



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ
KATEDRA TĚŽBY A ZPRACOVÁNÍ DŘEVA

Analýza spotřeby času harvestorů v nahodilých těžbách
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Jan Macků
Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Dvořák PhD.

2009

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně, pod vedením Ing. Jiřího Dvořáka PhD. Všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal, v práci řádně cituji.

V Praze dne 30.4.2009

Děkuji vedoucímu své diplomové práce Ing. Jiřímu Dvořákovi PhD. za odborné konzultace a připomínky. Všem pedagogům katedry těžby a zpracování dřeva za motivaci. Dále děkuji Ing. Plíškovi a místní správě LČR v Nasavrkách za poskytnutí materiálů. Děkuji také Bc. Veronice Olivové za grafickou úpravu a korektury.

V Praze dne 30.4.2009

Obsah:

1. ABSTRAKT	1
2. PŘEDMLUVA	3
3. ÚVOD.....	4
3.1 TĚŽEBNÍ STROJE	4
3.2 JEDNOOPERAČNÍ STROJE	4
3.3 VÍCEOPERAČNÍ STROJE	5
3.3.1 <i>Historický vývoj víceoperačních strojů.....</i>	<i>5</i>
3.3.2 <i>Vývoj v ČR.....</i>	<i>6</i>
3.3.3 <i>Funkce víceoperačních strojů</i>	<i>6</i>
3.3.4 <i>Funkce harvestoru a vyvážecího traktoru.....</i>	<i>7</i>
3.3.5 <i>Charakteristika a rozdělení harvestorů.....</i>	<i>8</i>
3.3.6 <i>Výkon harvestoru.....</i>	<i>9</i>
3.3.7 <i>Výhody nasazení harvestoru.....</i>	<i>12</i>
3.3.8 <i>Nevýhody harvestorové technologie</i>	<i>13</i>
3.3.9 <i>Terénní podmínky pro nasazení harvestorové technologie</i>	<i>14</i>
3.3.10 <i>Konstrukce harvestoru</i>	<i>15</i>
3.3.11 <i>Využití GPS při práci harvestoru</i>	<i>19</i>
4. CÍL A METODIKA EXPERIMENTU.....	21
4.1 CÍL EXPERIMENTU	21
4.2 METODIKA.....	21
4.2.1 <i>Snímek jednotlivých pracovních operací</i>	<i>21</i>
4.2.2 <i>Záznam dat do formulářů</i>	<i>24</i>
4.2.3 <i>Metodika statistického zpracování dat.....</i>	<i>27</i>
5. ŘEŠENÍ.....	30
5.1 SPECIFIKACE VÝROBNÍCH PODMÍNEK	30
5.1.1 <i>Čas a lokalizace experimentu</i>	<i>30</i>
5.1.2 <i>Harvestory účastníci se experimentu</i>	<i>31</i>
5.2 ANALÝZA SPOTŘEBY ČASU.....	34
5.3 SNÍMEK PRACOVNÍHO DNE OPERÁTORA.....	36
6. VÝSLEDKY EXPERIMENTU – DISKUZE	37
7. ZÁVĚR.....	39
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	41

1. Abstrakt

Harvestorová technologie je pravděpodobně nejmodernější těžebně dopravní technologií vůbec. Velmi rychlý vývoj harvestorů spojený s výrazným vzrůstem jejich počtu klade důraz na optimalizaci výrobních podmínek a na minimalizaci ztrát a poškození porostů. Tato diplomová práce si klade za cíl, pomocí časoměrných údajů získaných v terénu, analyzovat časovou náročnost výroby harvestorovou technologií v nahodilé těžbě v důsledku větrné kalamity.

Pro účely této diplomové práce byla získána série časových snímků popisujících průběh těžby ve dvou porostech s rozdílnými terénními vlastnostmi. Pozorovány byly dva stroje harvestor Rottne H20 a Rottne 5005. Na základě statistické analýzy získaných dat byl vytvořen obraz časového průběhu těžby a činností s ní spojených. Byly popsány jednotlivé úseky pracovní operace těžba, při kterých dochází k největší spotřebě času. Zároveň byl nastíněn průběh pracovní směny operátora s přihlédnutím k nutným přestávkám biologickým a technickým. Na základě údajů získaných v terénu bylo navrženo několik opatření, které by měly přispět k optimalizaci práce harvestoru a ke zlepšení pracovních podmínek operátora.

Tato diplomová práce by měla sloužit také jako základ k dalším studiím o vlivu orientace kmenů v nahodilých těžbách způsobených větrnou kalamitou na časovou spotřebu při výrobě harvestorovou technologií.

Abstract

Harvester-forwarder technology appears to be likely the most up-to-date technology of its kind at all. The rapid development of harvesters, linked with the remarkable increase in their number, accentuates the production conditions optimization as well as the minimalization of losses and damage in forested areas. The aim of the present thesis is to analyze, by means of timing data gained off-road, time requirements in the production carried out through the harvester technology during accidental salvage cutting following a catastrophic windthrough damage.

In order to meet the requirements of the thesis, a series of time recordings has been made describing the process of cutting in two forested areas of different terrain qualities. Two harvesters -Rottne H20 and Rottne5005- were watched. On grounds of data gained through the statistic analysis, a picture has been made of the course of cutting in time and activities connected with it. Individual stages of cutting have been described during which the largest time consuming chunks appear. At the same time, the operator's working shift course has been outlined, also considering their inevitable biological needs and technical breaks. Following the data gained off-road, several measures have been taken that should contribute to harvester operation optimization and its operator's working conditions improvement.

The thesis is also intended as a foundation to further studies about the impact of the tree trunk exposure on the time consumption during the harvester technology production in accidental salvage cutting following a catastrophic windthrough damage.

2. Předmluva

Harvestorovou technologii lze považovat za v současnosti nejmodernější těžebně dopravní systém v lesním hospodářství. Za průkopníky v tomto špičkovém odvětví jsou tradičně uváděny severské země, především Finsko. Ačkoliv je harvestorová technologie u nás technologií poměrně novou, její nástup a rozšíření v rámci České republiky je značný. Například v roce 2000 bylo na našem území evidováno 40 harvestorů a 90 vyvážecích traktorů, v roce 2007 už to bylo 308 harvestorů a 504 vyvážecích traktorů (MZE 2008). Předpokládá se, že během několik následujících let bude v Evropě pomocí harvestorové technologie zpracováváno až 80 % celkové výše ročních těžeb (Nabuurs et al. 2006). Harvestorová technologie je nejen nejefektivnější současnou těžebně dopravní technologií (žádná jiná technologie není schopna denně vytěžit a sortimentovat až 800 m³ dříví) ale, vzhledem k sortimentní metodě zpracování, i technologií ekologicky nejčistší. Dříví přepravované vezením navíc není špiněno a poškozováno jako je tomu například při manipulaci koňmi nebo UKT. Nezanedbatelnou výhodou harvestorů je vysoká míra bezpečnosti práce, zejména v podmínkách nahodilé těžby. Velkou nevýhodou harvestorů je ovšem jejich vysoká pořizovací cena v řádu milionů korun.

Cílem této práce je, pomocí empirických měření v terénu, analyzovat časovou náročnost jednotlivých pracovních operací a celého výrobního cyklu harvestoru v nahodilé těžbě při likvidaci škod způsobených bořivou činností větru. Dále je snahou autora identifikovat a popsat jednotlivé úkony spojené s výrobou, při kterých dochází k největší spotřebě času a navrhnout vhodná opatření vedoucí k minimalizaci časových a tím i následných finančních ztrát (provoz stroje je velmi nákladný). Autor se zároveň snaží v této práci prokázat, že průměrná spotřeba času potřebného k vykonání pracovního cyklu harvestoru je v případě nahodilé těžby větší než v případě těžby úmyslné a vytvořit tak podklad pro budoucí stanovení výkonových norem, které zatím nebyly pro naše podmínky stanoveny.

3. Úvod

3.1 Těžební stroje

Těžební stroje lze rozdělit podle různých hledisek. Například podle konstrukce, použitých materiálů, hmotnosti, množství a čistoty vykonané práce a v neposlední řadě také podle ceny. Pro účely tohoto textu bylo zvoleno základní členění podle počtu vykonávaných operací. Záleží na tom, zda je stroj zhotoven jednoúčelově například k odvětvování, nebo je s jeho pomocí možné kmen odvětvit a rozřezat (nakrátit) zároveň. Podle toho se těžební stroje vyčleňují do dvou skupin:

- jednooperační
- víceoperační.

Existuje celá řada dalších možností rozdělení, například dle mobility na pohyblivé a stacionární, dále dle typu podvozku na kolové, pásové, kráčející, dle rezného ústrojí atd. (Janeček 2002).

3.2 Jednooperační stroje

Jednooperační stroje (viz příloha 1) mohou vykonávat jen jednu operaci, např. pouze kácení nebo odvětvování. Tyto stroje byly používány především v minulosti v době prvních pokusů o mechanizaci výroby. Jednalo se o odvětvovací stroje, zkracovací pily, odkorňovače a jiné. Pohonem pro tyto stroje byl nejdříve parní stroj, později spalovací motor nebo elektromotor. Jejich použitím se dosáhlo urychlení výroby především díky centralizaci jednotlivých pracovních úkonů (např. odkorňování). Na druhou stranu, pokud měla mít výroba tímto způsobem smysl, bylo nutné na pracoviště dopravit strojů několik. Docházelo k problémům v logistice, k prostojům při výrobě. Kromě problematické přepravy strojů docházelo i k vyššímu tlaku na životní prostředí. Škody na okolních porostech způsobené častou manipulací a překládáním dříví byly větší než při těžbě dříví motorovou pilou (MP) a jeho odvozu na manipulační sklady, kde bylo provedeno další zpracování (Ulrich 1989). Z tohoto hlediska bylo nutné najít řešení tak, aby těžební stroj byl schopen vykonávat více operací najednou. Začaly vznikat první víceoperační stroje.

3.3 Víceoperační stroje

Víceoperační stroje (viz příloha 2) vykonávají více operací, jako je kácení, odvětvení a zpracování kmene na sortimenty. Víceoperační stroje lze dále dělit na harvestory a procesory, přičemž rozdíl spočívá v kácení stromu. Procesory nikdy strom nekácí, pouze ho zpracovávají, zatímco harvestory provádějí zpracování stromu včetně jeho pokácení.

Harvestorová technologie se považuje za současný vrchol víceoperační těžební techniky. Postupným slučováním jednotlivých strojů došlo ke vzniku poměrně složitého agregátu těžební hlavice, která je schopná strom uchopit, odříznout, odvětvit strom, vyrobit z kmene sortimenty, změřit je a v některých případech i odkornit. Hlavice je montována na hydraulický jeřáb, který umožňuje velmi dobrou manipulaci s kmenem. Celý systém je usazen na podvozku s koly, kolopásky nebo pásky, přičemž se používají nízkotlaké tzv. terra pneumatiky, které minimalizují tlak stroje na půdu.

3.3.1 Historický vývoj víceoperačních strojů

Prvenství ve vývoji a výrobě víceoperačních strojů zaujímají bezpochyby švédské a finské strojírenské firmy, především mezinárodní společnost Rauma-Repola FMG AB (Forest Machine Group) ovládající značnou část světového trhu s těžebně-dopravními stroji (TDS). V průběhu 80. a 90. let spojila samostatné firmy s výrobou severských typů strojů: FMG Lokomo Forest Oy v Tampere a Joensuu (Finsko), FMG Cemet-Agrip S.A. ve Francii, FMG ÖSA Ab, FMG Alfta Ab a FMG Filipstad Ab ve Švédsku a Timberjack Inc. v Kanadě s největší produkcí SLKT. Firma Timberjack představila svůj první harvestor v roce 1973. Další skupinu výrobců zahrnuje The Tractor Group of Valmet, Velsa Oy v Kurice (Finsko), Umea Mekaniska Ab a Cranab Ab ve Švédsku, Gafner Machine Inc. v Michiganu, Implemater Equipamentos Florestais v Brazílii a společnou výrobu UKT (Lasák et al. 1996).

První stroje tohoto typu měly řadu zásadních nedostatků a to především vysokou hmotnost (až 30 tun), což mělo za následek neúnosné zatěžování půdy. Pohyb s takovým strojem v porostu byl velmi náročný a často docházelo ke škodám jak na zpracovávaném dříví tak na okolo stojících kmenech. Dalším

nezanedbatelným problémem prvních harvestorů byl nedokonalý měřicí systém. Záznam objemu vytěženého dříví byl proto nepřesný. První stroje byly vybaveny kácecími nůžkami, které se neosvědčily především kvůli vysokým provozním tlakům nutným k činnosti a také vzhledem ke škodám na dříví (Macků 2007).

Velký zvrat přineslo využití hydraulického jeřábu (viz příloha 3). Dříve byl kácecí agregát umístěn pevně na těle stroje a ke každému těžnému stromu se tak muselo přesně najet (Ulrich et al. 2002). Použití jeřábu umožnilo zpracovat několik stromů z jednoho postavení stroje. Konec jeřábu byl vybaven buď kotoučovou, nebo řetězovou pilou, přičemž kotoučová pila se ukázala jako nevhodná. V osmdesátých letech minulého století byly k těžební hlavici přidány podávací a přítlačné válce a odvětovací nože. Vznik složité, velmi efektivně pracující, těžební hlavice společně s modernizací podvozku a kabiny stroje zapříčinil velký zájem o harvestory a jejich rychlé rozšíření po celém světě. Od prvních harvestorů pokročil vývoj značně dopředu a to jak co se týče snížení hmotnosti strojů a zlepšení jejich mobility tak i zásadní zpřesnění měření a záznamu o průběhu jednotlivých pracovních operací. Současné modely harvestorů a vyvážecích traktorů, jejichž hmotnost se pohybuje okolo 10 tun, je možné s úspěchem využít jak v mýtních těžbách, tak probírkách (Macků 2007).

3.3.2 Vývoj v ČR

V ČR se v 2. polovině 80. let začaly používat v probírkách a předmýtních porostech následující typy víceoperačních těžebních strojů: kolopásový harvestor LOKOMO-MAKERI 33T, FMG 34T LOKOMO-MAKERI, kolový FMG 0470, FMG ÖSA 250 Ewa, SOMET 7700 (na podvozku LKT 120). Podle Prof. Janečka patří pro předmýtní porosty ke špičce FMG 570, VALMET 701, FX 50 H a pro mýtní těžby FMG LOKOMO 990, VALMET 901 a 902, NORCAR 660 H Multi. Vývoj v technice a mechanizaci zvyšuje možnost nasazení víceoperačních strojů, které by konaly celý komplex výrobních operací při vysoké výkonnosti a bez poškození porostu, který po těžebním zásahu zůstává (Lasák et al. 1996).

3.3.3 Funkce víceoperačních strojů

Víceoperační stroje vykonávají celou řadu operací spojených s těžbou dříví, jeho zpracováním a manipulací. Víceoperační stroj vykonává tyto operace:

- hlavní, to je takové, při nichž přímo vzniká cílová surovina – sortiment dříví
- vedlejší, nutné k vykonání operací hlavních.

U víceoperačních těžebně-dopravních strojů rozlišujeme následující hlavní operace:

- a) *kácení stromu - podřezání, povalení, odložení*
- b) *odvětvoování stromu - pokáceného, stojícího*
- c) *odkornění kmene - do hněda, do běla, loupání*
- d) *zkracování kmene - na výřezy, sortimenty, vrcholku*
- e) *svazkování stromů, kmenů, výřezů - volné, vázané*
- f) *soustředování kmenů, stromů, výřezů – vyklizování, přibližování nebo vyvážení (svěrný oplén, ložná plocha)*
- g) *druhování - kmenů, sortimentů*
- h) *třídění - kmenů, sortimentů*
- i) *štěpkování - stromů, kmenů, výřezů, větví*
- j) *nakládání - stromů, kmenů, výřezů, štěpek*
- k) *skládání - stromů, kmenů, výřezů, štěpek*
- l) *měření - délek, průměru, kubatury*
- m) *rovnání - hromad, palet, kontejnerů*
- n) *odvoz - stromů, kmenů, výřezů, krátkého dřeva (Janeček 2002).*

3.3.4 Funkce harvestoru a vyvážecího traktoru

Operace, které harvestorová technologie provádí, jsou následující:

Harvestor:

- jízda stroje do nového postavení
- pokácení stojícího stromu
- odvětvení kmenu
- sortimentování kmenu
- změření a zaznamenání rozměrů a objemu kmene a jednotlivých sortimentů
- odkornění (běžně se neprovádí)

Vyvážecí traktor:

- naložení dříví v porostu

- vyvážení dříví z porostu na OM
- složení dříví na OM podle jednotlivých sortimentů

3.3.5 Charakteristika a rozdělení harvestorů

„Harvestor je samopojízdný víceoperační stroj, který kácí, odvětvuje, rozřezává a ukládá strom v jednom cyklu (Ulrich et al. 2002).“ Harvestor s vyvážecím traktorem tvoří ucelený logický uzel. Harvestor se pohybuje v porostu po vyznačených těžebně-dopravních linkách. Pomocí těžební hlavice umístěné na jeřábu kácí a zpracovává stromy a vyrobené výřezy dříví ukládá nejčastěji do malých hrání. Tam jsou pomocí hydraulické ruky naloženy vyvážecím traktorem a dopraveny na odvozní místo, kde jsou následně vyloženy do urovnaných hrání podle jednotlivých sortimentů. Celý cyklus probíhá nepřetržitě a je velmi efektivní. Ulrich et al. (2002) třídí harvestory podle výkonu hmotnosti a dosahu hydraulického jeřábu na:

- malovýkonové: do 70 kW, dosah: 6,0-8,5 m, hmotnost: 4-8 t
- středněvýkonové: 70 – 140 kW, dosah: 8,5-10,0 m, hmotnost: 9-13 t
- vysokovýkonové: nad 140 kW, dosah: 10,0 – 11,0 (15,0)m, hmotnost: 13-15 t (18t)

Jednotlivé výkonnostní třídy harvestorů se liší i dalšími parametry, zejména šíří úchopu těžební hlavice, maximálním úřezem, rychlostí posunu kmene mezi válci těžební hlavice a v neposlední řadě šířkou a délkou stroje. Vhodnost nasazení jednotlivých tříd harvestorů závisí na celé řadě faktorů.

Ulrich et al. (2002) usuzuje, že stroje patřící do skupiny malých harvestorů jsou pro svoje technické parametry vhodné především do probírek porostů se stromy nižší hmotnosti. Jednak proto, že je harvestor užší a pro svou práci tudíž potřebuje užší linky než stroje vyšších výkonnostních tříd, a jednak proto, že svou menší provozní hmotností nezpůsobuje velké poškození půdy. Výkon stroje je malý, je ovšem vyrovnán relativně nižšími náklady na pořízení a provoz stroje. Dále uvádí, že už u 35 – 45letých porostů je výhodnější využití harvestoru střední výkonnostní třídy. Vzhledem k poměrně malému rozmezí podmínek vhodných pro harvestor malé výkonové třídy je často využíván stroj třídy střední i v porostech

menších dimenzí. Optimální výkon podává střední harvester při hmotnosti 0,15 - 0,20 m³ a při výčetní tloušťce stromů 15 - 18 cm.

Oproti tomu Janeček (2002) uvádí pro optimální výkon parametry větší, výčetní tloušťku až 25 cm, což potvrdil i Macků (2007) svým měřením v šedesátiletých porostech.

U harvesterů nejvyšší výkonnostní kategorie platí podobně úzký profil vhodných podmínek pro nasazení. Nejsilnější stroje jsou poměrně velmi těžké a vyžadují pro manipulaci v porostu široké linky. Rovněž vysoké pořizovací a provozní náklady je předurčují pro práci pouze v porostech o největších dimenzích a to především v porostech mýtných případně při nahodilých těžbách.

Ulrich et al. (2002) harvestory dále dělí podle způsobu odvětvození na:

- stroje s jedním uchopením stromu těžební hlavicí, kde těžební hlavice umístěná na jeřábu před kabinou operátora strom uchopí, pokácí, odvětví, rozřeže a uloží na jedno uchopení
- stroje s dvojím uchopením stromu, kdy těžební hlavice strom pouze pokácí a přesune do druhého agregátu, zpravidla umístěného za kabinou operátora, kde dojde k odvětvení a rozřezání kmene.

V praxi převládají harvestory jednoúchopové. Za hlavní důvody lze považovat jednak rychlejší a efektivnější práci (nedochází k prodlevám při překládání kmene z těžební hlavice do odvětvovacího agregátu), dále při odvětvení těžební hlavicí dochází ke vzniku krytu těžebně-dopravní linky a kořenových náběhů stromů vrstvou klesu. Zároveň jsou zpracované dřevní výřezy ukládány přibližně kolmo k těžebně-dopravní lince, což je výhodné pro další manipulaci s nimi. Lze usuzovat, že práce s jednoúchopovými harvestory je efektivnější a dopad na těžžený porost je menší (Ulrich et al. 2002).

3.3.6 Výkonnost harvesteru

Výkonnost harvesteru kromě volby vhodné výkonnostní třídy stroje ovlivňuje celá řada dalších faktorů. Ulrich et al. (2002) mimo jiné uvádí tyto:

- počet a délka sortimentů
- přístupnost terénu

- druh zeminy a vlhkost
- povětrnostní podmínky
- výčetní průměr kmene
- zakmenění
- druh dřeviny
- viditelnost v porostu
- množství těžené suroviny na hektar
- předtěžební příprava stanoviště
- plán nasazení
- počet nutných přemístění stroje
- denní využití stroje
- technická spolehlivost stroje.

Dvořák (2004) uvádí podrobnější výčet podmínek ovlivňujících výkonnost harvestorů, které je nutné posoudit při plánování těžeb. Přičemž pro přehlednost dělí tyto podmínky do čtyř skupin, a to následovně:

Technické parametry těžebních a dopravních strojů

- dosah hydromanipulátorů pro stanovení šíře pracovního pole a únosnost hydromanipulátoru s jeho obsahem
- hmotnost stroje a její rozložení s ohledem k únosnosti půdního podkladu
- úřeznost stroje, která je podmíněna technickými vlastnostmi dřeviny
- metrické rozměry stroje pro stanovení šíře linek a poloměru otáčení

Technologický a pracovní postup

- druh těžby a těžební metody
- síla zásahu
- délka a šířka vyvážecích linek
- průměrná vyvážecí vzdálenost

Přírodní podmínky

- sklonitost terénu pro vytyčení směru vyvážecích linek
- únosnost terénu pro neomezenou nebo časově omezenou možnost nasazení strojů

- průjezdnost daná překážkami v terénu a jejich rozestupem

Technické vlastnosti stromů a porostu

- maximální hmotnost těžných stromů a maximální tloušťky stromů u paty, kterým je podmíněna úřeznost těžební hlavice
- střední výška stromu
- tvar a větevnatost stromu
- vyvinutí kořenových náběhů
- tloušťka kůry
- zdravotní stav stromu
- zakmenění porostu.

Dvořák (2004) při hodnocení rozměrových parametrů těžných stromů využívá tloušťku stromu u paty, kde se předpokládá tloušťka největší. Naproti tomu Ulrich et al. (2002) pracuje s výčetní tloušťkou stromu, tento rozměr je sice standardně využíván při posuzování dendrometrických veličin, ale vzhledem k omezené úřeznosti těžební hlavice se jeví jako vhodnější posuzování podle Dvořáka. Co se týče zakmenění porostů, považují ho jak Dvořák (2004), tak Ulrich et al. (2002) za jeden z faktorů ovlivňujících výkonnost harvesteru. Oproti tomu Bulley (1999) dokazuje, že na výkonnost harvesteru se sice výrazně projevují rozměry těžných stromů, ale zakmenění na výkonnost nemá vliv. Bulley (1999) zároveň poukazuje na to, že zatímco se produktivita práce jím měřených harvesterů pohybovala v rozmezí 4,3 - 22,5 m³/mth, výkonnost vyvážecího traktoru se pohybovala v rozmezí 11,8 - 23,2 m³/mth. Lze usuzovat, že by při velmi dobře naplánované těžbě a při vhodných podmínkách, bylo možné obsluhovat jedním vyvážecím traktorem pracoviště dvou harvesterů.

Při měřeních v terénu se podařilo dokázat, že kromě výše zmíněných podmínek, ovlivňují výkonnost harvesteru také věk a zkušenosti operátora (Dvořák et al. 2008). Dvořák et al. (2008) tvrdí, že se rozdílná praxe operátorů projevuje ve výkonnosti harvesteru statisticky významnou odchylkou. Kromě toho se podařilo dokázat, že zkušený operátor dosahuje výrazně menších škod na okolních porostech a v případě probírek především na cílových-žádoucích stromech (Macků 2007).

„Harvestorové technologie představují druhou nejrozšířenější těžební technologii v ČR. Potřeba vysoké výkonnosti této technologie je vázána na nutnost krytí jejích pořizovacích a provozních nákladů. Nejdůležitějším faktorem, který bezpochyby výkonnost stroje ovlivňuje, je faktor lidský – operátor stroje. Cílem studie je proto analýza závislosti pracovní výkonnosti na vzdělání a praxi operátorů harvestorů a vyvážecích traktorů. Analýza prokazuje, že vzdělání a především praxe operátora má velice významnou úlohu. Při činnosti harvestoru byl měřen čas pracovních operací těžby dříví prováděných operátorem s dvouletou praxí a operátorem bez praxe. Průměrný časový rozdíl mezi operátory byl 64,9 sekundy na jednu pracovní operaci. Statistická významnost rozdílných výrobních časů byla potvrzena u technicky náročných úseků pracovní operace (přisunutí těžební hlavice a zpracování kmene). Pracovní operace vyvážení dříví prováděli operátoři se stejnou provozní praxí s lesnickou mechanizací po dobu 13 let, ale s rozdílným vzděláním. V úsecích pracovní operace statistická významnost mezi vypočtenými rozdíly potvrzena nebyla. Tato skutečnost potvrzuje význam praxe před samotným vzděláním operátora (Dvořák et.al 2008)“.

3.3.7 Výhody nasazení harvestoru

Velmi rychlý nástup harvestorů do běžné praxe a jejich stálé rozšiřování a zvětšování jejich počtu svědčí o výhodách této technologie. Ulrich et al. (2002) považuje za hlavní výhody harvestorové technologie:

- velkou šetrnost s ohledem na stojící stromy a půdu v porostu
- vysokou produktivitu práce
- nízké náklady v přepočtu na vyrobený sortiment
- ergatičnost systému
- méně rizikové pracovní podmínky než např. při práci s MP
- možnost pracovat i za nepřízně počasí

Dvořák (2004) považuje za výhody nasazení harvestorové technologie:

- úsporu pracovních sil
- přesnou registraci odvedené výkonnosti uloženou v palubním počítači stroje, umožňující lepší přehled o vykonané práci a její odměňování

- vysokou hygienu práce a její bezpečnost
- rychlou reakci na změnu požadavků odběratele při sortimentaci
- zachování čistoty dřevní suroviny, protože dříví je převáženo a není taženo po zemi
- omezení škod na lesních dřevinách a půdním povrchu.

Dvořák (2004) dále považuje za výhodu nasazení harvestoru výrazné zvýšení bezpečnosti práce při nahodilých těžbách v kalamitách, což se podařilo prokázat i při měřeních v terénu.

3.3.8 Nevýhody harvestorové technologie

Výše zmíněné výhody harvestorové technologie nejsou kompletním výčtem, technologie jich poskytuje celou řadu. Oproti výhodám ovšem stojí několik nevýhod. Dvořák (2004) vymezuje tyto hlavní nevýhody:

- náročná organizace práce pro nepřetržitý provoz stroje a zajištění návratnosti vložených investic
- vysoké pořizovací ceny stroje, nákladné opravy poruch spojené s čekacími lhůtami na náhradní díly, což vede k prostojům strojů
- dlouhodobé a nákladné zaškolování operátorů
- náročnost na technické obory, na operátory a technicko hospodářské pracovníky.

Ulrich et al. (2002) stanovuje minimální dobu potřebnou na úplně zaškolení a zacvičení operátora harvestoru na 2 roky, z čehož plynou vysoké náklady na vyškolování operátorů a to jak časové tak finanční. Tyto náklady se projevují ve vyšší mzdě operátorů a společně s pořizovací a provozní cenou stroje se promítají do vysokých nákladů na výrobu. Moravec (2004) odhaduje náklady na jeden pracovní uzel včetně nákladu spojených se školením operátor na 20 milionů korun, přitom poukazuje i na skutečnost, že školení pracovníka s MP trvá 15 pracovních dnů. Jako nevýhoda může být brán i velký rozměr a hmotnost strojů harvestorové technologie. Pokud je na pracovišti nízká únosnost půdy, mohou se, po opakovaném průjezdu harvestoru a vyvážecího traktoru, vytvořit koleje až do

hloubky 50 – 60 cm. Ovšem při porovnání měrných tlaků pneumatik na půdu u harvestoru a vyvážecího traktoru s měrným tlakem pneumatik LKT, UKT nebo koňskými podkovami, vychází pro harvestorovou technologii výrazně příznivější hodnoty (Horn et al. 2007).

3.3.9 Terénní podmínky pro nasazení harvestorové technologie

Při posuzování vhodnosti terénu pro nasazení harvestoru je velmi důležitým kritériem druh podvozku. Harvestory se montují nejčastěji na kolové, kolopásové případně pásové podvozky, velmi malou skupinu strojů tvoří tzv. kráčejíci harvestory.

„Kolové harvestory mohou zvládnout terény po spádnici (podélný sklon) do sklonu 35-45 (50) % podle stavu povrchu, nad 45% přichází v úvahu kolopásová, pásová a kráčející varianta podvozku (Ulrich et al. 2002).“

Z hlediska stability stroje je rozhodující, jsou li vyvážecí linky vedeny napříč svahem nebo nikoli. Stabilita stroje při jízdě napříč (bokem k svahu) je totiž relativně nízká, riziko překocení stroje s rostoucím sklonem svahu rychle roste. V případě většího sklonu svahu se doporučuje pracovat po a proti svahu, přičemž se ovšem zvyšuje erozní vliv na půdu. U zvláště vysokých sklonů svahu (nad 45 %) se doporučuje kombinace MP, harvestoru a přibližovacího navijáku, což se ovšem negativně projeví v efektivitě těžby. Moderní harvestory jsou vybaveny nivelovanou kabinou a nezávislými závěsy kol na tzv. tandemových nápravách, tudíž jsou schopny překonávat i relativně výrazné terénní nerovnosti, jako jsou balvany, kořeny a pařezy stromů. Ulrich et al. (2002) doporučuje omezit pojíždění harvestoru (pojezdový rádius) na 200m. Dále doporučuje navrhovat těžbu v liniích v uzavřených elipsách, nebo kruzích, protože harvestor by neměl po lince couvat. Důležitou charakteristikou terénu je únosnost půdy v závislosti na momentální půdní vlhkosti. Vzhledem k velkým hmotnostem strojů, k několika nutným přejezdům po jedné lince a s tím spojené velké zátěži půdy, může především při rozbahněném povrchu docházet ke vzniku hlubokých erozních rýh a tím k narušení stanoviště (viz příloha 4).

3.3.10 Konstrukce harvestoru

Podvozek

Zjednodušeně se harvestor skládá z kolového, kolopásového, pásového nebo kráčejičího podvozku, na němž je usazen pohonný agregát dodávající hydraulický tlak do hydraulického jeřábu osazeného těžební hlavicí a do pohonného systému kol, tzv. hydropojezdu. Dále je na podvozku usazena nivelovaná kabina, u některých strojů otáčitelná nezávisle na podvozku (např. Rottne H20). Přenos hnací síly z motoru (kompresoru) na hnané části podvozku se děje pomocí hydrodynamické spojky, což znamená, že harvestor dosahuje nejvyšší pojezdové síly při nejnižších rychlostech. Podobně je tomu u zemních strojů, například u buldozeru. Hnací síla je dále přes hřídele rozváděna k jednotlivým kolům stroje pomocí řetězových nebo ozubených převodů (u tandemové nápravy). Tím je zajištěno, že i při výkyvu kola o více než 40° je distribuce pohonné síly mezi koly tandemového závěsu rovnoměrná. Harvestor je nejčastěji vybaven čtyřmi, šesti nebo osmi koly, podle velikosti stroje. U šestikolového harvestoru je na tandemových vozících vyložena přední část stroje nesoucí jeřáb s těžební hlavicí a kabina, zadní motorová část stroje je nesena na klasickém jednokolovém závěsu (viz příloha 5). Tím je zajištěna dobrá stabilita stroje i při zatížení ramene jeřábu hmotným břemenem (kmenem). U osmikolového harvestoru je na tandemových vozících vyložena jak přední část s jeřábem a kabinou, tak zadní motorová část. U čtyřkolového harvestoru (nejnižší výkonová třída) je přední i zadní část vyložená na jednonápravovém závěsu. Natáčení podvozku harvestoru se děje pomocí kloubového napojení vybaveného hydromotory umístěného za kabinou. Kola harvestoru se směrově nenatáčejí, což umožňuje maximální konstrukční pevnost napojení kol na podvozek. U všech moderních harvestorů jsou poháněna všechna kola. Rozvod hnací síly mezi jednotlivými nápravami se děje pomocí hřídelů (diferenciálu), přičemž každé kolo zvlášť je vybavené planetovou převodovkou umožňující nezávislou distribuci pohonné síly (Ulrich 1989). Druhou možností rozvodu hnací síly je vedení od čerpadla vysokotlakými hadicemi ke každému kolu zvlášť, přičemž každé kolo je vybaveno vlastním hydromotorem, což je varianta technicky náročnější, ale

umožňující vysokou míru kontroly hnací síly každého kola, čímž se značně snižuje erozní tlak na půdu (Ulrich et al. 2002).

Hydraulický jeřáb

Jeřáb je důležitým konstrukčním prvkem každého harvestoru, protože umožňuje manipulaci s těžební hlavicí a vykonává všechny potřebné pohyby při manipulování s kmenem (viz příloha 6). Jeřáb je montován na podvozek nejčastěji před kabinu, tak aby měl operátor výhled na celý operační rádius jeřábu. V případě, že je jeřáb usazen za kabinou, jako je tomu například u vyvážecích traktorů nebo u některých starších typů harvestorů, bývá sedačka v kabině včetně ovládacích prvků otočitelná o 180° tak aby měl operátor při práci jeřáb před sebou. Další možností je umístění jeřábu na kabině, tento typ se užívá u strojů Valmet. Dle konstrukce lze podle Ulricha et al. (2002) jeřáby dělit na:

- jeřáb s hlavním výložníkem, zlamovacím a teleskopickým ramenem
- jeřáb se zlamovacím a teleskopickým výložníkem (Valmet)
- jeřáb s paralelně vedenými výložníkovými rameny.

Ulrich et al (2002) dále dělí jeřáby podle zvedacího momentu, tedy nosnosti, jeřábu:

- malé, zvedací moment cca 40 kNm
- střední, zvedací moment cca 100 kNm
- velké, zvedací moment cca 160 kNm.

Nosností jeřábu je chápán násobek zvedací síly a dosahu jeřábu. Zvedací moment jeřábu je veličinou poměrně dobře charakterizující silové vlastnosti celého jeřábu a to především proto, že při pohybu odzdola nahoru, tedy při zvedání, je zpravidla v činnosti jenom jeden hydraulický píst a to píst hlavní o největším výkonu. Jeřáb se pohybuje pomocí hydraulických pístů. Tlak ve vysokotlakém potrubí se pohybuje v rozmezí 2000 – 2500 kPa. Tlak do celého systému dodává hydraulický kompresor napojený na naftový motor stroje. Tlak je dále distribuován do těžební hlavice pro pohon podávacích válců, uchopovacích prstů a odkorňovacích nožů.

Těžební hlavice

Těžební hlavice je poměrně složitý agregát vzniklý spojením několika nástrojů a umožňující několik pracovních operací. Těžební hlavice ve spojení s pohyby hydraulického jeřábu provádí tyto úkony:

- sevření stromu
- odříznutí stromu
- otočení stromu do vodorovné polohy, případě vyproštění stromu ze závěsu do kolemstojících stromů
- začelení stromu a případné vyzdravení kmene napadeného hnilobou
- odvětvení
- krácení (výroba sortimentů)
- změření a záznam vyrobených sortimentů
- uložení sortimentů do hrání.

Konstrukce těžební hlavice

Hlavice je uchycena na dvou ložiscích, což umožňuje její pohyb kolem osy i do stran. Je vybavena dvojicí, respektive čtveřicí podávacích válců, které jsou poháněny nezávislými hydromotory a jsou přitlačovány pístem ke kmeni (viz příloha 7). Válce mají za úkol uchopit kmen a posunovat ho při krácení a odvětvování. Hlavice je dále vybavena dvojicí nebo čtveřicí pohyblivých odvětvovacích nožů obloukovitého tvaru, které se při zpracovávání stromu rovněž sevrou kolem kmene a tlakem odsekávají větve. K odvětvování slouží i nepohyblivý nůž umístěný na těle hlavice, který vykrývá část kmene, na kterou nedosáhnou pohyblivé nože. Zpravidla na spodní straně hlavice (spodním) je umístěna řetězová pila poháněná hydromotorem, která se pohybuje pomocí hydraulického pístu (viz příloha 8). Řez je veden obloukovitým pohybem pily a je rovný. Hlavice je v neposlední řadě vybavena měřícím systémem sestávajícím z ozubeného kolečka, které se otáčí podle posunu kmene mezi podávacími válci a které má za úkol měřit délku kmene a jednotlivých výřezů a potenciometrů pro měření tloušťky kmene.

Měření

Měření probíhá nepřetržitě při posunu a s přesností na 1 cm. Měření tloušťky probíhá rovněž nepřetržitě při posunu kmene a je realizováno pomocí potenciometrických nebo laserových senzorů. Tloušťka kmene je měřena po 10 cm, přičemž počítač stanovuje průběžně objem kmene z aritmetického průměru dvou získaných hodnot průměru kmene a z hodnoty délky kmene. Velkou výhodou tohoto způsobu měření je okamžitý přehled operátora o rozměrech vyráběného sortimentu a tedy o vhodnosti jeho uložení do hráně stejných sortimentů pro snadnější práci vyvážecího traktoru. Operátor harvestoru má několik možností sortimentace:

- manuálně, operátor provede oddělení sortimentu podle vlastního uvážení, přitom může využít automatického nastavení hlavice do pozice pro oddělení sortimentu
- program harvestoru navrhne operátorovi nejvhodnější sestavu sortimentů z kmene podle délky a tloušťky kmene, která je změřena při odvětvení přičemž operátor určuje druh dřeviny a její kvalitu
- program navrhne nejvhodnější sestavu sortimentů vzhledem k co nejlepšímu zpeněžení, počítač kalkuluje se zadanými cenami jednotlivých výřezů
- program navrhne sestavu sortimentů podle konkrétních požadavků odběratele tak, že upřednostní žádaný sortiment i v případě, že by lepšímu zpeněžení odpovídal sortiment jiný.

Operátor má samozřejmě možnost zamítnout počítačem navrženou sestavu sortimentů, počítač okamžitě navrhne jinou možnost případně dojde k výrobě sortimentů manuálně. Automatické navržení sortimentů výrazným způsobem zjednodušuje a zefektivňuje operátorovi práci, navíc v reálném čase vypočítává nejvýhodnější možnost sortimentace, kterou by operátor sám vyhodnocoval jen velmi ztěžka (Ulrich et al. 2002). Vyhodnocená data jsou průběžně ukládána na disk, ze kterého je po skončení směny možné data přenést na odnímatelných mediích v elektronické nebo tiskové podobě. Data získaná z paluby počítače tvoří velmi přehledný celek údajů o počtech jednotlivých vyrobených sortimentů, jejich

objemech, průměrné hmotnosti a o počtu zpracovaných kmenů. Tento soupis dat je velmi dobrým kontrolním podkladem pro odběratele i pro dodavatele, který zároveň podle něj lehce stanoví výši mzdy operátora.

3.3.11 Využití GPS při práci harvestoru

GPS (Global Positioning System) je stále více využívaným nástrojem v mnoha odvětvích výrobního i soukromého sektoru. V posledních letech se satelitní navigace objevuje i v souvislosti se zemědělskými a lesnickými stroji. V našich podmínkách je sice využití GPS pro běžnou práci harvestoru zatím spíše věcí budoucnosti, nicméně i zde lze sledovat patrný posun. První přístroje GPS se začaly montovat do zemědělských strojů za účelem monitorování území ošetřeném chemickými přípravky (pesticidy, herbicidy) a hnojivy. Ukázalo se, že s použitím GPS lze výrazně snížit spotřebu těchto látek a zároveň snížit zátěž lokality tím, že se předejde zdvojenému zásahu místa po opakovaném přejetí aplikačním strojem, ke kterému často dochází bez použití GPS. V lesnictví se GPS začalo využívat později a to k lokalizaci uložených hraní například pod sněhovou pokrývkou. Harvestor zaznamenával polohu každé hraně. Vyvážecí traktor poté bez problému našel hráň skrytou pod sněhem pomocí souřadnic. Dalšímu využití GPS v lesnictví bránily náročné podmínky provozu, clonění signálu z družic porostem a s tím spojené omezení přesnosti. Při měřeních docházelo k relativní odchylce až o 3,77 m (Taylor et al. 2001). Postupně došlo ke zlepšení přesnosti GPS na řádově jednotky až desítky centimetrů. V současnosti se projevují první snahy o začlenění GPS do tzv. přesného lesnictví, kdy se pomocí GPS jednak monitoruje pohyb stroje v porostu a jednak navrhuje neoptimálnější řešení jízdy stroje. Výhody využití GPS jsou mimo jiné:

- možnost přesně sledovat míru zatížení jednotlivých tras pomocí záznamu počtu průjezdů stroje po trase a navrhnout alternativy vedoucí k snížení počtu průjezdů po výrazně přetížených trasách
- GPS navrhuje optimální trasu z výchozího do koncového bodu přes zastávky u jednotlivých těžných stromů tak, aby cesta byla co nejkratší a harvestor se případně vyhnul místům se zhoršenou průjezdností
- možnost kdykoliv přesně lokalizovat harvestor v porostu

- operátor vyvážecího traktoru má přehled o místech uložení jednotlivých sortimentů i za zhoršené viditelnosti.

GPS poskytuje celou řadu dalších možností, které se postupem času přenesou z experimentální roviny do běžné praxe. V současnosti se dokonce objevují pokrokové teorie a první pokusy o vytvoření autonomního vyvážecího stroje, který by pomocí GPS a vlastních senzorů dovedl pracovat v lesních podmínkách bez operátora (Hellstrom 2002). Pro plné využití potenciálu GPS v lesních podmínkách je ovšem stále potřeba zpřesnit měření, zlepšit kvalitu družicového signálu a zkvalitnit spolupráci mezi GPS jednotkou, palubním počítačem harvestoru a operátorem (Taylor et al. 2001).

4. Cíl a metodika

4.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je, pomocí dat získaných experimentálně v terénu, zaznamenat a vyhodnotit spotřebu času při výrobě harvestorovou technologií v nahodilých těžbách. Dále je snahou získaná data analyzovat pomocí jednoduchých statistických metod a z výsledku odvodit podmínky, za kterých by harvestor vykazoval optimální výkonnost. Při stanovení těchto podmínek se vychází ze znalosti technických parametrů strojů, charakteristiky pracoviště, ale také z lidského faktoru.

4.2 Metodika

Základem pro měření, z něhož tato diplomová práce vychází je metoda časových pracovních snímků. Pro účely této práce byly použity dva druhy časových pracovních snímků:

- snímek jednotlivých pracovních operací (viz příloha 9)
- snímek pracovního dne operátora.

První skupina umožňuje popsat časovou náročnost pracovních úkonů a pracovních operací harvestorové technologie (HT), druhá potom charakterizování časového průběhu pracovního dne operátora, času na opravy a času na odstávky stroje apod. Dále bylo využito formuláře popisu stanoviště a formuláře popisu operátora.

4.2.1 Snímek jednotlivých pracovních operací

Jednotlivé úseky pracovní operace byly pro tuto diplomovou práci stanoveny následovně:

- jízda stroje do pracovního postavení
- přisunutí hlavice
- sevření stromu a odříznutí
- manipulace s kmenem
- výroba sortimentů
- celkový čas pracovního cyklu.

Jízda stroje do pracovního postavení

Každý pracovní cyklus začíná přesunem stroje na místo odkud je strom určený ke zpracování pro hydraulický jeřáb s těžební hlavici dosažitelný. Na začátku pracovní směny se zpravidla harvester přesouvá z odvozního místa, nebo jiného místa určeného pro parkování strojů na místo těžby. Zahájení prvního pracovního cyklu – jízda stroje do nového postavení tedy často trvá nejdéle. Vzhledem k tomu, že zpracovávaný porost zpravidla vykazuje vysokou míru nehomogenity prostředí, je jízda stroje značně variující hodnotou. Běžně se stává, že se v pracovním poli harvestoru nachází větší počet stromů, což znamená, že stroj zpracuje větší počet stromů než jeden aniž by musel změnit pracovní postavení. V tom případě se značí jízda stroje jako nulová. Jízda stroje do nového postavení byla pro účely měření stanovena jako interval začínající pohybem kol stroje a končící jejich zastavením v novém postavení, přičemž pokud se stroj zastaví a znovu rozjede, je to považováno za pokračování jedné pracovní operace. Za její konec se v tom případě považuje moment, kdy operátor začne manipulovat s hydraulickým jeřábem za účelem přisunutí hlavice ke stromu.

Přisunutí hlavice

Po zastavení stroje v novém postavení začne manipulovat s hydraulickým jeřábem tak, aby přisunul hlavici k těžnému kmeni. Tato operace vyžaduje schopnost operátora koordinovat několik pohybů jeřábu současně. Dá se usuzovat, že existuje prokazatelný rozdíl v čase potřebném na přisunutí hlavice u zkušeného operátora a operátora bez předchozí praxe. Za zahájení operace se považuje první pohyb jeřábu po jízdě do nového pracovního postavení a za ukončení operace se považuje moment dosednutí hlavice na kmen stromu. V praxi se ovšem ukázalo, že operátor začne často přisunovat hlavici ještě v době jízdy stroje. V takovém případě se počítá s časem pohybu jeřábu až po zastavení stroje. Podařilo se vypočítat, že značnou úsporu času přisunutí hlavice přináší pečlivější postavení stroje během jízdy (Macků 2007).

Sevření stromu a odříznutí

Po přisednutí hlavice na kmen stromu dochází k sevření podávacích válců a odvětvovacích nožů kolem kmene. Pokud operátor nasadí hlavici příliš vysoko nad zem, uvolní sevření odvětvovacích nožů a pomocí podávacích válců posune hlavici níže. Po sevření kmene na požadovaném místě dochází k odříznutí řetězovou pilou. Jedná-li se o kmen větších dimenzí, operátor při odřezávání zpravidla tlakem jeřábu mírně vychýlí kmen z rovnovážné polohy a tím sníží tlak kmene na pilu v řezu. Za konec této operace se považuje moment, kdy tlak jeřábu vychýlí kmen z rovnovážné polohy a ten začne padat. Co se týče řezu, harvester odřezává kmen jedním obloukovitým řezem. Řez je rovný, prostý, bez směrových zářezů.

Manipulace s kmenem

S ohledem na prostorové rozmístění kmenů při nahodilé těžbě způsobené větrnou kalamitou, byla nově zařazena pracovní operace manipulace z kmenem, která byla dříve chápána jako součást operace odříznutí kmene (Macků 2007). Kmeny jsou po zásahu větru přeložené přes sebe. Některé stromy jsou vyvrácené, jiné přelomené. Na rozdíl od těžby úmyslné je na operátorovu zručnost a úsudek kladen větší důraz. Pro vyproštění kmene je často třeba delšího času. Za manipulaci z kmenem je zde považován interval od pádu kmene, je-li stojící, nebo odříznutí ležícího kmene do nastavení kmene do polohy pro začátek sortimentace a odvětvování tak, aby vyráběné sortimenty byly po odříznutí uloženy do hráně u těžebně-dopravní linky v dosahu vyvážecího traktoru.

Výroba sortimentů

Závěrečnou fází výrobního cyklu je výroba sortimentů. Dochází při ní jednak k odvětvování kmene a jednak k následnému dělení kmene do požadovaných délek. Harvester přitom zaznamenává rozměrové hodnoty každého vyrobeného sortimentu včetně druhu dřeviny a jakosti, které určí operátor. Sortimentování kmene začíná vždy tzv. nulou, to je řezem na počátečním bodě na čelu kmene.

Dojde-li během manipulace s kmenem například při odvětvení k opětovnému uchycení kmene hlavicí, musí začít výroba sortimentu novým zarovnávacím řezem. Výroba sortimentů je zpravidla nejvíce časově náročným pracovním úsekem výrobního cyklu.

4.2.2 Záznam dat do formulářů

Snímek jednotlivých pracovních operací

Formulář byl sestaven tak, aby se do něj dalo jednoduše zapisovat údaje získané měřeními v terénu. Jeden list formuláře byl určen pro záznam časového průběhu 60 pracovních cyklů. Formulář byl sestaven v programu Microsoft Excel, kam byla rovněž zanesena a zpracována data z měření. K potřebě chronometráže jednotlivých pracovních operací harvestoru bylo zvoleno použití jednoho časoměrného zařízení (stopek), přičemž nebyl sledován čas hodinový denní, ale konkrétní časový úsek jednotlivé operace. Vzhledem k poměrně krátké době trvání jednotlivých pracovních operací nebylo možné souběžně pozorovat moment zahájení a ukončení činnosti, časoměrné zařízení a výsledky zapisovat. Proto bylo vybráno časoměrné zařízení se sekundovým akustickým signálem, které umožňovalo neustálý optický kontakt s harvestorem. Údaj o délce trvání jednotlivých operací byl získán sečtením jednotlivých sekundových akustických signálů po dobu trvání operace. Údaj byl následně zapsán do příslušné kolonky formuláře. Pokud v daném cyklu nebyla některá z operací provedena, například pokud harvestor zpracoval více kmenů aniž by změnil postavení, byla do příslušné kolonky vyplněna 0. Do každého listu formuláře bylo dále vyplněno označení porostu, ve kterém výzkum probíhal, datum a čas měření a operátor, který prováděl těžbu.

Snímek pracovního dne operátora

Tento formulář byl rovněž vytvořen pomocí programu Microsoft Excel (viz. příloha 20). Jeden list obsahuje informace o datu a čase zahájení směny, jejím průběhu, biologických, servisních a jiných přestávkách. Dále obsahuje informace o porostu, v němž měření probíhalo a o operátorovi, který prováděl těžbu. Jednotlivé časové údaje byly zaznamenány tak, že se zapsal čas počátku dané akce a jejího konce. Údaj byl zaznamenán s přesností na sekundy ve tvaru HH:MM:SS.

Příklad: Operátor zahájil směnu v 8:30:25, pracoval nepřetržitě do 11:10:15, kdy opustil stroj za účelem biologické přestávky a následného broušení řetězu. Těžbu opětovně zahájil v 11:21:10. Tato skutečnost se zaznamená následujícím způsobem:

Tab.1 vzor zápisu do snímku pracovního dne operátora

těžba	8:30:25	11:21:10
biologické přestávky	11:10:15	
broušení řetězu	11:15:15	

Analýza snímků pracovního dne operátora umožňuje utvořit si představu o průběhu směny a o spotřebě jednotkového, dávkového, směnového a ztrátového času souvisejícího s realizací těžby. Lze analyzovat podíl času samotné výroby na celkovém čase směny a následně stanovit, kde dochází k největším časovým ztrátám.

Formulář popisu stanoviště

Výkonnost harvestoru je do značné míry ovlivněn konkrétními stanovištními podmínkami zpracovávaného porostu. Aby bylo možné objektivně posoudit výsledky měření, je nutné podrobně popsat jednotlivé aspekty pracovního prostředí operátora. K tomu slouží formulář popisu stanoviště navržený Dvořákem (2004) sestávající z několika oddílů a bodů. Formulář byl vyplněn vždy v průběhu měření na dané lokalitě a to následovně:

„Oddíl A

- *Veškeré potřebné informace lze získat z LHP*

Oddíl B

- *nadmořská výška – bylo zjištěno z výřezu porostní mapy v měřítku 1:2000 na základě zakreslených vrstevnic*

- *expozice – byla zjištěna z výřezu porostní mapy v měřítku 1:2000.*

- *sklon terénu – byl zjištěn výpočtem z ekvidistance vrstevnic*

- *čas těžby – stanoven na základě data prováděného zásahu*

- *náchylnost k erozi – bylo stanoveno pozorováním reakce půdy na erozní činitele:*

vodu a těžebně - dopravní operace

- únosnost půdy – opět na základě pozorování vlivu těžebně - dopravních operací na stav půdy. Vzhledem k nedostatku měřicích prostředků nebylo možno únosnost půdy posuzovat jinak než pozorováním.

- průjezdnost terénu –byla stanovena výška překážek a jejich vzdálenost a to pomocí pásma s přesností u výšky překážek na centimetry a u jejich rozestupu na decimetry ,na základě měření byl vypočítán aritmetický průměr, který posloužil pro zařazení terénu do terénní skupiny.

- členitost terénu – stanoveno odhadem

- stav povrchu půdy – byla stanovena pokryvnost buřeně, vzhledem k roční době provádění zásahu nebyla buřeň uvažována

Oddíl C

- druh těžby – byl stanoven na základně plánu zásahu

- dřevina – byla stanovena na základě procentuálního zastoupení dřevin, a to příměs od 0 % do 30 % jednoklonná skladba (jehličnany, nebo listnáče), příměs 31 % a více – směs jehličnany a listnáče

- průměrná hmotnatost – bylo registrováno z LHP

- plocha těžebního zásahu – bylo vypočteno plošně z rozsahu těžby v lesním porostu Analýza časové náročnosti výroby harvestorové technologie 21

- množství vytěženého dříví – bylo zaznamenáno množství dříví vytěženého během pracovních směn, které proběhly v rámci experimentu

- síla zásahu – byla stanovena odhadem

Oddíl D

- OM - OM bylo umístěno přímo na okraji porostu

- zpřístupnění nitra porostu – bylo stanoveno na základě pozorování rozdělení porostu vyvážecími linkami

- délka vyvážecích linií – byl vypočten aritmetický průměr délek vyvážecích linií zjištěných krokováním

- těžební metoda – stanovena jako metoda probírková, prováděná harvestorovou technologií

- *mechanizační prostředky – mechanizační prostředky nutné pro činnost HT*
- *způsob přibližování –na základě zvolené technologie zásahu bylo stanoveno jako vyvážení*
- *složení pracovní čety – bylo zaznamenáno na základě pozorování na pracovišti*
- *šíře pracovních linek – byla vypočtena aritmetickým průměr z jednotlivých šíří linek, naměřených pásmem s přesností na dm*
- *šíře pracovního pole – byla zjištěna krokováním*
- *vrstva klestu na linkách – byla zjištěna měřením pomocí vysouvacího metru s přesností na centimetry přitom na každé lince byla provedena 3 měření a z výsledných hodnot byl vypočten aritmetický průměr*
- *asanovaná plocha linek – byla stanovena na základě pochůzky po úsecích pracoviště, kde již proběhl těžebně – dopravní zásah (Macků 2007).“*

Formulář popisu operátora

Jedná se o velmi jednoduchý formulář obsahující informace o věku, vzdělání a praxi všech operátorů, kteří se podíleli na měření experimentu. Formulář je doplňkovým zdrojem informací sloužícím k vytvoření představy o vlastnostech obsluhy strojů.

Významnou závislost délky praxe a výkonu operátora se podařilo prokázat, přičemž zkušený operátor dosahoval výrazně lepších výsledků než operátor bez předchozích zkušeností (Dvořák et. al. 2008). Předpokládá se, že vzdělání operátora se přímo projevuje nejen na výkonnosti výroby, ale i na míře škod na zůstávajících stomech a na celkové čistotě práce. Závislost vzdělání na čistotě práce operátora se zatím nepodařilo vědecky prokázat.

4.2.3 Metodika statistického zpracování dat

Z měření v terénu, které probíhalo dva týdny, respektive deset pracovních dnů, vznikl soubor téměř 4000 časoměrných údajů z celkem 678 pracovních cyklů. Tento relativně velký soubor dat není možné posuzovat individuálně, proto bylo zvoleno několik jednoduchých postupů pro získání generalizovaných, ale objektivních a průkazných datových výstupů. Vzhledem ke skutečnosti, že si tato diplomová práce klade za úkol nikoliv analyzovat závislosti jednotlivých

časoměrných údajů na souboru dat, ale analýzu dat samotných, byly použity pouze elementární matematické nástroje statistického zpracování.

Data získaná měřením byla zpracovávána těmito nástroji:

- aritmetický průměr
- modus
- medián
- směrodatná odchylka
- rozptyl.

Aritmetický průměr

Aritmetický průměr je definován:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

přitom členy představují jednotlivé hodnoty měření, z čehož plyne, že aritmetický průměr je součtem všech hodnot dělený počtem těchto hodnot.

Vhledem k tomu, že nemusí být pravdou, že polovina hodnot je menší než aritmetický průměr a polovina větší, nelze považovat aritmetický průměr za prostřední hodnotu souboru dat, ale je nástrojem ilustrujícím jejich přibližné rozmístění. Nevýhodou aritmetického průměru při posuzování dat získaných z měření při práci harvestoru je, že pokud dojde u některé z operací k výraznému výkyvu spotřeby času, například pokud se při manipulaci z kmenem kmen zapřičí a jeho vyproštění trvá výrazně delší dobu než obvykle, aritmetický průměr zareaguje zvýšením své hodnoty aniž by bylo patrné, že celý soubor dat se pohybuje v jiných intervalech. Aritmetický průměr by potom představoval větší číslo, než jakého dosahuje většina měření. Pro tuto skutečnost byla, pro potřeby experimentu, vynechána z výpočtu aritmetického průměru ta měření, která vykazovala výrazný výkyv od normálu. u dalších výpočtů s nimi již bylo počítáno.

Modus

Modus se definuje takto:

$$P[X = \hat{x}] \geq P[X = x_i]$$

Modus vyjadřuje číslo x , jehož hodnota se v souboru dat objevuje nejčastěji. Modus ve spojení s aritmetickým průměrem poměrně přesně ukazuje na rozložení dat v souboru.

Medián

Medián je definován jako prostřední hodnota velikostně seřazeného souboru dat. To znamená, že po seřazení dat podle velikosti bude polovina čísel menších než medián a polovina větších. Pokud obsahuje soubor dat sudý počet čísel, uvažuje se za medián aritmetický průměr dvou čísel nacházejících se nejbližší středu velikostně seřazeného souboru. Výhodou mediánu je fakt, že na rozdíl od aritmetického průměru nereaguje na extrémní hodnoty v souboru dat.

Směrodatná odchylka

„Směrodatná odchylka je v praxi neužívanější metodou popisu míry variability. Obecně vypovídá o tom, jak moc se od sebe navzájem liší jednotlivé hodnoty v souboru zkoumaných čísel. Je-li malá, jsou si prvky souboru většinou navzájem podobné, a naopak velká směrodatná odchylka signalizuje velké vzájemné odlišnosti (Macků 2007).“

Směrodatná odchylka se obvykle definuje jako:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left(\sum_{i=1}^N x_i^2 - N\bar{x}^2 \right)}$$

5. Řešení

5.1 Specifikace výrobních podmínek

5.1.1 Čas a lokalizace experimentu

Měření probíhalo 10. – 14. listopadu 2008 při práci harvestoru Rottne 5005 a 18. - 21. listopadu 2008 při práci harvestoru Rottne H20. Původním záměrem bylo věnovat oba týdny měření při práci harvestoru Rottne 5005, ale tento se v průběhu denní směny dne 14. listopadu porouchal. Poškození hydraulického zařízení podávacích válců si vyžádalo výměnu části dílů a stroj byl na celý týden odstaven z provozu. Proto došlo k přesunu a k měření při práci druhého stroje vyšší výkonové třídy Rottne H20. Tato situace nakonec přinesla cenné údaje pro porovnání výkonnosti dvou různých strojů v nahodilé těžbě v porostech s podobnou charakteristikou porostního složení, ale se zcela jinou charakteristikou sklonitosti terénu. Experiment probíhal na těchto porostech, respektive porostních skupinách:

- 713 D13 harvestor Rottne 5005
- 721 B 9 harvestor Rottne H20.

Obě porostní skupiny se nacházejí v polesí Nasavrky, revír Slatiňany, v oblasti Českomoravského meziohří. Na přelomu října a listopadu 2008 došlo opakovaným působením bořivého větru ke vzniku kalamitní situace velkoplošného rozsahu. Celková výše škod na porostech nebyla dosud vyčíslena, odhaduje se, že došlo k poškození nebo zničení porostů o celkovém objemu přibližně 250 000 m³ dřevní hmoty v hroubí. Porosty, na kterých probíhal experiment, byly činností větru zcela zničené.

Porostní skupina 713 D 13

Jedná se o skupinu o výměře 4,14 ha, lesního typ 3S1. Porost byl smrkový bez příměsí, stáří 129 let, zakmenění 10 (viz příloha 10).

Porost se nachází částečně na svazích a částečně na dně rokle (viz příloha 11). Střední šířka dna rokle je 43 m. Vítr vnikl do rokle směrem od východu. Vzhledem ke směru větru a k mělkému kořenovému systému stromů, způsobenému jednak

nízkou hladinou podzemní vody u dna rokle a jednak nízkou mocností půdy na stěnách rokle, došlo téměř výhradně k jednosměrnému vývratu stromů (viz příloha 12). Při měření se ukázalo, že se tento fakt pozitivně projevil dobrou dostupností a manipulovatelností jednotlivých kmenů pro hlavici harvestoru. Porost byl zpřístupněn od vstupu do rokle a těžba probíhala ve směru působení větru. Harvestor postupně odřezával vyvrácené kmeny a pohybem jeřábu s kmenem směrem k sobě navracel vyvrácené kořenové baly na původní místo. Na stěnách rokle pracoval stroj vždy odspodu směrem nahoru a zpět. Velmi náročné pracovní podmínky ve smyslu terénních zlomů zřejmě společně se stářím stroje způsobily poruchu hydrauliky hlavičky.

Porostní skupina 721 B9

Skupina 721 B9 byla svým druhovým zastoupením shodná se skupinou 713 D 13, jednalo se rovněž o téměř výhradně smrkový porost o výměře 5,25 ha, stáří 110 let a zakmenění 10 (viz příloha 13). Celý porost 721 se nachází na plošině, sklon je minimální (viz příloha 14). Půdy jsou zde mocnější. Po působení bořivého větru zůstala přibližně jedna třetina stromů stát postižená zlomem ve střední části kmene. Zbylé stromy byly vyvráceny. Vyvrácené kmeny byly rovněž orientovány jedním směrem, takže se při těžbě opět postupovalo ve směru větru. Manipulaci s kmeny ovšem v tomto případě ztěžovalo velké množství stojících zlomených kmenů (viz příloha 15). Operátor musel poměrně často vyprošťovat kmen z tzv. boudy. Ovšem vzhledem k velkému výkonu stroje a tím i k síle jeřábu, nečinil tento stav stroji velké potíže.

5.1.2 Technický popis experimentálně měřených harvestorů

Experiment byl proveden při činnosti dvou strojů z celkových 5 nasazených v místě. Na harvestoru Rottne 5005 a na stroji Rottne H20. Oba stroje byly řízeny zkušenými operátory.

Rottne H20

Tento velmi výkonný stroj patří do nejvyšší výkonové třídy harvestorů (viz přílohy 16 a 17). S motorem John Deere o výkonu 187 kW se jedná o nejsilnější

harvestor od firmy Rottne. Stroj je vybaven nejnovějším systémem vstřikování paliva „common rail“, které snižuje spotřebu paliva za současného splnění všech limitů emise škodlivin do ovzduší. Standardně montovaná hlavice EGS 700 o úřezu 750 mm je vybavená výkonným systémem podávacích válců, který umožňuje velmi rychlou manipulaci s kmenem. Výrobce uvádí odvětvovací rychlost 3,7 m/s. Při měření se ukázalo, že stroj se svou silou a stabilitou v náročném prostředí nahodilé těžby 130letých porostů osvědčil. Velká rychlost posuvu kmene v hlavici se pozitivně projevila v časech pracovních operací, zejména v manipulaci s kmenem a ve výrobě sortimentů. Dosah hydraulického jeřábu 10 m umožnil operátorovi zpracovat několik kmenů aniž by změnil pracovní postavení. V prostředí nahodilé těžby, kde značná část zlomených kmenů zůstala stát, což znamenalo malou míru přehlednosti pracoviště, se velmi osvědčila možnost nezávislého otáčení kabiny. Kabina se může natočit bez pohybu podvozku o 40° do obou směrů, což operátorovi značně usnadňuje orientaci a přehled o pracovním poli. Velmi zkušený operátor stroje (15 let s harvestorem) při rozmluvě ocenil především velkou sílu stroje, rychlý posun kmene v hlavici a výhled z kabiny.

Technická specifikace

Motor

Šestiválcové turbo John Deere 6081 HF 070

Objem válců 8 100 cm³

Výstupní výkon při 2200 ot/min. 187 kW

Kola

Přední 750/45 x 30,5 – boogie náprava

Zadní 700/70 x 34

Pracovní tlak hydrauliky

3 - 25 Mpa

Těžební hlavice EGS-700

Úřez 750 mm

Max. otevření podávacích válců 1 050 mm

Síla podávacích válců 27 kN

Rychlost odvětvení 3,7 m/s

Váha hlavice 1 400 kg

Měřicí a kontrolní systém hlavice

ROTTNE D5

Světlost podvozku

610 mm

Hydraulická ruka RK 200

Paralelní hydraulická ruka s teleskopickým výsunem 1,4 m

Dosah 10 m

Hmotnost 21 000 kg

Rottne 5005

Stroj osazený rovněž motorem John Deere, v tomto případě šestiválcovým cylindrickým motorem 6068 turbo o výkonu 147 kW se řadí rovněž do nejvyšší výkonové skupiny (viz přílohy 18 a 19). Stroj byl vybaven hydraulickým jeřábem RK 140 o dosahu 10,4 metru osazeným těžební hlavicí EGS 604 o úřezu 600 mm. Operátor stroje byl rovněž zkušený (práce s harvestorem 10 let).

Technická specifikace

Motor

Šestiválcové turbo John Deere 6068

Objem válců 6 800 cm³

Výstupní výkon při 2200 ot./min. 147 kW

Kola

Přední 700/55 x 34

Zadní 700/55 x 34

Pracovní tlak hydrauliky

3 - 25 Mpa

Těžební hlavice EGS- 604

Úřez 600 mm

Měřicí a kontrolní systém

D 4000

Světlost podvozku

525 mm

Hydraulická ruka RK 140

Paralelní hydraulická ruka

Dosah 10,4 m

Hmotnost 13 000 kg

(technická specifikace převzata z propagačních materiálů společnosti Reparoservis 2008)

5.2 Analýza spotřeby času

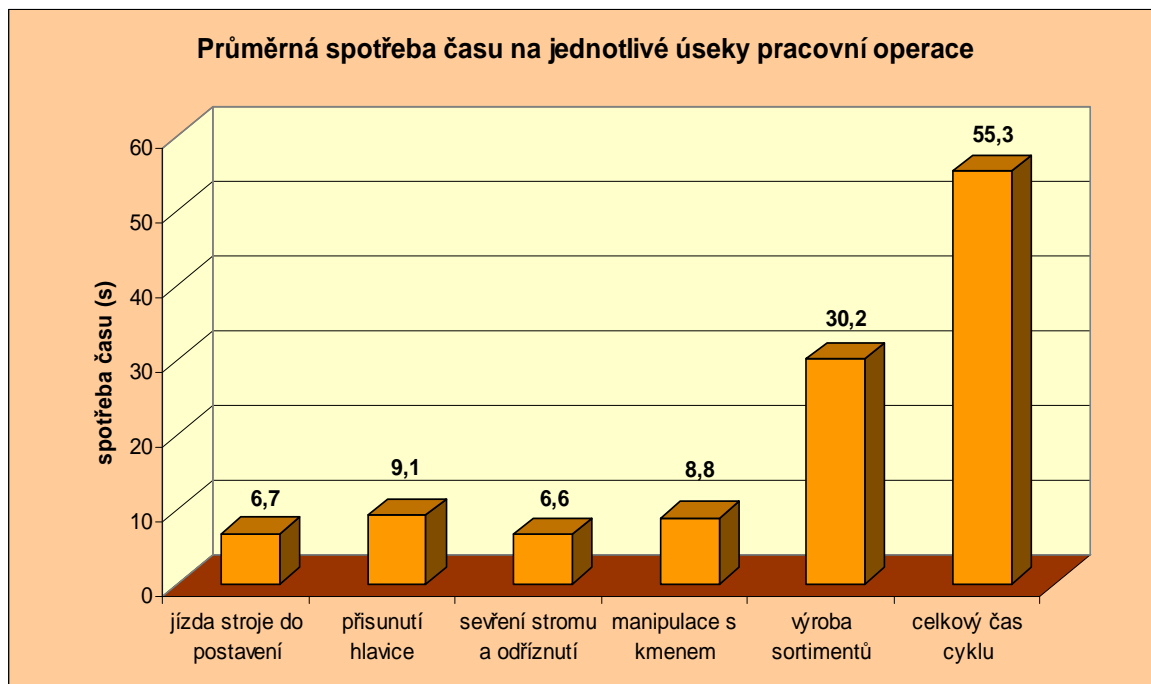
Při experimentu bylo získáno celkem 3390 časových údajů o trvání jednotlivých pracovních operací a bylo sledováno 678 pracovních cyklů. Data byla následně početně zpracována tak, aby poskytovala obraz výkonnosti strojů v daných podmínkách. Vycházelo se vždy z počtu jednotlivých měření. Pro statistické zpracování dat byl využit program Microsoft Excel, který se s ohledem na počet zpracovávaných dat osvědčil. Analýzou získaných dat se dospělo k výsledkům uvedeným v následujících tabulkách 2 a 3.

Harvestor Rottne 5005 v porostu 713 D13

Tab. 2 – matematická analýza spotřeby času jednotlivých operací Rottne 5005

	aritm.prům.	modus	medián	smodch	počet měření
jízda stroje do postavení	6,7	0	4	10,57917	438
přisunutí hlavice	9,1	5	8	4,652994	438
sevření stromu a odříznutí	7	2	7	3,770581	438
manipulace z kmenem	8,8	2	7	9,077544	438
výroba sortimentů	30,2	31	29	16,53347	438
celkový čas cyklu	55,3	44	59	22,72924	438

Graf 1 – průměrná spotřeba času jednotlivých úseků pracovní operace



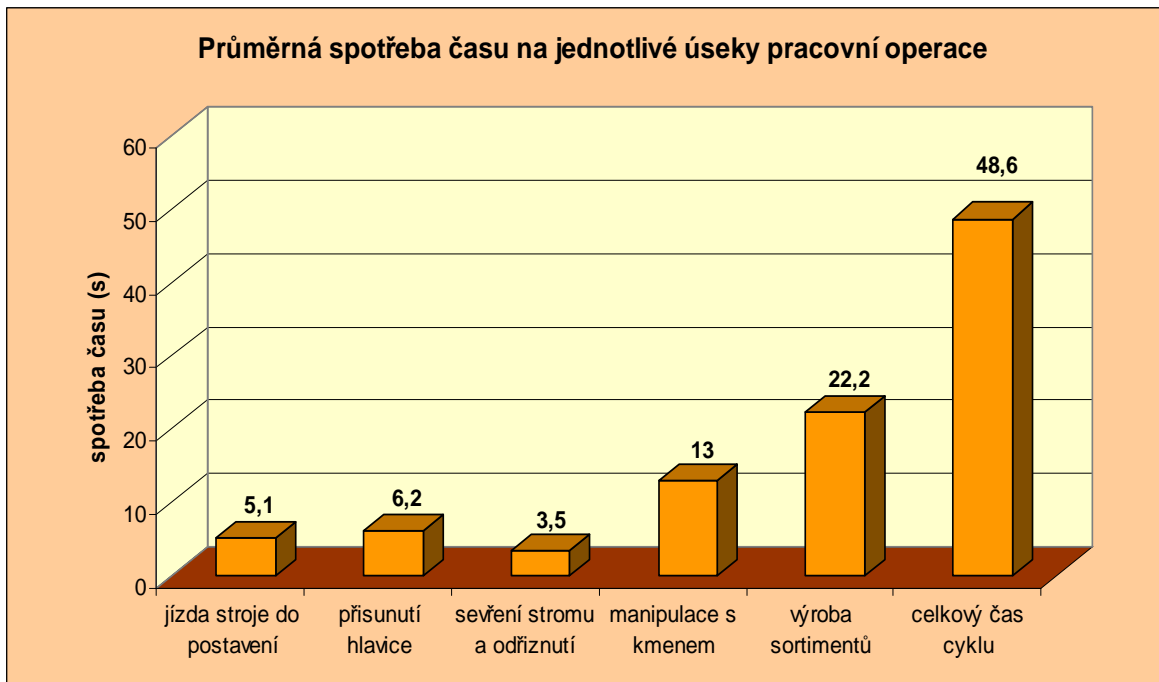
Harvestor Rottne H20 v porostu 721 B9

Data získaná při práci harvestoru Rottne H20 byla zpracována stejným způsobem jako v případě stroje Rottne 5005 s následujícími výsledky:

Tab. 3 - matematická analýza spotřeby času jednotlivých operací Rottne H20

	aritm.prům.	modus	medián	smodch	počet měření
jízda stroje do postavení	5,1	0	2	7,651838	240
přisunutí hlavice	6,2	3	5	6,061261	240
sevření stromu a odříznutí	3,5	2	2	3,678766	240
manipulace z kmenem	13	0	8	18,18216	240
výroba sortimentů	22,2	0	19	18,26018	240
celkový čas cyklu	48,6	36	44	27,46724	240

Graf 2 – průměrná spotřeba času jednotlivých úseků pracovní operace



5.3 Snímek pracovního dne operátora

Z měření pracovního dne operátora vyplývá, že největší časovou ztrátu způsobuje, z běžných aktivit, přerušení práce za účelem stravy, tzv. polední pauza. V případě operátora stroje Rottne H20 v průměru 41 minut v případě operátora harvestoru Rottne 5005 dokonce 75 minut. Přičemž k mimořádným přestávkám způsobeným poruchou stroje se v hodnocení běžných prodlev nepřihlíží. Přerušení práce za účelem broušení řetězu se za pracovní směnu konalo průměrně 6x, přičemž trvalo zhruba 5 minut a oba operátoři ho využívali i k vykonání hygienické pauzy popřípadě k vykouření cigarety. Které lze označit za osobní časové ztráty. Jednou denně docházelo k přerušení výroby za účelem kontroly měřícího systému stroje místě příslušným revírníkem, měření a následný přepočít zabralo průměrně 17 minut, došlo při něm ale i ke zpracování několika kmenů. Tankování paliva probíhalo 1x za směnu a trvalo v průměru 25 minut.

6. Výsledky a diskuze

Srovnáním výsledků experimentu s výsledky práce Ulricha et al. (2002) a Macků (2007) se ukázalo, že měření vykazuje velmi podobné rozložení parciálních časů jednotlivých operací na celkovém čase pracovního cyklu. Při experimentu se ukázalo, že v případě obou operátorů účastnících se experimentu je časově nejvíce náročný úsek pracovní operace výroba sortimentů, což je způsobeno především technickou náročností. Výroba sortimentů zároveň v obou případech vykazuje nejvyšší míru variability získaných dat, což je pravděpodobně způsobeno výraznou nehomogenitou pracovních podmínek v nahodilých těžbách.

Konkrétní stanovištní podmínky se projevily v případě pracovní operace jízda stroje do nového postavení, kdy operátor stroje Rottne 5005 potřeboval v průměru o 1,6 s více než Rottne H20. Variabilita jednotlivých dat byla vyšší než u operátora Rottne H20. Tyto skutečnosti odrážejí konkrétní vlastnosti terénu pracoviště. Je zřejmé, že se velký sklon strání a celková rozrůzněnost terénu projevila do výsledku měření jak větší průměrnou časovou náročností tak vyšší variabilitou získaných dat. Konkrétní stanovištní podmínky se rovněž projevily u operace manipulace z kmenem. Operátor stroje Rottne H20 potřeboval v průměru o 4,2 s více než operátor stroje Rottne 5005. Získaná data také vykazují větší míru variability než v případě Rottne 5005. Tuto skutečnost lze vysvětlit způsobem a rozložením kmenů při pádu. Zatímco v případě práce stroje Rottne 5005 byla naprostá většina stromů vyvrácena včetně kořenového systému a následně položena v jednom směru, v případě porostu zpracovávaného harvestorem Rottne H20 byla velká část stromů postižena zlomem ve střední části kmene, přičemž spodní část kmene zůstala stát a došlo ke vzniku tzv. boudy. Tento stav pochopitelně způsobuje větší náročnost zpracování a tím i vyšší časové nároky na něj. Výsledky měření operace sevření stromu a odříznutí vykazují rovněž velký rozdíl, v případě stroje Rottne 5005 bylo třeba v průměru o 3,5 vteřiny víc, což představuje poloviční rozdíl. Tento fakt, společně s časem potřebným k přisunutí hlavice průměrně o 1,6 vteřiny delším, lze zřejmě vysvětlit tím, že operátor se vzhledem ke svažitosti terénu snažil zpracovat větší počet kmenů aniž by změnil pracovní postavení.

Porovnáním dosažených výsledků v nahodilé těžbě s výsledky

publikovanými Ulrichem et al. (2002) pro těžbu plánovanou se zjistilo, že průměrná časová náročnost výrobního cyklu v nahodilých těžbách nevykazuje výrazně vyšší hodnoty než při těžbách plánovaných. Ke stejnému závěru se dospělo srovnáním výsledku experimentu s výsledky publikovanými. Nurminen et al. (2006). Předpoklad se tedy nepotvrdil.

Naopak předpoklad, že v případě nahodilé těžby je časová spotřeba na jeden výrobní cyklus průměrně menší než v případě těžeb probírkových se podařilo dokázat srovnáním s výsledky měření bakalářské práce Macků (2007).

7. Závěr

V průběhu dvou pracovních týdnů 10. – 14. listopadu 2008 a 18. - 22. listopadu 2008 bylo přímým měřením při nahodilých těžbách v terénu získáno 3390 časových údajů o trvání jednotlivých pracovních operací a bylo sledováno 678 pracovních cyklů. Získaná data byla následně matematicky zpracována a číselně i graficky znázorněna. V průběhu měření byl zároveň pořízen kontrolní videozáznam v délce 45 minut (viz příloha 21) a série fotografií. Dalším zdrojem pro tuto práci byl Lesní hospodářský plán a lístky z palubního počítače harvestoru, vše poskytnuto lesním správcem.

Analýzou získaných dat se podařilo odhalit a popsat časově nejvíce náročné pracovní operace ve výrobním cyklu harvestoru v závislosti na konkrétních výrobních podmínkách při nahodilých těžbách, což by mohlo přispět k návrhu opatření vedoucích k minimalizaci časových ztrát a tím vedoucích k optimalizaci výroby v daných podmínkách.

Hypotézu, že je při nahodilých těžbách průměrný pracovní cyklus časově náročnější než v případě plánovaných těžeb se dokázat nepodařilo. Shodnou časovou náročnost výrobních cyklů v nahodilých těžbách a těžbách plánovaných si lze vysvětlit způsobem rozložení vyvrácených kmenů na daném stanovišti. Kmeny byly orientovány jedním směrem, což zřejmě způsobilo jejich relativně dobrou manipulovatelnost pro operátora harvestoru, podobnou jako při plánovaných těžbách. Otázka vlivu způsobu rozložení vyvrácených kmenů na časovou náročnost výroby v nahodilých těžbách je otázkou dalšího výzkumu. Od operátora harvestoru pracujícího v nahodilé těžbě s vyvrácenými kmeny jednosměrně orientovanými je tedy možné očekávat podobnou výkonnost, z hlediska průměrného času jednoho pracovního cyklu, jako od operátora pracujícího v těžbě plánované.

V rámci této diplomové práce se zároveň podařilo prokázat správnost tvrzení, že průměrná časová náročnost pracovních cyklů v nahodilé těžbě je menší než průměrná časová náročnost pracovních cyklů v těžbě probírkové. Při posuzování výsledků snímků pracovního dne operátora se došlo k závěru, že k největším časovým ztrátám dochází při neočekávaných přestávkách, zejména při poruše stroje. Tuto situaci nelze předpovídat, tudíž ani omezení spotřeby času

způsobené poruchami stroje nelze navrhnout. Jako možné řešení lze navrhnout větší důraz na preventivní servisní prohlídky strojů a na případné včasné výměny poškozených nebo opotřebovaných součástí za nové. Jedině tak lze účinně předcházet ztrátám způsobeným odstavením stroje a jeho opravami.

Z časových ztrát vznikajících běžnými potřebami lze omezit zejména dobu potřebnou k polední pauze operátora, která se ukázala jako, z běžných přerušení výroby, časově nejvíce náročná. Lze doporučit například dopravení stravy pomocným pracovníkem přímo na pracoviště, tak aby se minimalizovaly časové ztráty při přesunu operátorů na místo výdeje jídla.

Dále lze doporučit používání rezných řetězů Sharp, které vykazují menší průběžnou ztrátu ostrosti a tím nižší nároky na čas strávený broušením. Toto doporučení je ovšem diskutabilní, protože přestávky za účelem broušení řetězu byly zpravidla využívány operátory i k vykonání potřeb osobní hygieny. Je sporné, zda v případě omezení přestávek za účelem broušení řetězu dojde i k omezení nutných přestávek biologických.

Při experimentu se zároveň projevilo nedostatečné označení stromů, které odolaly bořivé síle větru, ale jsou rovněž vybrány k těžbě. Tyto stromy byly odpovědným pracovníkem označeny až po zpracování stromů vyvrácených. Operátor harvestoru tedy věnoval zbytečnou pozornost minimalizaci poranění stojících stromů, které byly nakonec stejně vytěženy. Zda je možné přesně odhadnout zdravotní stav těchto stromů před odstraněním stromů ležících zůstává otázkou. Autor doufá, že data získaná pro tuto práci, stejně jako jejich analýza, přispějí v vytvoření jednotných výkonových norem pro výrobu harvestorovou technologií v našich podmínkách. Tuto diplomovou práci lze zároveň považovat za základ budoucích studií o optimalizaci výroby harvestorovou technologií v nahodilých těžbách a o vlivu orientace vyvrácených kmenů na výkonnosti operátorů a jejich strojů.

8. Seznam použité literatury

BULLEY, B.: Effect of tree size and stand density on harvester and forwarder produktivity in commercial thinning, Institut Vanadiem de Recherches en Genie Forestier, 1999, 8 s.

DVOŘÁK, J.: Harvestorové technologie a podmínky pro jejich nasazení v lesním hospodářství, publikováno ve sborníku Harvestorové technologie v lesním hospodářství v rámci programu SAPARD, ČZU v Praze, 2004, str. 12 – 25.

DVOŘÁK, J.; MALKOVSKÝ, Z.; MACKŮ, J.: Influence of human factor on the time of work stages of harvesters and crane-equipped forwarders, Journal of Forest Science, 2008, roč. 54, č.1, str. 24 – 30.

HELLSTROM, T: Autonomous Navigation for Forest Machines, Umea University of Sweden, 2002, 60 s.

HORN, R; VOSSBRINK, J.; PETH, S.; BECKER, S.: Impact of Modern Forest Vehicles on Soil Physical Properties, Christian Albrechts Universitat zu Kiel, 2007, 8 s.

JANEČEK, A.: Lesnická mechanizace, ČZU v Praze, 2002, 248 s.

LASÁK, O; NĚMEC, K.: Víceoperační těžebně-dopravní stroje (TDS) v ČR, Lesnická práce, vol. 74, no. 11, 1996, str. 402 - 403.

LASÁK, O; NĚMEC, K.: Víceoperační těžebně-dopravní stroje (TDS) v ČR, Lesnická práce, vol. 74, no. 12, 1996, str. 447 - 449.

MACKŮ, J.: Analýza časové náročnosti výroby harvestorové technologie, ČZU v Praze, bakalářská práce, nepublikováno, 2007, 36 s.

MORAVEC, P.: Výuka a příprava operátorů těžebně dopravních strojů, publikováno ve sborníku Harvesterové technologie v lesním hospodářství v rámci programu SAPARD, ČZU v Praze, 2004, str. 38 - 44.

NURMINEN, T. ; KARPUNEN, H. ; UUSITALO, J.: Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-length Harvesting System, The Finnish Society of Forest Science, 2006, Silva Fennica 40 (2) str. 335 – 363.

NABUURS, G. J.; PUSINEN, A.; BRUSSELEN, J.; SCHELHAAS, M.J.: Future Harvesting Pressure on European Forests, Eur J Forest Res, 2007, 126, str. 391 – 400.

PUŠ, V.: Popisná statistika, ČZU Praha, 2007, 44 s.

TAYLOR, S.E.; McDONALD, T.P.; MATTHEW, W.V.; GRIFT, T.E.: Using GPS to Evaluate Productivity and Performance of Forest Machine Systems, Prezentace při prvním světovém sympoziu přesného lesnictví, Seattle, Washington, USA, 2001, 10 s.

ULRICH, R.; ACHLAGHAMERSKÝ, A.; ŠTOREK V.: Použití harvesterové technologie v probírkách, MZLU Brno, 2002, 98 s.

ULRICH, R.: Stroje a technologie pro těžební výrobu, MZLU Brno, 1989, 100 s.

VYSKOT, I.: Kvantifikace a hodnocení funkcí lesů České republiky, pro MŽP vydalo 131 MARGARET, 2003, 174 s.

9. Přílohy

Seznam příloh:

Příloha 1 – Příklad jednooperačního stroje: štěpkovač.

Příloha 2 – Příklad víceoperačního stroje: harvestor.

Příloha 3 – Jeden z prvních harvestorů vybavených hydraulickým jeřábem.

Příloha 4 – Vznik erozních rýh při výrobě HT.

Příloha 5 – Překonání překážky: klasická a tandemová (boogie) náprava.

Příloha 6 – Hydraulický jeřáb.

Příloha 7 – Kácecí hlavice.

Příloha 8 – Činnost kácecí hlavice.

Příloha 9 – Snímek pracovních operací harvestoru Rottne 5005

Příloha 10 – Formulář popisu stanoviště, porostní skupina 713 D13.

Příloha 11 – Reliéf terénu v oblasti porostní skupiny 713 D13.

Příloha 12 – Jednosměrný vývrat stromů.

Příloha 13 – Formulář popisu stanoviště, porostní skupina 721 B9.

Příloha 14 – Reliéf terénu v oblasti porostní skupiny 721 B9.

Příloha 15 – Stojící zlámané kmeny.

Příloha 16 – Schéma harvestoru Rottne H20.

Příloha 17 – Harvestor Rottne H20.

Příloha 18 – Schéma harvestoru Rottne 5005.

Příloha 19 – Harvestor Rottne 5005.

Příloha 20 – Snímek pracovního dne operátora harvestoru.

Příloha 21 – CD s DP, fotografiemi a videozáznamem.

Příloha 1 – Příklad jednooperačního stroje: štěpkovač.



Zdroj: <http://www.lesni-technika.cz/>

Příloha 2 – Příklad víceoperačního stroje: harvester.



Zdroj: <http://www.agroseznam.cz/>

Příloha 3 – Jeden z prvních harvestorů vybavených hydraulickým jeřábem.



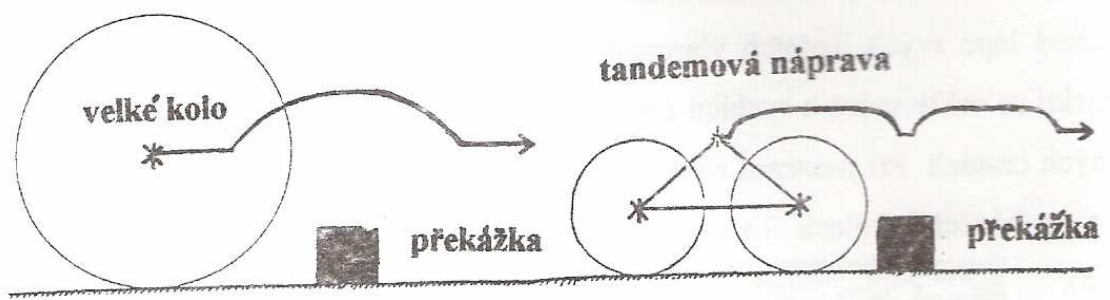
Zdroj: <http://www.fao.org/>

Příloha 4 – Vznik erozních rýh při výrobě HT.



Zdroj: archiv autora

Příloha 5 – Překonání překážky: klasická a tandemová (boogie) náprava



Zdroj: Ulrich et al., 2002.

Příloha 6 – Hydraulický jeřáb.



Zdroj: <http://www.vrlab.umu.se/>

Příloha 7 – Kácecí hlavice.



Zdroj: <http://www.agroseznam.cz/>

Příloha 8 – Činnost kácecí hlavice.



Zdroj: <http://www.fpemagazine.com/>

Snímek pracovních operací harvestoru Rottne 5005

list č.

1

měření 8:30 - 10:00

pracovní snímek číslo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
jízda stroje do postavení		14	0	15	15	0	0	0	5	8	0	18	2	0	0	10	18	0	3	17	0
přisunutí hlavice		9	9	10	7	13	12	8	15	5	24	6	14	15	13	13	15	7	11	14	5
sevření stromu a odříznutí		5	2	2	3	8	2	2	2	2	2	2	5	2	2	2	2	2	2	5	2
manipulace z kmenem		2	2	5	2	2	2	2	10	12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8	2
výroba sortimentů		26	32	42	43	31	35	18	26	12	16	21	33	28	23	29	36	24	30	30	32
celkový čas cyklu		56	45	74	70	54	51	30	58	39	44	49	56	47	40	56	73	35	48	74	41

P

P

P

pracovní snímek číslo		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
jízda stroje do postavení		2	0	0	0	0	3	13	0	18	112	0	0	16	0	0	0	12	93	0	0
přisunutí hlavice		6	14	5	8	17	8	3	11	13	3	12	9	3	12	15	23	6	15	12	42
sevření stromu a odříznutí		2	2	2	2	2	2	2	2	2	15	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6
manipulace z kmenem		5	2	2	2	2	2	2	2	2	29	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
výroba sortimentů		53	29	26	28	35	31	93	6	12	29	25	32	16	25	41	21	25	16	8	24
celkový čas cyklu		68	47	35	40	56	46	113	21	47	188	41	45	39	41	60	48	47	128	24	74

P

P

P

P

P

P

pracovní snímek číslo		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
jízda stroje do postavení		19	0	3	0	0	0	6	0	12	0	0	6	0	0	2	10	0	3	0	0
přisunutí hlavice		3	12	8	3	21	15	12	5	19	29	8	13	5	14	19	14	5	10	16	3
sevření stromu a odříznutí		2	2	2	2	10	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
manipulace z kmenem		10	8	12	2	2	2	2	5	2	2	2	2	2	2	17	2	2	2	2	2
výroba sortimentů		32	26	31	71	27	33	30	12	35	128	27	32	19	31	25	39	8	29	32	36
celkový čas cyklu		66	48	56	78	60	56	52	24	70	161	39	55	28	49	65	67	17	46	52	43

Příloha 9 – Snímek pracovních operací harvestoru.

Formulář popisu pracoviště a těžebně – dopravních operací 713 D13

Číslo formuláře: 1

A. Identifikace pracoviště:

1. Majitel lesa: Státní les (LČR)
2. Polesí: Nasavrky
3. Porost: 713 D13
4. Plocha porostu v ha: 4,14 z toho provedený zásah v ha: 4,14
5. Věk: 129
6. Zakmenění před zásahem z LHP: 10
7. Dřeviny a jejich zastoupení: SM 100
8. Výčetní tloušťky dřevin v cm: 30
9. Střední výšky dřevin v m: 27
10. Průměrná hmotnatost v m³: 0,91
11. Zásoba dřeva na 1 ha v m³: 527

Poznámka: údaje ad3) až ad11) se přebírají z LHP

B. Charakteristika přírodních podmínek:

1. Nadmořská výška: 380 – 421
2. Expozice: JV
3. Sklon terénu: > 10 %
4. Čas těžby: doba mízního klidu (1.10. – 14.5.)
5. Náchylnost k erozi (míní se míra odolnosti proti působení erozních činitelů – vody, větru, těžebně-dopravních operací): lehčeji erodovatelná
6. Únosnost půdy: únosná (> 200 kPa)
poznámka: odhadem
7. Průjezdnost terénu: překážky do výše 50 cm ve vzdálenosti větší než 5 m
(průjezdné pro LKT)
8. Členitost terénu: mírně členitý
poznámka: odhadem
9. Stav povrchu půdy: bez buřeně

C. Charakteristika těžebního zásahu a těžného dřeva

1. Druh těžby: těžba nahodilá – plošný zásah
2. Dřevina: jehličnany
3. Průměrná hmotnost: $0,91 \text{ m}^3 \cdot \text{ks}^{-1}$
4. Plocha těžebního zásahu: 4,14 ha
5. Množství vytěženého dříví: 2183 m^3
6. Síla zásahu: 100 %

Poznámka: sílou zásahu se rozumí množství těžných stromů vzhledem k množství stromů v porostu – určuje se odhadem

D. Technologická charakteristika pracoviště a zásahu:

1. OM: Mimo okraj porostu ve vzdálenosti 350 m
 2. Zpřístupnění nitra porostu: Volný pohyb bez vytyčení linek
 3. Délka přibližovacích linií --- m
 5. Těžební metoda: sortimentní – výřezy standardních délek
 6. Mechanizační prostředky použité při těžebně dopravních operacích v porostu:
 - a) Kácení:Harvestor /značka/ Rottne 5005
 - b) Vyklizování: Hydromanipulátorem
 - c) Přibližování: Vyvážecím traktorem
 - d) Způsob přibližování: Vyvážení
 7. Složení pracovní čety: operátor harvestoru, operátor vyvážecího traktoru
 8. Šíře přibližovacích linek: --- m
 9. Šíře pracovního pole: --- m
 10. Vrstva klestu na linkách: 15 cm
 11. Umělé rohože : ne
 12. Asanovaná plocha linek.. 0 % (odhadem)
-

Příloha 11 – Reliéf terénu v oblasti porostní skupiny 713 D13.



Zdroj: archiv autora

Příloha 12 – Jednosměrný vývrát stromů.



Zdroj: archiv autora

Formulář popisu pracoviště a těžebně – dopravních operací 721 B9

Číslo formuláře: 2

A. Identifikace pracoviště:

1. Majitel lesa: Státní les (LČR)
2. Polesí: Nasavrky
3. Porost: 721 B9
4. Plocha porostu v ha: 5,25 z toho provedený zásah v ha: 5,25
5. Věk: 110
6. Zakmenění před zásahem z LHP: 10
7. Dřeviny a jejich zastoupení: SM 100
8. Výčetní tloušťky dřevin v cm: 26
9. Střední výšky dřevin v m: 21
10. Průměrná hmotnatost v m³: 0,67
11. Zásoba dřeva na 1 ha v m³: 517

Poznámka: údaje ad3) až ad11) se přebírají z LHP

B. Charakteristika přírodních podmínek:

1. Nadmořská výška: 411
2. Expozice: --
3. Sklon terénu: 34 - 40 %
4. Čas těžby: doba mízního klidu (1.10. – 14.5.)
5. Náchylnost k erozi (míní se míra odolnosti proti působení erozních činitelů – vody, větru, těžebně-dopravních operací): lehčeji erodovatelná
6. Únosnost půdy: únosná (> 200 kPa)
poznámka: odhadem
7. Průjezdnost terénu: Překážky do výše 50 cm ve vzdálenosti větší než 5 m
(průjezdné pro LKT)
8. Členitost terénu: Mírně členitý
poznámka: odhadem
9. Stav povrchu půdy: bez buřeně

C. Charakteristika těžebního zásahu a těžného dřeva

1. Druh těžby: těžba nahodilá – plošný zásah
2. Dřevina: jehličnany
3. Průměrná hmotnatost: $0,67 \text{ m}^3 \cdot \text{ks}^{-1}$
4. Plocha těžebního zásahu: 5,25 ha
5. Množství vytěženého dříví: 2715 m^3
6. Síla zásahu: 100 %

Poznámka: silou zásahu se rozumí množství těžných stromů vzhledem k množství stromů v porostu – určuje se odhadem

D. Technologická charakteristika pracoviště a zásahu:

1. OM: Přimo u porostu
 2. Zpřístupnění nitra porostu: Volný pohyb bez vytyčení linek
 3. Délka přibližovacích linií --- m
 5. Těžební metoda: sortimentní – výřezy standardních délek
 6. Mechanizační prostředky použité při těžebně dopravních operacích v porostu:
 - a) Kácení: Harvester /značka/ Rottne H20
 - b) Vyklizování: Hydromanipulátorem
 - c) Přibližování: Vyvážecím traktorem
 - d) Způsob přibližování: Vyvážení
 7. Složení pracovní čety: operátor harvestoru, operátor vyvážecího traktoru
 9. Šíře přibližovacích linek: --- m
 10. Šíře pracovního pole: --- m
 11. Vrstva klestu na linkách: 25 cm
 12. Umělé rohože : ne
 13. Asanovaná plocha linek: 0 % (odhadem)
-

Příloha 14 - Reliéf terénu v oblasti porostní skupiny 721 B9.



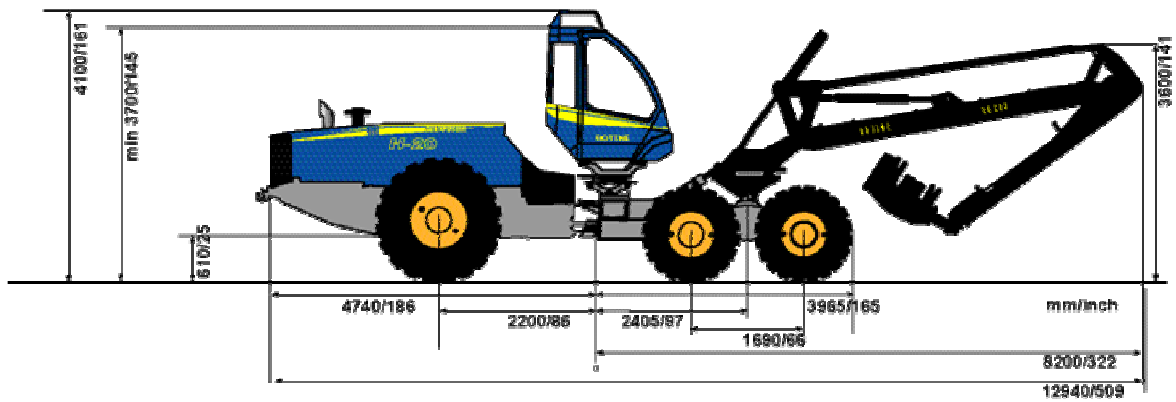
Zdroj: archiv autora

Příloha 15 – Stojící zlámané kmeny.



Zdroj: archiv autora

Příloha 16 – Schéma harvestoru Rottne H20.



Zdroj: <http://merimex.cz/>

Příloha 17 – Harvestor Rottne H20.



Zdroj: archiv autora

Příloha 21 - CD