se zvýšila finanční náročnost a spotřeba času na provozování varianty harvestorového uzlu s mobilním trakčním navijákem, neznamená to, že je tato technologie nepřínosná. Předností použití mobilního trakčního navijáku je nesporná bezpečnost práce obsluhy strojů.

8 Literatura

ArcGIS. Mapa. [online] citováno 27. 3. 2017. Dostupné na <http://www.arcgis.com/>

BARTOŠ, L. 2009. Kolik místa zbývá v našich lesích pro harvestrory?. 1 vyd. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce s. r. o. 23 s.

COOK, J. T., RAY, L. E., LEVER, J. H. 2016. Dynamics model for mobility optimization and control of off-road tractor convoys. United states, Proceedings of the American Control Conference, 2016-July, ISBN 978-146738682-1

ČHMÚ. 2016. Hydrologický seznam povodí. [online] citováno 25. 11. 2017. Dostupné na <http://voda.chmi.cz/opv/doc/hydrologicky_seznam_povodi.pdf >

ČNB. 2017. Komentář k úrokovým sazbám měnových finančních institucí. Dostupné na <https://www.cnb.cz/cs/statistika/menova_bankovni_stat/harm_stat_data/mfi_komentar.htm>

ČSN 48 0009. Tabulky objemu kulatiny bez kůry podle středové tloušťky měřené v kůře, 1997.

ČSU. 2017. Statistiky. Počet zaměstnanců a průměrné hrubé měsíční mzdy podle odvětví. 4 čtvrtletí 2016. Dostupné na <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/prumerne-mzdy-4-ctvrtleti-2016>

ČUZK. 2015. Nahlížení do katastru nemovitostí. [online] citováno 25. 11. 2017 Dostupné na <http://www.ikatastr.cz/#ilat=50.464387&ilon=15.892458>

ČZU. Půdní mapa ČR. Klasifikace dle TKSP a WRB. M 1:250 000. [online] citováno 25. 11. 2017. Dostupné na <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>

ecoforst GmbH. 2016. Mobile traction winch. T-winch. Technical data. Austria: Pichl-Großdorf. 12 s.

GEBAURER, R., MARINKOVÁ, M. 2008. Root Adhesions – Tree Cooperation. In: NERUDA et al. Determination of damage to soil and root systems of forest trees by the operation of logging machines. 1. vyd. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 138 s. ISBN 978-80-7375-251-4.

HELMER, B., 2010. Forest operations research in the nordic baltic region. Norsk institutt for skog og landskap, Honne. 1 vyd. 100 s. INSB 978-82-311-0120-8

HENDL, J. 2009. Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat. 3. vyd. Praha, Portál. 695 s. ISBN 978-80-7367-482-3

HERZOG, K., 2013. Herzog Alpine Synchrowinch. Herzog Forsttechnik AG. Switzerland, Zumholz. 10 s.

HIEKE, K., DUGAS, D., GREGOR, K., HORÁK, T., RAAB, Č., RYBKOVÁ, R., KREJČIŘÍK, T., 2008. Encyklopedie jehličnatých stromů a keřů. 1. vyd. Brno, Computer press a. s. 243 s. ISBN 978-80-251-1901-3.

HRAŠKO, Ľ., 2013. Geologická mapa Slovenska M 1:50 000. [online] citováno dne 5. 4. 2017 Bratislava, Štátný geologický ústav Dionýza Štúra. Dostupné na: <http://mapserver.geology.sk/gm50js/>

CHYTRÝ M., KUČERA, T., KOČÍ, M., ŠUMBEROVÁ, K., SÁDLO, J., NEUHÄSLOVÁ, Z., HÁJEK, M., RYBNÍČEK, K., KRAHULEC, F., KUČEROVÁ, A., KOLBEK, J., HUSÁK, Š., 2001. Katalog biotopů České republiky. Interpretační příručka k evropským programům Natura 2000 a Smaragd. Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. 308 s. ISNB 80-86064-55-7

JAKUB, M. 2012. Pracovní úrazovost v lesnictví. Praha, VÚBP. [online] citováno 1. 4. 2017. Dostupné na <http://www.bozpinfo.cz/zdroj/>

JANEČEK, A., ULRICH, R., STRÁNSKÝ, V., NOVÝ, V., 2011. Standardy optimalizace výrobních systémů těžebních strojů, Odborná monografie, Brno Tribun EU s.r.o. 130 s. ISBN 978-80- 263-0063-2

Katastra nehnuteľností. Mapový portál. [online] citováno 27. 3. 2017. Dostupné na <http://mapka.gku.sk/>

KEITH, R. 2013. New logging technology. Future forests research. Sweden, Rotorua. 10 s.

KLVAČ, R. (ed.), KLEIBL, M. (ed.), 2012. Doporučená pravidla hodnocení provozu technologií zpracování lení biomasy. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce s. r. o. 100 s. ISBN 987-80-7458-027-7

KLVAČ, R., 2011. Hodnocení vlivu technologií těžby a zpracování dřevní suroviny na životní prostředí pomocí LCA a energetického auditu: certifikovaná metodika. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce s. r. o. 28 s. ISBN 978-80-7458-003-1.

KLVAČ, R., LIŠKA, S. 2011. Hodnocení míry poškození při soustřeďování dříví. In: SKOUPÝ, A. et al. Multikriteriální hodnocení technologií pro soustřeďování dříví. 1. vyd. Praha, Lesnická práce, s.r.o., 2011. s. 96-118. ISBN 978-80-7458-016-1

KRIŽOVÁ, K., NIČ, J. 2000. Fytocenologia a lesnická typológia. Návody na cvičenia. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene. 111 s.

KUPČÁK, V. 2003. Ekonomika lesního hospodářství. 1. vyd. Brno, Mendelova univerzita v Brně. 258 s. ISNB 80-7157-734-0

LASÁK, O., WOJNAR, T., 2008. Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice. 2. vyd. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce s. r. o. 147 s. ISNB 978-80-87154-01-4

Lesní hospodářský plán (LHP). 2015. Lesy Čierná lehota, pozemkové spoločenstvo.

MALÍK, V., DVOŘÁK, J., 2007. Harvestorové technologie a vliv na lesní porosty. 1. vyd. Praha, Lesnická práce s. r. o. 84 s. ISBN 978-80-86386-92-8

MZe ČR. 2010. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství v roce 2009. 1 vyd. Praha. 116 s. ISBN 978-80-7084-861-6

MZe ČR. 2012. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství v roce 2011. 1 vyd. Praha. 116 s. ISBN 978-80-7434-112-0

MZe ČR. 2016. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství v roce 2015. 1 vyd. Praha. 132 s. ISBN 978-80-7434-324-7

NERUDA, J., J. ČERMÁK, N. NADĚŽDINA, R. ULRICH, R. GEBAUER, D. VAVŘÍČEK, M. MARTINKOVÁ, R. KNOTT, A. PRAX, E. POKORNÝ, L. AUBRECHT, Z. STANĚK, J. KOLLER, J. HRUŠKA. 2008. Determination of damage to soil and root systems of forest trees by the operation of logging machines. 1. vyd. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 138 s. ISBN 978-80-7375-251-4.

NERUDA, J., SIMANOV, V., KLVAČ, R., SKOUPÝ, A., KADLEC, J., ZEMÁNEK, T., NEVRKLA, P., 2013a. Technika a technologie v lesnictví. Díl první. 1. vyd. Mendelova univerzita v Brně, ASTRON studio CZ. 364 s. ISBN 978-80-7375-839-4

NERUDA, J., ULRICH, R., KUPČÁK, V., SLODIČÁK, M., ZEMÁNEK, T. 2013b. Harvestorové technologie lesní těžby. 1. vyd. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 166 s. ISBN 978-80-7375-842-4

NERUDA, J., VAVŘÍČEK, D., ULRICH, R., JANEČEK, A. 2011. Interakce stanoviště a těžebně dopravních strojů. 1 vyd. Brno, Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-573-7

NOVÁK, K. 2014. Územní plán Kuks. Dvůr Králové nad Labem. 54 s. Číslo autorizace: ČKA 2039.

PLÍVA, K., 1987. Typologický klasifikační systém ÚHÚL. Brandýs nad Labem Ústav hospodářské úpravy lesů. 52 s.

ROTTNE INDUSTRI AB. 2017. Technical data. Harvester H11^{C}8WD. Sweden: Fabriksvägen. 2 s.

SEKYROVÁ, K. 2014. Přírodní podmínky, klima. Dvůr Králové nad Labem. [online] citováno 25. 11. 2017. Dostupné na <http://www.mudk.cz/cs/mesto/o-meste/zakladni-udaje/prirodni-podminky-klima.html>

SKOUPÝ, A. 2011. Multikriteriální hodnocení technologií pro soustřeďování dříví. 1. vyd. Praha, Lesnická práce, s.r.o. 212 s. ISBN 978-80-7458-016-1.

ŠALAMOUN, P. 2011. Bezpečnost práce v lesnictví (BOZP při práci v lese a na pracovištích obdobného charakteru). 3. vyd. Praha, VÚBP. 16 s. ISBN-978-80-86973-72-2

TURNQUIST., E. W. 2013. High capacity levelwind winch. United States, Braden Industries, Inc.

ULRICH, R., V. ŠTOREK, SCHLAGHAMERSKÝ A. 2002. Použití harvestorové technologie v probírkách. 1 vyd. Brno, Mendelova univerzita v Brně. 149 s. ISBN 80-715-7631-X.

ULRICH, R., VAVŘÍČEK, D. 2013. Certifikovaná metodika ukazatelů a systému technologických postupů v rámci těžební činnosti a udržitelného využívání lesních ekosystémů.

Úrad pro verejné obstaravanije (UVO). Vyhladavanie profilov. [online] citováno 27. 3. 2017. Dostupné na <https://www.uvo.gov.sk/>

UUSITALO, J. 2010. Introduction to forest operations and technology. Finland, Tampere. 278 s. ISNB 978-95-2925-269-5

VAVŘÍČEK D., ULRICH, R., KUČERA, A., 2014. Ochrana půdy v těžebně-dopravní činnosti. 1. vyd. Brno, Mendelova univerzita v Brně. 100 s. ISNB 978-80-7509-148-2

VAVŘÍČEK, D., KUČERA, A. 2015. Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně. 1 vyd. Brno, Mendelova univerzita v Brně. 205 s.

VĚTVIČKA, V., 2005. Stromy a keře., 2. vyd. Ilustrace V. MATOUŠOVÁ, MAŠEK. J., Praha, Aventinum, 288 s. Souborné svazky. ISBN 80-715-1254-0.

VÚV TGM. 2017. VUV chráněné oblasti přirozené akumulace vod. [online] citováno 25. 11. 2017. Dostupné na <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>

Vyhláška MŽP SR č. 439/2009 Z.z. zo 17. 9. 2009, ktorou sa vyhlasuje Chránené vtáčie územie Muránska planina - Stolica, účinná od 1. 11. 2009

Zákon č. 589/1992 Sb., o pojistném na sociální zabezpečení a příspěvku na státní politiku zaměstnanosti

Zákon č. 592/1992 Sb., o pojistném na veřejné zdravotní pojištění

ŽALUD, Z., 2008. Bioklimatologie (doprovodné texty k přednáškám). Brno, Mendelova univerzita v Brně. 1 vyd. 135 s.

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 Sledovaný výrobní cyklus harvestoru Rottne H11[C] 19
Tabulka 2 Sledovaný výrobní cyklus vyvážecího traktoru Rottne F15[D] 20
Tabulka 3 Sledovaný výrobní cyklus mobilního trakčního navijáku T-winch[10.1] 23
Tabulka 4 Popisná statistika pracovní operce kácení suchých stromů různých technologických variant 34
Tabulka 5 Levenův test a dvouvýběrový nepárový t-test pracovních úkonů kácení dříví 35
Tabulka 6 Popisná statistika pracovní výroba sortimentů suchých stromů různých technologických variant 38
Tabulka 7 Levenův test a dvouvýběrový nepárový t-test pracovních úkonů výroby sortimentů 40
Tabulka 8 Analýza provozních nákladů harvestorového uzlu v technologických variantách 60
Tabulka 9 Analýza provozních nákladů použití mobilního trakčního navijáku T-winch[10.1] 61

10 Seznam obrázků

Obrázek 1 Grafikon určení počtu zkusných ploch (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014) .. 26
Obrázek 2 Schéma zkusných ploch (Vavříček, Ulrich, Kučera 2014) 26
Obrázek 3 Celkové hodnocení poškození půdy harvestorovou technologií s mobilním trakčním navijákem na lokalitě Čierná Lehota 31
Obrázek 4 Celkové hodnocení poškození půdy v % harvestrorovou technologií s mobilním trakčním navijákem na Lokalitě Čierná Lehota dle mezních parametrů rýhy 31
Obrázek 5 Celkové hodnocení poškození půdy v % harvestorovou technologií bez mobilního trakčního navijáku 33
Obrázek 6 Celkové poškození půdy v % harvestorovou technologií bez mobilního trakčního navijáku na lokalitě Trutnov dle mezních parametrů rýhy 33
Obrázek 7 Pracovní úkon popojíždění po lince v technologické variantě harvestoru s mobilním trakčním navijákem 35
Obrázek 8 Krabicový graf (boxplot) pracovního úkonu popojíždění po lince v technologické variantě harvestoru s mobilním trakčním navijákem 36
Obrázek 9 Pracovní úkon vyhledávání a uchopení stromu v technologické variantě harvestroru s mobilním trakčním navijákem 37
Obrázek 10 Krabicový graf (boxplot) pracovního úkonu vyhledávání a uchopení stromu v technologické variantě harvestoru s mobilním trakčním navijákem 37
Obrázek 11 Výrobní operace kácení technologické varianty harvestoru s mobilním trakčním navijákem..... 42
Obrázek 12 Výrobní operace výroba sortimentů technologické varianty harvestoru s mobilním trakčním navijákem 42
Obrázek 13 Pracovní cyklus těžby jednoho stromu v technologické variantě harvestoru s mobilním trakčním navijákem 43
Obrázek 14 Celkový sledovaný pracovní cyklus harvestoru ve svažitém terénu s průměrným sklonem 50 % 44
Obrázek 15 Detail ostatních pracovních úkonů sledovaného pracovního cyklu harvestoru ve svažitém terénu se sklonem 50 % 44
Obrázek 16 Výrobní operace kácení technologické varianty harvestoru bez mobilního trakčního navijáku..... 46

Obrázek 17 Výrobní operace výroba sortimentů v technologické variantě bez mobilního trakčního navijáku 46
Obrázek 18 Celkový čas na výrobní operace těžba a zpracování jednoho stromu v technologické variantě harvestroru bez mobilního trakčního navijáku 47
Obráezek 19 Výrobní operace vyvážení dříví v technologické variantě vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem 49
Obrázek 20 Výrobní operace transport dříví na odvozní místo vyvážecím traktorem s mobilním trakčním navijákem 49
Obrázek 21 Celkový čas na výrobní operaci soustřeďování dříví vyvážecím traktorem na lokalitu odvozní místo 50
Obrázek 22 Rozbor pracovního úkonu nakládání dříví technologické varianty vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem 52
Obrázek 23 Spotřeba času na výrobní operace nakládání a vykládání dříví v technologické variantě vyvážecího traktoru a mobilního trakčního navijáku 52
Obrázek 24 Vliv naložení a směru jízdy na rychlost jízdy vyvážecího traktoru s mobilním trakčním navijákem 53
Obrázek 25 Vliv nákladu na rychlost pojezdu po odvozní cestě vyvážecího traktoru bez mobilního trakčního navijáku 53
Obrázek 26 Výrobní operace vyproštění mobilního trakčního navijáku z místa ukotvení 55
Obrázek 27 Výrobní operace přejezd mobilního trakčního navijáku a nové pracovní místo 55
Obrázek 28 Výrobní operace přejezd harvestorem nebo vyvážecím traktorem na nové pracovní místo 57
Obrázek 29 Sledovaný výrobní cyklus přemístění mobilního trakčního navijáku s harvestrorem neb vyvážecím traktorem na jiné pracovní místo 57

11 SUMMARY

The aim of this dissertation was to analyse the use of harvester technology in sloping terrains and the possibilities of utilizing mobile traction winches while taking into account the technical and performance parametres of these machines. Furthermore, a time study analysis of the work tasks of a forwarder and harvester in sloping terrains was performed. The evaluation of the work of the mentioned machines was undertaken from the point of view of operating economy and productivity. The surface soil damage due to heavy machinery was evaluated in logging areas. An analysis of the harvester node was performed in technological varieties using a mobile traction winch and not using a mobile traction winch.

The analysis of work operations of the harvester with the mobile traction winch found nuances in the processing of a felled tree, which, however, do not have any major effect on total production. During felling operations, no statistically significant deviations in comparison to the technological variety of using a harvester without a mobile traction winch were detected. Furthermore, a work operation analysis of the forwarder with the mobile traction winch was performed, where, due to operating conditions it was not possible to realize a time study of technological varieties without a mobile traction winch. The time study further studied the work cycles of moving the mobile traction winch.

The dissertation also attempted to establish the effect of technological varieties on soil surface. Less significant damage to soil where harvester technology with a mobile traction winch was utilized as opposed to harvester technology without a mobile traction winch, was not detected.

An operating cost analysis established the cost values in cube metres in different technological varieties. The technological variety of harvester technology with a mobile traction winch seems to be the more expensive option. The main advantages of using a mobile traction winch lies in work safety.