

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesní těžby



Disertační práce

**Metodika pro kalibraci těžebních strojů a analýza
výstupů dat dle StandForD**

Autor: Ing. Antonín Kabeš

Školitel: doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph.D.

2015

"Prohlašuji, že jsem teze disertační práce na téma „Metodika pro kalibraci těžebních strojů a analýza výstupů dat dle StandForD“ vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací a doporučení školitele.

Souhlasím se zveřejněním disertační práce dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby."

V Praze dne 18. 7. 2015

Podpis autora

Abstrakt

Cílem disertační práce je sestavení a doporučení standardů/normativů pro provoz harvesterů a vyvážecích traktorů ve vybraných výrobních podmínkách a navržení postupů kalibrace.

Zjištění objemu výroby je prováděno na základě prvotních přejímek z měřících a řídicích systémů harvesteru a bude ověřováno manuálně. Data ze strojů jsou přebírána ze souborů s příponou *.prd (production/výroba - primární data o výrobě) a *.stm (stem volues/hodnoty kmene - měření průměrných délek a průměrů) dle datového formátu StanForD.

Návrh metodiky kalibrace je proveden na základě výsledků matematicko-statistické analýzy chyb mezi výkazy měřících systémů dle formátu StandForD a manuálním měřením; chybných postupů operátorů popř. dalších faktorů.

Výsledkem práce je navržení postupu kalibrace víceoperačních strojů (harvesterů) formou provozní příručky.

Klíčová slova: harvester, produktivita práce, měřící systém, řídicí systém, kalibrace

Abstract

The aim of the thesis is to design and recommend standards for harvester and forwarder operation in selected production conditions and propose the calibration procedure.

The determination of production volume will be conducted based on primary data from measuring and control harvester systems and will be verified manually. Harvester data will be collected from *.prd (production - primary production data) and *.stm (stem values - measurements of mean lengths and diameters) files according to the StanForD data format.

The proposed calibration method will draw on results of mathematical and statistical error analysis of measuring system reports according StandForD and manual measurements, incorrect procedures made by operators and possibly other factors.

The result of this work is to design a calibration procedure of multifunctional machines (harvesters) by the form of operating manuals.

Key words: harvester, work productivity, measuring system, control systems, calibration

Poděkování:

Mé poděkování patří osobám, které mi poskytovali veškeré podklady a veškeré náležitosti pro sestavení výkonových norem pro vyvážecí traktory a harvestory. Zvláště bych chtěl poděkovat operátorům vyvážecích traktorů a harvestorů za spolupráci při vytváření a evidenci pracovních snímků, sběru dat a zpracování obecného konceptu kalibrace strojů pro kontrolu elektronických systémů technickohospodářskými pracovníky (ne operátory strojů) a odpovědným vedoucím pracovníkům, kteří mi experimentální měření umožnili ze společnosti Solitera spol. s r.o.

Dále pak vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Dvořákovi, Ph.D. za konzultace, pracovníkům Lesnické obchodní spol. s r.o., pracovníkům LS Toužim za identifikaci a poskytování informací o pracovištích. Současně bych pak chtěl poděkovat i rodičům za trpělivost a všestrannou podporu.

Obsah

1	ÚVOD	8
2	CÍLE PRÁCE	11
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
3.1	Nasazení těžebně-dopravních strojů v lesním hospodářství ČR	12
3.1.1	Sortimentní metoda	13
3.1.2	Těžba a soustředování dříví - výrobní postupy.....	15
3.1.2.1.	Těžba dříví harvestory	15
3.1.2.2.	Vyvážení dříví vyvážecími traktory	17
3.1.2.3.	Výrobní postupy.....	18
3.1.2.3.1.	Komplexní harvestorová technologie	18
3.1.2.3.2.	Komplexní harvestorová technologie se skrytou linkou.....	19
3.1.2.3.3.	Komplexní harvestorová technologie s pomocnou linkou.....	19
3.1.2.3.4.	Kombinace harvestorové technologie s motomanuální těžbou.....	19
3.1.2.3.5.	Nekomplexní technologie s vyvážecím traktorem.....	21
3.1.2.3.6.	Nekomplexní technologie s harvestorem.....	21
3.1.3	Nasazení harvestorových technologií v ČR.....	21
3.2	Produktivita práce víceoperačních strojů ve vybraných výrobních podmínkách	27
3.2.1	Výkonové normativy pro vyvážení dříví vyvážecími traktory (forwardéry) v lesním hospodářství České republiky	34
3.2.2	Výkonové normativy pro těžbu dříví harvestory v lesním hospodářství České republiky	40
3.3	Činitelé ovlivňující produktivitu práce těžebně-dopravních strojů při nasazení v lesních porostech	49
3.3.1	Sklonitost terénu	50
3.3.2	Období těžby	52
3.3.3	Náchylnost k erozi.....	52
3.3.4	Únosnost půdy	53
3.3.5	Terénní klasifikace	56
3.3.6	Průjezdnost terénu	56
3.3.7	Stav povrchu půdy.....	57
3.3.8	Druh těžby	58
3.3.9	Těžená dřevina	59
3.3.10	Objemová hmotnost těžené dřeviny	60
3.3.11	Intenzita zásahu.....	61
3.3.12	Odvozní místo	61

3.3.13	Zpřístupnění porostu	62
3.3.14	Soustředěnost těžby	63
3.4	Standard for Forest machine Data and Communication – STANFORD	65
3.4.1	StanForD 2010	66
3.5	Měřicí a řídicí systémy víceoperačních strojů	67
3.5.1	Dasa 4	71
3.5.2	Dasa5	72
3.5.3	Dasa 5 Bucking	72
3.5.4	TimberMatic H-09	74
3.5.5	TimberMatic™ H-12	74
3.5.6	MaxiXplorer	75
3.5.7	MaxiForwarder	76
3.5.8	Opti4G	76
3.5.9	Ponsse Opticontrol	77
3.5.10	PONSSE OptiForwarder	78
3.5.11	PONSSE LoadOptimizer	78
3.5.12	Rottne D5	78
3.5.13	Rottne D5	79
3.5.14	Motomit IT/PC	79
3.5.15	Timberjack 3000	79
3.6	Evidence a příjem dříví	81
3.6.1	Měření dříví harvestory	82
3.6.1.1	Měření délky	83
3.6.1.2	Měření tloušťky	84
3.6.1.3	Výpočet objemu	85
3.6.2	Kalibrace	87
3.6.3	Měření dříví ručně	88
3.6.3.1	Měření délky	88
3.6.3.2	Měření průměru	89
3.6.4	Příjem dříví v hraních	92
4	METODIKA	93
4.1	Metodika sběru dat z měřících a řídicích systémů víceoperačních strojů	93
4.2	Metodika kontrolního měření dříví a objemu výroby víceoperačních strojů	96
4.3	Metodika analýzy dat z měřících a řídicích systémů víceoperačních systémů dle datového formátu StanFord	98
4.4	Metodika matematicko-statistické analýzy	99

5	VÝSLEDKY	100
5.1	Generování a přenos dat z měřících a řídicích systémů víceoperačních strojů dle datového standardu StanForD	100
5.2	Verifikace kalibrace měřících zařízení na vybraných vzornících a jejich analýza v provozních podmínkách	102
5.2.1	Měřící a řídicí systém Motomit IT	102
5.2.2	Měřící a řídicí systém TimberMatic™ 300.....	104
5.3	Zjišťování přesnosti kalibrace v provozních podmínkách v závislosti na lidském faktoru (operátor víceoperačních technologií) a výrobních podmínkách	119
5.4	Specifikace provozních chyb a výrobních podmínek ovlivňujících přesnost kalibrace	119
6	ZÁVĚR	121
7	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	125

1 ÚVOD

Za posledních 10 až 15 let se každý subjekt pohybující se v odvětvích lesního hospodářství začal zajímat o možnosti snížení nákladů, zvýšení produktivity práce a v neposlední řadě o vyšší tržby z prodeje svých sortimentů. S cílem větší efektivity výroby a snížení nákladů na výrobu jednoho metru krychlového dříví se začalo uvažovat o nasazení harvesterové technologie do lesních porostů. První úvahy směřovaly k nasazení vysokovýkonných harvesterů a velkých vyvážecích traktorů s nosností nad 10 tun v mýtních těžbách. Později se začali uplatňovat také malé a středně výkonové harvestory v návaznosti s vyvážecími traktory s nosností do 3, 6 nebo 9 tun (Kuchta 2002). To mělo za následek pozvolný přechod ve výrobě z metody kmenové a zejména z metody stromové na sortimentní metodu (Dvořák et. al 2011, Šimanov, Kohout 2004).

V České Republice dochází od roku 2000 k nárůstu počtu víceoperačních strojů (harvesterů, vyvážecích traktorů). Od roku 2002 se začíná s evidencí mechanizačních prostředků v zelených zprávách Mze. V roce 2009 se počet strojů pohyboval v počtu 620 ks vyvážecích traktorů (423 ks s nosností nad 10 tun) a 332 ks harvesterů (140 ks vysokovýkonných harvesterů), (Mze 2010). Na konci roku 2011 je v ČR registrováno 380 harvesterů a 624 vyvážecích traktorů (Mze 2012). S prvními mechanizačními prostředky se v roce 2002 zvyšuje podíl výroby sortimentů harvesterovými technologiemi na 6 % a v roce 2008 dosahuje již 30 % (Mze 2009). Rok 2010 přinesl pokles na 25 % z podílu jednotlivých těžebních metod (Mze 2011). Hodnoty těchto čísel jsou odůvodnitelné např. tím, že u nás chybí dostatečný počet pracovníků v těžbě dříví (zejména těžební dělníci), snižování nákladů na metr krychlový (zefektivnění výroby), v neposlední řadě i zvyšování ergonomie a bezpečnosti práce.

Lze konstatovat, že v podmínkách lesního hospodářství v České republice vzrůstá variabilita výrobně technických podmínek pro nasazení harvesterových technologií. To má v dnešní době za následek v mnoha případech špatnou organizaci práce těžebně-dopravních strojů (Kabeš 2012, Dvořák et. al 2011, Jiroušek et. al 2007). Netušíme vlastně, kde je hranice nasazení harvesterových technologií, která se týká efektivity práce ale i ekonomického hlediska. Proto potřebujeme výkonové normy pro harvesterové technologie, abychom je mohli porovnat s výkonovými normami pro těžbu a soustředování dříví (UKT, SLKT, koně). Takto lze stanovit očekávané výkony při

definici známých výrobních podmínek a můžeme tak porovnat, kdy se nám vyplatí nasazení zvolené těžební technologie (Kabeš 2012).

V roce 2011 činil podíl sortimentní metody realizované harvesterovou technologií v podmínkách ČR na celoročním objemu těžeb 35 % (Mze 2012). V období let 2002 až 2011 dochází k nárůstu podílu sortimentní těžební metody z 11 % na 35 %. V budoucnu lze předpokládat další nárůst uplatnění víceoperačních technologií a to až na 50 % celkových objemů těžeb (Dvořák et al. 2012, Mze 2012). Tedy k podobnému trendu, který je možný sledovat v okolních zemích s podobným těžebně dopravním modelem surového dříví jako má Česká republika. Jedná se hlavně o Německo, kde je již dnes podíl takto zpracovávané dřevní suroviny přibližně 55 % (Mze 2012).

Nízké náklady v mechanizovaných těžbách mohou být dosaženy v zemích, kde je manuální práce drahá. V devadesátých letech byly relativně nízké náklady ve 25 až 40 let starých jehličnatých porostech ve Finsku a Švédsku. Oproti tomu byly náklady 2x vyšší v Norsku a nejvyšší v Německu (Lillenberg 1995, Advison 1995, Teutenberg-Raupach 1995).

Ke snižování výrobních nákladů v ČR vede i vysoká konkurence při používání harvesterů v lesním hospodářství, která činí sortimentní těžební metodu stále lacinější. S úbytkem kvalifikovaných pracovních sil potřebných při motomanuální technologii lze předpokládat, že podíl dříví zpracovávaného harvesterovou technologií poroste a ekonomický rozdíl se bude neustále snižovat (Jurdič 2008).

Zdrojem podkladových dat mohou být výstupy z měřících a řídicích systémů harvesterů, které pro tyto účely nejsou dosud téměř využívány. Výrobci víceoperačních strojů dodávají harvestory, ale i vyvážecí traktory vybavené speciálním softwarovým vybavením, které často obsahuje několik samostatných softwarových produktů. U harvesterů některé z těchto speciálních softwarových produktů zajišťují například komunikaci s měřícími senzory umístěnými na těžební hlavici a získané údaje o změřených veličinách (délka, tloušťka) převádí z analogové formy do podoby digitální. Tento převod do digitální formy provádí ukládáním získaných údajů v jednotném datovém formátu. Tento jednotný datový formát pro záznam, převod a ukládání naměřených dat je všeobecně známý pod zkratkou StanForD (Standard for Forest machine Data and Communication), (Natov, Dvořák 2012, www.skogforsk.se). Bohužel problémem spojeným s nepřesným monitorováním objemu výroby a výkonnosti práce ve výše uvedených záznamech, je v České republice nízká znalost měřících a řídicích

systemů v harvestorech, které je třeba zajišťovat pravidelnou kalibrací vždy po provedeném servisu či změně výrobních podmínek.

2 Cíle práce

Cílem disertační práce je sestavení a doporučení výkonových standardů pro provoz harvestorů a vyvážecích traktorů ve vybraných výrobních podmínkách a ověření a návrh postupů kalibrace. Výsledky budou aplikované v písemné podobě formou provozní příručky.

Disertační práce je sestavena z několika dílčích cílů:

- experimentální měření výkonnosti práce víceoperačních strojů v závislosti na středním objemu kmene, vyvážecí vzdálenosti, druhu dřeviny a výkonové třídy motoru,
- generování a přenos dat z měřicích a řídicích systémů víceoperačních těžebních strojů,
- matematicko-statistická analýza získaných dat pro kalibraci víceoperačních strojů dle standardu StanForD,
- verifikace kalibrace měřicích zařízení na vybraných vzorcích a jejich analýza v provozních podmínkách,
- zjišťování přesnosti kalibrace v provozních podmínkách v závislosti na lidském faktoru (operátor víceoperačních technologií) a výrobních podmínkách,
- specifikace provozních chyb a výrobních podmínek ovlivňujících přesnost kalibrace a návrh nápravných opatření,
- návrh obecného metodického postupu kalibrace podle analýz a specifikovaných podmínek ovlivňující kalibraci měřicích zařízení víceoperačních strojů s ohledem na mezinárodní standardy a výrobní podmínky lesního hospodářství ČR,
- návrh výkonových standardů na základě matematicko-statistické analýzy.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

V literární rešerši je popsáno, v jakých výrobních podmínkách lze uplatnit nasazení harvesterových technologií, jaká je jejich produktivita práce a jaké možnosti měření a metody příjmu dříví můžeme skrze harvestory uplatňovat.

3.1 Nasazení těžebně-dopravních strojů v lesním hospodářství ČR

Dvořák et. al (2011) uvádí, že u nasazení harvesterových technologií, stejně tak jako u dalších těžebních a dopravních technologií musíme vycházet z požadavků zákona č. 289/1995 Sb. o lesích (lesní zákon), jehož účelem je stanovení předpokladů pro zachování lesa, péči o les a obnovu lesa jako národního hospodářství, tvořící nenahraditelnou složku životního prostředí, pro plnění všech jeho funkcí a pro podporu trvale udržitelného hospodaření v něm. Při použití různých výrobních procesů, ať už v těžbě dříví nebo navazující dopravě dříví, musíme respektovat základní povinnosti dle § 11. tzn., že každý si musí počínat tak, aby nedocházelo k poškození nebo ohrožení lesů, jakož i objektů a zařízení sloužících hospodaření v lese (zejména při kácení stromů). Zákon o lesích dále udává, že přibližování, uskladnění a odvoz dříví (dále jen "*lesní doprava*") musí být prováděny tak, aby nedocházelo k nepřiměřenému poškozování lesa a ostatních pozemků. Činnosti týkající se lesní dopravy pak provádět takovým způsobem, který nesmí působit ohrožení stability lesních porostů, zvýšené nebezpečí eroze nebo nepřiměřené poškození půdy a vodního režimu v daném území.

Jednou z šetrných metod těžby a soustředování dřeva je metoda sortimentní. Pomocí harvesterů jsou stromy pokáceny, odvětveny a druhovány. Vyvázeckými traktory jsou sortimenty vyvezeny z lesních porostů na odvozní místo. Stroje tvořící harvesterový uzel jsou konstruovány tak, aby bylo při jejich použití vyškolenými operátory dosaženo minimálního tlaku na lesní půdu. Při jejich správném technologickém použití prakticky nedochází k žádnému poškození stojících netěžených stromů lesních porostů, ani ke škodám na lesní půdě a lesním ekosystému. Míra poškození je v ČR tak i ostatních státech 2 – 5%, max. 10% za předpokladu, že navržené porosty pro těžbu jsou dobře majiteli lesů připraveny, práce kontrolovány a smluvně přebírány. Následně je možné vytěžené dřevo expedovat přímo odběrateli, snížit celkové těžební náklady. Při používání nových technologií v lesním hospodářství se nejedná jen o úspory ekonomické nebo energetické v měrné spotřebě motorové nafty na jednotku výroby, ale zásadně mění a posunují výrobní postup při těžební činnosti v

lese, který má pak dopady do dalších oblastí lesního hospodářství. Terénní a přírodní podmínky ČR umožňují do budoucna těmito technologiemi zpracovávat přes 60 % těžeb (Dvořák et. al 2011).

3.1.1 Sortimentní metoda

V těžební činnosti rozlišujeme několik těžebních metod. Jedná se o metodu kmenovou (surové kmeny vyráběné v celých délkách), stromovou (odvětvování probíhalo na OM odvětvovacím strojem APOS) a sortimentní (výroba sortimentů přímo na lokalitě „P“ (pařez)).

Stromová těžební metoda se v dnešní praxi prakticky nevyužívá. Dnes se využívá jen ve vyjímečných případech (např. ukázky práce s OVP-1). U kmenové metody se jedná o výrobu surových kmenů v celých délkách. To je dnes jedna z nejpoužívanějších metod výroby v lesním hospodářství. S nasazením harvesterových technologií její využití postupně klesá. Na druhou stranu je využívána všude tam, kde se nedaří uplatnit harvesterové technologie, např. v horských polohách, neúnosných či překážkovitých terénech atd. U sortimentní metody se jedná o výrobu sortimentů na lokalitě „P“ (pařez).

„Sortimentní metoda je historicky nejstarší těžební metodou používanou v těžbách výchovných i obnovních. Hlavním důvodem jejího vzniku byl, v období výhradního používání animálního soustředování dříví, nedostatek tažné síly. Proto bylo nutné vytěžené dříví rozdělit řezem na kratší, fyzicky zvládnutelné kusy, případně bylo ještě vhodné je odkornit pro snížení vlečného tření a nechat proschnout pro snížení hmotnosti. Výhodou sortimentní metody bylo adjustování dříví podle požadavku odběratele již v porostu.“ (Simanov,Kohout 2004)

To má za následek fakt, že největší rozvoj sortimentní metody byl v době soustředování dříví koňmi, kdy bylo nutné kmeny pokácených stromů vymanipulovat na takové výřezy, aby byly zvládnutelné tažnou koňskou silou (Simanov 1999).

„S nástupem traktorových technologií pro soustředování dříví začala sortimentní metoda pozbývat na významu, protože byla prosazována kmenová těžební metoda. Tato éra pak trvala do devadesátých let minulého století, kdy se u nás začaly postupně používat harvesterové technologie (harvestory a vyvážecí traktory). Od té doby dochází k postupnému návratu k sortimentní metodě.“ (Dvořák 2002)

Největší vliv na to mají požadavky odběratelů, kteří by chtěli tzv. „čistý“ sortiment. To znamená, aby sortiment nebyl poškozen vlečením při soustředování dříví

(mechanické poškození). Proto většina dodavatelů začala upřednostňovat výrobu sortimentů přímo na lokalitě „P“ a vzhledem k tomu, že naše současná generace dřevorubců stárne a mladých lidí nepřibývá, tak se v dnešní době potýkáme s nedostatkem kvalifikovaných pracovních sil v těžební činnosti. Právě tyto důvody dávají podnět k většímu využívání harvesterových technologií, se kterými se zvyšuje podíl sortimentní těžební metody.

To, že je v dnešní době sortimentní metoda „v oblíbené“, bylo způsobeno ekonomicko-hospodářskou krizí, kdy se každý výrobce snaží snížit výrobní náklady. Proto jsou sortimenty vyráběny přímo v porostu a na OM jsou vyváženy vyvážecími traktory (VT). To, že u nás vzrůstá podíl sortimentní metody, potvrzuje tab. 3.1.

Tab. 3.1: Vývoj těžebních metod v ČR v mil. m³

sledované období (rok)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	<i>Objem těžeb (tis. m³)</i>								
Sortimentní metoda	2 249	1 712	4 066	5 367	4 821	3 753	4 290	5 367	4 704
Kmenová metoda	12 321	13 797	13 612	13 140	11 125	11 749	12 446	9 987	10 357
Celkem	14 570	15 509	17 678	18 508	16 187	15 502	16 740	15 381	15 061

Zdroj: MZE - zelená zpráva 2004 - 2013

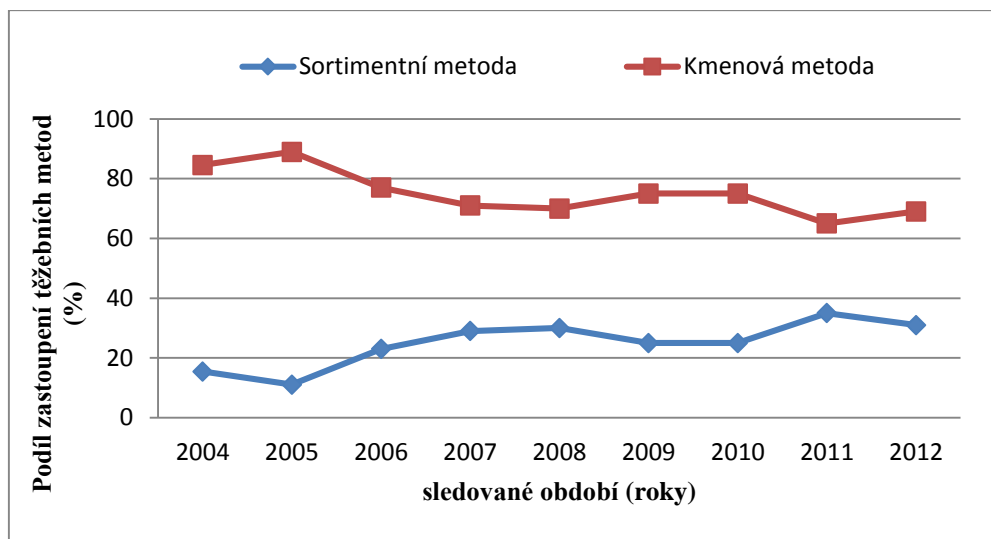
Téměř 30% podíl sortimentní metody v roce 2007 (tab. 3.2) je následkem celoplošné kalamity způsobené orkámem Kyrill.

Tab. 3.2: Vývoj těžebních metod v ČR v procentech.

sledované období (rok)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	<i>Podíl těžebních metod (%)</i>								
Sortimentní metoda	15,4	11,0	23,0	29,0	30,0	25,0	25,0	35,0	31,0
Kmenová metoda	84,6	89,0	77,0	71,0	70,0	75,0	75,0	65,0	69,0
Celkem	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Zdroj: MZE - zelená zpráva 2004 - 2013

Dalším faktorem, který mluví ve prospěch sortimentní metody je závazný ukazatel z lesních hospodářských plánů (LHP), který musí být z hlediska lesního zákona č. 289/1995 Sb. splněn. Jedná se o minimální plošný rozsah výchovných zásahů do 40ti let věku. V dnešní době se již většina probírek realizuje výrobou sortimentů přímo u pařezu. Vzhledem ke značné rozloze takto mladých porostů se u nás začaly zhruba před deseti lety rozvíjet malé vyvážecí traktory a malovýkonové harvestory.



Graf 3.1: Porovnání vývoje kmenové a sortimentní metody v ČR v procentech

Graf 3.1 porovnává vývoj podílu kmenové a sortimentní metody z celkového objemu těžby dříví. U sortimentní metody byl v letech 2007 a 2008 způsoben nárůst výskytem nahodilých těžeb (orkán Kyrill, bouře Emma) a zejména kvůli bezpečnosti práce se v celé škále přírodních podmínek nasazovaly harvesterové technologie. V posledních letech (zejména v roce 2011 a 2012) je sortimentní metoda stále více uplatňována, využití těžební metody představuje zpracování 30% z celkového objemu těžby dříví, což v podmínkách lesního hospodářství České Republiky dle mého názoru však není maximum využití sortimentní metody. To dokazuje 35ti % podíl sortimentní metody v roce 2011. V dnešní době často dochází ke kombinaci těžebních metod při výrobě dříví. Kdy se na lokalitě „P“ vyrobí surový kmen a na vhodném místě, příp. na „OM“ pak proběhne jeho manipulace a to už pak zejména mistři výroby jednotlivých lesnických společností považují za sortimentní těžební metodu.

3.1.2 Těžba a soustředování dříví - výrobní postupy

U harvesterových technologií rozlišujeme těžbu dříví (těžbu a zpracování stromu) harvestory a dopravu (vyvážení) dříví vyvážečými traktory.

3.1.2.1. Těžba dříví harvestory

Harvestor je těžební stroj, který kromě samovolného pohybu po terénu kácí, odvětvuje, druhuje kmen a ukládá sortimenty na hromady. Všechny pracovní operace se vykonávají v jednom cyklu (kontinuálně), přičemž některé operace můžou probíhat

souběžně. Celá výrobní fáze může být automatizovaná nebo je plně mechanizovaná a řízená operátorem v reálném čase (Lukáč 2005).

Nejprve je nutno zadat operačnímu systému harvestoru strukturu dřevin, vyráběných sortimentů dle druhu dřeviny, stanovit jejich limitní délky a tloušťky, nadměrky, cenové matice, výpočet objemu, odpočet kůry apod. Je-li používána hodnotová stupnice pro druhování výřezů a existuje-li ceník, jsou rovněž zadány do operačního systému stroje. Pokyny pro provedení práce, technologické mapy, identifikace hranic porostů, apod., to je vše nutno předem odsouhlasit na místě. Operátor se musí seznámit se všemi těmito informacemi (Neruda et. al. 2008).

Lukáč (2005) uvádí, že operační prostor harvestoru je vymezený pohybem stroje po vyznačených linkách a kinematikou hydromanipulátoru. Při každém typu stroje je třeba dodržovat specifické postupy. Přitom platí všeobecné zásady pro pracovní postupy harvestoru, které publikovali Jirikowski, Loschek (1998), Forbig (2001) nebo Ulrich, Neruda (2007). Tyto zásady představují obecně platná pravidla. Jejich dodržování podmiňuje plynulou a výkonnou práci harvestoru.

Pokácení a zpracování stromů harvestorem probíhá v kontinuálním pracovním postupu se synchronizovanou návazností vyvážecího traktoru. Nejprve jsou pokáceny stromy na linkách zabraňující průjezdu strojů s následujícím těžebním zásahem v pracovním poli porostu. Pokácené stromy jsou zpracovány harvestorem. Harvestor stromy odvětví a krátí v délce požadovaných sortimentů (nejčastěji 2 - 5 m). Sortimenty jsou ukládány nejčastěji kolmo k vyvážecí lince. Ukládají se na opačnou polovinu pracovního pole, ve kterém probíhá proces kácení stromu. Úhel směřování osy sortimentů k ose lince nemá na výkonnost práce vyvážecího traktoru žádný vliv. Ideální vzdálenost hraně sortimentů od středu vyvážecí linky je 2 - 4 m (Švenda 1973). Výřezy u linek jsou tříděny podle vyráběných sortimentů. Při odvětvování je klest ukládán na vyvážecí linku, kdy dochází k zakrývání kořenových náběhů vstupujících do linek a povrchových kořenů (Neruda 1998, Popczyński 2014). Přes koberec vytvořený z klestu se rovnoměrně rozkládá tlak stroje na půdu a snižuje se riziko poškození půdního povrchu (chrání se kořenový systém stojících stromů), ale i riziko poškození kořenových náběhů (Malík, Dvořák 2007, Dvořák et al 2011, Popczyński 2014).

3.1.2.2. Vyvážení dříví vyvážecími traktory

„Časově nejnáročnější a nejnamáhavější operace při soustředování dříví se vykonávají mechanizačními prostředky. Kooperační lidská práce plus stroj se používá při úvazkovém soustředování dříví traktorem (tahačem) nebo lanovým systémem. Mezi komplexně mechanizované způsoby patří bezúvazkové soustředování dříví traktorem (tahačem) vybaveným sklápěcím a zároveň otočným drapákem, svěrným oplenem a hydromanipulátorem (hydraulickou rukou), pevnými klanicemi s hydromanipulátorem.“ (Rónay, Bumerl 1982).

„Dopravou dříví rozumíme přemísťování dříví od místa jeho těžby až k místu jeho zpracování. První etapu tohoto procesu označujeme jako primární dopravu dříví nebo soustředování dříví. V této etapě se jedná o přemísťování dříví neupraveným, nebo jen částečně upraveným terénem - po přibližovacích nebo vyvážecích linkách. Druhou etapu označujeme jako sekundární dopravu dříví, při níž se dříví transportuje po upravených komunikačních spojnících - komunikace, železnice, plavební dráhy.“ (Simanov, Kohout 2004)

„Podle toho, po jakém typu komunikační spojnici probíhá sekundární doprava, bývá označována jako odvoz dříví (při dopravě po lesních a veřejných cestách), doprava dříví po železnici (při dopravě po lesních i veřejných železnicích) a vodní doprava dříví, resp. plavení dříví (při dopravě dříví po řekách, plavebních kanálech, vodních nádržích a mořích).“ (Simanov, Kohout 2004)

„Vyvážení dříví vyvážecími traktory řadíme do první etapy dopravy dříví. Vyvážecí traktory dopravují dříví naložené na ložné ploše. Dopravované dříví vyvážecími traktory tak není znečištěno vlečením po zemi a nedochází k narušování půdního povrchu vlečeným dřívím. Nevýhodou je však vysoké umístění těžiště vyvážecího traktoru, který se tak stává méně stabilní a ve větších sklonech terénu skutečnost, že vyvážecí traktory vzhledem k jejich většímu poloměru zatáčení nezvládají výjezdy ze svahové cesty do terénu a naopak. Nakládání a skládání nákladu se provádí hydraulickou rukou. Proto je posádka vyvážecího traktoru vždy jednočlenná a soustředování dříví vyvážecími traktory patří do skupiny bezúvazkového soustředování dříví.“ (Simanov, Kohout 2004)

V odborné literatuře se soustředování dříví vyvážecími traktory označuje jako vyvážení dříví a přibližovací linky se označují jako vyvážecí linky. Dříví je vyváženo

podle sortimentů s ohledem na druh dřeviny z lesních porostů na odvozní místo. Na OM je dříví ukládáno do maximálně tří metry vysokých hrání (Wojnar et al. 2007)

3.1.2.3. Výrobní postupy

Použití plně mechanizovaných technologií se omezuje na dosah jeřábu harvestoru, jestliže se přísně dbá na to, aby harvestor jezdil jen po vyvážecích linkách. Pokud chceme realizovat těžbu harvestorovou technologií, tak by měly být vyvážecí linky od sebe vzdáleny na dvojnásobek dosahu jeřábu harvestoru. V lesnickém provozu se využívají následující technologie.

3.1.2.3.1. Komplexní harvestorová technologie

Šíře pracovních polí se ve výchovných těžbách pohybuje okolo 20 m (dle dosahu jeřábu harvestoru). Hranici mezi pracovními poli tvoří pomyslná transportní hranice, od níž harvestor vyklizuje stromy ke zpracování k lince, na které strom zpracovává a ukládá sortimenty pro vyvážení. Výchovný zásah v porostu provádí harvestor. Vyvážení sortimentů provádí vyvážecí traktor. Výhoda zvolené technologie spočívá v nasazení jednoho strojového uzlu spojené s vysokou produktivitou práce. Harvestor při zpracování stromů ukládá klest na vyvážecí linky pod sebe a snižuje se tak riziko poškození půdy, kořenových náběhů a kořenů stojících stromů. Je tak výrazně snížen tlak na půdu způsobený pojezdem strojů po vyvážecích linkách, zejména na lokalitách se zvýšenou hladinou podzemní vody (podmáčená stanoviště). Nevýhodou nasazení harvestorových technologií ve výchovných zásazích zůstává vysoký podíl plochy vyvážecích linek. Dvořák (2011) udává, že tento podíl může tvořit až 20 % produkční plochy lesních porostů. Nasazení harvestorové technologie při mýtní úmyslné těžbě je spojené s holosečným způsobem hospodaření, kdy probíhá obnova smýcením mateřského porostu. Harvestor se pohybuje úzkým pruhem cca 10 - 15 m, dle dosahu ramene harvestoru. Vyrobene sortimenty harvestor ukládá podélně k okraji paseky, vždy střídavě sortimenty a klest. Kdy jsou k vyvážení připraveny jak sortimenty dříví, tak i klest. Klest je tak účelně ukládán na hromady a vyváží se za účelem výroby štěpky. Minimum klestu je tak ukládáno pod kola harvestoru. Je to dáno tím, že se snižuje množství pojezdu po ploše mechanizačními prostředky, zejména vyvážecím traktorem.

3.1.2.3.2. Komplexní harvestorová technologie se skrytou linkou

Šíře pracovního pole je cca 40 m. Harvestor jede po nevyznačené lince (transportní hranici). Harvestor těží vyznačené stromy, zpracovává je a výřezy ukládá směrem k vyvážecí lince, tak aby na ně operátor vyvážecího traktoru mohl dosáhnout hydraulickou rukou a provádět tak vyklizování výřezů z porostu na ložnou plochu. Druhou možností je pokácení a vyklizení celých stromů z místa pokácení k vyvážecí lince. Zde pak operátor harvestoru provede jejich zpracování a ukládá výřezy kolmo k vyvážecí lince. Při pojezdu po transportní hranici se operátor harvestoru flexibilně vyhýbá překážkám v porostu a opticky tak nevzniká charakteristická linka. V důsledku světlostního přírůstu a rozvětvení stromů zpravidla nelze pak při dalších výchovných zásazích identifikovat tyto skryté linky, které tak zanikají, a po kterých se již vyvážecí traktory nepohybují.

3.1.2.3.3. Komplexní harvestorová technologie s pomocnou linkou

Pomocné linky se využívají v porostech členitých a s častým výskytem přírodních překážek (prohlubně, kameny, příkopy apod.). Pomocné linky se zpravidla využívají ve výchovných zásazích, při nasazení menších typů harvestorů (např. Vimek, Neuson) v šíři 2 - 3 m. Při dalších výchově porostu lze tyto linky znovu využívat. Pomocné linky se volí s ohledem na stav porostu a jsou poměrně krátké, zpravidla se jejich délka pohybuje v rozpětí 20 - 30 m. U pomocné linky operátor harvestoru ukládá sortimenty stejným způsobem jako u hlavních vyvážecích linek.

3.1.2.3.4. Kombinace harvestorové technologie s motomanuální těžbou

Spojení harvestorové technologie s těžebním dělníkem s JMP může nastat ve čtyřech případech.

- 1) Ve výchovných zásazích se mohou nacházet silnější stromy než je úrez hlavice harvestoru. Dále se tu můžou vyskytovat stromy s růstovými vadami (křivost, přesílené větve, výskyt dvojáků). Jedná se zpravidla o vtroušené listnaté stromy (zejména osika, bříza a jíva) a stromy v okrajích porostů, zpravidla jednostraně a hluboko zavětvené. Tyto stromy jsou káceny a odvětčovány dřevorubcem z toho důvodu, aby se zamezilo poškození harvestorových hlavic. Tyto stromy se operátorům harvestoru navíc špatně odvětvuují (zasekávání odvětvovacích nožů).

Manipulaci stromu pak provádí harvester, který tak plní funkci procesoru, a ukládá výřezy k vyvážecí lince.

- 2) Při holosečných mýtních těžbách se zpravidla vyskytují silné stromy, zejména douglasky a modřínu. Ve většině případů postačí, když dřevorubec stromy pokácí a operátor harvestoru stromy zpracuje. Při mýcení zbytků porostů se zpravidla vyskytují okrajové stromy s přesílenými větvemi, jejichž odvětvení provádí dřevorubec a harvester následně kmeny druhuje. Pokud se v porostu vyskytují vtroušené listnaté dřeviny, tak je vhodné, aby je dřevorubec odvětvil a operátor harvestoru pak provede jejich manipulaci.
- 3) Při nasazení harvesterové technologie při uvolňování náletů a nárůstu se využívá dřevorubec pro kácení stromů z náletu. Je to dáno tím, aby se co nejvíce omezila manipulace ramene harvestoru s těžební hlavici v samotném náletu a snížilo se poškození náletu na minimum. Dále je to využíváno i proto, aby nedocházelo k poškození těžební hlavy. Operátor přesně nevidí k patě stromu a neví, kam hlavici přesně přiloží, a zda se nevyskytnou nějaké překážky (např. kameny). V porostech se vyznačí vyvážecí linky o šíři 4 - 8 m, zejména kvůli tomu, aby bylo kam ukládat sortimenty. Dřevorubec kácí stromy korunami zpravidla na linku nebo do určených míst, kde bude poškození náletu minimální. Operátor harvestoru pak stromy na lince uchopí a směrem k oddenku odvětjuje a zároveň je z náletu nadzvedává a postupně je přesunuje celou délkou do široké linky, kde pak provede jejich manipulaci. Postupným nadzvedáváním stromů z náletu do výšky, se snižuje poškození náletu oproti vytahování kmene z náletu rovnou. Na určené široké lince pak zůstává klest a uložené sortimenty.
- 4) V poslední době přibývá případů, kdy jsou porosty pro harvesterové technologie spíše vhodné, i když se nachází v určitých místech terénní překážky pro harvestory (rokle, prudký svah apod.). Zpravidla se jedná o to, že z cca 90 - 95 % je harvester schopný provádět kácení stromů a jejich zpracování. Na zbylé ploše pak dřevorubec provádí těžbu vyznačených stromů. Tyto stromy dřevorubec pak kácí směrem na vyvážecí linku, kdy pak operátor harvestoru může stromy uchopit a vyklidit na linku a tam je pak zpracovat. Případně je pak provedená klasická těžba těžebními dělníky a koněm nebo traktorem jsou pak stromy nebo kmeny vyklizovány k vyvážecím linkám a následně pak harvester plní funkci procesoru a provádí druhování kmenů. Vyvážecí traktor pak výřezy vyváží na odvozní místo. Tento

výrobní postup se uplatňuje v lokalitách s dlouhými vyvážecími vzdálenostmi, kde se vyplatí nasazení velkých vyvážecích traktorů ve srovnání s traktory.

V těchto případech je tedy vhodné kombinovat na provedení těžby stromů harvester a dřevorubce. Vyvážení dříví pak provádí vyvážecí traktor.

3.1.2.3.5. Nekomplexní technologie s vyvážecím traktorem

Vyvážecí traktory mohou být nasazeny v porostech samostatně bez harvestoru. Jedná se o výrobní postup, kdy dřevorubec stromy pokácí, odvětví, rozmanipuluje a sortimenty vyklidí k lince nebo nechá ležet v porostu v dosahu hydraulické ruky vyvážecího traktoru. Technologie je uplatnitelná ve výchovných těžbách, kdy se provádí slabé výchovné zásahy, zpracovávají se v nahodilé těžbě skupiny stromů nebo jednotlivé stromy o nízké hmotnosti. Tedy v porostech a typech těžby, kdy je neúčelné nasazení harvesterových uzlů. V souvislosti s touto technologií jsou nasazovány malé vyvážecí traktory (např. Vimek, Terri, LongLander) případně vyvážecí soupravy. Nevyplatí se zde nasazovat velkokapacitní vyvážecí traktory z ekonomického hlediska.

3.1.2.3.6. Nekomplexní technologie s harvesterem

Harvestory mohou být používány na manipulaci na lesních skladech dříví, kdy pak výřezy rovná vyvážecí traktor nebo vyvážecí souprava, případně může probíhat odvoz odvozními soupravami.

V dalším případě se jedná o nasazení zejména pásových nebo krácejících harvesterů v nepříznivých terénech pro vyvážecí traktory, kdy je nahrazují LDZ. Soustředování vyrobených sortimentů je prováděno lanovkou na odvozní místo, kde ukládání výřezů provádí vyvážecí souprava.

3.1.3 Nasazení harvesterových technologií v ČR

V mýtních těžbách odpovídá technologickým postupům manipulace surových kmenů na manipulačních skladech (na odvozním místě) více metoda kmenová) než harvesterové technologie spojené s metodou sortimentní. S přihlédnutím k pořizovacím cenám strojů pak lze předpokládat, že náklady na těžbu plnometru dříví mohou být v technologiích strojových vyšší než v technologiích motomanuálních. Proměnlivý podíl holosečných mýtních těžeb, ovlivněný kolísající výší těžeb nahodilých tak provozní

nasazení harvestorů komplikuje. Ve výběrném lese (při těžbě cílových tloušťek) a ostatních způsobech selektivní těžby (clonné seče) je použití harvestorů obtížné až neúčelné. Z uvedených faktů proto vyplývá, že v blízké budoucnosti by se neměl v ČR razantní nástup harvestorových technologií do mýtních těžeb očekávat. Ale praxe bude jiná, mimo jiné i následkem nabídky prací akciových společností (Neruda, Šimanov 2006).

Ve výchovných těžbách je situace diametrálně odlišná. Vysoká pracnost a neatraktivnost práce v motomanuálních technologiích vytvářejí předpoklady pro nežádoucí opožďování výchovných těžeb. Harvestorové technologie nabízejí řešení nejen radikálním snížením pracnosti a nesrovnatelně vyšším komfortem práce, ale i vyšší šetrností vůči lesnímu prostředí. Z výsledků výzkumu i praxe vyplývá, že při těžební metodě stromové a kmenové je ve výchovných těžbách poškozováno 22 – 25 % stromů porostu, zatímco při metodě sortimentní lze míru poškození porostu udržet pod 5 %, standardně na hranici do 10%. Tento výsledek je dán výrazně odlišnou délkou soustředovaného dříví ve srovnávaných těžebních metodách. Dalším významným faktorem je vliv použité technologie na narušování půdy. Narušování půdního povrchu, zhutňování půdy a poškozování kořenového systému stojících stromů je při soustředování dříví způsobováno účinky hmotnosti dopravních prostředků a přepravovaného nákladu, silami nutnými na jejich uvádění do pohybu a rozrýváním povrchu půdy vlečeným nákladem. Největší škody proto působí doprava dříví vlečením, prostředky pohybujícími se porostem. Narušování povrchu půdy vlečeným nákladem lze omezit změnou principu dopravy na vezení, tedy použitím vyvážecích souprav nebo vyvážecích traktorů. Vzhledem k tomu, že harvestorové technologie v sortimentní metodě mohou nejen výrazně snížit pracnost výchovných těžeb, ale současně mohou přinést i kardinální obrat ve snížení škod na stojících stromech, lze očekávat jejich výrazný nástup (Neruda, Šimanov 2006).

První stroje se objevily v sedmdesátých letech v imisních oblastech Krušných hor. Skutečný průlom, spojený s nasazením harvestorů a vyvážecích traktorů, přišel na počátku devadesátých let a od této doby dochází i k pozvolnému návratu k sortimentní těžební metodě (od kmenové, popř. stromové).

Používání těžebně-dopravních strojů v provozu českého lesního hospodářství se uvádí od poloviny 70. let, kdy se začaly objevovat v západních a severních Čechách a částečně i na severní Moravě (Lasák, Němec 1996).

První generace těžebně-dopravních systémů byla schopna zpracovávat pouze mýtní a nahodilé těžby většího rozsahu. Zde šlo především o rychlé nasazení na

likvidaci imisemi poškozených porostů, při kterém se nehledělo, kdy se práce provádí. Pracovalo se za jakýchkoliv půdních a klimatických podmínek pro dosažení maximální produktivity práce a rychlé likvidace exhalacemi poškozených porostů, aby se zabránilo šíření biotických škůdců. Tyto stroje byly pro další zlepšení pojezdu z větší části vybaveny řetězy přes zadní boogie nápravu, které způsobovaly vznik ještě větších erozí, i když vykazovaly menší tlak na půdu. Právě z této doby přetrvává averze některých lesníků k těmto technologiím, protože stroje této generace vážily minimálně 22 tun, byly osazeny relativně úzkými pneumatikami, a při nevhodném nasazení značně poškozovaly jak porostní půdu, tak plochu vyvážecích linek (Lasák, Němec 1996).

V polovině 70. let se u nás začaly objevovat těžké jednooperační stroje. Byly nasazovány především k likvidaci porostů poškozených imisemi v západních Čechách a v menší míře na severní Moravě. K prvním patřily procesory Logma, kterých u nás pracovalo asi 10 kusů. Technologie byla založena na metodě surových kmenů. Kácelo se především motomanuálně, procesor na pasece stromy odvětvoval a svazkoval. Kmeny byly vyváženy traktorem LKT 75 nebo Kockums 822. Navazovaly mohutné manipulační sklady schopné pojmout a zpracovávat statisíce kubiků dříví ročně. Tato technologie byla zaměřena především na produktivitu práce. V roce 1997 nastupuje nová technologie. Byly dovezeny první harvestory zastoupené typy Volvo BM a ÖSA. Na vyvážecí traktor Volvo BM 971, původně určeným k vyvážení dříví byla namontována nástavba a vznikl tak harvester Volvo BM 900. Pracoval společně s vyvážecím traktorem Volvo BM 971 (Lasák, Němec 1996).

V roce 1978 k nám na trh vstoupila firma ÖSA s harvestorem ÖSA 705/270. Měl speciální podvozek ovládaný hydraulickými válci a díky němu mohl pracovat i ve svažitéch terénech. Tento typ však neměl životnost jako Volvo. Pracoval společně s vyvážecím traktorem ÖSA 260 (Lasák, Němec 1996). Početní vývoj harvestorů a vyvážecích traktorů do roku 1980 udává tabulka 3.3.

Tab. 3.3: Početní stav harvestorů a vyvážecích traktorů (Douda 1986)

Prostředek / rok	1976	1977	1978	1979	1980
Harvester	-	1	3	10	13
Vyvážecí traktor	49	60	65	73	68

Novější generace strojů začala používat metodu celých stromů. Na vyvážecí traktor ÖSA 260 se svěrným oplenem byl namontován hydraulický manipulátor s káccí hlavíci. Strom byl pokácen a i s větvemi vložen do svěrného oplenu. Následně byl

přiblížen na manipulační místo kde procesor Steyr KP 40 nebo méně často LKT a OVP 1 provedl odvětvení nebo případně i manipulaci. Samostatnou linií, dnes již překonanou byly na počátku 80. let jednoúčelové kácací stroje ÖSA 670 a Kockums 880. Ty pouze kácely stromy, s tím, že stromy nepokládaly, ale vynášely z porostu a pokládaly na vyvážecí linku. Zajímavé na nich bylo (kromě velké produktivity), že byly schopny práce v porostech s přirozeným zmlazením, aniž by jej poškodily (Lasák, Němec 1996).

Druhá generace TDS je určena pro mladé porosty do 40 let, do předmýtních těžeb, nahodilých těžeb a některé typy i do mýtních těžeb. Technologie je založena na pojezdu všech strojů po vyvážecích linkách, které jsou základní podmínkou pro jejich nasazení. Technicko-konstrukční řešení těchto strojů se podstatně liší především jejich hmotností, která nepřekračuje 13 tun, dále nově řešeným pojezdovým ústrojím (více náprav, speciální pneumatiky) a novým řešením hydraulického manipulátoru a těžební hlavice. Existuje již řada argumentů, které hovoří pro nasazení těchto nových strojů a technologií v našich podmínkách (Lasák, Němec 1996).

V roce 1987 se ve světě objevily první jednoúchopové harvestory vyvinuté za účelem provádění výchovných zásahů v mladých a předmýtních porostech. Druhá generace se vyznačuje tím, že pracovní orgán - těžební hlavice je namontován na konci hydraulického manipulátoru. Stroj je schopen na jedno uchopení strom pokácet, odvětvit a rozmanipulovat na požadovanou délku. U nás se první objevily v roce 1988 harvestory ÖSA 250 Eva a FMG 0470. Technologii doplňovaly vyvážecí traktory Norcar 490. Tyto stroje byly používány výhradně v probírkách (Lasák, Němec 1996). Brožek (2009) uvádí, že tyto stroje u nás byly nasazeny v lesním závodě Tachov a v roce 1990 byly výjimečně nasazeny při odstraňování následků větrné kalamity na lesním závodě Přimda.

V devadesátých letech se projevuje aktuální potřeba výchovy nejmladších porostů do 40 let věku, a proto bylo dovezeno několik harvesterů Timberjack 570 (pro lesní závody Horní Planá, Vyšší Brod, Žatec a Blatná). Vyvážení jim bylo zajišťováno traktory Brunet 678 a Timberjack 810. Výroba malých harvesterů Timberjack 570 a Valmet 701 byla však roku 1995 zastavena. Důvodem byl nedostatečný odbyt těchto strojů, ale i skutečnost, že rozčleňování porostů (zejména šířka linek) musí být již od prvních zásahů stejné pro všechny kategorie harvesterů (je-li s harvestory uvažováno i pro další zásahy v budoucnu). Výrobci těchto malých strojů proto začaly doporučovat harvestory střední třídy (např. Timberjack 1070, Valmet 901) (Brožek 2009).

Během 80. a 90. let byly (místy jsou činné i dnes) u nás rovněž provozovány finské harvestory Makeri 33T a 34T. Používaly se převážně u Vojenských lesů a statků (např. Plumlov, Sušice) a v lesních závodech Stříbro a Rájec. Tyto stroje měly smykem řízený kolový podvozek a těžební hlavici připevněnou na krátkém výložníku. Operátor musel dojet ke kácenému stromu, který těžební hlavici ustříhl. Následně strom vyvezl na přibližovací linku, kde jej odvětvil a nakrátil na sortimenty. Nyní je však tato technologie, vhodnější pro borové porosty, překonána (Brožek 2009).

Harvestorové technologie lesní těžby tak, jak je dnes chápeme a jak jsou popisovány dále v textu, mají původ ve skandinávských zemích (Finsko, Švédsko), kde dlouhodobě hrají dominantní roli v lesní těžbě. K rozsáhlému rozšíření harvestorových technologií došlo v rámci střední Evropy v období let 1990 až 1998. Harvestory a vyvážecí traktory byly dováženy např. do Spolkové republiky Německo, do Švýcarska a Rakouska, kde se po počáteční skepsi lesnické veřejnosti dokázaly prosadit především svojí vysokou produktivitou a šetrností práce při probírkách. Zejména tomu bylo u soukromých majitelů lesa. V České republice lze datovat nástup těchto strojů od poloviny 90. let minulého století. I v tuzemských podmínkách lze pozorovat rychlý rozvoj jejich uplatnění a to zejména po roce 2000 (Dvořák 2002, Neruda 2003, Neruda, Valenta 2004). V polovině roku 2001 pracovalo v lesním hospodářství cca 32 harvestorů a 66 vyvážecích traktorů, které se podílely na celkové těžbě dříví zhruba 5 % a jejich počet se neustále zvyšuje (Dvořák 2002). V roce 2011 už pracovalo na území České republiky 624 vyvážecích traktorů a 380 harvestorů a podíl sortimentní těžební technologie činil 35 % (MZe 2012).

Dvořák (2002) uvádí, že harvestorové technologie lze považovat za jednu z progresivních a do budoucna perspektivních metod, u kterých lze ovšem velice těžko jednoznačně předvídat směr a rychlost vývoje. V současné době sílí konkurence na trhu s dřevní surovinou, a proto je nutné minimalizovat výrobní náklady. Současně sílí i tlaky ze strany ekologických aktivistů požadujících enormně šetrný přístup při těžebních zásazích. Provoz harvestorů a vyvážecích traktorů (VT) dokazuje možnost relativního splnění požadavků.

Cílem dotazníkového šetření, které zjišťovalo postoje podnikatelských subjektů v lesnictví k provozu harvestorů a VT v ČR, bylo vytvoření uceleného přehledu využívaných harvestorů a VT u nás a rozvoje jejich využití do budoucna. V projektu, který je postaven na dotazníkovém monitoringu, bylo osloveno celkem 92 subjektů v lesnictví, mezi které patří společnosti poskytující těžebně-dopravní služby (především

akciové společnosti) a majoritní vlastníci lesů v ČR. Na dotazníky zareagovalo a odpovědělo celkem 82 % respondentů. Jedna z otázek se týkala technologického nasazení harvestorových technologií.

U společností zajišťující služby považuje tyto podmínky (technologické nasazení do porostů) jako nevhodné pro harvestorovou technologii 54 % respondentů, 13 % z nich je nedokáže posoudit a 33 % subjektů nevlastnících stroje registruje výrobně technické podmínky jako vhodné. Nevhodnými výrobně technickými podmínkami jsou nejčastěji listnaté nebo smíšené porosty, roztroušené těžby, nadměrně svažité terén či nepřístupný terén díky dlouhotrvající sněhové pokrývce (Dvořák 2002).

Ze skupiny majitelů a správců lesa pokládá výrobně-technické podmínky 49 % respondentů za vyhovující a 38 % za nevyhovující (o 16 % méně než ve vyjádření podnikatelských subjektů). Zbýlých 13 % respondentů nedokáže posoudit vhodnost podmínek pro harvestorové technologie (Dvořák 2002).

U této technologie, je-li prováděna správně, jsou její dopady na životní prostředí sníženy. Důvodem je např. kladení větví a vrcholů stromů harvestorem na linky, po kterých pojíždí jak tento stroj, tak i následný vyvážecí traktor. Tím je pak povrch těchto linek chráněn před nadměrným rozbahněním, či utužením. Výřezy, vyvezené na odvozní místo zůstávají při této technologii čisté. Jednotlivé sortimenty jsou ukládány do samostatných hrání. Jsou tak sníženy dopravní náklady, protože dřevo nemusí procházet manipulačně-expedičními sklady (MES) (Brožek 2009).

Z ekonomického hlediska je zde zkrácena doba celého výrobního procesu a snížení operativní návaznosti výroby. U běžných technologií na MES je doba obrátky zásob dřeva 25 dní, ale u těchto technologií jen 7 dní. Je rovněž zkrácena doba expozice dříví v lese. Zrychlení výroby je dáno těžbou a souběžnou výrobou. U klasických technologií dochází k prodlevám způsobeným různou výkonností nasazených prostředků (JMP, kůň, UKT). Nasazením výkonného harvestorového uzlu, kde jsou stroje výkonnostně sladěny, dochází ke zrychlení výroby. Podmínkou je ale to, že forwardér začíná svou činnost s co nejmenším zpožděním za harvestorem (Brožek 2009).

Harvestor a vyvážecí traktor tvoří tzv. harvestorový uzel. Nicméně lze transport dříví zajišťovat i jinými prostředky např. lanové dopravní zařízení, či vyvážecí souprava. Nasazení harvestoru do jiné těžební technologie, kromě té sortimentní není doporučováno, a to ze dvou důvodů. Jednak nejsou naplno využity možnosti této

technologie (možnosti měření, zvýšení bezpečnosti). Druhou věcí je to, že vznikají i technické potíže, např. odvětvení stromů v celých délkách vede k lámání těchto stromů a k přetěžování jeřábu (Brožek 2009).

3.2 Produktivita práce víceoperačních strojů ve vybraných výrobních podmínkách

Harvestorové uzly přinesly do lesního hospodářství dosud nebývalou dynamiku, změnilo organizační systém těžebních technologií i toku dříví z lesa ke spotřebiteli. Výkonnost, kterou tyto strojní technologie běžně dosahují, je ve srovnání s motomanuálními postupy extrémní. Například pokácení a zpracování jednoho stromu o tloušťce cca 40 cm harvestorem trvá řádově minutu, u tlustších stromů se tento pracovní interval prodlužuje přibližně na dobu tří minut (Dvořák 2010, Acuna-Kellogg 2009, Neruda et. al 2008).

Počátky harvestorových technologií se datují ve světě od 70. let 20. století. První stroje byly vyrobeny ve Švédsku a Finsku, později se připojila s výrobou a vývojem také Kanada. Zpočátku se u těchto víceoperačních technologií používaly ke kácení nůžky, které se příliš neosvědčily. Obrat v používání nastal při zavedení jeřábu s harvestorovou hlavicí, která byla vybavena motorovou pilou (Ulrich a kol., 2002).

Dlouhodobý vývoj techniky ve světě (Ulrich et. al 2006, Ulrich et. al 2002) a intenzivní nárůst využívání harvestorových technologií od r. 2002 v úmyslných těžbách v ČR (Ulrich et. al 2006, Dvořák 2002) vedl řadu odborníků k analýzám výkonnosti harvestorových technologií (např. Dvořák, Walczyk 2013, Kováč et al. 2013 Spinelli, Magagnotti 2013, Sängstuvall et. al 2012, Komárková-Kinská, Komárek 2012, Athanassiadis et. al 2011, Nuutinen et. al 2011, Dvořák et al. 2011, Tajboš, Mesingerová 2011, Spinelli, Magagnotti 2010, Dvořák et. al 2008, Jiroušek et. al 2007, Dvořák, Karnet 2007, Nurminen 2006, Kärhä 2005, Kärhä 2004, Väätäinen et. al 2004, Neruda, Valenta 2004, Valenta, Sirén-Aaltio 2003, Neruda 2003, Neruda 2003, Pausch, Ponitz 2002, Forbrig 2001, Kellog-Bettinger 1994, Jackson et. al 1990).

Harvestorové technologie však vyžadují nové a zodpovědně realizované způsoby přípravy, řízení a organizace práce jak u majitelů lesa, tak i u dodavatelů prací. Bez splnění těchto základních požadavků nelze očekávat naplnění předpokladů dosažení přínosů použitím harvestorových technologií, ba naopak může dojít i k závažným ekologickým, pěstebním i ekonomickým škodám (Ulrich et. al 2006). Značné nároky klade tato technika svou složitostí i na samotného pracovníka na těchto strojích -

operátora, který musí dokonale ovládat nejen stroj samotný, nýbrž být zevrubně seznámen se všemi náležitostmi jeho nasazení v různých podmínkách lesního hospodářství (Neruda et. al 2008). Neboť lidský faktor je nejdůležitější pro vysokou a kvalitní produktivitu stroje (Purfürst, Erler 2011, Spinelli, Visser 2008, Dvořák et. al 2008, Wang et. al 2005, Nicholls et. al 2004, Ovaskainen et. al 2004)

Přesto stále není jednoznačně specifikována hranice přijatelných výrobních podmínek pro harvesterovou technologii z hlediska efektivity práce. Tato skutečnost vede k dalším analytickým rozborům závislosti výrobních podmínek na spotřebě času, výpočtu výkonnosti práci a upravování resp. rozšiřování současných norem z r. 2010 (Dvořák et. al 2010) a 2011 (Dvořák et al. 2011). Lesnický provoz potřebuje výkonové normy pro harvesterové technologie, aby mohl zajišťovat efektivní plánování práce a porovnávat výkonnost práce harvesterové technologie s „klasickými technologiemi“ pro těžbu a soustředování dříví „klasickou technologií“ – motorová pila (MP), univerzální (UKT) popř. speciální kolové traktory (SLKT). Normy jsou nejjednodušším obecným prostředkem pro výpočet očekávané výkonnosti jednotlivých technologií v závislosti na vybraných výrobních podmínkách (Kabeš et. al 2014).

Produktivitou práce vyvážecích traktorů se zabývaly ve Švédsku, kde porovnávali výkonnost práce dvou harvesterových uzlů - harvester Vimek 404 T s forwardérem Vimek 606 TT a velký harvester s velkokapacitním vyvážecím traktorem (tab. 3.4 a tab. 3.5). Při sestavování norem a nákladů pro provoz u harvesterových technologií byly vybrány borové porosty s nejmenšími hmotnostmi těžené dřeviny v rozmezí 0,04 - 0,09 m³/ks v rovinném terénu se střední vyvážecí vzdáleností 200 m a při jednosměnném provozu. Zjištěné výsledky byly převáděny do celkových kalkulací pro provoz harvesterových technologií. Z očekávaných norem byla sestavena očekávaná denní výkonnost. Tyto výsledky byly zpracovány v roce 2006. Kurz činil 1 euro = 28,45 Kč pro sledované období (září 2006), (informace od dodavatele strojů Ing. Kuchty).

Tab. 3.4: Provoz malého harvesterového uzlu.

Objemová hmotnost	výkonnost		provozní náklady					
			harvester		vyvážecí traktor		celkové náklady	
(m ³ /kmen)	(ks/h)	(m ³ /h)	(Euro/m ³)	(Kč/m ³)	(Euro/m ³)	(Kč/m ³)	(Euro/m ³)	(Kč/m ³)
0,04	77	3,08	21,17	602,29	7,61	216,50	28,7	818,79
0,05	75	3,75	17,39	494,75	7,50	213,38	24,89	708,12
0,06	70	4,20	15,53	441,83	7,39	210,25	22,92	652,07
0,07	65	4,55	14,33	407,69	7,28	207,12	21,62	615,09
0,08	60	4,80	13,59	386,64	7,17	203,99	20,76	590,62
0,09	58	5,22	12,49	355,34	7,07	201,14	19,56	556,48

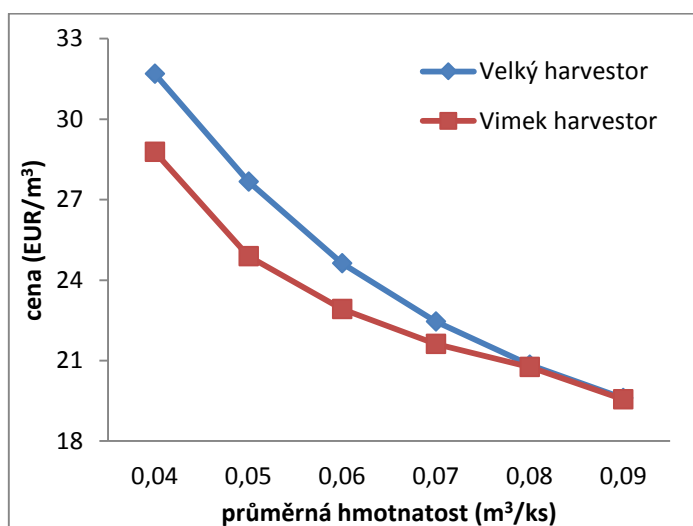
Výkonnost malého harvestorového uzlu se pohybovala od 3,08 m³/h do 5,22 m³/h při celkových nákladech na provoz harvestorového uzlu 20 - 29 €/m³.

Tab. 3.5: Provoz velkého harvestorového uzlu.

Objemová hmotnost (m ³ /kmen)	výkonnost (ks/h) (m ³ /h)		provozní náklady					
			harvestor (Euro/m ³) (Kč/m ³)		vyvážecí traktor (Euro/m ³) (Kč/m ³)		celkové náklady (Euro/m ³) (Kč/m ³)	
0,04	95	3,80	25,78	733,44	6,52	185,49	31,69	901,58
0,05	90	4,50	21,26	604,85	6,41	182,36	27,67	787,21
0,06	87	5,22	18,32	521,20	6,30	179,24	24,63	700,72
0,07	84	5,88	16,27	462,88	6,20	176,39	22,46	638,99
0,08	81	6,48	14,76	419,92	6,09	173,26	20,85	599,18
0,09	78	7,02	13,63	387,77	5,98	170,13	19,60	557,62

Výkonnost velkého harvestorového uzlu se pohybovala od 3,80 m³/h do 7,02 m³/h při celkových nákladech na provoz harvestorového uzlu 20 - 32 €/m³.

Z výše uvedených tabulek 3.4 a 3.5 je patrné, že pro nasazení do mladých porostů jsou z ekonomického hlediska efektivnější malokapacitní harvestory (Vimek 404 T) ve spojení s malými vyvážecími traktory (Vimek 606 TT), kdy při hmotnosti kmene 0,04 m³/ks je rozdíl téměř 83 Kč na metr krychlový. Vyrovnání cen přichází až při hmotnosti 0,09 m³/ks a při dalším porovnání s vyššími hmotnostmi, kde se již vyplatí nasazení středně a vysokovýkonných harvestorů se středně a velkokapacitními vyvážecími traktory. Toto porovnání dvou harvestorových uzlů nám dokazuje, proč byl kladen požadavek na výrobu malých harvestorů a malých vyvážecích traktorů a zároveň, dolní hranici nasazení velkých vyvážecích traktorů a harvestorů.



Graf 3.2: Cenové porovnání harvestorových technologií

Grafu 3.2 zobrazuje porovnání nákladů na provoz obou harvestorových uzlů. Z grafu jednoznačně vyplývá, že levnější je provoz harvestoru Vimek 404 T ve spojení s malým vyvážecím traktorem Vimek 606 TT v nejnižších hmotnostech.

Výše uvedené výsledky získané ve Švédsku nejsou v podmínkách České republiky plně využitelné. Je to dáno tím, že u nás jsou jiné podmínky pro nasazování harvesterových technologií. Zároveň nesmíme opomenout fakt, že se v severských zemích vyrábí pouze jeden sortiment o rozdílné délce po stoupání délek po 30 cm.

Další pokus o sestavení norem prováděla Solitera spol. s r. o. Normy poskytnuté Lesnickou obchodní spol. s r.o. sestavil Hasler v roce 2004. Výsledkem byla jen očekávaná denní výkonnost, kdy hodnoty byly sestaveny v závislosti na střední vyvážecí vzdálenosti a podílu čtyřmetrových sortimentů za směnu. Výkonnost byla sestavena pro 14ti hodinovou směnu. Tyto normy nejsou rovněž použitelné, protože není zohledněn jeden z hlavních faktorů - průměrná hmotnost těžené dřeviny ($m^3/kmen$). Uvedené normy jsou rozděleny do tří částí, které jsou členěny podle podílu čtyř metrových sortimentů (do 50 %, do 75 % a nad 75 %) za směnu. Dále je každá část členěna podle středních vyvážecích vzdáleností v rozmezí 300 - 1000 m (tab. 3.6).

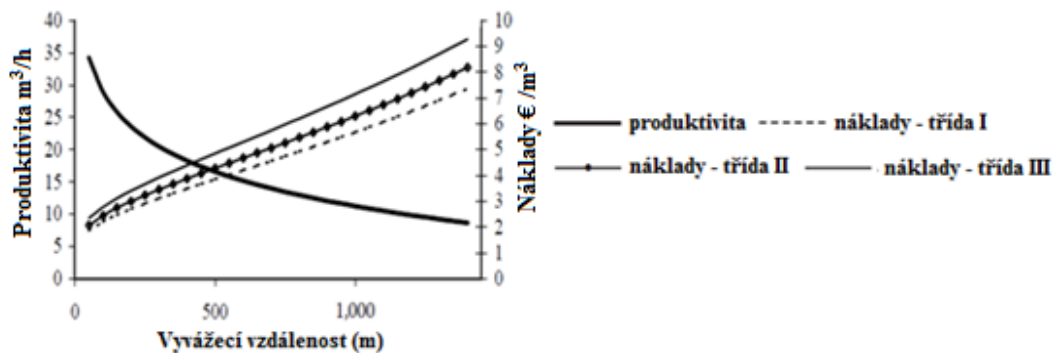
Tab. 3.6: Produktivita práce malých vyvážecích traktorů

Vyvážení Vimek 606 TT				
Sortiment	vzdálenost	výkonnost		
	(m)	($m^3/měs$)	(m^3/Nh)	(14h/směna)
4 m do 50 %	300	650	3,57	45,00
	400	600	2,96	41,40
	500	560	2,76	38,70
	600	520	2,57	36,00
	700	490	2,44	34,20
	800	460	2,25	31,50
	900	435	2,12	29,70
	1000	410	2,06	28,80
4 m do 70 %	300	710	3,54	49,50
	400	650	3,21	45,00
	500	600	2,96	41,40
	600	560	2,76	38,70
	700	520	2,57	36,00
	800	490	2,44	34,20
	900	460	2,25	31,50
	1000	435	2,12	29,70
4 m nad 70 %	300	780	3,86	54,00
	400	700	3,47	48,60
	500	650	3,21	45,00
	600	600	2,96	41,40
	700	560	2,76	38,70
	800	520	2,57	36,00
	900	490	2,44	34,20
	1000	460	2,25	31,50

Jiroušek et. al (2007) se zabývaly produktivitou práce a náklady při vyvážení dříví vyvážecími traktory. Experiment byl proveden ve výrobních podmínkách typických pro Irsko s hmotností stromů od 0,10 m³ do 1,00 m³ a vyvážecí vzdáleností od 80 m do 1400 m. Výzkum vyvážecích traktorů probíhal celkem na osmi výrobních jednotkách těžených holosečným způsobem. Sklon terénu byl do 17°, ostatní výrobní podmínky nebyly v práci uvedeny. Produktivita práce byla vypočítána v závislosti na vyvážecí vzdálenosti a velikosti ložné plochy vyvážecího traktoru.

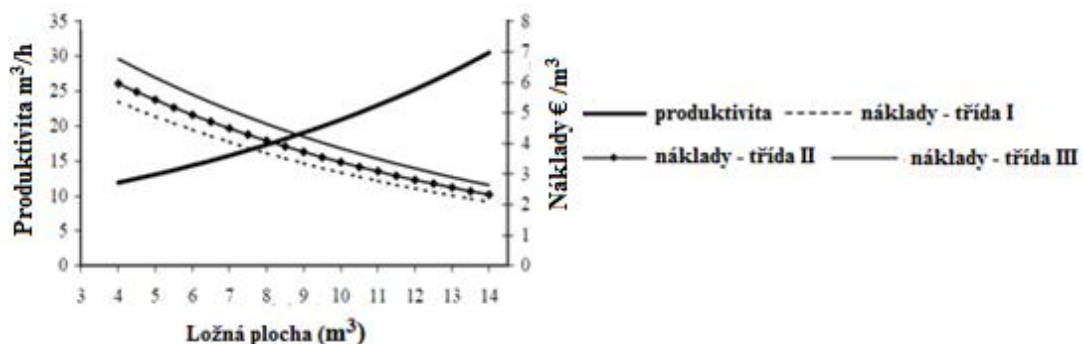
Vyvážecí traktory byly rozděleny do třech tříd podle nosnosti:

- třída I (malá): vyvážecí traktory s nosností do 10 t
- třída II (střední): vyvážecí traktory s nosností od 10 t do 12 t
- třída III (velká): vyvážecí traktory s nosností nad 12 t



Graf 3.3: Produktivita práce a náklady na základě vyvážecí vzdálenosti. Zdroj:(Jiroušek et. al 2007).

Graf 3.3 udává produktivitu práce vyjádřenou v m³/h a náklady v €/m³ v závislosti na vyvážecí vzdálenosti. Z grafu 3.3 vyplývá, že produktivita práce s narůstající vyvážecí vzdáleností jednoznačně klesá. Také náklady na metr krychlový se s rostoucí vyvážecí vzdáleností zvětšují a to v průměru o 2 eura na 500 m.

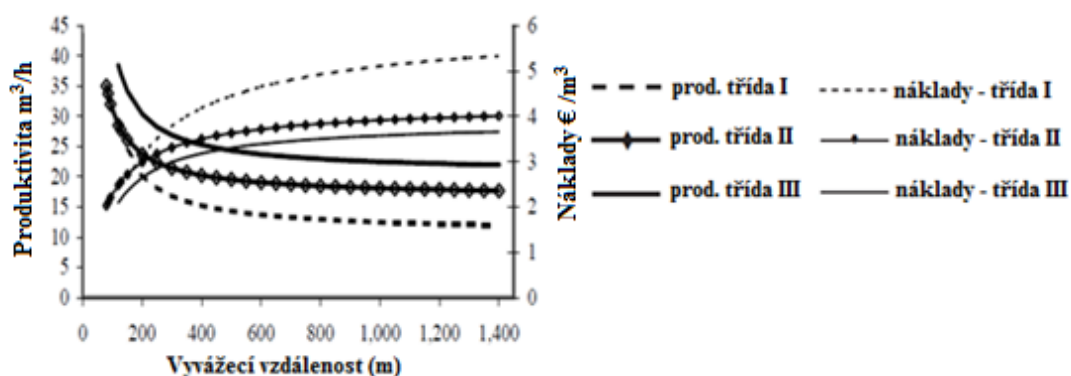


Graf 3.4: Produktivita práce a náklady na základě velikosti ložné plochy. Zdroj:(Jiroušek et. al 2007).

Graf 3.4 udává produktivitu práce vyjádřenou v m³/h a náklady v €/m³ v závislosti na velikosti ložné plochy vyvážecího traktoru. Z grafu 3.4 vyplývá, že

produktivita práce narůstá se zvětšující se ložnou plochou vyvážecího traktoru. Náklady na metr krychlový se s rostoucí ložnou plochou zmenšují a to v průměru o 0,5 eura na metr krychlový ložné plochy navíc.

S rostoucí vzdáleností roste efektivita práce většího stroje díky větší ložné ploše. Tato čísla jsou zajímavá, ale musí být zajištěno mnoho dalších podmínek. Dostatečné množství dřevní suroviny na jednom místě, charakter výrobních podmínek apod. Musí se však jednat o místa, která dovolují nasazení malých i velkých strojů. Přeneseně do přepravních služeb, někde je lepší velký kamion, někde malá dodávka (Kabeš 2012).



Graf 3.5: Produktivita práce jednotlivých tříd vyvážecích traktorů a náklady na základě vyvážecí vzdálenosti. Zdroj:(Jiroušek et al., 2007).

Graf 3.5 udává produktivitu práce jednotlivých tříd vyvážecích traktorů rozdělených podle nosnosti, vyjádřenou v m^3/h a náklady v $€/m^3$ v závislosti na vyvážecí vzdálenosti. Z grafu 3.5 vyplývá, že největší produktivity práce při nejmenších nákladech na metr krychlový dosahují vyvážecí traktory s nosností nad 12 t, oproti tomu největší náklady na metr krychlový mají vyvážecí traktory s nosností do 10 t.

Ze studie tedy vyplývá, že nejvyšší produktivity práce v hmotnostech od $0.1 m^3$ do $1.0 m^3$, při vyvážecí vzdálenosti od 80 m do 1400 m a se sklonem terénu do 17° , dosahují vyvážecí traktory s nosností nad 12 tun.

Produktivitou práce se také zabýval Tréger (2005) v rámci své diplomové práce, která byla pojata formou případové studie. Jednalo se o výkonnostní potenciál forwardéru Valmet 840.1 při soustředování dřeva antigravitačně. Výrobní podmínky představovaly: sklon linky a cesty 22% , průměrný objem nákladu $11,2 m^3$, průměrný objem výřezu $0,119 m^3$, počet kusů 94, délka výřezů 3 m, vyvážecí vzdálenost 327 m, spotřeba času na jízdu 46 min, spotřeba času na metr krychlový 4,11 min. V porovnání s nominální nosností vyvážecího traktoru Valmet 840.1 (15 300 kg) byl přepravovaný náklad proti svahu prakticky asi poloviční ($57,5\%$). Výsledné hodnoty spotřeby času na

metr krychlový jsou velmi přijatelné v porovnání s klasickými technologiemi. Výkonnost za jednu pracovní směnu (480 min) je při redukovaném nákladě vyšší než 110 m³ (Lukáč 2005).

Návrhem optimálních výrobních podmínek pro harvesterové technologie se zabývaly (Dvořák et. al 2007). Měření produktivity práce probíhalo v předemných úmyslných těžbách s minimálním zastoupením smrku 90 %, na únosných půdách (půdy schopné odolávat tlaku v koleji > 200 kPa) a v průjezdných terénech (překážky nižší než 50 cm nebo ve vzdálenosti větší než 5 m). Vyvážení dříví probíhalo vyvážecím traktorem Valmet 860 s nosností nad 12 t a bylo sledováno 17 pracovních cyklů ve sklonitosti terénu 0 - 10 % a 22 pracovních cyklů ve sklonitosti 11 - 20 %. Výsledný normativ pro vyvážení dříví středně výkonovými vyvážecími traktory se pohybuje od 0,59 do 1,15 Nh na jeden „kompletní“ náklad při vyvážecí vzdálenosti od 200 do 800 m a průměrné hmotnosti středního kmene od 0,3 - 0,5 m³/kmen. Hodnota normativu se zvyšuje se snižující se hmotností středního kmene v porostu a s prodlužující se vyvážecí vzdáleností.

Závěrem vyplývá, že vyvážecí traktor dosahoval maximální výkonnosti při vyvážecí vzdálenosti 401 - 600 m v průjezdném terénu bez překážek, při sklonitosti svahu 11 - 20 % (Dvořák et. al 2007).

Lze konstatovat, že zatím nikdo nesestavil podrobné výkonové normy pro těžební činnost - vyvážení dříví malými nebo velkými vyvážecími traktory.

Produktivitou práce vyvážecích traktorů se začalo zabývat i vedení státního podniku Lesy České republiky, s. p., Hradec Králové. Ten vyhlásil přes výzkumné projekty grantové služby projekt „*Sestavení výkonových norem pro harvestory a vyvážecí traktory podle výkonových tříd strojů a výrobních podmínek*“. Jako řešitel tohoto projektu byla zvolena Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská a jako odpovědný řešitel byl pověřen doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph.D., mezi spoluřešiteli byli prof. Ing. Josef Gross, CSc., doc. Ing. Jiří Oliva, Ph.D., Ing. Zdeněk Malkovský, Ph.D. a Ing. Pavla Hošková, Ph.D.

Tento tým řešitelů stanovil hodnoty normativů pro vyvážení dříví vyvážecími traktory (forwardéry) na základě rozdělení podle výkonové třídy motoru. V závěrečné zprávě projektu byly zveřejněny výkonové normy pro vyvážení dříví vyvážecími traktory (Dvořák et. al 2010).

3.2.1 Výkonové normativy pro vyvážení dříví vyvážecími traktory (forwardéry) v lesním hospodářství České republiky

Výkonové normativy pro vyvážení dříví vyvážecími traktory (forwardéry) jsou vypracovány z pracovních snímků na základě rozboru pracovních operací a pracovního dne (směny).

Normy platí pro běžné výrobní podmínky, které jsou na pracovišti zajistitelné při dodržení standardních technologických a pracovních postupů stanovených zákony ČR a souvisejícími předpisy, vnitropodnikovými technickými a organizačními směrnicemi a pravidly o bezpečnosti a ochraně zdraví při těžbě a dopravě dříví.

Příslušné hodnoty výkonových norem vyjadřují nezbytnou spotřebu pracovního času operátorů, kteří mají pro jakostní provádění práce potřebnou kvalifikaci.

Cílem pracovní operace je vyvážení vyrobených sortimentů z lesního porostu na odvozní místo vyvážecím traktorem s hydraulickou rukou, roztřídění, uložení a příprava sortimentů na odvozním místě na skládkách pro odvoz odvozními soupravami.

Pracovní operace je prováděna jedním operátorem - pracovníkem.

Členění, obsah a použití výkonových norem a normativů

Výkonové normy jsou vypracovány pro vyvážení vyrobených sortimentů v základním členění:

- 1) podle výkonové třídy motoru vyvážecího traktoru
 - 1a) malovýkonové stroje do 60 kW včetně
 - 1b) středně- a vysokovýkonné stroje nad 60 kW
- 2) podle průměrného objemu těžných kmenů v metrech krychlových bez kůry ($m^3/kmen$)
 - I. třída **do 0,09**, II. třída **0,10 - 0,14**, III. třída **0,15 - 0,19**, IV. třída **0,20 - 0,29**, V. třída **0,30 - 0,49**, VI. třída **0,50 - 0,69**, VII. třída **0,70 - 0,99** a VIII. třída **1,00 +**.
- 3) podle vyvážecí vzdálenosti z porostu na odvozní místo v metrech
 - 1) vyvážecí vzdálenost do 100 m
 - 2) dále členění vyvážecí vzdálenosti v dalších 100m intervalech až do vzdálenosti 1 km
 - 3) pak se počítá s každými dalšími započatými 100 m.

Výkonové normy obsahují

- 1) čas normativní celkem, vypočítaný z času jednotkové práce započtením časů dávkové práce, směnové práce a časů obecně nutných přestávek.
- 2) čas dávkové práce, obsahuje čas nezbytný na převzetí a prostudování pracovních příkazů pro pracovní jednotku, čas na seznámení se s pracovištěm (pracovní jednotku), čas na technickou obsluhu pracoviště (pracovní jednotky).
- 3) čas směnové práce obsahuje čas na přípravu a ukončení práce, čas na standardní údržbu stroje, čas na běžné drobné opravy stroje (např. hydraulika apod.).
- 4) čas jednotkové práce, který obsahuje časy na jednotlivé úseky pracovní operace odpovídající náplni normativů.
- 5) čas přestávek v práci (T2) a čas na oddech se využívá pro pravidelné přerušování práce tak, aby v pracovní době 8,5 h bylo zahrnuto 30 min času a přestávky dle zákona č. 262/2006 Sb., zákoník práce. Přestávky slouží k oddechu pracovníka, při kterém není povinen provádět žádné další pomocné nebo přídatné práce nutné k tomu, aby následující cyklus práce mohl probíhat bez zbytečného přerušování.

Používání výkonových norem

Výkonové normy a normativy času pro vyvážení dříví vyvážecími traktory se používají při těžbě stromů podle:

- výkonové třídy vyvážecího traktoru
- průměrného objemu těžných kmenů
- vyvážecí vzdálenosti

Platí pro těžbu prováděnou za normálních pracovních podmínek. Okolnosti, které mají podstatný vliv na změnu normální spotřeby času, jsou uvedeny v části II., kde jsou uvedeny rovněž příslušné procentní normativy úpravy výkonových norem.

Procentní úpravy výkonových norem

Procentní úpravy výkonových norem vyjadřují odchylky od normálních pracovních podmínek, které mají podstatný vliv na spotřebu času.

- 1) Při usnadnění práce (pokud není při ukládání dříví na skládky provedeno lícování hrání nebo roztřídění sortimentů) se snižuje základní norma až o 10 %.

2) Při ztížení práce vlivem horších než běžných průměrných pracovních podmínek, které mají za následek zvýšení spotřeby času, upraví se normy a normativy času, úměrně ke skutečnému působení vlivu takto:

2a) při působení terénních podmínek zvýší se celková norma času o 3-12 % (Dvořák et. al 2011).

2b) při působení klimatických vlivů se zvýší celková norma času o 10 % (Dvořák et. al 2011).

2c) při působení druhu těžby nebo zvláštních těžebních požadavků se zvýší

celková norma času o 2-10 % (Dvořák et. al 2011).

Tabulky odvětvových výkonových norem a normativů časů pro vyvážení dříví Výkonové normy členěné podle vybraných výrobních faktorů

Tab. 3.7: Výkonové normy pro vyvážení dříví malými vyvážecími traktory (Dvořák et. al 2011)

Pracovní obor: Těžební činnost		Pracovní prostředek: Vyvážecí traktory výkonové třídy do 60 kW							
Druh práce: Vyvážení dříví									
Počet pracovníků: 1									
Dřevina:		Jehličnaté i listnaté - čerstvé i proschlé							
Vyvážené dříví:		Sortimenty 2 - 6 m							
Druh těžby		Předmýtní				Mýtní			
Objem středního těženého kmene (m ³)		do 0,09	0,10 - 0,14	0,15 - 0,19	0,20 - 0,29	0,30 - 0,49	0,50 - 0,69	0,70 - 0,99	nad 0,99
Vyvážecí vzdálenost (m)		1	2	3	4	5	6	7	8
Číslo normy		Spotřeba času (Nh/m ³)							
do 100	4001	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,25	0,24	0,24
100-200	4002	0,30	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26
201-300	4003	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,30	0,29	0,29
301-400	4004	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,32	0,31	0,31
401-500	4005	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,34	0,33
501-600	4006	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,37	0,36	0,36
601-700	4007	0,42	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39	0,38
701-800	4008	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,42	0,41	0,41
801-900	4009	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,44	0,44	0,43
901-1000	4010	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48	0,47	0,46	0,45
na dalších 100 m	4011	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Tab. 3.7 udává, že spotřeba času na vyvážení dříví při vyvážení sortimentů malými vyvážecími traktory je **0,24 - 0,49 h/m³** při vyvážecí vzdálenosti 100 - 1000 a při objemu středního kmene 0,05 - 1,00 m³/kmen; při průměrném objemu nákladu 3,10 m³.

Tab. 3.8: Výkonové normy pro vyvážení dříví malými vyvážecími traktory v úmyslných těžbách (Kabeš 2010)

Pracovní obor : Těžební činnost		Pracovní prostředek: vyvážecí							
Druh práce: Vyvážení dřeví		traktor Vimek 606							
Technická jednotka : m ³		TT							
čas	Nh/m ³								
sortiment	všechny sortimenty								
objem středního kmene v m ³	-0,09	-0,14	-0,19	-0,29	-0,49	-0,69	-0,99	1,00+	
číslo normy	01	02	03	04	04	05	06	07	
dřeviny	jehličnaté a listnaté měkké - syrové								
přibližovací vzdálenost v m	sortimenty 2 - 5 m								
do 100	101	30	28	26	24	23	21	19	18
101 - 200	102	31	29	27	26	25	22	20	19
201 - 300	103	32	31	29	27	26	24	21	20
301 - 400	104	34	32	30	28	27	26	22	21
401 - 500	105	36	34	32	30	28	27	24	23
501 - 600	106	37	36	34	32	30	28	25	24
601 - 700	107	39	38	35	33	31	29	27	25
701 - 800	108	41	39	37	35	32	30	29	26
801 - 900	109	43	41	39	37	34	32	30	28
901 - 1000	110	44	42	40	38	36	34	32	30
na celých 100	111	3	3	3	3	2	2	2	2

Tab. 3.8 udává, že spotřeba času na vyvážení dříví při vyvážení sortimentů malými vyvážecími traktory je **0,18 - 0,44 Nh/m³** při vyvážecí vzdálenosti 100 - 1000 a při objemu středního kmene 0,05 - 1,00 m³/kmen; při průměrném objemu nákladu 2,60 m³.

Tab. 3.9: Výkonové normy pro vyvážení dříví malými vyvážecími traktory v úmyslných těžbách (Kabeš 2010)

Pracovní obor : Těžební činnost		Pracovní prostředek: vyvážecí							
Druh práce: Vyvážení dřeví		traktor Vimek 606							
Technická jednotka : m ³		TT							
čas	Nh/m ³								
sortiment	všechny sortimenty								
objem středního kmene v m ³	-0,09	-0,14	-0,19	-0,29	-0,49	-0,69	-0,99	1,00+	
číslo normy	01	02	03	04	05	06	07	08	
dřeviny	listnaté tvrdé								
přibližovací vzdálenost v m									
do 100	112	33	31	29	26	25	23	21	20
101 - 200	113	34	32	30	29	28	24	22	21
201 - 300	114	35	34	32	30	29	26	23	22
301 - 400	115	37	35	33	31	30	29	24	23
401 - 500	116	40	37	35	33	31	30	26	25
501 - 600	117	41	40	37	35	33	31	28	26
601 - 700	118	43	42	39	36	34	32	30	28
701 - 800	119	45	43	41	39	35	33	32	29
801 - 900	120	47	45	43	41	37	35	33	31
901 - 1000	121	48	46	44	42	40	37	35	33
na celých 100	122	4	4	4	3	3	3	3	3

Tab. 3.9 udává, že spotřeba času na vyvážení dříví při vyvážení sortimentů malými vyvážecími traktory je **0,20 - 0,48 Nh/m³** při vyvážecí vzdálenosti 100 - 1000 a

při objemu středního kmene 0,05 - 1,00 m³/kmen; při průměrném objemu nákladu 2,34 m³.

Tab. 3.10: Výkonové normy pro vyvážení dříví malými vyvážecími traktory v nahodilých těžbách (Kabeš 2010)

Pracovní obor : Těžební činnost		Pracovní prostředek: vyvážecí traktor Vimek 606							
Druh práce: Vyvážení dřeví		TT							
Technická jednotka : m ³									
čas	Nh/m ³								
sortiment	všechny sortimenty								
objem středního kmene v m ³	-0,09	-0,14	-0,19	-0,29	-0,49	-0,69	-0,99	1,00+	
číslo normy	01	02	03	04	05	06	07	08	
dřeviny	všechny dřeviny								
přibližovací vzdálenost v m									
do 100	101	45	42	39	36	35	31	29	27
101 - 200	102	47	44	41	39	38	33	30	29
201 - 300	103	48	47	44	41	39	36	32	30
301 - 400	104	51	48	45	42	41	39	33	32
401 - 500	105	54	51	48	45	42	41	36	35
501 - 600	106	56	54	51	48	45	42	38	36
601 - 700	107	59	57	53	50	47	44	41	38
701 - 800	108	62	59	56	53	48	45	44	39
801 - 900	109	65	62	59	56	51	48	45	42
901 - 1000	110	66	63	60	57	54	54	48	45
na celých 100	111	3	3	3	3	2	2	2	2

Tab. 3.10 udává, že spotřeba času na vyvážení dříví při vyvážení sortimentů malými vyvážecími traktory je **0,27 - 0,66 Nh/m³** při vyvážecí vzdálenosti 100 - 1000 a při objemu středního kmene 0,05 - 1,00 m³/kmen; při průměrném objemu nákladu 1,49 m³.

Tab. 3.11: Spotřeba času a výkonnost práce malých vyvážecích traktorů (Gabrielová 2012)

struktura nákladu	sortimenty do 2 m vč.		sortimenty nad 2 m		kombinovaný	
	čas celkový	výkonnost	čas celkový	výkonnost	čas celkový	výkonnost
vyvážecí vzdálenost	čas celkový	výkonnost	čas celkový	výkonnost	čas celkový	výkonnost
(m)	(h/m ³)	(m ³ /h)	(h/m ³)	(m ³ /h)	(h/m ³)	(m ³ /h)
do 300	0,25	4,0	0,2	5,1	0,21	4,7
301-600	0,26	3,9	0,2	5,0	0,22	4,5
nad 600	0,32	3,2	0,26	3,8	0,28	3,6

Tab. 3.11 udává, že spotřeba času na vyvážení dříví při vyvážení sortimentů malými vyvážecími traktory je **0,21 - 0,32 h/m³** při vyvážecí vzdálenosti 100 - 1000 a při objemu středního kmene 0,05 - 1,00 m³/kmen; při průměrném objemu nákladu 3,30 m³.

Tab. 3.12: Výkonové normy pro vyvážení dříví středně a vysokovýkonnými vyvážecími traktory (Dvořák e. al 2011)

Pracovní obor: Těžební činnost		Pracovní prostředek: Vyvážecí traktory výkonové třídy nad 60 kW							
Druh práce: Vyvážení dříví									
Počet pracovníků: 1									
Dřevina:		Jehličnaté i listnaté - čerstvé i proschlé							
Vyvážené dříví:		Sortimenty 2 - 6 m							
Druh těžby		Předmýtní				Mýtní			
Objem středního těženého kmene (m ³)		do 0,09	0,10 - 0,14	0,15 - 0,19	0,20 - 0,29	0,30 - 0,49	0,50 - 0,69	0,70 - 0,99	nad 0,99
Vyvážecí vzdálenost (m)	Číslo normy	Spotřeba času (Nh/m ³)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
do 100	4001	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
100-200	4002	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05
201-300	4003	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06
301-400	4004	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07
401-500	4005	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07
501-600	4006	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08
601-700	4007	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08
701-800	4008	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09
801-900	4009	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,1	0,09
901-1000	4010	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,1
na dalších 100 m	4011	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

Tab. 3.12 udává, že spotřeba času na vyvážení dříví při vyvážení sortimentů malými vyvážecími traktory je **0,05 - 0,14 Nh/m³** při vyvážecí vzdálenosti 100 - 1000 a při objemu středního kmene 0,05 - 1,00 m³/kmen; při průměrném objemu nákladu 12,10 m³.

Tab. 3.13: Výkonové normy pro velké vyvážecí traktory (s nosností nad 10 t) v úmyslných těžbách (Kabeš 2012)

Pracovní obor : Těžební činnost		Pracovní prostředek: vyvážecí traktor s nosností nad 10 t							
Druh práce: Vyvážení dřeví									
Technická jednotka : m ³									
čas		Nh/m ³							
sortiment		všechny sortimenty							
objem středního kmene v m ³		-0,09	-0,14	-0,19	-0,29	-0,49	-0,69	-0,99	1,00+
číslo normy		01	02	03	04	05	06	07	08
dřeviny		všechny dřeviny							
přibližovací vzdálenost v m									
do 100	101	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
101 - 200	102	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04
201 - 300	103	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
301 - 400	104	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
401 - 500	105	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
501 - 600	106	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
601 - 700	107	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
701 - 800	108	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06
801 - 900	109	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07
901 - 1000	110	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07
na celých 100	111	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,005	0,005	0,005

Tab. 3.13 udává, že spotřeba času na vyvážení dříví při vyvážení sortimentů vyvážecími traktory s nosností nad 10 tun je **0,04 - 0,12 Nh/m³** při vyvážecí vzdálenosti 100 - 1000 a při objemu středního kmene 0,05 - 1,00 m³/kmen; při průměrném objemu nákladu 11,82 m³.

Tab. 2.14: Výkonové normy pro vyvážení dříví vysokovýkonným vyvážecím traktorem Johne Deere 1110 E (Kabeš et. al 2014)

Pracovní obor: těžební činnost	Pracovní prostředek:		
Druh práce: vyvážení dříví	vysokovýkonný vyvážecí traktor Johne Deere 1110 E		
Sortiment	2 - 5 m		
Objem středního kmene (m ³)	0,30 - 0,49	0,50 - 0,69	0,70 - 0,99
Dřeviny	jehličnaté a listnaté měkké - syrové		
Vyvážecí vzdálenost (m)	Spotřeba času (h/m ³)		
do 100	0,06	0,05	0,05
101 - 200	0,07	0,06	0,05
201 - 300	0,07	0,06	0,06
301 - 400	0,07	0,07	0,07
401 - 500	0,07	0,07	0,07
501 - 600	0,07	0,07	0,07
601 - 700	0,07	0,07	0,07
701 - 800	0,08	0,07	0,07
801 - 900	0,09	0,08	0,08
901 - 1000	0,09	0,09	0,09
na celých 100	0,01	0,01	0,01

Tab. 3.14. udává, že spotřeba času na vyvážení dříví při vyvážení sortimentů vysokovýkonným vyvážecím traktorem Johne Deere 1110 E je **0,05 - 0,09 h/m³** při vyvážecí vzdálenosti 100 - 1000 a při objemu středního kmene 0,30 - 0,99 m³/kmen; při průměrném objemu nákladu 12,15 m³.

V tab. 3.7 a 3.12 jsou normy vyhotoveny pro potřeby státního podniku Lesy České republiky, s. p., Hradec Králové (Dvořák et. al 2010, Dvořák et. al 2011). Celá řada organizací v lesnickém sektoru má totiž sestavené jen očekávané výkonnosti, které slouží jako podklad pro výpočet ceny za vyvážení dříví.

3.2.2 Výkonové normativy pro těžbu dříví harvestory v lesním hospodářství České republiky

Navržené výkonové normy a normativy spotřeby času pro těžbu dříví harvestory jsou vypracovány z pracovních snímků na základě rozborů pracovních těžebně-dopravních operací a pracovních směn. Navržené normy platí pro běžné výrobní podmínky, které jsou na pracovištích zajistitelné při dodržení standardních technologických a pracovních postupů stanovených platnými zákony České republiky a s nimi souvisejícími předpisy, vnitropodnikovými technickými a organizačními

směrnicemi. V souladu pravidly o bezpečnosti a ochraně zdraví při těžbě a vyvážení dříví.

Hodnoty výkonových norem vyjadřují nutnou spotřebu pracovního času operátora, který má pro kvalitní provádění práce potřebnou kvalifikaci. Cílem pracovní operace je pokácení stromů, vyrobení sortimentů a jejich vyklizení (popř. roztřídění na hromádky dle jednotlivých sortimentů) z lesního porostu na vývozní místo hydraulickým jeřábem harvestoru s kácecí hlavicí.

Pracovní operace je prováděna jedním operátorem (pracovníkem),

Členění, obsah a použití výkonových norem a normativů

Výkonové normy jsou vypracovány pro těžbu stromů v základním členění:

- 1) podle výkonové třídy motoru harvestoru
 - 1a) malovýkonové stroje do 70 kW včetně
 - 1b) středně- a vysokovýkonné stroje nad 70 kW
- 2) podle průměrného objemu těžených kmenů v metrech krychlových bez kůry (m³/kmen)
 - I. třída **do 0,09**, II. třída **0,10 - 0,14**, III. třída **0,15 - 0,19**, IV. třída **0,20 - 0,29**, V. třída **0,30 - 0,49**, VI. třída **0,50 - 0,69**, VII. třída **0,70 - 0,99** a VIII. třída **1,00 +**.
- 3) podle druhů dřevin
 - 3a) pro skupinu jehličnatých dřevin – smrk + jedle
 - 3b) pro skupinu jehličnatých dřevin – borovice + modřín

Výkonové normy obsahují

- 1) čas normativní celkem, vypočítaný z času jednotkové práce započtením časů dávkové práce, směnové práce a časů obecně nutných přestávek.
- 2) čas dávkové práce, obsahuje čas nezbytný na převzetí a prostudování pracovních příkazů pro pracovní jednotku, čas na seznámení se s pracovištěm (pracovní jednotku), čas na technickou obsluhu pracoviště (pracovní jednotky) apod.
- 3) čas směnové práce, obsahuje čas na přípravu a ukončení práce, čas na standardní údržbu stroje, čas na běžné drobné opravy stroje a těžební hlavice (např. výměna přetrženého řetězu), čas na zabezpečení stroje a pracoviště při ukončení práce.
- 4) čas jednotkové práce, obsahuje časy na úseky pracovní operace.

- 5) čas přestávek v práci (T2) a čas oddech se využívá pro pravidelné přerušování práce tak, aby v pracovní době 8,5 h bylo zahrnuto 30 min času na přestávky dle zákona č. 262/2006 Sb. zákoníku práce. Přestávky slouží k oddechu pracovníka, při kterých není povinen provádět žádné další pomocné nebo přídatné práce nutné k tomu, aby následující cyklus práce mohl probíhat bez zbytečného přerušování.

Používání výkonových norem a normativů

Výkonové normy a normativy času pro těžbu dříví víceoperačními stroji se používají při těžbě stromů podle

- 1) výkonové třídy víceoperačních stroje
- 2) skupin základních druhů dřevin
- 3) průměrného objemu těžených kmenů

Platí pro těžbu prováděnou za normálních pracovních podmínek. Okolnosti, které mají podstatný vliv na změnu normální spotřeby času, jsou uvedeny v procentních úpravách výkonových norem, kde jsou uvedeny příslušné procentní úpravy výkonových norem.

V porostech složených z více druhů jehličnatých dřevin se výkonová norma použije podle převažující dřeviny, jestliže tato převládá absolutně a ostatní jehličnaté dřeviny je možné považovat za vtroušené, pokud nemají zastoupení v lesní hospodářské knize (LHP). V ostatních případech se stanovuje výkonová norma odděleně pro jednotlivé jehličnaté dřeviny podle množství vyrobeného dříví. Pro vtroušené listnaté dřeviny je prováděna úprava normativů dle procentních úprav výkonových norem.

Předběžný průměrný objem těžených kmenů se určuje předem v m³ hroubí bez kůry a to buď odhadem, nebo měřením v těženém prostoru dle běžných postupů v lesnictví. Přesný průměrný objem kmene se určuje z „výrobního protokolu“ víceoperačního stroje po pokácení a zpracování několika stromů na výrobní jednotce, které tvoří střední kmeny nebo zpětně po ukončení práce na výrobní jednotce z „výrobního protokolu“ operačního systému víceoperačního stroje, na základě kterého se může upravovat předběžně navržený základní normativ před finančním ohodnocením práce operátora. V případě, že průměrný objem těžených kmenů byl zjišťován nebo přebírán z operačního systému v m³ s kůrou, je třeba ji redukovat na průměrný objem těžených kmenů v m³ hroubí bez kůry snížením objemu suroviny u jehličnatých dřevin o 9 % a u listnatých dřevin 13 %.

Těžba jehličnatých dřevin má normativní časové hodnoty uvedené na 1 m³ nebo na 1 strom daného objemu kmene.

S výrobou se eviduje počet vytěžených stromů, objem vyrobené suroviny v m³, počet a objem vyrobených sortimentů v závislosti na druhu zpracované dřeviny.

Procentní úpravy výkonových norem

Procentní úpravy výkonových norem vyjadřují odchylky od normálních pracovních podmínek, které mají podstatný vliv na spotřebu času.

- 1) Při usnadnění práce, které má za následek snížení spotřeby času se základní výkonová norma snižuje o 12 -18 % (Dvořák et. al 2011).
- 2) Při ztížení práce vlivem horších než běžných průměrných pracovních podmínek, které mají za následek zvýšení spotřeby času, upraví se normy a normativy času, úměrně ke skutečnému působení vlivu následovně:
 - 2a) při působení terénních podmínek se zvýší celková norma času o 3-15 % (Dvořák et. al 2011).
 - 2b) při působení klimatických vlivů se zvýší celková norma času o 5 % (Dvořák et. al 2011).
 - 2c) při působení druhu těžby nebo zvláštních těžebních požadavků se zvýší celková norma času o 2-50 % (Dvořák et. al 2011).
 - 2d) při působení mimořádných vlastností stromů se zvýší celková norma o 2-10 % (Dvořák et. al 2011).
 - 2e) při změně technologického postupu se zvýší celková norma o 5 % (Dvořák et. al 2011).

Tabulky odvětvových výkonových norem a normativů časů pro těžbu dříví

Výkonové normy členěné podle vybraných výrobních faktorů

Tab. 3.15: Výkonové normy pro těžbu dříví malovýkonovými harvestory (Dvořák et. al 2011)

Pracovní obor:		Těžební činnost	
Druh práce:		Těžba a zpracování dříví	
Pracovní prostředek:		Malovýkonový harvestor	
Druh těžby:		Předmýtní a mýtní	
Počet pracovníků:		1	
Dřevina:		Smrk a jedle	
Výroba:		Sortimenty	
evidenční číslo normy	Objem těženého kmene	Spotřeba času	
	<i>(m³/kmen)</i>	<i>(Nh/strom)</i>	<i>(Nh/m³)</i>
	čís. ozn.	1	2
1001	do 0,09	0,02	0,37
1002	0,10 – 0,14	0,03	0,21
1003	0,15 – 0,19	0,03	0,18
1004	0,20 – 0,29	0,03	0,14
1005	0,30 – 0,49	0,04	0,11

Tab. 3.15 udává, že spotřeba času na těžbu dříví malovýkonovými harvestory jehličnatých dřevin (smrk a jedle) je **0,11 - 0,37 Nh/m³** při objemu středního kmene 0,05 - 0,49 m³/kmen.

Tab. 3.16: Výkonové normy pro těžbu dříví malovýkonovými harvestory (Dvořák et. al 2011)

Pracovní obor:		Těžební činnost	
Druh práce:		Těžba a zpracování dříví	
Pracovní prostředek:		Středně a vysokovýkonový harvestor	
Druh těžby:		Předmýtní a mýtní	
Počet pracovníků:		1	
Dřevina:		Borovice a modřín	
Výroba:		Sortimenty	
evidenční číslo normy	Objem těženého kmene	Spotřeba času	
	<i>(m³/kmen)</i>	<i>(Nh/strom)</i>	<i>(Nh/m³)</i>
	čís. ozn.	1	2
1006	do 0,09	0,02	0,43
1007	0,10 – 0,14	0,03	0,24
1008	0,15 – 0,19	0,03	0,19
1009	0,20 – 0,29	0,04	0,15
1010	0,30 – 0,49	0,05	0,12

Tab. 3.16 udává, že spotřeba času na těžbu dříví malovýkonovými harvestory jehličnatých dřevin (borovice a modřín) je **0,12 - 0,43 Nh/m³** při objemu středního kmene 0,05 - 0,49 m³/kmen.

Tab. 3.17: Výkonové normy pro těžbu dříví středně a vysokovýkonovými harvestory (Dvořák et. al 2011).

Pracovní obor:		Těžební činnost	
Druh práce:		Těžba a zpracování dříví	
Pracovní prostředek:		Středně a vysokovýkonný harvestor	
Druh těžby:		Předmýtní a mýtní	
Počet pracovníků:		1	
Dřevina:		Smrk a jedle	
Výroba		Sortimenty	
evidenční číslo normy	Objem těženého kmene	Spotřeba času	
	<i>(m³/kmen)</i>	<i>(Nh/strom)</i>	<i>(Nh/m³)</i>
	čís. ozn.	1	2
2001	do 0,09	0,02	0,53
2002	0,10 – 0,14	0,03	0,25
2003	0,15 – 0,19	0,03	0,19
2004	0,20 – 0,29	0,03	0,14
2005	0,30 – 0,49	0,04	0,10
2006	0,50 – 0,69	0,04	0,07
2007	0,70 – 0,99	0,05	0,06
2008	nad 0,99	0,05	0,05

Tab. 3.17 udává, že spotřeba času na těžbu dříví středně a vysokovýkonovými harvestory jehličnatých dřevin (smrk a jedle) je **0,05 - 0,53 Nh/m³** při objemu středního kmene 0,05 - 0,99 m³/kmen.

Tab. 3.18: Výkonové normy pro těžbu dříví středně a vysokovýkonovými harvestory (Dvořák et. al 2011)

Pracovní obor:		Těžební činnost	
Druh práce:		Těžba a zpracování dříví	
Pracovní prostředek:		Středně a vysokovýkonný harvestor	
Druh těžby:		Předmýtní a mýtní	
Počet pracovníků:		1	
Dřevina:		Borovice a modřín	
Výroba		Sortimenty	
evidenční číslo normy	Objem těženého kmene	Spotřeba času	
	<i>(m³/kmen)</i>	<i>(Nh/strom)</i>	<i>(Nh/m³)</i>
	čís. ozn.	1	2
2009	do 0,09	0,02	0,33
2010	0,10 – 0,14	0,03	0,22
2011	0,15 – 0,19	0,03	0,18
2012	0,20 – 0,29	0,04	0,16
2013	0,30 – 0,49	0,05	0,13
2014	0,50 – 0,69	0,06	0,11
2015	0,70 – 0,99	0,08	0,09
2016	nad 0,99	0,08	0,08

Tab. 3.18 udává, že spotřeba času na těžbu dříví středně a vysokovýkonovými harvestory jehličnatých dřevin (borovice a modřín) je **0,08 - 0,33 Nh/m³** při objemu středního kmene 0,05 - 0,99 m³/kmen.

Tab. 3.19: Doplnkové normy a normativy pro těžbu dříví harvestory (Dvořák et. al 2011)

Pracovní činnost	Číslo normativu	Spotřeba času (Nh)
Jízda po veřejných silnicích a zpevněných cestách na pracoviště nebo z pracoviště (na 1 km)	2030	0,08
Jízda po měkkých lesních cestách na pracoviště nebo z pracoviště (na 1 km)	2031	0,10
Montáž řetězů	2032	0,50
Demontáž řetězů	2033	0,30
Montáž pásů	2034	0,50
Demontáž pásů	2035	0,30
Nakládání, skládání a příprava stroje k přepravě	2036	0,30
Plánovaná údržba A	2039	8,5
Druhá nebo další ½ hod opravy na pracovišti (25 min. oprav je součástí normového směnového času)	2040	0,5

V tab. 3.10 jsou uvedeny další doplnkové normy nebo normativy týkající se harvestorů, které mohou nastat při těžbě dříví a jejich výskyt je nepravidelný.

Tab. 3.20: Spotřeba času na těžbu dříví harvestory v nahodilých těžbách (Dvořák, 2010)

Objem kmene ($m^3/kmen$)	Spotřeba času			
	($s/strom$)	(s/m^3)	(h/m^3)	(m^3/mth)
0,05-0,09	61,7	881	0,24	4,08
0,10-0,14	66,7	556	0,15	6,48
0,15-0,19	71,5	421	0,12	8,56
0,20-0,24	76,3	347	0,10	10,38
0,25-0,29	80,9	300	0,08	12,01
0,30-0,34	85,4	267	0,07	13,49
0,35-0,39	89,8	243	0,07	14,83
0,40-0,44	94,1	224	0,06	16,07
0,45-0,49	98,3	209	0,06	17,22
0,50-0,59	104,3	191	0,05	18,81
0,60-0,69	112,0	174	0,05	20,74
0,70-0,79	119,2	160	0,04	22,51
0,80-0,89	125,9	149	0,04	24,16
0,90-0,99	132,2	140	0,04	25,73
1,00-1,19	140,8	129	0,04	28,00
1,20-1,49	152,8	114	0,03	31,69
1,50-1,99	166,0	95	0,03	37,83
2,00+	170,7	85	0,02	42,18

Tab. 3.19 udává spotřebu času na těžbu dříví harvestorem Ponsse Ergo v nahodilých těžbách 0,02-0,24 h/m³, při objemu středního kmen 0,05-2,00 m³/kmen.

V dnešní provozní praxi se stává již běžným nástrojem využívání speciálních softwarových aplikací výkonových norem v LH pro opakované výpočty výkonových norem. Tomuto trendu se podrobily i navržené výkonové normy pro harvestorové technologie (Dvořák, 2011), kdy došlo k převodu výkonových norem harvestorů a

vyvážecích traktorů do softwarové podoby. Na tomto převodu výkonových norem do softwarové podoby se v rámci projektu „Aplikace pro výpočet výkonových norem a odhad finančních škod při použití harvesterové technologie“ podílel kolektiv autorů z Fakulty lesnické a dřevařské, ČZU v Praze – doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph.D.; Ing. Bc. Pavel Natov, Ph.D.; Mgr. Ing. Michal Hrib, Ph.D. a z Fakulty provozně ekonomické, ČZU v Praze – Mgr. Ludmila Natovová, Ph.D. Cílem autorů převodu výkonových norem byl požadavek na vytvoření kvalitních a pravidelně aktualizovaných výkonových norem, které by usnadnily především plánování a kontrolní činnost při využívání této technologie (Dvořák a kol., 2013).

Současný stav výpočetní techniky a softwarového vybavení osobních počítačů umožňuje plnou integraci sestavených výkonových norem do programového prostředí osobního počítače. Při této integraci je možné využít klasický model pro tvorbu aplikace, kdy bude aplikace vázána na konkrétní operační systém, a to ať již pro osobní počítač nebo pro platformu tzv. chytrých mobilních telefonů a tabletů. U tohoto modelu má v závislosti na operačním systému uživatel přímo na svém koncovém zařízení. Aktualizace programového vybavení je v tomto případě závislá na uživateli a aplikace se tak může stát velmi rychle neaktuální. Alternativní možností je využití potenciálu sítě Internetu, který pro distribuci a tvorbu aplikací nabízí tzv. Cloud computing (Dvořák a kol., 2013). Cloud computing lze charakterizovat jako poskytování dat, služeb či aplikací uložených na vzdálených serverech na Internetu s tím, že uživatelé mohou přistupovat k těmto službám pomocí webového prohlížeče nebo jiného tenkého klienta dané aplikace a používat tyto služby prakticky všude tam, kde je dostupné připojení k Internetu (Dvořák a kol., 2013).

Na webové adrese <http://vnhu.forestoffice.eu> (obr. 3.1, obr 3.2) je veřejně dostupný výsledný navržený algoritmus převedený do programových příkazů jazyka PHP. Název aplikace byl určen zkratkou slovního spojení „Výkonové normy pro harvesterový uzel“ s označením aktuální verze, tedy **VNHU 1.0**. Provozní nasazení aplikace bylo ověřeno a testováno nejen v laboratorních podmínkách na simulátoru víceoperačních strojů, ale i v reálné provozní praxi.

VNHU 1.0 - Výkonové normy pro harvestorový uzel

Skupina	Oddíl	Název	
Těžba	F	Těžba dřeva - harvestory	Vybrat
Soustředování	G	Soustředování - vyvážecí traktory	Vybrat
Finanční odhad škod			Vybrat

Obr. 3.1: VNHU 1.0. - výkonové normy pro harvestorový uzel (zdroj: vnhu.forestoffice.eu)

VNHU 1.0 - Soustředování dříví - vyvážecí traktory

[Zpět na výběr norem](#)

Základní normativ	Procentní úpravy	Doplňkové normativy
Objem středního těženého kmene (m ³)	<input type="text"/>	
Vyvážecí vzdálenost P-OM (m)	<input type="text"/>	
Výkon motoru vyvážecího traktoru (kW)		do 60 kW včetně ▼

[Stanovit normu](#)

Obr. 3.1: VNHU 1.0. - výkonové normy pro vyvážecí traktory (zdroj: vnhu.forestoffice.eu)

Vytvořenou aplikaci internetového prostředí již provozně využívají dvě firmy, které vlastní harvestorový uzel. Výhodou užití této aplikace v provozu je snaha autoru o pravidelnou aktualizaci výkonových norem a přehledné uživatelské prostředí, které usnadňuje opakované výpočty norem. Rizikový faktor, který omezuje užití této aplikace je internetové připojení, kdy v některých lokalitách nemusí být dostupné. *Autoři se domnívají, že tento způsob využívání softwaru pomoci tenkých klientů bude trendem, který postupně vytlačí klasické stolní počítače, a to hlavně s ohledem na nepružný a komplikovaný systém jejich aktualizací a dále také s ohledem na problematiku vhodného zabezpečení takto šířených aplikací* (Dvořák a kol., 2013).

3.3 Činitelé ovlivňující produktivitu práce těžebně-dopravních strojů při nasazení v lesních porostech

Lesní těžba je důležitým pěstebním zásahem v lesních porostech, od kterého je očekávaná zvyšující se kvalita a kvantita dříví v relativně krátké časové periodě. Nicméně lesní těžby mohou být ekonomicky výhodné jen v případě, že hodnota těžného dříví je vyšší než výrobní náklady. Návratnost těchto nákladů je vázaná na výkonnost práce stále vyvíjejících se víceoperačních strojů a jejich rostoucímu podílu na sortimentní těžební metodě. Produktivita práce harvestorů a vyvážecích traktorů závisí na mnoho faktorech např. typ stroje, objemová hmotnost, intenzita zásahu, počet stromů na plošné jednotce a schopnostech operátorů (Lageson 1997, Athanassiadis et. al 1999, Nimz 2002, Kärhä 2003, Neruda, Valenta 2003, Kärhä et. al 2004, Sängstuvall et. al 2012, Spinell, Magagnotti 2013), pěstebních opatřeních (Evanson 1996, Eliasson et al. 1999, Hanell et al. 2000, Eliasson 2000, Glöde, Sikström 2001, Nakagawa et. al 2007) a vzdálenosti mezi přibližovacími (vyvážecími) linkami (Härstedt 2000, Neruda, Valenta 2003, Valenta, Neruda 2004) stanovištních podmínkách (Schöttle et al. 1999, Bombosch et al. 2003) a celé řadě dalších faktorů (Jackson et. al 1990, Kellog, Bettinger 1994, Sirén, Aaltio 2003, Han et. al 2006, Malík, Dvořák 2007, Dvořák et al. 2012, Kabeš 2012), které je nutné s ohledem na polyfunkčnost lesních porostů a vývoj lesní techniky monitorovat.

V současné době jsou harvestorové technologie nasazovány v celé škále podmínek. Vyvážecí traktory vyváží dříví na rovinách, v kopcovitých a značně členitých terénech. Společně s harvestory jsou nasazovány do posledních výchovných zásahů, mýtních těžeb, uplatnění nachází i při podrostním způsobu hospodaření při tzv. výběrech. Vyvážecí traktory se dále využívají pro vyvážení klestu na štěpkování. Podmínky pro nasazení harvestorů a vyvážecích traktorů se dají rozčlenit do následujících skupin.

- 1) **Přírodní podmínky** - sklon svahu (%), čas těžby, náchylnost k erozi, únosnost půdy, průjezdnost terénu, stav povrchu půdy.
- 2) **Charakteristika těžebního zásahu** - druh těžby, těžená dřevina, průměrná hmotnost těžené dřeviny (m^3/ks), množství vytěženého dříví (m^3).
- 3) **Technologická charakteristika pracoviště** - odvozní místo, zpřístupnění porostu, sortimenty vyráběné sortimentní metodou, mechanizace pro těžbu, skupinovitost porostu.

3.3.1 Sklonitost terénu

Největších výkonů dosahují harvesterové technologie na rovinách. V posledních letech jsou nasazovány i do kopcovitých terénů a do terénu s různou sklonitostí. U vyvážecích traktorů je velkou výhodou při práci ve svazích to, že co nevyjede do svahu, je operátor schopen sjíždět po svahu dolů. Díky tomu nachází zejména vyvážecí traktory svoje uplatnění v co největší škále přírodních podmínek, co se týče sklonitosti terénu.

Harvestory s kolovým podvozkem jsou nasazovány do terénů s podélným sklonem (sklon po spádnicí) 35 – 45 (50) % podle stavu povrchu, nad 45 % přichází v úvahu pouze pásové, kombinované a kráčející varianty podvozků (Ulrich et al. 2002). Obecně platí, že příčný sklon terénu by neměl přesáhnout 10 %. Za bezproblémové svahy lze považovat ty, které harvester vyjede bez použití uzávěrky diferenciálu a pokud při zabrzdění nesjíždí ze svahu při kácení stromu. Pokud by nastala taková situace, lze považovat další provoz harvestoru za riskantní (Ulrich et al. 2006).

Kolové harvestory mohou zvládnout terény po spádnicí (podélný sklon) do 35 %, ve vyjimečných případech (podle stavu pojezdového povrchu) až do 50 % (Stampfer 1999), nad 50 % přichází v úvahu jen pásové, kombinované a kráčející varianty podvozků. Pásový harvester „Impex 1650 Königstiger“ může být využíván až do 60% sklonitosti (Schöttle et. al 1997). Sklonitost nad 45 % pro harvestory připouští i Státní lesy Saska v případě splnění vybraných technických podmínek, kterými jsou typy podvozku nebo jeho vybavení v různých sklonech terénu (Flechsigt et. al 2006). Při pojíždění napříč svahem (příčný sklon) je stabilita harvestoru malá a dovoluje max. 10% sklon (Schlaghamerský 2002).

Za bezproblémové svahy lze považovat ty, které harvester vyjede bez použití uzávěrky diferenciálu a pokud při zabrzdění nesjíždí ze svahu při kácení stromu. Pokud by nastala taková situace, lze považovat další provoz harvestoru za riskantní (Ulrich et al. 2006).

Současné konstrukce většiny typů harvesterů jsou vybaveny vyrovnáváním kabiny řidiče i na strmých svazích do vodorovné polohy. Rovněž kola podvozku jsou schopna přizpůsobit se sklonu svahu, tím se zvyšuje příčná stabilita harvestoru při jízdě po vrstevnici. Různé běžné překážky v porostech, jako třeba balvany, pařezy či prohlubně, jsou harvesteru i vyvážecími traktory překonávány. Avšak mobilita těchto

těžebně-dopravních strojů a tím i samozřejmě jejich výkonnost je na terénních podmínkách úzce závislá.

Dvořák et al. (2012) uvádí, že je značnou nevýhodou strojů v případě jejich dlouhodobého nasazení ve vysoké sklonitosti přelévání olejové lázně do níže položeného místa, čímž dochází ke špatnému mazání některých komponentů a následnému mechanickému poškození.

Limitující sklon terénu pro nasazení vyvážecích traktorů je 35 %. Sklon terénu je i jeden z hlavních faktorů, který podstatně ovlivňuje výkonnost operátora vyvážecího traktoru. U sklonu svahu si musíme především uvědomit, jestli se dříví bude vyvážet proti svahu nebo po svahu.

Sklonitost terénu, která je limitující pro nasazení harvesterů nebo vyvážecích traktorů, je pro každý stroj jiná. Lukáč (2005) uvádí, že dovolený podélný sklon terénu může být do 45 % podle stavu půdy a příčný sklon do 8 – 10 %. Sklon terénu výrazně ovlivňuje výkonnost operátora vyvážecího traktoru. U vyvážení dříví se musí především naplánovat, jestli se bude dříví vyvážet po svahu nebo proti svahu.

Do provedení těžebního zásahu tedy volíme nasazení harvesterových technologií dle limitující sklonitosti terénu pro vyvážecí traktor (nasazení plně mechanizovaného harvesterového uzlu). Pokud budeme nasazovat harvestory ve sklonitosti terénu nad 35 %, tak by se mělo dopravu dříví využívat lanových dopravních zařízení nebo koňské síly (kap. 3.1.2.3.7).

Pokud bude operátor s vytvořeným nákladem sjíždět po mírném svahu dolů, neměli bychom to brát jako ztížení práce, ale naopak jako činitel usnadňující práci. Ale jestliže sklon svahu překročí vyzorovanou hranici 10 %, tak je to jev práci ztěžující, protože operátor musí často vyvážecí traktor brzdit, aby se mu po svahu samovolně nerozjel a nedošlo např. k nárazu do stromu či jinému poškození vyvážecího traktoru. Největší vliv pak má jízda s nákladem proti svahu. Proto bylo nutné rozdělit sklonitost svahu do několika kategorií: roviny, svahy se sklonem do 10 %, 11 - 20 %, 21 - 30 %, 31 - 40 %, 41 - 50 % a více jak 50 % (Kabeš 2012).

Jelikož celá řada lesních porostů roste nad vodními toky, zemědělskými půdami či soukromými majetky, musí operátoři více jezdit do protisvahu, což je ve většině případů určeno přírodními podmínkami a vytvořenými sítěmi odvozních cest apod. To se negativně projevuje na snižování výkonnosti. V porovnání se cca o 10 - 50 % snižuje výkonnost operátora vyvážecího traktoru oproti vyvážení dříví na rovinách v závislosti na sklonu daného svahu.

3.3.2 Období těžby

Stejně jako na těžbu stromů, tak i na vyvážení dřevní suroviny (vyvážené dříví) má vliv to, zda je těžba prováděna v období klidu mízy nebo v jejím proudu. V návaznosti se nabízí porovnání toho, jestli se těží nebo vyváží syrové dříví nebo již dříví proschlé. Dále je pak rozdíl, jestli se vyváží dříví z tvrdých listnatých dřevin nebo z měkkých listnatých dřevin a jehličnatých dřevin.

Dříví vytěžené v zimním období je ve většině případů vymrzlé a snižuje se tedy jeho hmotnost. Proto jsou operátoři schopni v zimním období vytvářet větší náklad. Využívají přitom toho, že je půda umrzlá a následně pak ve většině případů nedochází k poškození lesních cest a půdního povrchu pojezdem vyvážecího traktoru (Kabeš 2010).

Naproti tomu, když začíná období tání sněhu a nástup jarního období, je půda značně podmáčená a často dochází k poškozování lesních cest a půdního povrchu. Proto operátoři vytváří menší náklad za účelem snížení rizika vytváření erozních rýh. Dalším důvodem je minimalizování poškození vyvážecích linek, což se negativně projevuje ve výkonnosti. Ta ve srovnání se zimním obdobím klesá, protože klesá objem vytvořeného nákladu (Kabeš 2010).

3.3.3 Náchylnost k erozi

Náchylností k erozi se myslí míra odolnosti proti působení erozních činitelů - vody, větru, těžebně-dopravních operací. Nejméně náchylné je půdní podloží k erozi půdy v období zimních měsíců a letních měsíců, nevyskytují-li se zrovna období dešťů, kdy je půda značně podmáčená a dochází k poškozování půdního povrchu. Eroze vznikají nejvíce na jaře, na podzim a v období tání sněhu. Tedy v obdobích, kdy hodně prší a půdy jsou náchylnější k vytváření erozních rýh z důvodu podmáčení. Nasazením forwardérů se nechá eliminovat vznik části erozních rýh, protože nedochází k vlečení nákladu po zemi. Zároveň je tak splněn i jeden z požadavků odběratelů, aby nedocházelo k poškození dříví vlečením po zemi a dříví nebylo obaleno bahnem. Působením vyvážecího traktoru dochází pouze k vytváření vyjetých kolejí. Ve srovnání s UKT, LKT a SLKT je vyvážecí traktor šetrnější k půdnímu povrchu. Je to dáno tím, že při vyvážení dříví vyvážecími traktory nedochází k poškození půdy způsobené vlečením kmenů po zemi, jako je tomu při přibližování dříví výše uvedenými technologiemi. Vyvážecí traktory jsou právě kvůli tomu uváděny jako prostředky šetrné

technologie pro vyvážení dříví z důvodu šetrnosti k půdnímu povrchu lesních porostů (Kabeš 2012).

3.3.4 Únosnost půdy

Změnou principu dopravy dříví z vlečení na vezení se omezuje možnost narušování půdního povrchu soustředěvaným dřívím, ale vzrůstá riziko zhutnění půdy jejím větším zatížením při pojezdu stroje. Tento problém je však konstrukčně řešitelný zvyšováním počtu kol, zdvojováním kol na nápravě (loggie nápravy), kolopásky a zvětšováním šířky pneumatik (Simanov 2001). V typologické klasifikaci ÚHÚL je za hraniční tlak mezi únosnými a neúnosnými terény považován tlak 50 kPa ve stopě dopravního prostředku (tlak odpovídající boření se lidské nohy). Při nasazení harvesterových technologií je v tomto případě rozhodující tlak vyvážecího traktoru, který je po vyvážecích linkách nucen projet několikrát. Ulrich et al. (2006) uvádí výši měrného tlaku na půdu od 32 do 78 kPa u vyvážecích traktorů John Deere bez nákladu a měrný tlak od 54 do 118 kPa s nákladem. Z hlediska snížení tlaku na půdu je vhodnější 8 kolové provedení vyvážecích traktorů. Nižšího tlaku na půdu můžeme také dosáhnout použitím kolopásů na jednotlivých nápravách. Z faktorů, které hrají při zhutňování půdy největší roli, tj. tlak na půdu, vlhkost půdy, zrnitost půdy, stupeň plasticity, pórovitost půdy, kontaktní plocha pneumatiky s podložím, tloušťka humusové vrstvy, případně jiné humusové vrstvy (Ulrich 1998), je nutné vycházet i při možných preventivních opatřeních, mezi která patří následující:

Používání nízkotlakých pneumatik je dnes již u harvesterových technologií samozřejmostí. Dochází k menšímu stlačování půdy s rozložením hmotnosti stroje a nákladu na větší měrné jednotky. Tento účinek znásobují vícenápravové stroje, u kterých je tlak rozkládán na 6 - 8 kol.

„Tlak je možné snižovat i ochranným podkladem na půdním povrchu. Ty jsou z přírodních nebo z umělých materiálů. V provozu je podklad nejčastěji tvořen klestovým kobercem a jeho vytváření při odvětvování stromu je považováno za samozřejmou součást výrobního postupu. Pro svou účinnost je požadována síla klestového koberce, přes který je tlak rozkládán na větší plochu, až 30 cm. Skutečnost je však jiná a musíme vycházet ze zavětvení stromů v porostech, kde jsou těžebně-dopravní zásahy prováděné. Klestový koberec je často přerušovaný. Z těchto důvodů je požadováno ukládání klestu především na náběhy stromů, které jsou nejvíce náchylné k poranění, nebo do již vyjetých kolejí. Jako přirozené podklady je možné používat i silnější dříví (hroubí) nebo

kamenivo. Dříví nebo kámen je vkládáno také do vyjetých kolejí nebo v místech čtenějších přejezdů, kde hrozí větší riziko zhutnění půdního podkladu (např. vjezd do lesního porostu, podmáčený mikrorelief, který nelze objet apod.). Nevýhodou je nemožnost následného upotřebení.“ (Malík, Dvořák 2007).

V zahraničí jsou používány i umělé podklady. Výrobním materiálem jsou ztužené plasty nebo kov. V provozu jsou používány, vzhledem k nákladovosti, pouze ke zpevnění lesních cest při odvozu dřeva.

Trakční ústrojí je dalším technickým faktorem odrážejícím se na přenosu hmotnosti na půdu. V současné době pracuje v českém LH většina harvesterů a forwardérů s kolovými podvozky, jejichž vybrané provozní výhody jsou nepopiratelné ve srovnání s pásovými harvestory (např. možnost pojezdu po veřejných komunikacích), na druhou stranu dochází k většímu tlaku na půdu. Nyní pracuje v LH „jen“ cca 15 pásových harvesterů a asi čtyři desítky pásových malovýkonových forwardérů Terri. S nasazením pásů, se v závislosti na půdním podkladu snižuje tlak až o polovinu a umožňuje větší svahovou dostupnost. Horší je doprava strojů na pracoviště, které není možné transportovat po vlastní ose a musí být zajištěn převoz. Rozdíl je i mezi gumovými a ocelovými pásy. Lhotský (2002) uvádí větší vibrace ocelových pásů a tím větší zhutňování půdy. Pásy způsobují poškození horní vrstvy půdy, kde je největší množství drobných kořenů. V neposlední řadě dochází ke snižování zatížení půdy dalšími technickými úpravami. Těmi je především používání lehkých slitin kovů při výrobě např. klanic nebo rámců strojů, a tak celkové snižování váhy strojů.

„Využití lesnické mechanizace je dnes nedílnou součástí těžebně-dopravního procesu. Celkový tlak se pohybuje s typem stroje od 40 kPa do 250 kPa. Pracovní prostředky jsou od počátku mechanizování lesní práce výkonnější a je nutné je operativně aplikovat v podmínkách lesní výroby. S vývojem nejsou těžší jenom stroje, ale také soustředěvaný náklad. Přibývající hmota je primární příčinou pro rostoucí riziko těžebně-dopravní eroze“ (Malík, Dvořák 2007).

Přesto je nutné využívat operativní možnosti vedoucí ke snižování celkového tlaku na půdu:

- nasazení vícenápravových strojů s nízkotlakými pneumatikami;
- minimalizace pojiždění ve vlhkém stavu půdního podkladu a přesun práce do období dočasného zpevnění podkladu suchem nebo mrazem, pokud to charakter situace umožňuje;

- navyšování objemu nákladu úměrně únosnosti půdního podkladu;
- vytváření klestového koberce bezprostředním odvětvováním a odřezáváním vrcholů před strojem na přibližovací linku.

Na základě rozvoje harvestorových technologií lze předpokládat zlepšení výrobní efektivity a redukci nákladů v provozu lesního hospodářství ČR jak při běžném provozu, tak při jejich nasazení po živelných katastrofách při rychlém odstraňování jejich následků (Malík, Dvořák 2007).

Nejvíce ke zhutňování půdy vyvážecími traktory dochází na vyvážecích linkách a při výjezdech z lesa na odvozní cesty, kde vznikají následně největší erozní rýhy. Je to dáno častějším pojezdem po jedné trase (Malík, Dvořák 2007). Největší vliv na zhutňování půdy má především mechanizace, která ovlivňuje svůj podíl rostoucí hmotnosti s jejím vývojem. V posledních 40 letech stoupla hmotnost vyvážecích traktorů o 126 % (Šařec 1997).

Hmotnost vyvážecího traktoru Vimek 606 TT je 2700 kg a nosnost 3000 kg. Plně naložený stroj má zhruba stejnou hmotnost jako UKT (univerzální kolový traktor) bez nákladu. Oproti UKT má o nápravu více a širší pneumatiky. Proto měrný tlak na půdu je nízký a škody na půdním povrchu minimální. Oproti tomu hmotnost velkých vyvážecích traktorů se pohybuje v rozmezí 10000 - 17000 kg s nosností od 11 do 19 tun. Měrný tlak na půdu je nízký z důvodu použití 600 - 700 mm vysokotlakých pneumatik a škody na půdním povrchu jsou tak minimální. S prací strojů z hlediska ochrany lesních porostů jsou spokojeni nejenom majitelé lesů, ale i pracovníci lesnických firem.

Na druhou stranu musíme však posuzovat únosnost půdy s ohledem na roční období. Velkým rozdílem je, vyvážení dříví v zimě za mrazivého počasí, kdy je půda ještě umrzlá a na konci zimy, kdy dochází k tání sněhu. Půda je nasycená vodou, to se začínají vytvářet na přibližovacích linkách a nebezpečných lesních cestách vyjeté koleje. Velký rozdíl bude v porovnání letních měsíců, kdy je většinou půda vyschlá a na podzim, kdy zase hodně prší. Zrovna tak můžeme porovnat únosnost půdy i během směny, kdy na části vyvážecí cesty byla únosnost půdy do 50 kPa (měrný tlak na půdu vyjádřený v kPa) a na další části byla únosnost v rozmezí hodnoty 150 - 200 kPa. S únosností půdy vlastně pak souvisí i míra odolnosti k vytváření erozních rýh při těžebně-dopravních operacích (Kabeš 2012).

3.3.5 Terénní klasifikace

Prioritní je vycházet z terénní typizace, která doporučuje nasazení harvesterových technologií na únosných, event. podmíněně únosných půdách podle Simanov, Macků, Popelka in Tuháček (1997), kde je podloží schopné odolávat tlaku většímu než 200 kPa, event. většímu než 50 kPa na podmíněně únosných půdách. Sklonitost je doporučována do 33 %, i když dnešní provozní praxe připouští u kolových harvesterů až 40 %. V neposlední řadě je třeba volit bezpřekážkové terény s pařezy a kameny pod 50 cm nebo s jejich rozstupem větším než 5 m pro bezproblémový průjezd stroje (Malík, Dvořák 2007).

Preventivním opatřením s ohledem k fyzikálním vlastnostem půdy je omezený počet přejezdů po ploše, nepřetěžování stroje nákladem nebo naopak snižování množství nákladu s ohledem k půdní podklad a nevycházet tak z možné kapacity stroje.

3.3.6 Průjezdnost terénu

Dalším faktorem nasazení harvesterových technologií je výskyt překážek přímo v porostu. Mezi hlavní překážky řadíme vysoké pařezy, kameny, výskyt příkopů a různých prohlubní, výskyt teras apod. Řadě překážek lze předcházet. Např. při těžbě budeme dodržovat úrovňové kácení na vyvázečích linkách nebo budeme po vlastním skácení stromu seřezávat pařezy, do příkopů a prohlubní můžeme naházet různé větve nebo vložit nějaké méně hodnotné sortimenty (např. vláknina). Platí pravidlo, že pokud se bude překonávat minimum překážek v porostu, bude narůstat i výkonnost operátora. V případech, kdy bude v porostech přibývat různých překážek, bude logicky výkonnost operátora klesat, protože bude hodně času trávit vyhýbáním se překážkám a dochází ke ztížení manévrovatelnosti vyvázečího traktoru. I když pařezy a kameny nejsou zas až tak velkými překážkami jako již zmíněné terasy (Kabeš 2012).

Výkonnost v porostech s výskytem různých překážek závisí na výskytu druhu překážek a na intenzitě jejich výskytu. Vliv pařezu jako překážky můžeme prakticky vyloučit, protože se v dnešní době snižuje výška pařezů na přiměřenou mez pro průjezd vyvázečích traktorů. Největší vliv na výkonnost má výskyt různých prohlubní, odvodňovacích příkopů, apod. a v neposlední řadě výskyt teras. Zde trvá dlouhou dobu, než si operátor najde vhodné místo pro jejich překonání. Prohlubně a příkopy lze na určitou dobu zasypat nebo zaházet větvemi, popř. méně hodnotnými sortimenty (vláknina a palivo), kdežto u teras neovlivníme nic. Z důvodu výskytu těchto překážek

pak dochází ke snížení výkonnosti operátora vyvážecího traktoru, protože podstatně dlouhou dobu trvá, než překoná výše uvedené překážky. Prakticky stejné jako v horním odstavci Operátoři vyvážecích traktorů si ve většině případů při překonávání různých překážek vytvoří několik menších nákladů (v rozmezí 3 - 5 m³). Tuto operaci provádějí několikrát za sebou, než si na pevném podkladu po překonání překážek vytvoří celý náklad a využijí tak celý úložný prostor vyvážecího traktoru.

Pro průjezdnost terénu jsem si vybral následující terénní klasifikaci. V této terénní klasifikaci jsou zahrnuty čtyři typy terénu. Jedná se o terén bez překážek, terén s překážkami do výše 30 cm ve vzdálenosti větší než 5 m, terén s překážkami do výše 50 cm ve vzdálenosti větší než 5 m a terén s překážkami vyšší než 50 cm ve vzdálenosti kratší než 5 m. Na základě této terénní klasifikace se vždy zařazuje pracoviště (porostní skupina), kde probíhá vyvážení dříví (Kabeš 2010).

3.3.7 Stav povrchu půdy

Lesní půda je buď bez krytu, nebo je kryta buřeni, křovinami a přirozeným zmlazením eventuelně nárosty. U buřeně je důležité, jakým procentuelním zastoupením pokrývá plochu a jaké výšky buřeně dosahuje.

Výskyt přirozeného zmlazení a nárostů

S ohledem na podporující se přirozenou obnovu porostů je nutno maximálně zamezit vzniku škod polámaním a uježděním nejmenších jedinců. U starších a větších stromů musíme dbát na to, aby nedocházelo k poškozování kořenových náběhů a k odírání kůry.

Proto by se v lokalitách s přirozenou obnovou nemělo dbát tolik na výkonnost mechanizačního prostředku, ale měl by být brán zřetel na maximální zachování a podporu přirozeného zmlazení. Stránka výkonnosti by měla být až na druhém místě. Samozřejmě, že by si chtěl operátor vydělat co nejvíc, ale v těchto podmínkách se musíme zaměřit především na podporu přirozeného genofondu lesních dřevin (Kabeš 2010).

Výskyt buřeně

Vliv travnatého podrostu by nás zajímal nejvíce v pozdním jaru a během letních měsíců, kdy dochází k zarůstání sortimentů buřeně (např. Lužní lesy). Buřeně je v těchto měsících velice vytrvalá a v některých lokalitách dosahuje i vyšších výšek (v některých

případech i 2 metry). Nejčastěji se však výška pohybuje okolo 1 - 1,5 m. Vše záleží na tom, na jakém stanovišti se nacházíme, neboť na buřeň má vliv několik faktorů, např. vláhové a živinové podmínky, přístup světla do porostů, atd. Pracovní operace se ze zvyšující výškou buřeně ztěžují, což se týká především vyhledávání sortimentů (zejména jednotlivých stromů po nahodilých těžbách). Dalším vlivem na výkonnost je přejíždění stroje při vyvážení jednotlivých stromů v nahodilých těžbách. I když většinou to operátoři mechanizačních prostředků řeší tím, že si pracoviště nejdříve projdou a označí místo, kde se strom nachází, aby ušetřili co nejvíce času pojížděním (Kabeš 2010).

Výskyt křovin

Vliv křovinaté vegetace má prakticky stejný vliv jako travnatý porost, ale protože mají keře zdřevnatělý stonek, je to zároveň i překážka pro stroj, která může být příčinou i nějaké závady (poruchy), např. propíchnuté pneumatiky (omezeno na výskyt trnitých druhů jako je trnka, růže šípková, hlohy, nárosty akátu apod.), dále to jsou závady spojené s poškozením hadic na rameni hydraulické ruky (Kabeš 2010).

3.3.8 Druh těžby

Výkonnost harvestorových technologií je ovlivněna druhem prováděné těžby. Největších výkonností dosahuje při nasazení v mýtních úmyslných těžbách při holosečném způsobu hospodaření. Při podrostowním způsobu hospodaření dosahuje podobné výkonnosti jako při posledních výchovných zásazích ve starších porostech. U nahodilé těžby je posuzování jednodušší ve srovnání s malými vyvážecí traktory, protože se převážně jedná o soustředěnou těžbu, vzniká holina.

Úmyslná těžba

V těchto těžbách se forwardér uplatňuje nejvíce, je zde optimum jeho nasazení. Menší uplatnění nachází při podrostowním způsobu hospodaření, při tzv. výběrech. Zde nachází uplatnění díky svým rozměrům. Protože se většina těžebních zásahů v mýtních porostech provádí mechanizovaně (harvestor), dosahuje tu optimální výkonnosti.

Nahodilá těžba

Je to těžba, která vzniká neplánovaně. Může být různého původu - působení povětrnostních podmínek (větrné kalamity), sněhu, mrazu, hmyzu (hmyzové kalamity) a další vlivy (sucho, hniloba apod.). V rámci nahodilé těžby rozlišujeme zpracování jednotlivých stromů, skupin stromů a plošný zásah. Jednoznačně nejnižší výkonnosti je dosaženo při vyvážení sortimentů vyrobených z jednotlivých stromů, kdy se nejčastěji jedná o jednotlivé zlomy, vývraty apod. V mnoha případech nedochází ani k plnému vytižení vyvážecího traktoru. Často se náklad pohybuje v rozmezí 1-2 m³ u malých vyvážecích traktorů a 2-4 m³ u středních a 5-8 m³ u velkých vyvážecích traktorů. Pokud se jedná o skupiny stromů a plošný zásah v porostu, je dosahováno stejné výkonnosti, i když tu často práci ztěžují nakupené vývraty a zlomy, kdy po zpracování stromů zůstává na zemi spousta těžebních zbytků. Stoupá zde i velikost překážek, týká se především výšky pařezů po odříznutí vývratů (Dvořák 2010). Dochází ke značnému manévrování při řízení, což má za následek, že vzrůstá spotřeba pracovního času pro vyvážení dříví. Tyto abnormality pracoviště mohou být ošetřeny přírážkami k základní výkonové normě (Kabeš 2012). Působením vlivu nahodilých těžeb na produktivitu práce zejména harvestoru se zabývala celá řada autorů (např. Dvořák-Walczyk 2013, Dvořák 2010, Macků 2009).

3.3.9 Těžená dřevina

V našich lesních porostech se nachází celá škála dřevin, ať už našich původních nebo introdukovaných. Pro každou dřevinu je jiná sortimentace. Od druhu dřeviny se odvíjí i počet sortimentů. Zatímco u listnatých dřevin se převážně vyrábí jen vláknina, palivo a v omezeném množství pilařské výřezy. U jehličnatých dřevin se vyrábí nepřeborné množství sortimentů, což se týká kvality a rozměrových požadavků odběratele. Nejrozmanitější sortimentace je u smrku, kdy se na jednom místě vyrábí 10 - 15 sortimentů.

Nejsnadnější jsou na vyvážení dříví listnaté sortimenty. V podmínkách Žluticka se vyrábí jen vláknina ve dvoumetrových výřezech. Tyto krátké výřezy mají však velkou nevýhodu. Operátor, aby účinně využil a rovnoměrně zatížil boogie nápravu, musí naložit v porostu mezi klanice dvě hraně listnatých dvoumetrových výřezů. Tím se výrazně prodlužuje časová dotace na vytvoření nákladu.

U borovice a modřínu se vyrábí dva až tři sortimenty. Třímetrové výřezy (vláknina) a pilařské výřezy (délka dle požadavků odběratele). Dnes se vyrábí zpravidla 2 m nebo 2,5 m výřezy (vláknina) a 4 m výřezy (kulatina, KPZ).

Smrk je nejčastější dřevina na vyvážení, protože se z této dřeviny vyrábí nepřeberné množství sortimentů, např. vláknina, dřevovina atd. Ale na druhou stranu, díky své nižší hmotnosti ve srovnání s listnatými tvrdými dřevinami, je pro vyvážení oblíbenější. Ve smrkových výřezech o délce 5 m může operátor maximálně využít ložnou plochu stroje bez obavy přetížení jako jeden náklad.

Těžená dřevina je složená z řady kvantitativních a kvalitativních ukazatelů odrážejících se na výkonnosti těžebně-dopravních strojů. Mezi rozhodující faktory patří dřevina a její hmotnatost (Elliasson et. al 1999, Stampfer 1999, Bensch, Urbaniak 2000, Forbig 2001, Valenta, Neruda 2003, Lukáč 2005, Jiroušek et. al 2007, Dvořák et. al. 2011, Kabeš 2012), které závisí na taxačních (kvantitativních) parametrech – tloušťka na pařezu, výška stromu, průměr větví, či jiných kvalitativních specifik a vlastností – rozložení větví v koruně stromu, křivost kmene a průběžnou kmene (Gros 1984, Turner et. al 2003).

Řada autorů se zabývala produktivitou práce harvesterových technologií dle jednotlivých dřevin nebo dřevin vázaných na určitý typ těžby (např. Fjeld, Grahns 1998, McNeel, Rutherford 1994). Produktivitou práce operátora harvestoru v nahodilých těžbách jehličnatých dřevin se zabýval např. Dvořák, Walczyk 2013, Dvořák 2010, Macků 2009. Nový (2010) se zabýval produktivitou práce středně výkonového harvestoru v předmýtních těžbách borovice a modřínu. Produktivitou práce harvesterové technologie v úmyslných těžbách jehličnatých dřevin se zabývali např. Kabeš et. al 2014, Spinelli, Magagnotti 2013, Gabrielová 2012, Atahanassiadis et. al 2011, Dvořák et. al 2011, Dvořák et. al 2010, Kabeš 2010, Spinelli, Magagnotti 2010, Jiroušek et. al 2007, Dvořák et. al 2007, Kaila et. al 2006, Suadicani, Nordfjell 2003, Nieuwenhuis, Lyons 2002, Sikström, Glöde 2000, Evanson 1996. Dále je zajímavé sledování produktivity práce ve smíšených lesích (Puttock et. al 2005) nebo porostech listnatých (Zinkevičius et. al 2012). Dále se řada odborníků (např. Hanell et. al 2000, Glöde (1999) zabývala produktivitou práce harvesterové technologie v těžbě jehličnatých dřevin při uplatňování podrostního způsobu hospodaření.

3.3.10 Objemová hmotnatost těžené dřeviny

Objemová hmotnatost těžené dřeviny je jedním ze dvou hlavních ukazatelů vystavení základní výkonové normy pro vyvážení dříví. Uvádí se v $m^3/kmen$, tedy průměrný objem těženého stromu. Z tohoto čísla můžeme posuzovat předpokládaný

výskyt sortimentů vyrobených sortimentní metodou, případně můžeme zhruba odhadnout i procentuální zastoupení jednotlivých sortimentů.

Forbrig (2001) uvádí, že výkonnost harvestoru ve slabších borových porostech do hmotnosti $0,25 \text{ m}^3$ je vyšší než v porostech smrkových, kde je větší podíl křehkých suchých větví a nad výše uvedenou hmotnost se výkonnost stroje zvyšuje ve prospěch smrkových porostů pro jejich větší užitkovatelnost, menší větevnatost a menší vzdálenost pojezdu mezi těženými stromy. Harvestory mohou zpracovávat i další druhy dřevin, základní podmínkou kvalitního zpracování je rovnost kmenů. Dle výzkumu Dvořáka et al. (2010) je běžný horní limit hmotnosti pro jehličnaté dřeviny maximálně $0,97 \text{ m}^3/\text{strom}$. Pro listnaté dřeviny je doporučená hmotnost $0,50 \text{ m}^3/\text{strom}$ (Johansson 1995).

3.3.11 Intenzita zásahu

Intenzitou zásahu je myšleno celkové množství vyrobeného dříví na ploše (m^3/ha). V mýtních těžbách je relativně jedno jaké množství dříví se na dané lokalitě (holině) nachází, protože je dříví soustředěno na jedno místo. Intenzita těžebního zásahu je jedním z faktorů odrážejícím se na výkonnosti práce (Valenta, Neruda 2003). Je nutné zdůraznit, že ekonomické ukazatele spojené s návratností investičních a provozních nákladů vyžadují pěstební zásahy vyšší intenzity. Harvestorová technologie se tím může dostat v krajních případech do rozporu s lesním hospodářským plánem (LHP). Probírkové procento je často velmi nízké (často jen 10 %) a těžební zásah tak podle předpisů nemůže být tak intenzivní. S nasazením harvestorové technologie do výchovných těžeb to má za následek to, že se v porostech těží větší množství dříví. Je to dáno tím, že je zapotřebí větší množství linek v menších rozestupech (15-20) ve srovnání s klasickou technologií (JMP+UKT) a při plánování výše zásahu se s tímto jevem nepočítá (Kasl, Merunka 1999, Zeman, Němec 1999).

3.3.12 Odvozní místo

Je důležité, kde je OM umístěno, jakého je tvaru a velikosti. Pokud je OM umístěno přímo u hlavních silničních tahů, tak se musí brát na zřetel projíždějící auta. To vyžaduje časté přestávky, neboť operátor nechce riskovat, že by se náhodou mohl uvolnit nějaký sortiment a spadnout na projíždějící auto. Pokud to umístění OM jen trochu umožňuje, na silnici nevjíždějí a skládají sortimenty ke kraji porostu. Dalším vlivem je tu velikost a tvar OM. Ve většině případů při provádění těžby u odvozních

cest OM často chybí. Je třeba mít na zřeteli, kolik sortimentů a jaké množství se bude k odvozní cestě vyvážet. Musíme brát na vědomí to, že se požadavky odběratelů dříví mění často i několikrát během jednoho roku. Když víme, že pilařské výřezy vyrábíme v rozmezí délky 3 - 6 m, musíme mít i dostatek úložné plochy, kam by bylo možno sortimenty vyvážet a složit. Z tohoto pohledu je proto v dnešní době veliká spousta odvozních míst nedostačující (Kabeš 2010). Odvozní místo je faktor, který ovlivňuje především výkonnost operátorů vyvážecích traktorů.

3.3.13 Zpřístupnění porostu

Při využívání tažné koňské síly a traktorových technologií pro soustředování, respektive pro přibližování dříví nebyla tak nutná podrobná technicko-organizační příprava pracoviště. Zejména se to týkalo vyznačování přibližovacích linek. Pro traktor musí být linky široké cca 4 - 5 m, záviselo na druhu daného mechanizačního prostředku a při vyústění na odvozní cesty značně rozšířené a pod úhlem cca 45 °. Rozstup linek postačuje v rozmezí 40 m. Pracovník si může natáhnout lano do porostu, proto nemusejí být linky tak blízko u sebe.

Pro koně se linky prakticky ani nemusejí vyznačovat. Je to dáno tím, že se kočí s koněm mezi stromy vždycky k pokácenému stromu dostane (Kabeš 2012).

S nasazením harvestorových technologií se musela změnit technicko-organizační příprava pracoviště a tedy celé zpřístupnění porostů.

V 70–80. letech se provádělo rozčlenění po 50 m. Harvestor pracoval částečně z linky a zároveň zajížděl do porostu a snažil se vyrobené dříví ukládat co nejbliže k lince. V dalším stadiu porostu se při dalším výchovném zásahu provedlo rozčlenění nové, zpravidla po 20 metrech, které někdy ani nenavazovalo na předchozí rozčlenění. V celé Evropě se rozčlenění porostů sjednotilo na 20 m a výrobci strojů se zaměřili na konstrukci harvestorů s dosahem jeřábu 10 – 11 m, které dokážou pracovat pouze z linky bez nutnosti zajíždění na porostní půdu. Pro dodavatele prací to znamená, že místo tří modelů (malý - střední - velký) nyní pořizují dva harvestory (probírkový a mýtní). Linka musí být široká 3,5 – 4,0 m. Pokud vlastník lesa vyžaduje linku širokou pod 3 metry, musí počítat s horší manévrovatelností strojů při výchovném zásahu, s vyšším mechanickým poškozením krajních stromů s následným rizikem napadení hnilobou a snížením tloušťkového přírůstu v důsledku zhutnění půdy v blízkosti krajních stromů (Ulrich 2011).

Protože se v dnešní době většina výchovných těžeb provádí mechanizačními prostředky, je nutné tomu přizpůsobit systém rozčleňování porostů vyvážecími linkami. V dnešní době se linky umísťují pro malé vyvážecí traktory v rozpětí 15 - 20 m od sebe při šíři 2 - 2,5 m, v závislosti na přírodních podmínkách daného pracoviště a podle dosahu ramene harvestoru pro těžbu. Šíře pracovního pole se vlastně zúžila i kvůli pracovníkům s jednomužnou motorovou pilou, protože je nutné vyrobené sortimenty vyklizovat k vyvážecím linkám, aby operátor vyvážecího traktoru nemusel zajíždět do porostu a nedocházelo tak k poškození okolních stojících stromů. Pro samotný vyvážecí traktor Vimek by byla postačující šíře vyvážecích linek kolem 2 m (šířka stroje je 180 cm), ale s kombinovaným nasazením s harvestorem se linky rozšiřují na šíři 3 - 3,5 m. Je to dáno tím, že se harvestor (Neuson 8002) často otáčí nebo pootáčí, tak se musí linky rozšířit, aby nedocházelo k poškození okolních stojících stromů (Kabeš 2012).

Ve většině případů však operátoři harvestoru ještě vjíždějí dovnitř pracovního pole, kde vytvoří úzkou linku, kam ukládají vyrobené sortimenty. Ale za nějakých pět let pak nelze poznat, že tam operátor harvestoru nebo vyvážecího traktoru kdy jezdil, protože v důsledku světlostního přírůstu stromů a jejich rozvětvení se tato vyvážecí linka ztrácí. Menší harvestory při prvních výchovných zásazích (Vimek, Neuson) mohou vytvářet dočasné linky. Toto řešení je vhodné u nepravidelných krajů porostu.

Pro velké vyvážecí traktory se využívají stávající linky, které se musí v některých případech rozšířit na šířku daného vyvážecího traktoru odkácením stojících stromů v bezprostřední blízkosti linek. Pro velké vyvážecí traktory se šíře linek volí v rozmezí do 3,5 - 4,5 m, záleží podle typu vyvážecího traktoru šířky stroje a sklonu terénu.

3.3.14 Soustředěnost těžby

Velký vliv na výkonnost má celková plocha porostu. Největší výkonnosti se dosahuje v porostech o velkých rozlohách, kde jsou dostatečně dlouhé vyvážecí linky a operátor zde může svážet pouze jeden sortiment, což mu následně ulehčuje práci na OM, neboť nemusí tolikrát přejíždět mezi jednotlivými skládkami. Na těchto plochách je i dostatečné množství dřevní suroviny, takže výkonnost je zde optimální. Proto jsem s ohledem na zjištění výkonnosti rozdělil porosty do dvou kategorií: porosty o jednotné ploše a porosty s plochou rozčleněnou.

Jednotná plocha porostu

Porosty o jednotné výměře a jedné části. Plocha tvoří ucelený komplex. Tyto porosty se dají rozdělit do následujících skupin.

a) Souvislé plochy (bývalé zemědělské půdy)

Ve většině případů se jedná o rovinaté terény eventuálně o terény s velmi malým sklonem maximálně do 5°. Pracovní činnosti jsou na těchto plochách jednodušší, protože jsou ideální pro nasazení mechanizačních prostředků, především při provádění celoplošných výchovných zásahů. Většinou se jedná o čisté monokultury nebo porosty smíšené, avšak jednotlivé dřeviny jsou sázeny opět skupinově (Kabeš 2012).

b) Souvislé plochy klasických lesních porostů

Tyto porosty jsou mnohem variabilnější s daleko větší proměnlivostí. Jsou jak na rovinách, tak především ve svazích s rozdílným klesáním a terénními členitostmi (např. rokle, strže). Díky své členitosti terénu jsou některé porosty náročné na provádění pracovních činností, což se projevuje v náročnosti na požadavky mechanizačních prostředků a jejich obsluhy (operátory). Výkonnost mechanizačních prostředků roste v příznivějších terénech a logickým myšlením dochází v porostech s horšími terénními podmínkami ke snižování výkonnosti. Při čemž jednoznačně největší vliv na výkonnost má překonávání přítomných terénních překážek (Kabeš 2012).

Rozčleněné plochy porostů

U těchto porostů máme na mysli, že jsou rozděleny na několik částí nebo vytváří menší celky připomínající ostrůvky.

Velikost ploch zpravidla nepřekračuje velikost 0,20 ha. V těchto podmínkách je výkonnost nejnižší. Dost podstatnou dobu trvá přejíždění mezi jednotlivými částmi porostu a následně je většinou i ztíženo skládání nákladu na OM, protože je vyváženo více sortimentů různých dřevin. V tomto případě se nevyplatí vozit jen jeden sortiment. Kolikrát totiž nedochází ani k úplnému vytvoření nákladu, je naložena např. jen polovina ložné plochy vyvážecího traktoru.

3.4 Standard for Forest machine Data and Communication – STANFORD

StanForD je zkratka pro datový formát pro záznam, převod a ukládání naměřených dat. V polovině roku 1980 byl v rámci optimalizace představen na švédských harvestorech palubní počítač. Skogforsk a několik švédských lesnických firem upozorňují na potřebu normy s cílem usnadnit a hlavně sjednotit správu počítačů. Norma byla schválena v roce 1987 a od té doby je neustále vyvíjena a doplňována (www.skogforsk.se).

StanForD je koordinován Skogforskem (výzkumný ústav v Uppsale), kdy první iniciativa k vytvoření datového standardu vznikla v roce 1986/87. První datový standard byl vytvořen v roce 1988. Finští uživatelé harvesterů byli zapojeni k vyvíjení datového formátu již od počátku 90. let prostřednictvím Metsäteho. Organizace StanForDu byla stanovena na konci 90. let, kdy se přední výrobci harvesterů dohodli na financování a administrativní práci spolu se švédskými lesními podniky prostřednictvím Skogforsku (www.skogforsk.se).

V dnešní době se StanForD používá v několika zemích a představuje de-facto standard, i když tento datový standard neměl žádný oficiální status. Z toho důvodu bylo na zasedání skupiny StanForDu v dubnu 2001 rozhodnuto, že se bude ve všech dokumentech týkajících se datového formátu používat pouze anglický jazyk. Uplatňování této normy není omezeno jen na správu počítačů, ale se vztahuje i na všechny typy datových komunikací s lesními stroji (www.skogforsk.se).

Od začátku má systém stejný datový formát a jednou ze základních zásad bylo mít plnou zpětnou kompatibilitu, díky které nelze vyloučit stávající proměnné. Tento formát byl založen s cílem flexibility. Tato skutečnost znamená, že je možné přizpůsobit normy měnícím se podmínkám, ale také to, že se během vývoje datového formátu nahromadilo velké množství nepoužívaných nebo nedůležitých proměnných. Datový záznam se dle StanForDu skládá z: 1) variabilní číslo, 2) typ čísla, 3) ukončení datového řetězce 4) tilda (~): např. "270 1 123 ~".

Datový formát pracuje stále dobře, ale je rozsáhlý a poměrně nepřehledný pro svoji velikost a technický formát. Proto bylo rozhodnuto, že 25. 8. 2006 všichni členové začnou pracovat na nové verzi datového formátu. Po úvodní studii 27. 5. 2008 bylo rozhodnuto vytvořit projekt StanForD 2010, který koordinuje spolupráce Skogforsku a Metsäteho.

Skogforsk je zodpovědný za rozvoj a udržování StanForDu a získává finanční podpory pro tuto práci od výrobců a švédských lesních podniků. Zástupci výrobců a lesních podniků se setkávají v pracovní skupině StanForD, které se koná dvakrát ročně, obvykle v Uppsale (Švédsko), v dubnu a říjnu. Před těmito zasedáními mají jednotlivé země obvykle své vlastní zasedání k projednání možného vývoje, které by mohl být projednáván na zasedání skupiny StanForD. Nové proměnné nebo prvky jsou posuzovány na zasedáních a po schválení, jsou přidány do seznamu (www.skogforsk.se).

3.4.1 StanForD 2010

Projekt na vývoj nové standardní verzi založený na XML byl zahájen v roce 2006. Nový StanForD2010 byl přijat v průběhu jara 2011.

Cílem nového datového formátu bylo dosaženo:

- lepší struktury, která podporuje správu dat (obvykle jednodušší konstrukce),
- vylepšené strukturální (konstrukční) popisy,
- přísnější priority (přísnější prováděcí pravidla),
- systém pro správu verzí datového formátu,
- snížení starých proměnných a struktur,
- společný a obecný formát s otevřeným rozhraním (XML), což je jednodušší implementování standardu v nových aplikacích dodávek dřeva (např. na nových trzích).

Zaměření aktualizované normy je na:

- lesní stroje (harvestory, vyvážecí traktory, atd.),
- kontrolu, podávání zpráv a sledování, sledování protokolování výroby.

První verze byla dokončena v červnu 2011. Nová verze bude vytvořena jednou ročně (leden / únor). Příští verze bude nová hlavní verze 3.0, pravděpodobně k dispozici od ledna 2014. Všimněme si, že v době, kdy bude nový standard aplikován v lesních strojích a bude k dispozici na trhu, bude do značné míry záviset na potřebách a požadavcích uživatelů strojů.

Níže jsou uvedeny úřední standardní dokumenty v současné době k dispozici. Na staré standardní verzi nebyla provedena žádná aktualizace od dubna 2012.

- main document (pdf, 2007-03-27),

- variables in numerical order (pdf, 2012-04-18),
- variables in numerical order (Excel, 2012-04-18),
- variables by category (pdf, 2012-04-18),
- variable revisions (pdf, 2012-04-18),
- appendix 1 (pdf, 2012-04-18),
- extended documentation (pdf, 2006-05-29), (www.skogforsk.se)

Dodatek byl dříve rozdělen do dvou samostatných příloh (v němčině a švédštině). Bylo rozhodnuto (04. 08. 2002) sloučit do jedné přílohy zahrnujícího také důležité informace obecné povahy. Bylo také rozhodnuto, na tomtéž zasedání zavést nový dokument s názvem „Rozšířená dokumentace“. Tento dokument je doplňkem oficiálního dokumentu StanforD2010. Obsahuje podrobnější popisy některých proměnných, jakož i příklady, jak lze proměnné použít. Dokument obsahuje také další informace týkající se StanForDu, např. obecného popisu různých typů souborů (www.skogforsk.se).

3.5 Měřicí a řídicí systémy víceoperačních strojů

„V dnešní době výrobci víceoperačních strojů dodávají harvestory, ale i vyvážecí traktory vybavené speciálním softwarovým vybavením, které často obsahuje několik samostatných softwarových produktů. U harvestorů některé z těchto speciálních softwarových produktů zajišťují například komunikaci s měřicími senzory umístěnými na kácecí hlavici a získané údaje o změřených veličinách (délka, tloušťka) převádí z analogové formy do podoby digitální“ (Dvořák et. al. 2012).

„Tento převod do digitální formy provádí ukládáním získaných údajů v jednotném datovém formátu. Takto uložená digitální data jsou následně předávána operátorovi nebo technicko-hospodářskému pracovníkovi prostřednictvím zobrazovací jednotky stroje, zpravidla monitoru. Tento jednotný datový formát pro záznam, převod a ukládání naměřených dat se postupně vyvíjí již od roku 1980 ve Švédsku, jako první komunikační standard pro komunikační systémy harvestorů a vyvážecích traktorů“ (Dvořák et. al. 2012).

Tento standard je všeobecně známý pod zkratkou StanForD, přičemž tento název vzniknul zkrácením anglického spojení „Standard for Forest machine Data and Communication“. Standard byl oficiálně uvolněn až v roce 1987 a od jeho vzniku je aktivně vyvíjen a podporován těmito hlavními výrobci víceoperačních strojů a výrobci

softwarových produktů určených pro víceoperační stroje: Dasa, LogMax, Paker Hannifin Corp. (původní Vansco), Komatsu Forest AB, Ponsse Oz, Rottne AB, JohnDeere Forestrz, SDC. Tito uvedení výrobci víceoperačních strojů a softwarového vybavení vyvíjejí nejen tento standard, ale také své vlastní softwarové produkty, které standard StanForD plně využívají a podporují.

Tuto softwarové produkty dělíme do dvou hlavních skupin:

1) výrobně-plánovací software

2) výrobně-evidenční software

z nichž každá obsahuje několik konkrétních softwarových produktů.

„První skupina, výrobně-plánovací software, zahrnuje takzvaný balík kancelářského softwaru. Ten slouží především pro přípravu a plánování výroby nebo zpětnou analýzu dat získaných při výrobě, případně dovoluje i přímou komunikaci s výrobou. Tento software lze instalovat na libovolný počítač, který splňuje minimální hardwarové a softwarové požadavky a nemusí být nijak hardwarově spojen s konkrétním víceoperačním strojem. Zpravidla se jedná o osobní nebo přenosný počítač vybavený operačním systémem Windows. Vzhledem k tomu, že harvestory i vyvážecí traktory jsou vybaveny taktéž osobním počítačem zpravidla s operačním systémem Windows, lze tyto programy instalovat i přímo do nich. V počítači harvestoru tak můžeme mít obě hlavní skupiny softwarových produktů tedy jak výrobně-plánovací, tak i výrobně-evidenční software. Výrobně-plánovací software je primárně určen pro kancelářské počítače určené k plánování, hodnocení a monitorování výroby“ (Dvořák et. al. 2012).

„Druhá skupina softwarových produktů, výrobně-evidenční software, se stará o získávání a zpracování výrobních dat, jejich záznam a o samotnou komunikaci s operátorem stroje. Je nedílnou součástí harvestoru či vyvážecího traktoru a může komunikovat prostřednictvím GSM s výrobně-plánovacím softwarem. Každý harvestor musí být vybaven konkrétním výrobně-evidenčním softwarem, aby byla zajištěna jeho správná funkčnost. Tato skupina softwarových produktů, která se stará o komunikaci s měřicím senzory je určena převážně pro evidenci, kontrolu a sledování výroby surového dříví podle potřeby dodavatele prací, vlastníka lesa a dalších smluvních firem. Doplnění systému harvestoru satelitní navigací a GSM přenosem dat umožňuje tyto údaje z výroby přenášet mezi operátorem harvestoru, jeho zaměstnavatelem, případně rovnou s odběratelem, ale i zadavatelem prací (Dvořák et. al. 2012).

Hlavními funkcemi výrobně-evidenčního softwaru je:

- kontrola technických funkcí stroje, tzv. testovací diagnostika,
- optimalizace práce při vysokém objemu výroby,
- přenos dat.

„Typický příklad provozu výrobně-evidenčního softwaru lze popsat následujícím způsobem. Před zahájením práce na těžební ploše se provede volba nové plochy nebo zpětné nastavení předchozí (pokud práce nebyly dokončeny), nastavení registračních dat operátora, načtení a aktivace ceníkových matic ATP souborů popř. manuální nebo elektronická kalibrace měřících senzorů.

Výrobně-evidenční software zpracovává a uchovává např. tato výrobní data:

- *registruje pracovní plochu (porost), operátora a délku pracovní doby,*
- *registruje rozměry (délku, tloušťku) dřeviny a druh dřeviny,*
- *navrhuje optimální sortimentaci kmene na základě algoritmu zadaného podle potřeb smluvních firem v ceníkové matici APT,*
- *počítá hmotnost pokácených stromů a registruje jejich počet,*
- *počítá objem vyrobených sortimentů a registruje jejich počet,*
- *ukládá profil kmene těžného stromu,*
- *umožňuje elektronický přenos dat nebo jejich přímý tisk, kdy takto vytištěný nebo odeslaný výrobní lístek mimo jiné zahrnuje datum jeho tisku, místo nasazení stroje (vlastní lesa, lesní úřad, revír, porost), jméno nebo číslo operátora, počet vytěžených stromů, objem a počet vyrobených sortimentů rozdělený podle druhu dřeviny vyrobený operátorem, sumarizaci počtu vytěžených stromů, počet a objem vytěženého dříví podle druhu dřevin všemi operátory na výrobní jednotce,*
- *informace jsou při těžbě stromu průběžně zobrazovány na monitoru.*

Veškerá výrobní data ukládá výrobně-evidenční software v textových souborech s parametry splňujícími standard StanForD na pevném disku počítače. Soubory jsou rozlišeny příslušnou koncovkou, která určuje obsah souboru (APT – ceníkové matice, PRD – produkční přehled atd.). Data je tedy možné vytisknout jednak v kabině stroje, ale je možný i elektronický přenos např. využitím USB externího disku nebo mobilním GSM telefonem“ (Dvořák et. al. 2012).

„V této skupině můžeme nalézt i výrobně-evidenční software, který není svázán s konkrétní značkou víceoperačních strojů, tedy přímo výrobcem víceoperačních strojů. Je však možné jej využít i pro menší výrobce strojů, kteří jsou tak osvobozeni od nutnosti vyvíjet nákladně své vlastní softwarové řešení. V tabulce 3.21 jsou podrobněji

vyjmenovány jednotlivé softwarové produkty výrobců, které je možné nalézt v současné době v ČR u provozovaných víceoperačních strojů. Tyto produkty jsou členěny dle výše popsaného rozdělení do dvou hlavních skupin. Z výše uvedené tabulky je patrné, že počet softwarových produktů je poměrně rozsáhlý a nejen proto je jeho správné využívání a nastavení v provozní praxi často problematické. Co však mají všechny softwarové produkty společné je právě komunikační standard StanForD, který dovoluje bezproblémovou přenositelnost připravených nebo získaných dat mezi jednotlivými typy víceoperačních strojů nebo kancelářských balíků od různých výrobců“ (Dvořák et. al. 2012).

Tab. 3.21: Nejběžnější softwarové produkty výrobců s největším zastoupením v ČR (Dvořák et. al 2012)

Výrobce	Výrobně-plánovací software	Výrobně-evidenční software - harvester	Výrobně-evidenční software - vyvážecí traktor
JohnDeere	TimberCenter TimberNavi TimberCalc SilviA TimberOffice	TimberMatic	TimberMatic
Komatsu	MaxiA MaxiB MaxiC MaxiD MaxiS MaxiN MaxiP	MaxiExplorer	MaxiForwarder
Ponsse	OptiGIS Office OptiEditor OptiSimu OptiStem OptiPlanner OptiComm OptiReport OptiAnalysis OptiLogi Office	Opti4G OptiPlan Viewer OptiMap Harvester	OptiControl OptiForwarder OptiMap Forwarder OptiTime Control LoadOptimizer
Rottne	nenabízí, ale využívá programové podpory výrobce DASA	Rottne D5	Rottne D5
Dasa	Optimization Builder Production Report File Transfer Assortment Builder Project Shell Priority Builder Instruction Compiler Operation Monitor Operation Report Forwarder Volume GeoInfo	Dasa 4 Dasa 5	Dasa 4 Dasa 5
Motomit		Motomit IT/PC	Motomit IT/PC

„Typickým příkladem této kompatibility je, že tzv. APT ceníkové soubory je možné připravit například v softwaru společnosti JohnDeere SilviaA nebo softwaru DASA využívaným společností Rottne a připravený ceník lze nahrát do libovolného typu harvestoru. Stejně tak data získaná libovolným výrobně-evidenčním softwarem např. ve formě STM souborů z libovolného typu harvestoru lze zpětně analyzovat např. v softwaru SilviA nebo MaxiS společnosti Komatsu“ (Dvořák et. al. 2012).

„Často používané označení softwarového vybavení víceoperačních strojů jako „Operační systém“ může být zavádějící, protože operační systém je v informatice vnímán jako základní programové vybavení počítače (tj. software), které je zavedeno do paměti počítače při jeho startu a zůstává v činnosti až do jeho vypnutí. Skládá se z jádra a pomocných systémových nástrojů. Hlavním úkolem operačního systému je zajistit uživateli možnost ovládat počítač, vytvořit pro procesy stabilní aplikační rozhraní a přidělovat jim systémové zdroje. Operační systém je tedy velmi komplexní software, jehož vývoj je mnohem složitější a náročnější než vývoj „obyčejného“ softwaru. V případě víceoperačních strojů je využíván zpravidla jako operační systém produkt společnosti Microsoft Windows“ (Dvořák et. al., 2012).

3.5.1 Dasa 4

Dasa 4: měřicí a kontrolní systém, vyvinutý speciálně pro prostředí harvestorové těžby. Hardware a software dohromady plní požadavky nejrůznějších zákazníků. DxPc je mobilní počítač s operačním systémem Windows. Ovládá celý systém, včetně komunikace s operátorem a ukládá všechna data, například statistiku nebo instrukce. Počítač je vybaven dotykovou obrazovkou, která velmi usnadňuje práci (www.dasa.se).

Řídící počítač (d4CU) a jednotka I/O (d418, respektive d408) jsou zpravidla umístěny ve stroji a jsou napojeny přímo na solenoidy ventilů a rozdělovače tlaku. Všechny výpočty potřebné pro práci a ovládání pohybů stroje jsou realizovány prostřednictvím CU počítače. Systém může být provozován s různými typy klávesnic a ovládacích prvků. Klávesnice jsou napojeny na jednotku d4KU, kde jsou jednotlivé signály převáděny do sběrnice. AU počítač. Počítač CU a jednotky KU jsou všechny propojeny do společné CAN sběrnice přes jednotku D4BU, která zároveň obsahuje napájecí zdroj a automatický přerušovač proudu (www.dasa.se).

Na jednotku BU je také možné připojit jednotku 08, která řídí ventily umístěné v podvozku stroje a upravuje jednotlivé tlaky. Systém Dasa může řídit až 56 výstupů,

analogových i digitálních a může přijímat signály až od 16 periférií rovněž analogových nebo digitálních (www.dasa.se).

3.5.2 Dasa5

Kontrolní a komunikační systém Dasa 5 pro těžká vozidla byl vyvinut do náročného prostředí. Hardware společně se software dohromady plní různorodé požadavky zákazníků. Tento systém byl vyvinut pro řízení všech elektronicky ovládaných prvků vozidla, jako je převodovka, motor a řízení. Systém zároveň ukládá data o vozidle pro potřeby statistické analýzy a inteligentního řízení (telematiky), (www.dasa.se).

Charakteristiky

- Sdílený systém s malými, inteligentními uzly, představuje, jak se starají jednoduché, flexibilní a cenově příznivé řešení.
- Vysoká provozní spolehlivost.
- Může být koordinován s jinými systémy ve vozidle, například řídicí jednotkou diesellového motoru přes protokol J1939 a podobně.
- Ukládání vybraných provozních údajů ve spojení s konkrétní činností - řízení zaznamenávání dat.
- Bezdrátová nebo Ethernetová komunikace zajišťuje aktualizaci, podporu nebo přenos provozních dat.
- Jazykové rozhraní přes oddělenou jazykovou databázi.
- Individuální profil řidiče se specifickou autorizací, nastavením jazyka a dalšími nastaveními.
- Otevřené a flexibilní systémové řešení používající standardní CE platformu.
- Účinný a jednoduchý prostředek k programování, projektování a vytváření uživatelského rozhraní pro MMI zobrazovací jednotku (www.dasa.se).

3.5.3 Dasa 5 Bucking

Systém Dasa 5 zahrnuje řadu produktů poskytujících kompletní řešení měřících a kontrolních systémů do prostředí výroby dříví harvesterovou technologií. Systém má tři stupně pro různé účely užití (www.dasa.se).

d5Bucking

D5Bucking je kompletní měřicí a kontrolní systém harvestoru. Hardware je postaven na základě standardu jednotky CAN produktové skupiny dasa5. Software je vylepšeným pokračováním dasa4 (www.dasa.se).

D5 Bucking umožňuje uživatelům přizpůsobit funkce, vzhled a uživatelské rozhraní, například pro menu a pozadí uživatelské plochy. Systém je rovněž plně integrovaný s kontrolním a komunikačním systémem dasa5. To přináší výrobcům strojů možnost zvolit kompletní kontrolní systém od jednoho dodavatele jak pro řízení stroje, tak pro aplikace (www.dasa.se).

d5Bucking Prio

D5 Bucking Prio je kompletní měřicí a kontrolní systém pro těžbu dříví harvestorem. Hardware systému je založen na standardní jednotce CAN produktové řady dasa5. Software byl navržen s důrazem na jednoduchost konfigurace a práce s ním. Systém je založen na jednotných délkách s, nebo bez ohledu na tloušťkové stupně. Systém je plně propojený se systémem kontroly a komunikace dasa5. To přináší výrobcům strojů možnost zvolit kompletní kontrolní systém od jednoho dodavatele jak pro řízení stroje, tak pro aplikace (www.dasa.se).

d5Bucking Prio C

D5 Bucking Prio C je kompletní měřicí a kontrolní systém pro řízení výrobního procesu harvestoru. Hardware systému je založen na standardní jednotce CAN produktové řady dasa5. Software byl navržen s důrazem na jednoduchost konfigurace a práce s ním. Systém je založen na jednotných délkách s, nebo bez ohledu na tloušťkové stupně. D5 Bucking Prio umožňuje uživatelům přizpůsobit funkce, vzhled a uživatelské rozhraní, například pro menu a pozadí uživatelské plochy. Systém je plně propojený se systémem kontroly a komunikace dasa5. To přináší výrobcům strojů možnost zvolit kompletní kontrolní systém od jednoho dodavatele jak pro řízení stroje, tak pro aplikace. D5 bucking Prio je ideální pro výrobce strojů a pro specialisty na jejich modifikace (www.dasa.se).

3.5.4 TimberMatic H-09

Kontrolní systém pro harvestory série E. Jednoduchý a uživatelsky příjemný kontrolní systém pro přesnou kontrolu a zlepšení výkonnosti. Jeden systém funguje jak pro kontrolu a monitorování podvozku, tak pro kontrolu a monitorování měřicího systému a harvesterové hlavice (www.deere.co.uk).

TimberMatic H-09 – inovativní, automatická přesná kontrola a zvýšená výkonnost

TimberMatic H-09 je uživatelsky příjemný a spolehlivý kontrolní systém pro harvestory série E. Kontroluje jak podvozek, tak měřicí systém a harvesterovou hlavici, to vše v jednom uživatelském rozhraní (www.deere.co.uk).

Automatický systém série E nabízí řadu prvků pro dosažení maximální produktivity

- klávesové zkratky pro často používané funkce
- specifické nastavení pro operátora
- interaktivní menu
- elektronickou uživatelskou příručku otevírající se v pravé části monitoru

Do kontrolního systému TimberMatic H-09 byly přidány tlakové senzory, které umožňují nastavení většiny parametrů stroje z vnitřku kabiny bez potřeby nářadí. Nově nainstalované senzory tlaku usnadňují nastavení stroje přes PC rozhraní:

- provozní tlaky a tlak transmise
- přítlačné odvětovací nože
- rotory posuvu

Přechod mezi harvesterem a vyvážecím traktorem nikdy nebyl tak jednoduchý. Ovládací prvky obou strojů jsou téměř shodné. Nový řídicí systém nejen usnadňuje práci, ale dělá ji i efektivnější (www.deere.co.uk).

3.5.5 TimberMatic™ H-12

TimberMatic™ H-12 je uživatelsky příjemný a spolehlivý kontrolní systém pro harvestory série E. Kontroluje jak podvozek, tak měřicí systém a harvesterovou hlavici, to vše v jednom uživatelském rozhraní (www.intrac.ee). Tento systém nabízí stejné možnosti jako TimberMatic H-09.

3.5.6 MaxiXplorer - plná kontrola harvestoru

Maxi je zastřešující termín pro Komatsu Forest systémy kontroly a měření pro efektivní těžbu dříví. Skládá se ze tří produktů, vyrobených pro konkrétní potřebu: Harvestor (MaxiXplorer), vyvážecí traktor (MaxiForwarder) a další stroje vybavené kácecí hlavicí Komatsu (MaxiHead), (www.komatsuforest.com).

MaxiExplorer – nejmodernější kontrolní systém na trhu

Komatsu MaxiExplorer je zcela nový kontrolní systém pro harvestory Komatsu, je to nejmodernější systém na trhu. Je to kompletní systém pro kontrolu stroje, kácecí hlavice, sortimentaci a administraci. Přináší optimální produktivitu, flexibilitu a uživatelsky příjemné rozhraní. Výsledkem je kompletní zpráva o výsledcích výkonu, stejně tak jako celkové výkonnosti harvestorového uzlu (www.komatsuforest.com).

Revoluční síla a rychlost - intuitivně

Důležitým přínosem ke zvýšení výkonnosti je uživatelsky přátelské rozhraní nového systému MaxiXplorer. Moderní rozhraní založené na grafice Windows a jednoduchá struktura menu umožňuje snadné ovládání a rychlé zaučení se v něm. Systém je zároveň jednoduchý na údržbu, nastavení a rozvoj podle specifických požadavků uživatele. Výkonnost je rovněž špičková. Procesor počítače je nyní o 3000% výkonnější, než v předchozích verzích, display je oddělitelný a nastavitelný, čtyřikrát více paměti a o 40% vyšší výpočetní výkon (www.komatsuforest.com).

MaxiXplorer nabízí nový svět výhod pro efektivní a ziskové harvestory. Zde jsou některé z nových funkcí:

- rychlejší systém s větší kapacitou
- moderní špičková platforma s vysokou schopností nástaveb
- uživatelské rozhraní: jednoduché, moderní, založené na Windows
- systémové menu: nové, uživatelsky přátelské a plně nastavitelné
- pracovní mód: moderní, založený na HMI s nastavitelnými informačními tabulkami (volba zobrazení informací během těžby)
- nastavitelné zprávy o nastavení a výkonnosti využívající databázi, nikoliv jednotlivé údaje
- nastavení administrace operátorem: jednoduché a uživatelsky přátelské

- sortimentace: vyšší výkonnost, větší množství doporučení založených na návrzích sortimentů pro každý strom
- ceníkové matice: jednoduše nastavitelné v MaxiA
- nové PC s o 400% větší paměť, rychlejším procesorem a vyšší výkonem, oddělitelný displej a výstupem USB 2.0
- MaxiB, nový program pro jednoduché nastavení ceníkových matic
- pracovní reporty: nové, zahrnují i informace o délce pracovní směny a spotřebě paliva
- MaxiS, nový program pro analýzu kmene
- malé joysticky se sekvenčním řízením pro maximalizaci efektivity
- programovatelná tlačítka

3.5.7 MaxiForwarder

MaxiForwarder je nejmodernější kontrolní systém pro Forwardéry Komatsu na trhu. Je to strojní, řídicí systém pro forwardéry. Reguluje a optimalizuje na stroji různé funkce a také umožňuje efektivní provoz a vytváří výrobní zprávy, stejně jako MaxiXplorer. Nastavení jeřábových charakteristik a další funkce jsou řízeny přímo z PC. Může se rychle přistupovat a snadno měnit nastavení charakteristiky jeřábu a ostatních funkcí podle potřeby. MaxiForwarder poskytuje podporu pro několik operátorů a nastavení pro více úkolů. Jsou zde i integrovaná řešení problémů se sledováním funkcí, které upozorní obsluhu, například, že je třeba vyměnit filtr a je umožněno soustředit se výhradně na práci a tím zajistit co nejvyšší možnou produktivitu a bezpečnost práce (www.komatsuforest.com).

3.5.8 Opti4G

Harvestory Ponsse používají informační systém Opti4G, který je v používání nejpokročilejší a nejjednodušší na trhu. Opti4G je uživatelské rozhraní operátora s řídicím systémem stroje. Kromě toho zvládá veškeré operace nutné pro řezání od přenosu dat do označení pro vyhodnocování a podávání zpráv (www.ponsse.com).

Programy Opti System nabízejí pohodlí při řízení, označování pro vyhodnocování souborů a kalibraci zařízení. Systém usnadňuje nastavení stroje a jeho softwaru, ale také zahrnuje vykazování, přenos dat a řízení práce strojů. Inteligentní systém vytváří další informace o těžbě, jako sledování pracovní doby operátora, výkon,

provoz stroje a spotřebu paliva. Opti4G je plně kompatibilní se všemi standardními systémy kontroly harvestoru. Systém je založen na běžném operačním systému Windows a osobním počítači, který usnadňuje přenos dat a mapových aplikací do harvestoru (www.ponsse.com).

Kácení je snazší s inteligentní automatizací

Potřeby koncového uživatele dřeva určují, jaké kulatiny jsou řezány na místě. Automatizace Opti dělá práci operátora jednodušší na ovládání řezání klád podle požadavků uložených v systému. OptiControl systém kombinuje všechny ovládací prvky stroje v jednom subjektu učiněním měření hodnot, nastavení a zarovnání snadno dostupným. V kombinaci s Ponsse harvestorovou hlavou, efektivní informační systém zaručuje rychlé zpracování dřeva při těžbě dřeva, přesné měření a vysokou produktivitu (www.ponsse.com).

Automatické sledování času a efektivity

PONSSE harvestory a forwardery s PC jsou vybaveny sledováním času a efektivity jako standardní funkcí. Poté, co se řidič jednou přihlásí do systému, program automaticky sbírá informace o časovém rozložení, výrobě, provozu strojů a spotřeby paliva. Operátor může zobrazit všechny zprávy na displeji. Program také vytváří soubory se zprávami, které lze číst pomocí programu OptiReport ve stroji a v kanceláři (www.ponsse.com).

3.5.9 Ponsse Opticontrol

Lesní stroje PONSSE mají vynikající výkonnost založenou na základním OptiControl vyvážecím systému a elektronicky řízeném dieselovém motoru. OptiControl usnadňuje ovládání stroje, s jeřábem, klikami a tlačítky, převodovka a vznětový motor působí jako jediný snadno použitelný subjekt (www.ponsse.com).

Účinnost mechanických, hydraulických, elektronických a softwarových technologií poskytuje přesné ovládání stroje a nákladovou efektivitu. Operátoři mohou vložit své osobní nastavení ovládání přes systém Opti4G a aktivovat jej pro jejich pracovní směny. OptiControl Systém také snižuje spotřebu paliva a používá jen tolik energie z motoru, kolik je potřeba. Řidič stroje může provést úpravy pomocí standardního vyvážecího barevného displeje nebo volitelně v PC systému OptiForwarder (www.ponsse.com).

3.5.10 PONSSE OptiForwarder

Opti-PC urychluje dřevařské zakázky

PONSSE forwardery mohou být bez problémů spojeny se systémem řízení zakázek na dřevo s vysoce výkonným Opti-PC systémem a softwarem OptiForwarder. To umožňuje v blízkosti transportu být plánovaný a implementovaný a silniční sklady monitorovat téměř v reálném čase. Software zahrnuje systém řízení stroje OptiControl programy s profily operátorů a na přenos dat a výkaznictví. Satelitní program s GPS a aplikací pro přenos dat mohou být také přidány do systému (www.ponsse.com).

3.5.11 PONSSE LoadOptimizer

Získávání nákladu přímo na míru

PONSSE LoadOptimizer měřítko zatížení je k dispozici pro forwardery jako mimořádná výbava. Měřítko váží a referuje o sortimentu transportovaném po cestě řidičem a o zatížení. Kalibrační metoda založená na náhodném vážení, byla vyvinuta, aby bylo snazší sledovat přesnost měření dříví při práci řidiče. Ponsse LoadOptimizer vytváří PRL soubory podle standardu StanForD, který lze přečíst pomocí aplikace OptiReport výkaznictví (www.ponsse.com).

3.5.12 Rottne D5

Řídicí systém stroje, který poskytuje dobrý přehled o funkcích zařízení

Systém řízení stroje ROTTNE D5 je založen na sběrníkové technologii a ovládacích prvcích a monitoruje motor, převodovku a nakladač. Řada řídicích jednotek je umístěna na stroji v blízkosti funkcí, které jsou kontrolovány a komunikují s hlavním počítačem. Nastavení, monitorování a řešení problémů se provádí pomocí dotykového displeje, který je namontován na opěrce. Alarmy jsou označeny vizuálními a zvukovými signály a jsou zobrazeny ve formátu prostého textu na displeji (www.rottne.com).

3.5.13 Rottne D5

Kabina má velký, dobře čitelný dotykový displej a klávesnici před operátorem, stejně jako tiskárnu, která je integrována do stropního panelu. Délka a průměr obrazovky, jakož i další informace o stromě právě zpracovávaném harvestorovou hlavou. Snadné generování produkčních zpráv (www.rottne.com).

3.5.14 Motomit IT/PC

Motomit IT je program optimalizačních a kontrolních systémů zkracujících a optimalizujících sortimentaci kmene efektivně pomocí inteligentních prognóz. Krychlení dříví je založené na datovém formátu StanForD a HKS-normách, které zaručuje vynikající produktivitu. Tato produktivita uspokojí dodavatele, vlastníky lesa a lesní společnosti. Přidáním satelitní navigace a přenosem dat do Motomitu IT, je možné přesné řízení těžby mezi harvestorem a lesní společností a provádět přesné vykazování výstupů (Operating Manual), (ts-hydraulic.ee).

3.5.15 Timberjack 3000

Meřicí a řídicí systém je dělený a skládá se ze čtyř počítačových modulů, vzájemně digitálně spojených (CAN). *Tyto moduly obsahují:*

- modul s udáním dat u řidiče,
- dálkově ovládaný modul v kabině řidiče,
- modul harvestorového agregátu (hlavice),
- modul hlavního počítače, který vyhodnocuje data.

Počítačový systém v kabině řídí podávání kmene pomocí válců v hlavici harvestoru a zkracování kmene na výřezy, přičemž je tlak válců a odvětvovacích nožů automaticky nastavován. *Kabinový MŘ systém umožňuje následující řízení zpracování kmene:*

- manuální,
- poloautomatické,
- automatické.

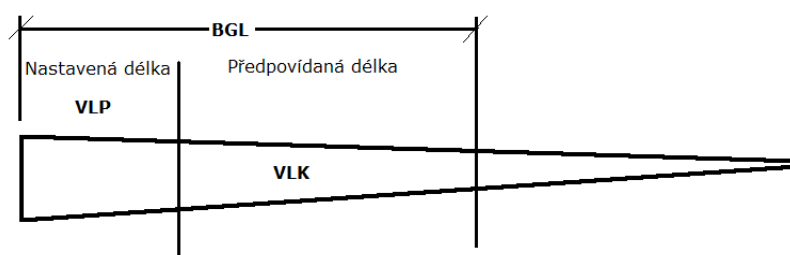
Například měření délky a průměru výřezu může být podle uvážení řidiče - ruční, nebo podle programu, kde se přihlíží ke kvalitě, účelu a ceně výřezu - poloautomatické, či plně automatické.

Optimalizační proces při výrobě sortimentů

Použitá harvestorová technologie nedovoluje, aby celý kmen prošel hlavicí a teprve potom byla vypočtena volba variant sortimentů. Při zpracování kmenů pracuje počítač v kabině řidiče na principu postupné sortimentace, přičemž jen část kmene se změří a pro následující část se vypočítá pravděpodobný tvar kmene. Podle Bergmanna (1997) lze optimalizační proces zpracování kmene rozdělit na čtyři pochody:

1. Potom, co se strom odřízne, stiskne řidič tlačítko k označení druhu dřeviny a přítlačné válce jej začnou podávat. Řidič musí dále stisknout tlačítko, označující kvalitu kmene, pokud se odlišuje od předem nastavené standardní kvality. Současně se předávají na hlavní počítač první údaje o tvaru kmene. Na základě informací o druhu dřeviny a kvalitě kmene počítač zvolí cenový přehled sortimentů odpovídající zpracovanému kmeni.

2. Po změření první části kmene (VLP) před výpočtem pravděpodobného tvaru kmene vypočítá počítač v kabině během podávání kmene tvar další části kmene (VKL - viz obr. 3.3).



Obr. 3.3: Princip optimalizace po sekcích (Schreiber R., 1999)

Ze součtu délek VLP a délky, pro kterou se tvar kmene počítá (VKL), vzejde základní výpočetní délka kmene (BGL). Délka VLP obnáší asi 2 - 3 m a délka VKL asi 11 - 15 m. Tyto délky jsou na začátku zpracování sortimentu uloženy do paměti počítače v kabině řidiče.

3. Pro délku (BGL) vypočítá počítač na základě cenového přehledu optimální kombinaci výřezů při nastavené délce prvního výřezu.

4. Potom se podávání kmene při vypočtené délce zastaví a dojde k jeho přeříznutí. Odhadnutý průměr se srovná se skutečným. Jestliže leží rozdíl těchto průměrů v dané toleranci, je dán povel k přeříznutí kmene. Při překročení tolerance jsou pochody 3 a 4 opakovány. Po každém řezu se znovu měří délka VLP a tvar kmene spolu s novou sortimentací. Tento pochod se opakuje tak dlouho, až počítač zjistí, že z vrcholové části kmene již nelze vyrobit i ten nejslabší sortiment. Na konci zpracování

kmene nejsou informace o tvaru (výtvárnice) vymazány, ale jsou použity pro vypracování celkového pravděpodobného tvaru kmene v porostu. Na základě této pravděpodobné výtvárnice se může počítač optimálně sám opravovat ve svých výpočtech.

Jestliže není daná kombinace délka/průměr optimální, rozhoduje MŘ systém o druhém nejlepším řešení. Např. když je průměr kmene menší, než zadaný průměr, potom systém automaticky zkracuje o další možné délky, kde již hodnota výřezu odpovídá zadanému rozměru. V případě, že se strom nachází mimo zadané hodnoty, přizpůsobuje se systém automaticky na nižší kvalitu stromu. MŘ systém Timberjack 3000 respektuje na základě uložených „zkušeností“ v paměti počítače různé druhy tvaru stromů, např. stromy na svazích, v údolích, apod. Po určité době nasazení harvestoru je možné odvodit i růstový proces porostu a tím přispět k upřesnění pravděpodobného tvaru (výtvárnice) kmene (Schlaghamerský 2001).

3.6 Evidence a příjem dříví

Dnes je již většina harvestorů vybavena počítačem řízeným měřicím a vyhodnocovacím systémem. Ten vypočítává objemy vyrobených sortimentů dle druhu dřeviny, tloušťkové třídy a sortimentuje dle kvality. Tato data lze z harvestoru přenést k dalšímu zpracování počítačem. Měření délek se děje kontinuálně pomocí měřícího kolečka v těžební hlavici harvestoru s přesností jednoho centimetru. Měření průměrů kmene je prováděno potenciometry umístěnými v dolních odvětvovacích nožích nebo v podávacích válcích, a to v 10 cm intervalu. V kabině operátora je umístěn palubní počítač přijímající a zpracovávající data, ke kterému je připojena klávesnice, obrazovka (displej) a tiskárna (Ulrich et. al 2006).

Praxe je v současnosti v České republice postavena na mnoha místech tak, že každá ze stran zúčastněných na těžebním procesu, považuje své metody zjišťování objemů dříví za jediné správné. Dodavatel prací harvestoru požaduje akceptovat výstup z harvestoru. Odběratel služeb, většinou vlastník lesa, se odvolává na množství dříví změřené na odvozním místě s využitím přepočtových koeficientů. Odběratel dříví, jako jedna ze zúčastněných stran, prosazuje a akceptuje pouze výstupy z elektronické přejímky dříví ve svém přijímacím skladu na svém vlastním měřicím zařízení. Tím jsou vzájemné dodavatelsko-odběratelské vztahy komplikovány. V České republice chybí

instituce, která by sjednotila systémy měření dříví a která by řešila spory o dodávané resp. odebírané množství dříví a služeb (Ulrich et. al. 2006).

Příkladem by mohl být například švédský systém, kde existuje nezávislá společnost, ve které jsou zástupci všech čtyř hlavních účastníků v obchodu se dřevem – stát, majitelé lesů, dodavatelé služeb (provozovatelé harvestorových technologií, odvozních souprav atd.) a odběratelé dřeva. Tato společnost pak spravuje měřicí stanoviště, kde dochází k nezávislému měření objemu dřeva. Takto zjištěným objemem se pak řídí veškerá fakturace, probíhající mezi všemi zúčastněnými stranami. Měřicí stanoviště jsou většinou umístěna právě na místě konečného odběratele, ale jsou spravována nezávislou agenturou, která vyvrací všechny pochybnosti o správnosti měření. Výstup z měřicího systému harvestoru pak slouží jako prvotní pracovní podklad pro organizaci transportu dříví z odvozního místa na místo určení (Ulrich et. al. 2006).

3.6.1 Měření dříví harvestory

Měřicí systém harvestoru je založen na bázi stolního počítače s operačním systémem, nejčastěji Windows. Díky tomuto řešení se nabízí kromě primární funkce, kterou je ovládána harvestorová hlavička i funkce sekundární. Tou může být instalace jakéhokoliv programu určeného pro operační systém Windows. Program pak může být využitelný buď přímo pro těžbu dřeva a jeho následného ocenění, nebo jej lze využít na činnost nepřímo související s těžbou. Jako příklad lze uvést tabulkový procesor, klient elektronické pošty, textový editor a internetový prohlížeč.

Systémy harvestorů pracují při zpracování stromů na sortimenty optimalizační metodou vycházející na základě uložených rozměrů vyráběných sortimentů (délka, středový tloušťka, čepová tloušťka a průměrná cena), dále sem spadá sbíhavost kmenů v dané oblasti a optimální zpracování stromu takovým způsobem, aby bylo jeho druhování optimální s maximální výtěžností s ohledem na maximalizaci zisku z prodeje vyrobených sortimentů. Nastavení těchto parametrů jednotlivých sortimentů se provádí v programu SilviA. Přenos informací a dat mezi strojem a počítačem v kanceláři může být proveden následujícími způsoby:

- Počítač lze připojit přes mobilní telefon s modemem a všechna data jsou přenášena elektronickou poštou
- Použití přenosného počítače (notebook, PDA) a jeho propojení s počítačem
- Přenos na paměťovém médiu (USB Flash, Compact Flash Card)

Pro zpracování kmenů je nastaveno několik stupňů automatického režimu zpracování z důvodu, aby měl operátor více času na zhodnocení kvality kmenů a nemusel věnovat tolik pozornosti činnosti harvestorové hlavice. V praxi vzniká často problém, kdy stroj přejíždí mezi porosty různých vlastníků a každý z vlastníků má jiného odběratele, který si klade odlišné požadavky na sortimenty.

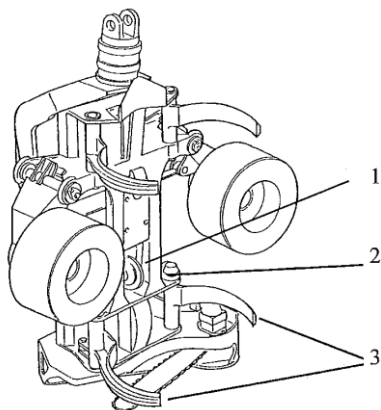
Systemy harvestorů umožňují řešit tento problém použitím velkého množství jednotlivých nastavení sortimentů, mezi kterými se může operátor přepínat podle odpovídajícího vlastníka, nedochází ke zbytečným prostojům stroje a zvýší se jeho využití. Další velkým pomocníkem při hodnocení využitelnosti stroje je systém statistik práce a oprav. Každý operátor, který se strojem pracuje, má své vlastní nastavení. Nastavení aktivuje obsluha vždy při nástupu na pracovní směnu a od této chvíle systém registruje celou pracovní dobu (přestávky, opravy, čekání na náhradní díly a všechna zastavení stroje). Součástí statistik jsou rovněž údaje o množství zpracovaného dříví za směnu, objem celkového zpracovaného dříví v (ten se udává v m³, v kusech, podíl z celkové výroby pro jednotlivé dřeviny nebo kmeny), průměrná výroba za hodinu práce, nevynucené prostoje, kdy stroj může pracovat, ale stojí (operátor nepracuje), vynucené prostoje, kdy stroj nemůže pracovat (oprava, údržba, transport). Systém také zahrnuje jednoduchý způsob kalibrace měření délek a průměru prováděný manuálně nebo pomocí elektronické průměrky, kterou lze připojit ke komunikačnímu portu harvestorového počítače. Velkou výhodou daného systému je, že při jakémkoliv jednoduchém nastavení provozních parametrů harvestorové hlavice (posuv, uchopení kmene, pila, nebo systém barevného značení, atd.) není nutné celý systém restartovat. Nastavení je aktivní v okamžiku změny parametrů.

Součástí systému je diagnostický režim umožňující rychlou identifikaci problému v elektronickém systému harvestorové hlavice. Daný systém současně provádí testování senzorů průměru a lišty pily, tím dochází ke zlevnění a zrychlení kvalifikovaného servisu. Celý systém je vybaven barevnou bublinkovou tiskárnou, na které je možno vytisknout z nabídky systému TimberMatic TM300 několik desítek různých dokumentů se zpracovanými statistikami o výrobě, parametrech stroje, pracovních směnách, kalibracích atd.

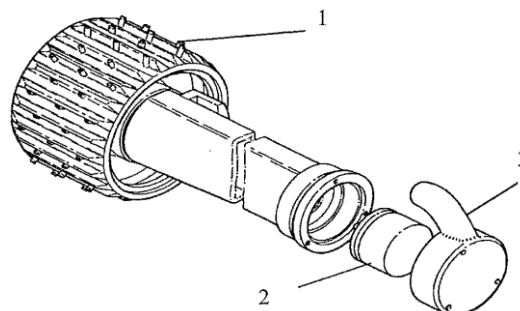
3.6.1.1 Měření délky

Měření délky je prováděno na základě vyhodnocení informací získaných z impulsátoru připojeného k ozubenému měřicímu kolečku (obr. 3.4 a 3.5). Měřicí

kolečko je přitlačováno pružinou nebo hydraulickým válcem ke kmeni a při jeho posuvu se odvaluje směrem dopředu nebo dozadu a impulsátor s ním spojený tak předává do řídicího počítače odpovídající počet impulsů. Získané impulsy jsou pak v počítači na základě jedné kalibrační hodnoty přepočítávány na délku. Takto naměřená délka je udávána s přesností na celé centimetry (Neruda et. al. 2008).



Obr. 3.4: Měřicí mechanismy harvestorové hlavice: 1 - ozubené kolečko se snímačem jednotce pulzů pro měření délek, 2- potenciometry pro měření tloušťek, 3 - odvětvovací nože snímající průměr



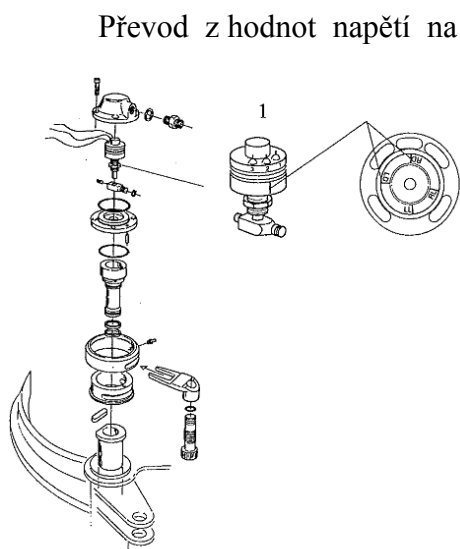
Obr. 1.5: Snímač délek výřezů: 1 - ozubené kolečko, 2 - generátor měřících impulsů, 3 - kabel k řídicí

Využívání jedné kalibrační hodnoty pro přepočet impulsů na výslednou délku má za následek to, že není možné, aby při měření délky docházelo k situaci, kdy sortiment o určité nastavené délce je vyráběn kratší, než je jeho požadovaná délka, a zároveň jiný sortiment o jiné délce je vyráběn delší, než je jeho požadovaná délka nebo naopak. Pokud není správně kalibrován systém měření délky, může v důsledku toho docházet pouze ke kladným odchylkám nebo pouze k záporným odchylkám. Přesnost měření délky harvestorem lze s rezervou očekávat v pásmu ± 1 centimetr od požadované délky. Většina nepřesností je pak dána mechanickým přenosem pohybu z kmene na měřicí kolečko (odtrhávající se kůra z kmene, nerovnosti kmene, nadměrně opotřeбенé mechanické ústrojí měřicího kolečka – zvláště jeho povrchu), (Neruda et. al. 2008).

3.6.1.2 Měření tloušťky

Měření průměru je založeno na jiném principu než měření délky. Jsou využívány jiné typy senzorů, tj. dva otočné potenciometry (obr. 3.4 a 3.6). Potenciometr je elektrotechnická součástka, která slouží jako regulovatelný odporový napěťový vodič. Tyto potenciometry jsou většinou umístěny na zajišťovacích čepech pro odvětvovací

nože a jsou upevněny tak, aby reagovaly na každé otevření nebo zavření odvětrovacího nože, přičemž při otevírání nožů se napětí, které jimi prochází, zvyšuje a při uzavírání se procházející napětí snižuje. Velikost napětí z obou potenciometrů v daném okamžiku je pak rozhodující pro vyhodnocení výsledného průměru, který je vypočítáván jako aritmetický průměr z obou zjištěných hodnot. (Neruda et. al. 2008).



Převod z hodnot napětí na výsledný průměr je v současné době určován na základě 22 kalibračních hodnot. Pro přepočítání z určité hodnoty napětí na výsledný průměr je pak v konečné fázi využito pouze několik měřících hodnot (3 - 4). Z toho plyne, že není možné se spolehnout na přesnost měření harvestorem, pokud při kontrolním měření nebyla provedena kontrola měření celého průměrovaného rozsahu.

Kontrola přesnosti měření harvestoru by měla postihnout přesnost měření v průměrovaných pásmech s odstupem cca 50 mm - optimálně pak ve 100, 150, 200, 250, 300,

Obr. 3.6: Snímač tloušťek výřezů: 1 - uzel měřícího potenciometru

350 mm, atd., samozřejmě v závislosti na hmotnatosti kmenů v daném porostu. Tedy čím hroznatější kmeny se v porostu vyskytují, tím více kontrolních pásem by měla kontrola zahrnovat (Neruda et. al. 2008).

Takto provedené měření průměru je provedeno v kůře. Jelikož při zpracování kmene nedochází k jeho odkorňování, je nutné použít pro výpočet objemu výřezů funkci, která je schopna provést dle naměřeného průměru odpovídající srážku na kůru. Tuto srážku lze stanovovat pro jednotlivé dřeviny samostatně a dvojím způsobem. Nikdy by se nemělo, aby byly aplikovány oba dva postupy (Ulrich et. al. 2006).

3.6.1.3 Výpočet objemu

Objem výřezu se udává bez kůry. Stanovení objemu odpovídá Huberově metodě. Vychází ze jmenovité délky výřezu (tj. délky splňující předepsaný přídavek i po případném odpočtu na vady) a středové tloušťky výřezu bez kůry nebo v kůře. Hodnotu objemu výřezu bez kůry lze získat výpočtem nebo podle tabulek (Wojnar 2007).

Stanovení objemu při měření bez kůry

Objem výřezu měřeného po odkornění nebo výřezu po odpočtu kůry se stanoví:

a) podle vztahu (3.1)

$$V_{bk} = \frac{\pi}{4} * d_{bk}^2 * l * 10^{-4} \quad (3.1)$$

kde:

V_{bk} objem bez kůry (m^3)

d_{bk} středová tloušťka bez kůry při měření bez kůry nebo po odpočtu kůry (cm)

l jmenovitá délka výřezu (m)

b) podle ČSN 40 0007 Tabulky objemu kulatiny podle středové tloušťky, měřeno bez kůry (nelze použít při měření v kůře a následném odpočtu kůry).

Stanovení objemu při měření v kůře

Objem výřezu měřeného před odkorněním v kůře se stanoví:

a) podle vztahu (3.2)

$$V_{bk} = \frac{\pi}{4} * (d_{sk} - 2k)^2 * l * 10^{-4} \quad (3.2)$$

kde:

V_{bk} objem bez kůry (m^3)

d_{sk} středová tloušťka měřená v kůře (cm)

k tloušťka kůry (mm)

l délka výřezu (m)

Objem jednotlivých výřezů se udává v m^3 , při ručním měření s přesností na dvě desetinná místa, při elektronickém měření na tři desetinná místa. Objem dodávek se udává s přesností na dvě desetinná místa (Wojnar 2007).

Stanovení objemu dle standardu StanForD

V datovém formátu StanFord je uvedeno stanovení objemu jednotlivých výřezů. Vychází se z tzv. cenové matice, kdy je uvedena cena/ m^3 . Cenová matice vychází z měření průměru kmene (výřezu) dle jednotlivých cenových typů (měření průměru ve středu kmene, na čepu) nebo vstupí ceny za kus. Jednotlivé metody stanovení objemu kmenů (výřezů) jsou uvedeny v tab. 3.22.

Tab. 3.22: Metody stanovení objemu dle standardu StanForD

Metoda	Cenové typy uvádějí metodu, která se používá k odhadu objemu. Hodnoty v cenové matici.
m3to	Cena/m ³ . Měření čepu. Objem se počítá jako válec v největším průměru kmene.
m3f	Cena/m ³ . Měření čepu. Objem se vypočítá jako skutečný objem kmene. (Obvykle je objem dělen. To znamená, že kmen je nejprve rozdělen do řezů, např. 10 cm. Každý řez se pak vypočítá jako válec s horním průměrem řezu. Stacionární měření se pak uvádí jako součet objemu všech řezů).
pic	Cena/ks. Cena není závislá na objemu, ale odkazuje na vstupní cenu za kus.
m3fmi	Cena/m ³ . Norský odhad objemu. Objem se vypočítá jako válec s teoretickým průměrem ve středu kmene. (se zužováním 1 cm/m)
m3ftr	Cena/m ³ . Měření u vrcholku a u kořenů. Měření průměru se provádí na nebo pod kůrou v bodě 10 cm od středu vrcholku a 10 cm od spoda.
m3toDE	Cena/m ³ . Německý cenový typ. Pevná měření. Objem je založen na naměřeném průměru v místě uprostřed kmene a cenová klasifikace je založena na největším průměru. Průměr HKS. Průměr je zaokrouhlen na nejbližší cm. (dříve známý jako m3PT6)
m3miDE	Cena/m ³ . Německý cenový typ. Pevná měření. Objem a cena vychází z průměru měřeného v bodě uprostřed kmene. Průměr HKS. Průměr je zaokrouhlen na nejbližší cm. (dříve známý jako m3PT7)
m3fmimi	Cena/m ³ . Pevná měření. Výpočty objemu je založeny na průměru ve středu kmene. Cenová klasifikace je založena na středového bodu průměru (mm).
Board feet	Cena/m ³ . Americký cenový typ. Není normativně definován, protože je použitelná celá řada různých metod výpočtu.
m3fm	Cena/m ³ . Pevná měření. Střední naměřený průměr pro výpočet objemu. Cenová klasifikace je založena na horním průměru (mm).
picNo	Cena/m ³ . Norský cenový typ. Objem se měří v m3fmi při registraci výsledků z výroby.

3.6.2 Kalibrace

Podstatným činitelem MŘ systému, který umožňuje kontrolu přesnosti měření, je pravidelná kalibrace měřicího zařízení při použití elektronické svěrky. Kalibrací se rozumí nastavení měřicího zařízení harvestoru na základě ověřovacího měření tak, aby bylo dosaženo nejvyšší přesnosti (Schlaghamerský 2001).

Vedoucí provozu je zodpovědný za provedení a pravidelnost kalibrace. Kalibruje se jak měření délek, tak průměru. Podle toho, jak se měřicí kolečko délek zaboří do kůry stromu či jaká je nerovnost povrchu, se řídí počet měřících impulsů, což může vést k chybám při měření délek. Z toho důvodu se provádí kalibrace, přičemž je zjišťován počet daných impulsů na jeden metr délky. Ke kalibraci průměru kmene v systému Timberjack 3000 je k dispozici elektronická svěrka. Zde se nejprve naměřené hodnoty určitého počtu výřezů přenesou na svěrku. Hodnoty průměrů se na přesně definovaných bodech změří. Podle délky výřezů se bere v úvahu 2 - 5 hodnot průměrů. U jednoho stromu je počet hodnot 10 - 20. Závěrem se tato data přenesou na MŘ systém (Schlaghamerský 2001).

Na základě rozdílu hodnot mezi systémem a ručním měřením se zkontroluje přesnost měření. Případná nepřesnost se kalibrací opraví.

Cílem kalibrace zůstává odstranění systematických chyb měření. *Dobrou kalibrací lze dosáhnout:*

- snížení rizika velkého nadměrku. Každý centimetr nadměrku navíc znamená 0,20 až 0,25 % ztráty na hodnotě dřeva,
- přesné vytřídění sortimentu, zvláště u minimálních průměrů, kde různé sortimenty mohou zapříčinit velké rozdíly v cenách.

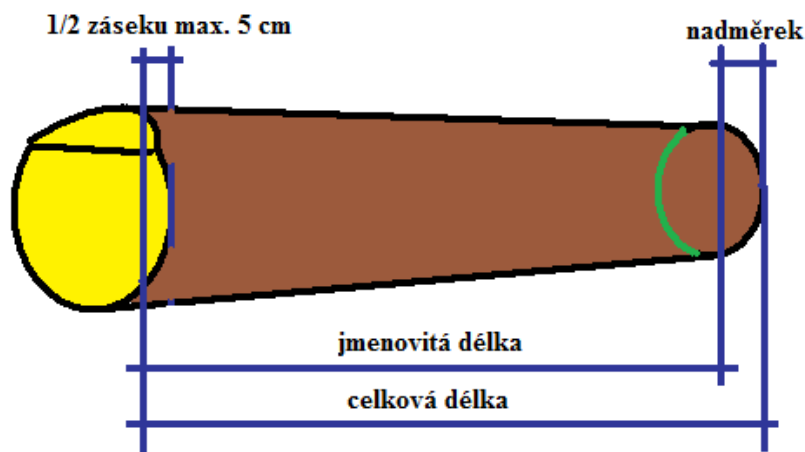
Při stanovení objemu výřezů znamená chyba v měření průměru výřezu dvojnásobek chyby při měření délky, tj. když je u výřezu s průměrem 20 cm chyba 1 cm (5 %), pak tato chyba obnáší u objemu již 10 % (Bergmann 1997). Význam přesného měření průměru je tedy jednoznačný. Přesto zde způsobuje jak technika, tak i ostatní faktory často velký rozptyl měřených hodnot. Je tedy třeba dbát, aby kalibrace měřicího zařízení byla pravidelná a neopírala se jen o malý počet měření (Schlaghamerský 2001).

3.6.3 Měření dříví ručně

3.6.3.1 Měření délky

Délka výřezu je nejkratší vzdálenost mezi oběma čely kusu. Celková délka je skutečná délka kusu a udává se s přesností na 1 cm.

Jmenovitá délka je celková délka výřezu, snižená o hodnotu dohodnutého přídávku, případně o srážky na vady a zaokrouhlená směrem dolů na nejbližší nižší stupeň jmenovité délky. Závazné stupně jmenovité délky se stanovují dohodou mezi dodavatelem a odběratelem. Vychází-li vypočtená hodnota jmenovité délky nižší než nejmenší dohodnutá jmenovitá délka, je kus vyřazen z přejímky a vrácen dodavateli nebo je s ním nakládáno podle dohody. Na obr. 3.7 je znázorněno měření délky výřezu ručně. (Wojnar, 2007).



Obr 3.7: Princip měření délky výřezu ručně

Délka výřezu se měří v metrech s přesností na 1 cm (0,01 m) a zaokrouhluje se s přesností na 0,1 m směrem dolů. Jestliže se uvádí jmenovitá délka, zaokrouhluje se délka směrem dolů na nejbližší stupeň jmenovité délky. Stupeň jmenovité délky představuje nejčastěji 1 m. U výřezů se středovou tloušťkou do 20 cm (bez kůry) se může délka po dohodě mezi dodavatelem a odběratelem zaokrouhlit na celé metry směrem dolů (Mze 2002).

Pro výřezy jehličnatého i listnatého dříví jmenovité délky do 6 m včetně je přídavek k délce 1,5% jmenovité délky; u jmenovitých délek výřezu nad 6 m je přídavek k délce 2 % jmenovité délky. Přídavek k délce se do délky výřezu nezapočítává. Použití odlišných přídavků k délce, než je stanoveno, musí být smluvně odsouhlaseno mezi dodavatelem a odběratelem.

3.6.3.2 Měření průměru

Průměr (tloušťka) se udává ve středu, na čepu, a pokud je potřeba i na spodním čele výřezu. Průměr se udává v cm v celých číslech (údaje za desetinnou čárkou se neuvažují). Středová tloušťka se měří ve středu výřezu, v určených případech je nahrazena čepovou tloušťkou, která se měří na čepu výřezu. Při měření bez kůry je získána hodnota tloušťky bez kůry, při měření v kůře je získána tloušťka v kůře (Wojnar 2007).

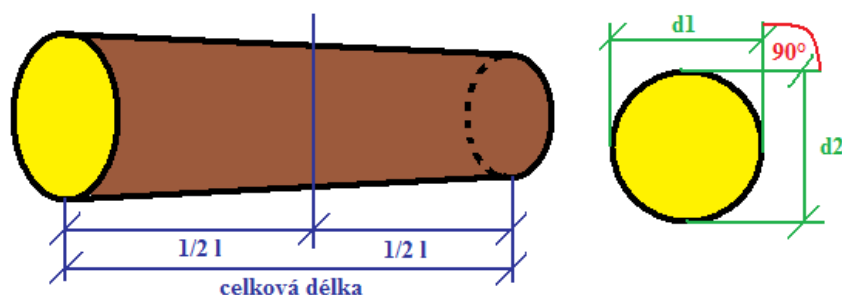
Při měření výřezů s tloušťkou do 20 cm se tloušťka měří jedenkrát ve vodorovném směru (rovina měření je rovnoběžná s povrchem země). Jestliže má výřez oválný průřez, měří se středová tloušťka ve dvou na sebe kolmých směrech. U výřezu

s tloušťkou nad 20 cm se tloušťka měří ve dvou na sebe kolmých směrech vždy obr. 3.8 (Wojnar 2007).

Hodnoty jednotlivých měření tloušťky se při ručním i elektronickém měření vyjadřují v celých cm tak, že se údaje za desetinnou čárkou neuvažují. Stejným způsobem se vyjadřují i výsledné hodnoty středové a čepové tloušťky. V mm lze vyjádřit hodnoty dílčích měření i výsledné tloušťky pouze pro kontrolní účely.

Měření středové tloušťky

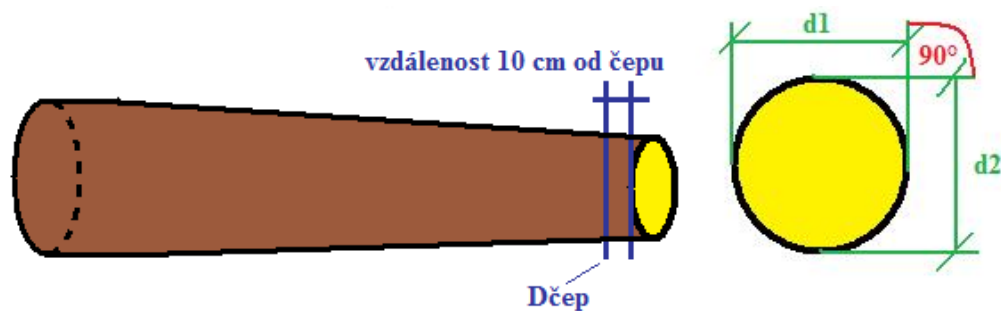
Středová tloušťka slouží hlavně ke stanovení objemu výřezů. Měří ve středu jmenovité délky výřezu. Jestliže se v místě měření vyskytuje výrazná nepravidelnost růstu, měří se středová tloušťka na dvou místech, která se nacházejí ve stejné (co nejmenší) vzdálenosti od původního místa měření před a za nepravidelností růstu. Středová tloušťka se vypočítá jako aritmetický průměr ze dvou, respektive čtyř hodnot měření (Wojnar 2007).



Obr 3.8: Princip měření středové tloušťky s průměrem nad 20 cm ručně (Wojnar, 2007)

Měření čepové tloušťky

Čepová tloušťka slouží hlavně ke třídění výřezů pro jejich další zpracování. Měří se ve vzdálenosti do 10 cm od slabšího konce výřezu (čepu) obr. 3.9. Jestliže se v místě měření vyskytuje výrazná nepravidelnost růstu, měří se čepová tloušťka v co nejmenší vzdálenosti od původního místa měření. Čepová tloušťka výřezu se vypočítá jako aritmetický průměr ze dvou hodnot měření (na sebe vzájemně kolmých), v případě tloušťky do 20 cm odpovídá hodnotě jednoho vodorovného měření. Použití čepové tloušťky pro účely zjištění objemu měřené kulatiny musí být odsouhlaseno mezi dodavatelem a odběratelem (Wojnar 2007).



Obr 1.9: Princip měření čepové tloušťky ručně (Wojnar, 2007)

Převod hodnot v kůře na hodnoty bez kůry

Tloušťka výřezů (středová nebo čepová) se měří i udává v kůře nebo bez kůry. Pokud se tloušťka výřezů měří v kůře, obvykle se na hodnotu tloušťky bez kůry nepřevádí. Pokud je to některou ze stran odůvodněně vyžadováno, použije se pro převod měření v kůře na měření bez kůry následující postup:

Hodnota tloušťky bez kůry odpovídá hodnotě tloušťky v kůře, snižené o srážku na kůru. Hodnota tloušťky kůry je udána v mm, výsledná tloušťka výřezu je po odpočtu udána také v mm. Převod na cm musí být odsouhlasen dohodou mezi dodavatelem s odběratelem, stejně tak i použití jiných hodnot srážek.

Hodnota dvojnásobku tloušťky kůry je dána vztahem (3.3):

$$2k = p_0 + p_1 + d_{sk}^{p_2} \quad (3.3)$$

Kde:

k tloušťka kůry (cm)

d_{sk} průměr výřezu měřený v kůře (cm)

p_0 až p_2 parametry funkce závislosti tloušťky kůry na průměru stanovené pro jednotlivé dřeviny (tab.3.23)

Tab. 3.23: Parametry funkce závislosti tloušťky kůry na průměru

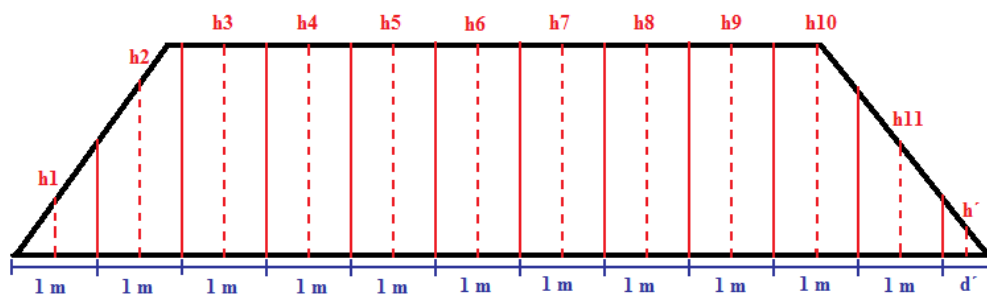
Dřevina	p_0	p_1	p_2
Smrk	0,57723	0,006897	1,3123
Borovice - kůra	0,24017	0,001915	1,7866
Borovice - borka, modřín	1,07015	0,008762	1,4568
Buk	-0,04088	0,16634	0,56076
Dub	1,2474	0,042323	1,0623

3.6.4 Příjem dříví v hraních

Při měření dříví v prostorových mírách se zjišťuje délka, šířka a výška jednotlivých hraní. Uvedené rozměry se zjišťují s přesností na 0,01 m (1cm).

Šířka hraně je dána jmenovitou délkou polen nebo jmenovitou délkou standardních délek. Délka hraně představuje nejkratší vzdálenost dvou krajních bodů hraně měřených u paty hraně.

Před měřením výšky se hráň rozdělí na pomyslné sekce (obr. 3.10). Délka jednotlivých sekcí je 1 metr popř. 2 metry při délce hraně nad 10 m. Výška hraně se vypočítá jako aritmetický průměr z jednotlivých měření výšky v polovině délky každé sekce, včetně případné poslední neúplné sekce.



Obr. 3.10: Rozdělení hraně na jednotlivé sekce

Výška hraně (h) se vypočítá podle vztahu 3.4. Objem hraně (V) se vypočítá podle vztahu 3.5.

$$h = \frac{(h_1 + \dots + h_n) \times d + (h' \times d')}{n \times d + d'} \quad (3.4)$$

$$V = ((h_1 + \dots + h_n) \times d + h' \times d') \times l \quad (3.5)$$

kde:

h_1-h_n výška sekce

h' výška neúplné sekce

d délka sekce

d' délka neúplné sekce

l délka výřezu

Nejdříve se vypočítá objem hraně v prostorových metrech (prm) a následně se dle sortimentu vynásobí příslušným koeficientem a zjistíme objem hraně v metrech krychlových (m^3).

4 METODIKA

Metodika práce je vytvořena autorem práce a pracovníky katedry lesní těžby. Metodika práce je tak jedinečná a nenavazuje na žádné autory a ani na předešlé metodiky práce, které se zabývali obdobným tématem.

4.1 Metodika sběru dat z měřících a řídicích systémů víceoperačních strojů

Sběr dat byl proveden u harvestoru značky JohnDeere 770 (1070) vybaveného měřícím a řídicím systémem Timbermatic™ 300.

V nabídce POROST se musí vytvořit a aktivovat databáze informací o porostu, kde se registrují data těženého porostu.

V hlavní nabídce POROST se nachází čtyři podnabídky - přehled, úpravy, porost, soubory. V podnabídce soubory se vždy vybere z nabídky, s jakým souborem budeme chtít pracovat a jaká data chceme ukládat a shromažďovat o výrobě.

Uložit výrobu (*.prd)

Stisknutím tlačítka se uloží výrobní data aktivního porostu do souboru PRD. Při ukládání dat systém pokládá otázku, zda si přejeme uložit data po jednotlivých blocích nebo jestli mají být sečtena data ze všech bloků do jednoho porostu.

Uložit výrobu PRI (*.pri)

Soubor výroby PRI obsahuje výrobní data pro každý jednotlivý výřez. Pokud by byl harvestor vybaven systémem GPS, je možné do souboru PRI ukládat informace s přesnými souřadnicemi každého výřezu (Menu 0-1). Pak je možné tento soubor přenést do počítače vyvážecího traktoru, kde můžeme využít uložené souřadnice jednotlivých výřezů pro plánování vyvážecích linek. Při ukládání lze k souboru PRI připojit neformální vysvětlivky. Tento text lze přečíst při otevření souboru PRI v SilviA.

Uložit a vymazat výrobu (*.pri)

Stisknutím toho příkazu uložíme výrobní soubor PRI a vynulujeme výrobu PŘI uprostřed aktivního provozu. Další výrobní soubor PŘI lze uložit po zpracování dalších kmenů na daném místě. Další výrobní soubor PŘI bude obsahovat výrobní data od posledního vymazání. Soubory jsou pak označeny vzestupnými čísly. Čas ukončení

práce je uveden pouze v posledním výrobním souboru PŘI, který se uloží po ukončení práce.

Uložit ceník (*.apt)

Stisknutím tohoto tlačítka může být uložena kopie ceníku aktivního porostu pod jiným názvem. Tuto kopii pak můžeme volně upravovat v programu pro zpracování dat (SilviA). V tomto případě musíme SilviA otevřít z hlavní nabídky. Upravený soubor s ceníkem může být využit jako podklad pro nastavení nového porostu.

Soubory kmenů (*.stm)

Stisknutím tlačítka „Soubory kmenů (*.stm)“ je možné spustit ukládání informací o zpracovaných kmenech do souborů s příponou (*.stm). Do souborů s registrovanými kmeny se ukládají naměřené průměry. Soubory kmenů nemají vliv na běžnou registraci. Zpracované kmeny lze ukládat do společného souboru nebo do samostatně, zvlášť označených souborů.

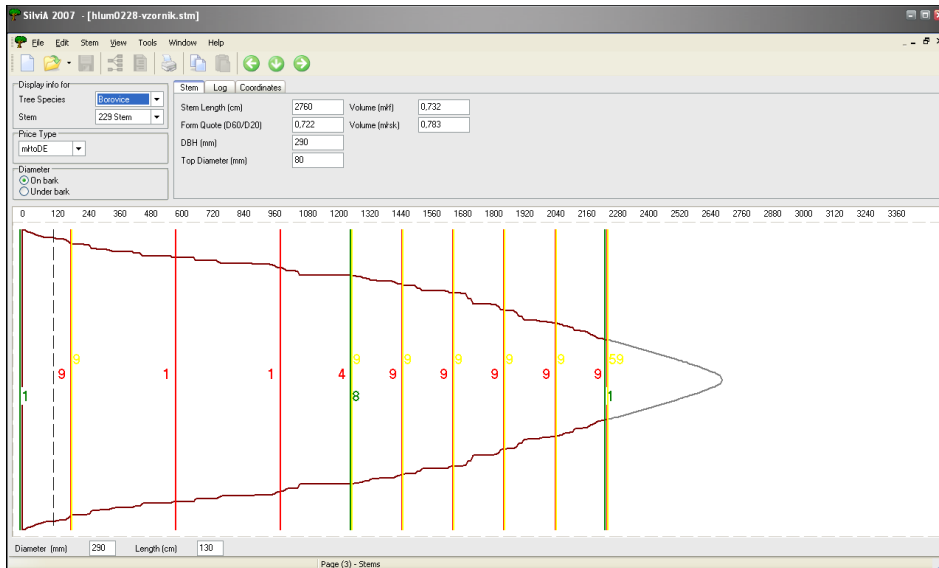
Při nastavení souborů kmenů se musí v nadcházející nabídce „*nastavení souboru kmenů*“ nejdříve označit „*ukládat kmeny do samostatného souboru*“.

V tomto poli se dále zadává název souboru, který může mít maximálně 4 znaky (číslice nebo písmena). Pro ukládání se volili názvy jednotlivých pracovních úseků (revír Chýše – CHYS, školní polesí Chlumská hora – HLUM). Názvy souborů korespondovaly s názvy nejbližších vesnic. Po nastavení názvu souboru se v nabídce nastavilo ukládání kmenů od čísla 1 (0001). Číslování kmenů je možné v tomto souboru ukončit nejvyšším číslem 9999. Číslo kmene má tedy stejně jako název souboru max. 4 znaky (čísla). Po dosažení pořadového čísla 9990 je z měřicího systému oznámeno ukončení číslování s dotazem, zda pokračovat od 0001 se stejným názvem souboru. Aby však nedošlo k záměně jednotlivých kmenů (stejný název souboru a stejné číslo kmene), přistoupilo se k novému označení souboru kmenů. V případě zpracovávání dříví na školním polesí Chlumská hora, se změnil název souboru na „LUM“, místo „HLUM“ a znovu se pokračovalo v číslování od 0001 do 9999.

Soubory jednotlivých kmenů se ukládají do složky **TIMBERMATIC FILES / stm**. U jednotlivých uložených kmenů, lze v attributech najít, kdy byl kmen uložen (datum a čas uložení) a velikost souboru v kilobajtech.

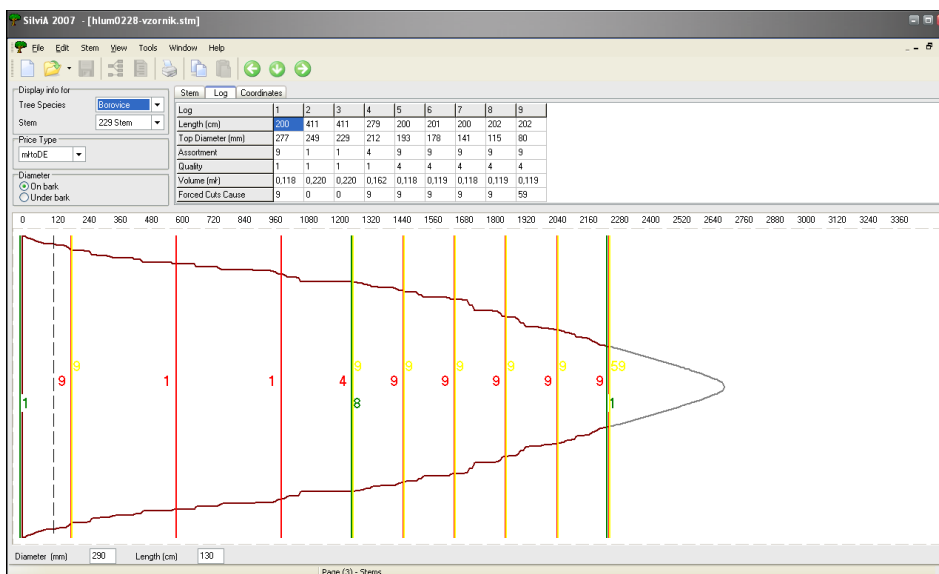
Soubory kmenů se otevírají v programu SilviA.

U jednotlivých kmenů (vzorníků) lze po otevření v programu SilviA přečíst o jakou se jedná dřevinu a v záložce „STEM“ údaje o kmeni (obr. 4.3), tj. - délka kmene (cm), průměr kmene na patě pařezu (mm), tloušťku kmene na čepu (mm), objem s kůrou a objem bez kůry (m³).



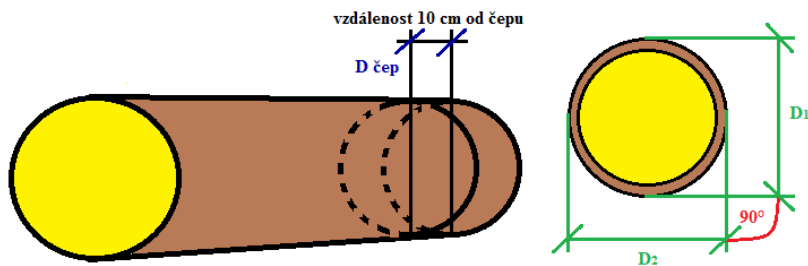
Obr. 4.3: Zobrazené údaje o kmeni v programu SilviA

V záložce „LOG“ vidíme přehled vyrobených sortimentů a znázorněný průběh kmene pomocí křivky (obr. 4.4). Jednotlivé sortimenty jsou označeny číslem (vždy od 1 až po „n“ – dle počtu vyrobených sortimentů). U každého sortimentu je uvedena naměřená délka (cm), průměr na čepu (mm), skupina sortimentů (1 - 9), kvalita sortimentu (1 - 4), objem sortimentu (m³).



Obr. 4.4: Údaje o sortimentech vybraného vzorníku kmene

tloušťky do 20 cm odpovídá hodnotě jednoho vodorovného měření. Hodnoty čepové tloušťky se měřily na celé milimetry.



Obr. 4.7: Princip měření čepové tloušťky

Pro potřebu evidence získaných dat z měřicího a řídicího systému harvestoru a ručního měření se vytvořila jednoduchá evidence získaných dat v programu Microsoft Excel Worksheet (obr. 4.8). Do databáze byly přepsány hodnoty naměřené harvestorem (získané ze souborů kmenů) a hodnoty naměřené ručně. Zaznamenávala se délka a tloušťka jednotlivých výřezů.

Obr. 4.8: Ukázková evidence vzorníků kontrolního měření výroby harvestorem

U ručního měření tloušťky byla z hodnoty aritmetického průměru provedena srážka na kůru (čepová tloušťka je měřena s kůrou). Srážka na kůru je vypočítána jako odpočet na kůru ze stanovených polynomů pro jednotlivé druhy dřevin (podle pravidel pro měření a třídění dříví). U dřeviny borovice bylo nutné poznamenat při měření průměrů, zda se na výřezech nachází borka nebo kůra.

Hodnota dvojnásobku tloušťky kůry je dána vztahem (4.1):

$$2k = p_0 + p_1 + d_{sk}^{p_2} \quad (4.1)$$

kde:

k tloušťka kůry (cm)

d_{sk} průměr výřezu měřený v kůře (cm)

p_0 až p_2 parametry funkce závislosti tloušťky kůry na průměru stanovené pro jednotlivé dřeviny (tab. 4.4)

Tab. 4.4: Parametry funkce závislosti tloušťky kůry na průměru

Dřevina	p_0	p_1	p_2
Smrk	0,57723	0,006897	1,3123
borovice - kůra	0,24017	0,001915	1,7866
borovice - borka, modřín	1,07015	0,008762	1,4568
Buk	-0,04088	0,16634	0,56076
Dub	1,2474	0,042323	1,0623

Po vypočítané hodnotě srážky na kůru se provedl odpočet hodnoty srážky od tloušťky naměřené s kůrou a získali jsme výslednou tloušťku bez kůry, udanou v milimetrech. V programu Microsoft Excel Worksheet byly tloušťky bez kůry (z harvestoru i ručního měření) registrované s přesností na milimetry zaokrouhleny na celé centimetry.

Na základě naměřené délky (m) a čepové tloušťky bez kůry (cm) se stanovil objem jednotlivých výřezů dle tabulek objemu výřezů podle čepové tloušťky.

4.3 Metodika analýzy dat z měřících a řídicích systémů víceoperačních systémů dle datového formátu StanFord

Získaná data z harvestoru (soubory kmenů) byla spárována s naměřenými údaji vybraných vzorníků kmenů (každý desátý zpracovaný strom).

Soubory kmenů byly rozdělené dle data uložení. V programu SilviA bylo provedeno načtení všech křivek kmenů. Načtením všech kmenů se zjistilo, že jsou v souborech kmenů uloženy prázdné kmeny (kmeny bez jakýkoliv údajů), nebo záměrné uložení kmenů ze strany operátora ve dvou kusech. Proto bylo nutné „prázdné kmeny“ vyřadit z evidence a rozdělené kmeny spárovat k sobě (oddenek a špic). Po výše uvedené kontrole byl každý desátý kmen označen jako vzorník, ke kterému byly přiřazeny ručně naměřené hodnoty. Ručně se přeměřoval každý desátý zpracovaný strom.

4.4 Metodika matematicko-statistické analýzy

Pro vyhodnocení získaných dat z harvestorů a naměřených dat jsem pro vyhodnocení statisticky významného/nevýznamného rozdílu použil studentův t-test. Protože jsem porovnával dva soubory hodnot ze stejného vzorníku (elektronické a ruční měření), použil jsem dvovýběrový t-test (párový t-test).

Párový t-test porovná data, která tvoří „spárované variační řady“ tzn., že pocházejí ze subjektů, které byly podrobeny dvěma měřeními. Provádíme tedy **2 měření u jednoho výběrového souboru**: 1. měření před aplikací pokusného zásahu, 2. po aplikaci pokusného zásahu. Takto získané hodnoty tvoří páry a reprezentují při testování jak kontrolní tak i pokusnou skupinu porovnávaných dat.

V testu vycházíme z rozdílů naměřených párových hodnot u srovnávaných variačních řad. Testujeme hypotézu, že střední hodnota měření před pokusem a po pokuse se rovnají (neboli: rozdíl středních hodnot párových měření je nulový).

Nejprve vypočteme rozdíly párových hodnot u výběrového souboru (n - počet párů) a ze zjištěných rozdílů vypočítáme aritmetický průměr \bar{x} a směrodatnou odchylku „s“ (resp. rozptyl s^2).

Poté vypočteme testovací kritérium (statistiku) t (vztah 4.2):

$$t = \frac{|\bar{x}|}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}} \quad (4.2)$$

Pro vyhledání tabulkové kritické hodnoty je nutno stanovit počet stupňů volnosti výběrového souboru: $n = n-1$ a zvolit hladinu významnosti α .

Vypočtenou statistiku t porovnáme s tabulkovou kritickou hodnotou $t_{1-\alpha/2(n-1)}$ a α volíme 0,05 nebo 0,01 (viz tabulky: Kvantily $t_{1-\alpha/2(n)}$ Studentova t -rozdělení):

Je-li $t \leq t_{1-\alpha/2(n-1)}$, je statisticky **nevýznamný** rozdíl μ_1 a μ_2 při zvolené α (nezamítáme nulovou hypotézu H_0 , tzn., že střední hodnota měření před pokusem se neliší od střední hodnoty měření po pokusu).

Je-li $t > t_{1-\alpha/2(n)}$ **P** statisticky **významný** rozdíl μ_1 a μ_2 ($\alpha = 0,05$) nebo statisticky vysoce **významný** rozdíl (při $\alpha = 0,01$), (zamítáme nulovou hypotézu H_0 , tzn. střední hodnota měření před pokusem se liší od střední hodnoty měření po pokusu).

5 VÝSLEDKY

V této kapitole je popsáno generování a přenos dat z měřících a řídicích systémů harvestorů, včetně toho jaká data můžeme získat a jak je můžeme následně využívat. Dále je popsána verifikace vzorníků, kde proběhlo elektronické měření harvestorem a následně byly vzorníky přeměřeny ručně dle výše uvedené metodiky práce. U zskaných dat z vzorníků

5.1 Generování a přenos dat z měřících a řídicích systémů víceoperačních strojů dle datového standardu StanForD

Generování dat probíhalo dle jednotlivých výrobě-evidenčních softwarů. Jednotliví výrobci značek harvestorů vybavují víceoperační stroje (především harvestory) různými softwarovými produkty.

Softwarové produkty zajišťují například komunikaci s měřícími senzory umístěnými na těžební hlavici a získané údaje o změřených veličinách (délka, tloušťka) převádí z analogové formy do podoby digitální. Převod do digitální formy provádí ukládáním získaných údajů v jednotném datovém formátu. Takto uložená digitální data jsou následně předávána operátorovi nebo technicko-hospodářskému pracovníkovi prostřednictvím zobrazovací jednotky stroje, zpravidla monitoru. Tímto jednotným datovým formátem pro záznam, převod a ukládání naměřených dat je StanForD, jako první komunikační standard pro komunikační systémy harvestorů a vyvážecích traktorů (Dvořák et. al., 2012, www.skogforsk.se).

Typický příklad provozu výrobně-evidenčního softwaru lze popsat následujícím způsobem. Před zahájením práce na těžební ploše se provede volba nové plochy nebo zpětné nastavení předchozí (pokud práce nebyly dokončeny), nastavení registračních dat operátora, načtení a aktivace ceníkových matic ATP souborů popř. manuální nebo elektronická kalibrace měřících senzorů.

Podle toho jak je operátor seznámený s nastavením výrobně-evidenčního softwaru a jak má ve skutečnosti nastavené jednotlivé položky pro výrobu, evidenci a ukládání dat, lze z výrobně-evidenčního softwaru získávat např. tato výrobní data:

- registrace pracovní plochy (porost skupiny) a operátora
- registrace délky pracovní doby,
- registrace rozměrů (délka, tloušťka) dřeviny a druh dřeviny,

- návrh optimální sortimentaci kmene na základě algoritmu zadaného podle potřeb smluvních firem v ceníkové matici APT,
- hmotnatost pokácených stromů a počet zpracovaných stromů (kusů),
- objem vyrobených sortimentů a počet kusů (dle jednotlivých dřevina jednotlivých druhů sortimentů),
- profil kmene těženého stromu.

Výrobně-evidenční software umožňuje elektronický přenos dat nebo jejich přímý tisk, kdy takto vytištěný nebo odeslaný výrobní lístek, který zahrnuje datum jeho tisku, místo nasazení stroje (vlastní lesa, lesní úřad, revír, porost), jméno nebo číslo operátora, počet vytěžených stromů, objem a počet vyrobených sortimentů rozdělený podle druhu dřeviny vyrobený operátorem, sumarizaci počtu vytěžených stromů, počet a objem vytěženého dříví podle druhu dřevin všemi operátory na výrobní jednotce. V lesním provozu označovány jako sjetiny nebo výjezdy z harvestorů. Zpravidla se informace o výrobě (množství vyrobeného dříví, počet sortimentů, dřeviny apod.) tisknou, až když je v daném porostu výroba dříví ukončena.

Informace uvedené v předcházejících dvou odstavcích jsou při těžbě stromu průběžně zobrazovány na monitoru palubního počítače. Tzn., že operátor má neustálý přehled o výrobě dříví.

Všecká výrobní data ukládá výrobně-evidenční software v textových souborech s parametry splňujícími standard StanForD na pevném disku počítače instalovaných do víceoperačních strojů. Soubory jsou rozlišeny příslušnou koncovkou, která určuje obsah souboru (APT - ceníkové matice, PRD - produkční přehled, STM - soubory kmenů, KTR - kalibrace apod.). Uložená data v počítači lze prohlížet s nainstalovaným programem Silvia. Silvia umožňuje např. prohlížet křivky kmene u jednotlivých těžených stromů a zjišťovat jaké sortimenty se z daného kmene vyrobily a jejich rozměry, objem jednotlivých těžených kmenů (s kůrou i bez kůry). Uložená data je možné vytisknout přímo v kabině stroje, ale je možný i elektronický přenos např. využitím USB externího disku (Flash disk) nebo mobilním GSM telefonem k dalšímu zpracování v kanceláři.

Pro přenos dat z harvestoru se souhrnné informace o výrobě dříví tiskly přímo v kabině stroje. K dispozici tak byl přehled o vyrobeném množství dříví v daném porostu - datum tisku, identifikace pracoviště (revír, případně lesní správa a porostní skupina). Zároveň byl na výjezdu z harvestoru i přehled o vyrobeném dříví – druh

dřeviny, druh sortimentů, počet kmenů, množství (m³ bez kůry) a průměrná objemová hmotnost těžené dřeviny (m³/kmen).

Zbylá data uložená v počítači harvestoru byla ze stroje přenesena pomocí flash disků do osobního počítače.

5.2 Verifikace kalibrace měřících zařízení na vybraných vzornících a jejich analýza v provozních podmínkách

V rámci projektu IGA 2014, který byl zaměřený na porovnání faktických objemových rozdílů mezi metodikami manuálního měření sortimentů vyrobených při pni a výstupů dat z harvestorů dle datového formátu StanForD jsem dospěl k předběžným výsledkům z měřicího systému TimberMatic 300.

Tyto výsledky byly doplněné o další měření u stejného typu harvestoru JohnDeere 970 a u harvestoru Neuson vybaveného měřícím a řídicím systémem Motomit IT.

U verifikace se začalo analýzou objemu a potom se zjišťovalo, zda se na statisticky významném rozdílu mezi elektronickým měřením a ručním měřením odráží pouze délka nebo tloušťka nebo obě měřené veličiny. Statistická analýza se provedla dle jednotlivých dřevin (smrk, borovice, modřín a skupiny listnatých dřevin).

T-test se vyhodnotil na základě zvolené hladiny významnosti 0,05.

Byly stanoveny dvě hypotézy:

H_0 : Neexistuje statisticky významný rozdíl (soubory jsou shodné)

H_1 : Existuje statisticky významný rozdíl mezi soubory na dané hladině významnosti

5.2.1 Měřící a řídicí systém Motomit IT

K závěrečné statistické analýze bylo použito 145 vzorníků, z toho 145 vzorníků smrku. Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z harvestoru Neuson 902 sortimentů (smrk 902 sortimentů).

Statistickou analýzou se zjistilo, že je statisticky významný rozdíl mezi ručním a elektronickým měřením vyrobených sortimentů na pni harvestorem na zvolené hladině významnosti 0,05.

STATISTICKÁ ANALÝZA OBJEMU SORTIMENTŮ

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 902 sortimentů smrku (tab. 5.1). U elektronického měření činil průměrný objem sortimentu $0,058 \text{ m}^3$, minimální objem byl $0,002 \text{ m}^3$ a maximální objem sortimentů činil $0,344 \text{ m}^3$, směrodatná odchylka činí $0,058 \text{ m}^3$. U ručního měření činil průměrný objem sortimentu $0,063 \text{ m}^3$, minimální objem byl $0,004 \text{ m}^3$ a maximální objem sortimentů činil $0,365 \text{ m}^3$, směrodatná odchylka činí $0,061 \text{ m}^3$.

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením objemu nabývá hodnoty $-0,005 \text{ m}^3$, směrodatná odchylka rozdílu je $0,007 \text{ m}^3$ (tab. 5.2). Procentuální odchylka mezi stanovením objemu strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot $8,6 \%$.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách objemů jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického t -testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů objemu sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA DÉLEK SORTIMENTŮ

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 902 sortimentů smrku (tab. 5.1). U elektronického měření činila průměrná délka sortimentu 254 cm , minimální délka byla 199 cm a maximální délka sortimentů činila 413 cm , směrodatná odchylka činí $64,7 \text{ cm}$. U ručního měření činila průměrná délka sortimentu 253 cm , minimální délka je 198 cm a maximální délka sortimentů činí 413 cm , směrodatná odchylka činí $67,9 \text{ cm}$ (tab. 5.3).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením délky nabývá hodnoty $0,7 \text{ cm}$, směrodatná odchylka rozdílu je $1,0 \text{ cm}$ (tab. 5.4). Procentuální odchylka mezi stanovením délky strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 1% .

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách délek jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického t -testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů délek sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA TLOUŠTĚK SORTIMENTŮ

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 902 sortimentů smrku (tab. 5.5). U elektronického měření činila průměrná tloušťka sortimentu 13,9 cm, minimální tloušťka byla 2,8 cm a maximální tloušťka sortimentů činila 33,2 cm, směrodatná odchylka činí 5,8 cm (tab. 5.5). U ručního měření činila průměrná tloušťka sortimentu 14,8 cm, minimální tloušťka je 4,7 cm a maximální tloušťka sortimentů činí 33,9 cm, směrodatná odchylka činí 5,7 cm (tab. 5.5).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením délky nabývá hodnoty - 0,9 cm, směrodatná odchylka rozdílu je 0,4 cm (tab. 5.6). Procentuální odchylka mezi stanovením délky strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 6,5 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách délek jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů délek sortimentů.

5.2.2 Měřicí a řídicí systém TimberMatic™ 300

K závěrečné statistické analýze bylo použito 372 vzorníků, z toho 105 vzorníků smrku, 189 vzorníků borovice, 31 vzorníků modřínu a 47 vzorníků skupiny listnatých dřevin. Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z harvestoru JohnDeere 2255 sortimentů (smrk 607 sortimentů, borovice 1177 sortimentů, modřín 213 sortimentů, listnaté dřeviny 258 sortimentů).

Statistickou analýzou se zjistilo, že je statisticky významný rozdíl mezi ručním a elektronickým měřením vyrobených sortimentů na pni harvestorem na zvolené hladině významnosti 0,05.

STATISTICKÁ ANALÝZA OBJEMU SORTIMENTŮ - SMRK

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 607 sortimentů smrku (tab. 5.7). U elektronického měření činil průměrný objem sortimentu 0,068 m³, minimální objem byl 0,001 m³ a maximální objem sortimentů činil 0,683 m³, směrodatná odchylka činí 0,080 m³. U ručního měření činil průměrný objem sortimentu 0,073 m³, minimální objem byl

0,002 m³ a maximální objem sortimentů činil 0,717 m³, směrodatná odchylka činí 0,084 m³ (tab. 5.7).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením objemu nabývá hodnoty -0,005 m³, směrodatná odchylka rozdílu je 0,008 cm³ (tab. 5.8). Procentuální odchylka mezi stanovením objemu strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 6,9 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách objemů jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů objemu sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA DÉLEK SORTIMENTŮ - SMRK

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 607 sortimentů smrku (tab. 5.9). U elektronického měření činila průměrná délka sortimentu 254 cm, minimální délka byla 198 cm a maximální délka sortimentů činila 512 cm, směrodatná odchylka činí 71,9 cm. U ručního měření činila průměrná délka sortimentu 254 cm, minimální délka je 198 cm a maximální délka sortimentů činí 511 cm, směrodatná odchylka činí 71,7 cm (tab. 5.9).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením délky nabývá hodnoty 0,6 cm, směrodatná odchylka rozdílu je 0,9 cm (tab. 5.10). Procentuální odchylka mezi stanovením délky strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 0,1 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách délek jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů délek sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA TLOUŠŤEK SORTIMENTŮ - SMRK

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 607 sortimentů smrku (tab. 5.11). U elektronického měření činila průměrná tloušťka sortimentu 14,6 cm, minimální tloušťka byla 2,4 cm a maximální tloušťka sortimentů činila 42,7 cm, směrodatná odchylka činí 6,6 cm (tab. 5.11). U ručního měření činila průměrná tloušťka sortimentu 15,4 cm,

minimální tloušťka je 3,2 cm a maximální tloušťka sortimentů činí 43,8 cm, směrodatná odchylka činí 6,6 cm (tab. 5.11).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením délky nabývá hodnoty - 0,8 cm, směrodatná odchylka rozdílu je 0,2 cm (tab. 5.12). Procentuální odchylka mezi stanovením délky strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 5,5 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách délek jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů délek sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA OBJEMU SORTIMENTŮ - BOROVICE

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 1177 sortimentů borovice (tab. 5.13). U elektronického měření činil průměrný objem sortimentu $0,08 \text{ m}^3$, minimální objem byl $0,004 \text{ m}^3$ a maximální objem sortimentů činil $0,510 \text{ m}^3$, směrodatná odchylka činí $0,078 \text{ m}^3$. U ručního měření činil průměrný objem sortimentu $0,09 \text{ m}^3$, minimální objem byl $0,005 \text{ m}^3$ a maximální objem sortimentů činil $0,536 \text{ m}^3$, směrodatná odchylka činí $0,082 \text{ m}^3$ (tab. 5.13).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením objemu nabývá hodnoty $-0,005 \text{ m}^3$, směrodatná odchylka rozdílu je $0,008 \text{ m}^3$ (tab. 5.14). Procentuální odchylka mezi stanovením objemu strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 6,43 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách objemů jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů objemu sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA DÉLEK SORTIMENTŮ - BOROVICE

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 1177 sortimentů borovice (tab. 5.15). U elektronického měření činila průměrná délka sortimentu 248 cm, minimální délka byla 193 cm a maximální délka sortimentů činila 418 cm, směrodatná odchylka činí 75,0 cm.

U ručního měření činila průměrná délka sortimentu 248 cm, minimální délka je 193 cm a maximální délka sortimentů činí 418 cm, směrodatná odchylka činí 75,1cm (tab. 5.15).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením délky nabývá hodnoty 0,2 cm, směrodatná odchylka rozdílu je 0,8 cm (tab. 5.16). Procentuální odchylka mezi stanovením délky strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 0,01 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách délek jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů délek sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA TLOUŠŤEK SORTIMENTŮ - BOROVICE

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 1177 sortimentů borovice (tab. 5.17). U elektronického měření činila průměrná tloušťka sortimentu 16,7 cm, minimální tloušťka byla 4,0 cm a maximální tloušťka sortimentů činila 39,6 cm, směrodatná odchylka činí 7,3 cm (tab. 5.17). U ručního měření činila průměrná tloušťka sortimentu 17,4 cm, minimální tloušťka je 4,7 cm a maximální tloušťka sortimentů činí 40,6 cm, směrodatná odchylka činí 7,4 cm (tab. 5.17).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením délky nabývá hodnoty - 0,7 cm, směrodatná odchylka rozdílu je 0,2 cm (tab. 5.18). Procentuální odchylka mezi stanovením délky strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 4,2 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách délek jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů délek sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA OBJEMU SORTIMENTŮ - MODŘÍN

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 213 sortimentů modřínu (tab. 5.19). U elektronického měření činil průměrný objem sortimentu 0,064 m³, minimální objem byl 0,004 m³ a maximální objem sortimentů činil 0,439 m³, směrodatná odchylka činí 0,075

m³. U ručního měření činil průměrný objem sortimentu 0,069 m³, minimální objem byl 0,005 m³ a maximální objem sortimentů činil 0,466 m³, směrodatná odchylka činí 0,079 m³ (tab. 5.19).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením objemu nabývá hodnoty -0,006 m³, směrodatná odchylka rozdílu je 0,005 cm³ (tab. 5.20). Procentuální odchylka mezi stanovením objemu strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 9,2 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách objemů jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů objemu sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA DÉLEK SORTIMENTŮ - MODŘÍN

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 213 sortimentů modřínu (tab. 5.21). U elektronického měření činila průměrná délka sortimentu 244 cm, minimální délka byla 192 cm a maximální délka sortimentů činila 517 cm, směrodatná odchylka činí 76,6 cm. U ručního měření činila průměrná délka sortimentu 244 cm, minimální délka je 193 cm a maximální délka sortimentů činí 517 cm, směrodatná odchylka činí 76,9 cm (tab. 5.21).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením délky nabývá hodnoty 0,06 cm, směrodatná odchylka rozdílu je 0,9 cm (tab. 5.22). Procentuální odchylka mezi stanovením délky strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 0,01 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách délek jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se nepotvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí, že nelze zamítnout hypotézu o shodě těchto průměrů délek sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA TLOUŠTĚK SORTIMENTŮ - MODŘÍN

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 213 sortimentů modřínu (tab. 5.23). U elektronického měření činila průměrná tloušťka sortimentu 14,7 cm, minimální tloušťka byla 3,7 cm a maximální tloušťka sortimentů činila 39,0 cm, směrodatná odchylka činí

6,5 cm (tab. 5.23). U ručního měření činila průměrná tloušťka sortimentu 15,5 cm, minimální tloušťka je 4,8 cm a maximální tloušťka sortimentů činí 39,9 cm, směrodatná odchylka činí 6,6 cm (tab. 5.23).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením délky nabývá hodnoty - 0,8 cm, směrodatná odchylka rozdílu je 0,1 cm (tab. 5.24). Procentuální odchylka mezi stanovením délky strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 5,6 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách délek jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů délek sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA OBJEMU SORTIMENTŮ - LISTNATÉ

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 258 sortimentů skupiny listnatých dřevin (tab. 5.25). U elektronického měření činil průměrný objem sortimentu 0,051 m³, minimální objem byl 0,002 m³ a maximální objem sortimentů činil 0,254 m³, směrodatná odchylka činí 0,048 m³. U ručního měření činil průměrný objem sortimentu 0,055 m³, minimální objem byl 0,004 m³ a maximální objem sortimentů činil 0,267 m³, směrodatná odchylka činí 0,050 m³ (tab. 5.25).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením objemu nabývá hodnoty -0,004 m³, směrodatná odchylka rozdílu je 0,003 m³ (tab. 5.26). Procentuální odchylka mezi stanovením objemu strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 8,0 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách objemů jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů objemu sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA DÉLEK SORTIMENTŮ - LISTNATÉ

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 258 sortimentů skupiny listnatých dřevin (tab. 5.27). U elektronického měření činila průměrná délka sortimentu 201 cm, minimální délka byla 198 cm a maximální délka sortimentů činila 220 cm, směrodatná

odchylka činí 1,9 cm. U ručního měření činila průměrná délka sortimentu 200 cm, minimální délka je 189 cm a maximální délka sortimentů činí 220 cm, směrodatná odchylka činí 2,1 cm (tab. 5.27).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením délky nabývá hodnoty 0,3 cm, směrodatná odchylka rozdílu je 1,0 cm (tab. 5.28). Procentuální odchylka mezi stanovením délky strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 0,01 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách délek jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů délek sortimentů.

STATISTICKÁ ANALÝZA TLOUŠŤEK SORTIMENTŮ - LISTNATÉ

Pro potřeby matematicko-statistické analýzy experimentálně naměřených dat, byla měřena a následně zpracována data z 258 sortimentů skupiny listnatých dřevin (tab. 5.29). U elektronického měření činila průměrná tloušťka sortimentu 15,4 cm, minimální tloušťka byla 2,8 cm a maximální tloušťka sortimentů činila 38,6 cm, směrodatná odchylka činí 7,5 cm (tab. 5.29). U ručního měření činila průměrná tloušťka sortimentu 16,2 cm, minimální tloušťka je 3,7 cm a maximální tloušťka sortimentů činí 39,6 cm, směrodatná odchylka činí 7,5 cm (tab. 5.29).

Průměrný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením délky nabývá hodnoty - 0,8 cm, směrodatná odchylka rozdílu je 0,2 cm (tab. 5.30). Procentuální odchylka mezi stanovením délky strojem a ručním měřením je z naměřených hodnot 5,2 %.

Faktorem je technologický postup výpočtu objemu analyzovaných sortimentů. V tomto případě šlo o dva závislé soubory, kdy nás opět zajímala shoda či rozdílnost v průměrných hodnotách délek jednotlivých sortimentů. Pomocí statistického *t*-testu se potvrdil statisticky významný rozdíl v průměrech. Hodnota $p < 0,05$, což značí zamítnutí hypotézy o shodě těchto průměrů délek sortimentů

Tab. 5.1: Popisná statistika objemu sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(m ³)				
Elektronické měření	902	0,058	0,039	0,002	0,344	0,058
Ruční měření	902	0,063	0,045	0,004	0,365	0,061

Tab. 5.2: T-test pro závislé vzorky objemu sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	průměr (m ³)	Sm. odch. (m ³)	N	Rozdíl (m ³)	Sm. odch. rozdílu (m ³)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	0,058	0,058								
Ruční měření	0,063	0,061	902	-0,005	0,007	-22,945	901	0,00	-0,008	-0,005

Tab. 5.3: Popisná statistika délek sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(cm)				
Elektronické měření	902	254	250	199	413	64,7
Ruční měření	902	253	249	198	413	67,9

Tab. 5.4: T-test pro závislé vzorky délek sortimentů

Délka sortimentu (cm)	průměr (cm)	Sm. odch. (cm)	N	Rozdíl (cm)	Sm. odch. rozdílu (cm)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	253,8	68,0								
Ruční měření	253,1	67,9	902	0,7	1,0	20,1	901	0,00	0,6	0,7

Tab. 5.5: Popisná statistika délek sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(cm)				
Elektronické měření	902	13,9	12,7	2,8	33,2	5,8
Ruční měření	902	14,8	13,9	4,7	33,9	5,7

Tab. 5.6: T-test pro závislé vzorky délek sortimentů

Délka sortimentu (cm)	průměr (cm)	Sm. odch. (cm)	N	Rozdíl (cm)	Sm. odch. rozdílu (cm)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	13,9	5,8								
Ruční měření	14,8	5,7	902	-0,9	0,4	-62,8	901	0,00	-0,9	-0,9

Tab. 5.7: Popisná statistika objemu sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(m ³)				
Elektronické měření	607	0,068	0,040	0,001	0,683	0,080
Ruční měření	607	0,073	0,045	0,002	0,717	0,084

Tab. 5.8: T-test pro závislé vzorky objemu sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	průměr (m ³)	Sm. odch. (m ³)	N	Rozdíl (m ³)	Sm. odch. rozdílu (m ³)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	0,068099	0,080019								
Ruční měření	0,073107	0,084369	607	-0,005008	0,007865	-15,6884	606	0,00	-0,005635	-0,004381

Tab. 5.9: Popisná statistika délek sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(cm)				
Elektronické měření	607	254	250	198	512	71,89
Ruční měření	607	254	249	198	511	71,70

Tab. 5.10: T-test pro závislé vzorky délek sortimentů

Délka sortimentu (cm)	průměr (cm)	Sm. odch. (cm)	N	Rozdíl (cm)	Sm. odch. rozdílu (cm)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	254,4201	71,88540								
Ruční měření	253,8138	71,69975	607	0,606260	0,916386	16,29953	606	0,00	0,533214	0,679307

Tab. 5.11: Popisná statistika tloušťek sortimentů

Tloušťka sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(cm)				
Elektronické měření	607	14,6	13,4	2,4	42,7	6,63
Ruční měření	607	15,4	14,2	3,2	43,8	6,63

Tab. 5.12: T-test pro závislé vzorky tloušťek sortimentů

Tloušťka sortimentu (cm)	průměr (cm)	Sm. odch. (cm)	N	Rozdíl (cm)	Sm. odch. rozdílu (cm)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	14,62751	6,631377								
Ruční měření	15,43610	6,626313	607	-0,808585	0,193807	-102,790	606	0,00	-0,824033	-0,793136

Tab. 5.13: Popisná statistika objemu sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(m ³)				
Elektronické měření	1177	0,080	0,056	0,004	0,510	0,078
Ruční měření	1177	0,085	0,058	0,005	0,536	0,082

Tab. 5.14: T-test pro závislé vzorky objemu sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	průměr (m ³)	Sm. odch. (m ³)	N	Rozdíl (m ³)	Sm. odch. rozdílu (m ³)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	0,079795	0,078095								
Ruční měření	0,084930	0,081859	1177	-0,005134	0,008190	-21,5053	1176	0,00	-0,005602	-0,004666

Tab. 5.15: Popisná statistika délek sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(cm)				
Elektronické měření	1177	248	201	193	418	75,019
Ruční měření	1177	248	201	193	418	75,107

Tab. 5.16: T-test pro závislé vzorky délek sortimentů

Délka sortimentu (cm)	průměr (cm)	Sm. odch. (cm)	N	Rozdíl (cm)	Sm. odch. rozdílu (cm)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	247,8445	75,01884								
Ruční měření	247,6644	75,10694	1177	0,180119	0,831877	7,428284	1176	0,000	0,132545	0,227693

Tab. 5.17: Popisná statistika tloušťek sortimentů

Tloušťka sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(cm)				
Elektronické měření	1177	16,7	16,4	4,0	39,6	7,34
Ruční měření	1177	17,4	17,0	4,7	40,6	7,41

Tab. 5.18: T-test pro závislé vzorky tloušťek sortimentů

Tloušťka sortimentu (cm)	průměr (cm)	Sm. odch. (cm)	N	Rozdíl (cm)	Sm. odch. rozdílu (cm)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	16,71818	7,344154								
Ruční měření	17,42505	7,406334	1177	-0,706872	0,151930	-156,619	1176	0,00	-0,715560	-0,698183

Tab. 5.19: Popisná statistika objemu sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(m ³)				
Elektronické měření	213	0,064	0,039	0,004	0,439	0,075
Ruční měření	213	0,069	0,400	0,005	0,466	0,079

Tab. 5.20: T-test pro závislé vzorky objemu sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	průměr (m ³)	Sm. odch. (m ³)	N	Rozdíl (m ³)	Sm. odch. rozdílu (m ³)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	0,063582	0,074668								
Ruční měření	0,069088	0,078932	213	-0,005507	0,005265	-15,2640	212	0,00	-0,006218	-0,004795

Tab. 5.21: Popisná statistika délek sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(cm)				
Elektronické měření	213	244	205	192	517	76,63
Ruční měření	213	244	204	193	517	76,90

Tab. 5.22: T-test pro závislé vzorky délek sortimentů

Délka sortimentu (cm)	průměr (cm)	Sm. odch. (cm)	N	Rozdíl (cm)	Sm. odch. rozdílu (cm)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	243,8122	76,63238								
Ruční měření	243,7512	76,89621	213	0,061033	0,858384	1,037700	212	0,300	-0,054905	0,176971

Tab. 5.11: Popisná statistika tloušťek sortimentů

Tloušťka sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(cm)				
Elektronické měření	213	14,7	13,8	3,7	39,0	6,54
Ruční měření	213	15,5	14,5	4,8	39,9	6,55

Tab. 5.24: T-test pro závislé vzorky tloušťek sortimentů

Tloušťka sortimentu (cm)	průměr (cm)	Sm. odch. (cm)	N	Rozdíl (cm)	Sm. odch. rozdílu (cm)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	14,69624	6,537987								
Ruční měření	15,52289	6,552855	213	-0,826642	0,148280	-81,4172	212	0,00	-0,846656	-0,806628

Tab. 5.25: Popisná statistika objemu sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(m ³)				
Elektronické měření	258	0,051	0,035	0,002	0,254	0,048
Ruční měření	258	0,055	0,040	0,004	0,267	0,050

Tab. 5.26: T-test pro závislé vzorky objemu sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	průměr (m ³)	Sm. odch. (m ³)	N	Rozdíl (m ³)	Sm. odch. rozdílu (m ³)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	0,051111	0,048311								
Ruční měření	0,055212	0,050176	258	-0,004101	0,003372	-19,5306	257	0,00	-0,004514	-0,003687

Tab. 5.27: Popisná statistika délek sortimentů

Objem sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(cm)				
Elektronické měření	258	201	200	198	220	1,91
Ruční měření	258	200	200	198	22	2,07

Tab. 5.28: T-test pro závislé vzorky délek sortimentů

Délka sortimentu (cm)	průměr (cm)	Sm. odch. (cm)	N	Rozdíl (cm)	Sm. odch. rozdílu (cm)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	200,7093	1,913700								
Ruční měření	200,4147	2,065677	258	0,294574	1,020438	4,636787	257	0,00	0,169469	0,419679

Tab. 5.29: Popisná statistika tloušťek sortimentů

Tloušťka sortimentu (m ³)	Počet měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
	(ks)	(cm)				
Elektronické měření	258	15,4	13,9	2,8	38,6	7,52
Ruční měření	258	16,2	14,6	3,7	39,6	7,52

Tab. 5.30: T-test pro závislé vzorky tloušťek sortimentů

Tloušťka sortimentu (cm)	průměr (cm)	Sm. odch. (cm)	N	Rozdíl (cm)	Sm. odch. rozdílu (cm)	t	sv	p	Int. spolehl. - 95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Elektronické měření	15,35504	7,524217								
Ruční měření	16,15778	7,515384	258	-0,802746	0,187515	-68,7624	257	0,00	-0,825735	-0,779757

5.3 Zjišťování přesnosti kalibrace v provozních podmínkách v závislosti na lidském faktoru (operátor víceoperačních technologií) a výrobních podmínkách

Ze zjištěných údajů o kalibraci měřících systémů v harvestorech u jednotlivých operátorů, jsem prozatím dospěl k závěru, že spousta operátorů si plete pojmy „kalibrace“ a „kontrolní měření“. Po vysvětlení pojmů a vysvětlení pojmů kalibrace a její výhody, pak člověk dojde v některých případech na rozvíjející spolupráci (zájem vlastníků stroje nebo operátorů) s prováděním kalibrace a dalším nastavením stroje (zpřesnění evidence vytěženého dříví apod.) nebo operátoři rovnou poví, že jim je to jedno, že jsou mzdově ocenění podle toho, co revírník s mistrem naměří na hráni na odvozním místě.

Ze získaných dat ze souboru s příponou *.ktr, nelze z dřívějších dat zjistit údaje uložené o prováděné kalibraci. Není nastavené ukládat informace o prováděných kalibracích nebo se jednoduše kalibrace neprovádí. Nelze tedy doložit, že docházelo k pravidelné kalibraci měřícího systému harvestoru. Proto nelze provést zjišťování přesnosti kalibrace kvůli chybějícím datům (ať už záměrně nebo z neznalosti operátorů) v závislosti na lidském faktoru.

Při pozorování práce harvestoru je práce těžební hlavice (a měřící mechanismy na ní umístěné) ovlivněna zejména druhem zpracovávané dřeviny, její kvalitou (zavětvením, počtem a průměrem větví v přeslenu, křivost a sbíhavost kmene) a rozměry stromu (zejména tloušťka kmene).

5.4 Specifikace provozních chyb a výrobních podmínek ovlivňujících přesnost kalibrace

Problémem spojeným s nepřesným monitorováním objemu výroby a výkonnosti práce ve výše uvedených záznamech, je v České republice nízká znalost měřících a řídicích systémů v harvestorech. Další chyby při sortimentní těžební metodě mohou vznikat při pni nebo na odvozním místě špatnou organizací výroby. Mezi ně může patřit:

- velká škála vyráběných sortimentů, které jsou následně zaměňovány. Zásoba dříví se ve své zásadě nemění, ale chyba se může odrazit na finančním zhodnocení zařazením sortimentů do jiné jakostní třídy operátorem vyvážecího

traktoru, který sortimenty vyváží na OM nebo technickohospodářským pracovníkem zajišťujícím odbyt, nebo

- nevhodná sortimentace.

K řešení a zjednodušení výše uvedených skutečností by přispěla:

- jednotná koncepce pro využívání výrobně-evidenčních a výrobně-plánovacích softwarů harvestorů a vyvážecích traktorů,
- ověření přesnosti výstupů z měřících systémů popř. jejich průměrné odchylky,
- podkladové materiály pro kvalifikovanou kalibraci výše uvedených strojů,

které by zjednodušili vlastníkům lesa evidenci vytěženého objemu dříví. Nicméně v dnešním provozu nejsou tyto výstupy velmi často akceptovány a tedy využívány.

Je to dáno záměnou pojmu kalibrace a kontrolního měření. Pokud se provádí kontrolní měření vyrobených sortimentů, tak operátoři zjišťují jak se naměřený objem sortimentu **shoduje/neshoduje** s objemem vypočteným měřícím systémem harvestoru. Pokud dochází k nějakým rozdílům, tak operátoři volí jinou metodu zjišťování objemu, příp. volí nastavení jiné tabulky objemů. Neuvědomují si, že by měli nejdříve porovnat naměřené hodnoty tloušťky a délky vyrobených sortimentů a na základě případného zjištění odchylek provést kalibraci měřícího systému harvestoru.

Další chybou je špatné nastavení odpočtu srážky na kůru. Ve většině pozorovaných případů mají operátoři nastaven dvojnásobný odpočet srážky na kůru. Tzn., že výsledná tloušťka udávaná bez kůry, je úmyslně poddimenzovaná a je pak špatně evidován objem vytěženého dříví. Toho pak operátoři harvestorů využívají ke snižování průměrné objemové hmotnosti těžené dřeviny, za účelem vyššího mzdového ocenění.

6 DISKUZE A ZÁVĚR

Primárním důvodem rozvoje těžebně-dopravních strojů v České republice bylo jejich nasazení na likvidaci imisemi poškozených porostů v oblasti bývalých Severočeských státních lesů. Zde byly nasazeny i první harvestory a vyvážecí traktory, které se staly nástupci po kácecích strojích, a tím došlo i ke změně těžebních metod. Byly vyráběny dva sortimenty - čtyřmetrové kulatinové výřezy a dvoumetrové vlákninové výřezy. Odrazily se zde první výhody, ale i nevýhody harvestorových technologií (Gross 1984). Pozvolný nástup těchto mechanizačních prostředků započal od poloviny 70. let (Lasák, Němec 1996, Douda 1986).

Logicky tak dochází k významnému zvýšení jejich podílu ve výrobním procesu výroby a zpracování surového dříví. Tento zvyšující podíl se projevuje především v první fázi tohoto výrobního procesu - těžbě a zpracování surového dříví (harvestory), ale i v navazující fázi dopravě surového dříví - vyvážení (vyvážecí traktory).

Harvestorová technologie se v průběhu posledních 20 let stala samozřejmou součástí těžebních a dopravních technologií v ČR. Zpočátku byl tento způsob plošně odmítán. Důvodem byl vznik této technologie ve Skandinávii s argumentací o nevhodnosti dané technologie ve středoevropských podmínkách a riziku většího poškozování lesních ekosystémů harvestory a vyvážecími traktory. Nicméně současné odborné poznatky ukazují, že tento způsob má v našem hospodářství své místo. Záporné vnímání v současnosti je zapříčiněno nedostatečnou odbornou znalostí jak řídicích lesních zaměstnanců, tak i samotných operátorů těchto strojů (Dvořák et al. 2012, Dvořák et al. 2011, Brožek 2009, Ulrich et al. 2006, Ulrich et al. 2002).

Východiskem pro nasazení této technologie je použití sortimentní těžební metody. Od devadesátých let tak u nás dochází k rostoucímu podílu sortimentní těžební metody (až na 35ti % podíl z celkového objemu ročně vytěženého dříví) i počtu harvestorů (MZe 2014, Dvořák et al. 2012, Dvořák et al. 2011). Účelem měření a potom i krácení kmenů na dané sortimenty je zajištění jejich vhodného uplatnění na trhu. Je však třeba co nejvíce využívat možností automatické optimalizace, kterou zajišťuje řídicí a měřicí systém. Každý sortiment je tedy vyráběn s ohledem na co nejvyšší zpeněžení. Harvestor zpravidla vyrábí více, než jeden sortiment, a to podle požadavku odběratele jak uvádí např. Dvořák et al. (2011), Brožek (2009), Ulrich et al. (2006).

Pokud jsou systémy pro měření metrických měř (délka, průměr) správně kalibrovány, pak je možné se bez obav na výstup z harvestoru spolehnout jako na velice

přesný výstup, představující prvotní informaci o množství vytěžené suroviny z porostu (Ulrich et. al. 2006). U těchto strojů mohou vznikat faktické rozdíly na objemu dříví špatným zadáním vztahů pro výpočet objemu jednotlivých sortimentů, které jsou nejčastěji postaveny na lokalizaci měření tloušťky nebo na výpočtu objemu výřezu v sekcích (Dasa Control System AB 2013, Mitron OY 2004, John Deere 2012). Nejčastější příčinou selhání je lidský faktor. Nadhodnocení nebo podhodnocení výroby je zapříčiněno např. špatným nastavením (nenastavením) odpočtů na kůru, řezacím oknem (ponechání vůle délky výřezu resp. nadměrku s ohledem na rychlost práce těžební hlavice) a v neposlední řadě zanedbávání kalibrace měřících systémů (Neruda et al. 2008). V případě, že by byla především kalibrace měřících systémů řádně prováděna, tak by bylo možné se na výstupy z harvesterů spolehnout jako na velice přesné (Ulrich et al. 2006).

Proto je hlavní myšlenkou disertační práce objasnění, jestli dochází k faktickým objemovým ztrátám na objemu dříví. Tyto potenciální ztráty jsou sledovány komparativní metodou, tj. srovnáním elektronických výstupů z harvesterů s ručním přeměřením vyrobených sortimentů na místě výroby (na pni) a následným výpočtem objemu sortimentu. Dalším bodem je identifikace příčin, pokud ke ztrátám na objemu dochází, a návrh možné nápravy výše uvedených chyb pro zajištění efektivní evidence zpracovaného dříví harvestory (např. nastavením měřících a řídicích systémů).

Pokud autoři (např. Dvořák et al. 2012, Dvořák et al. 2011, Acuna, Kellogg 2009, Ulrich et al. 2006, Ulrich et al. 2002, Bensch, Urbaniak 2000, Bergmann 1997, Evanson, Mcconchie 1996) popisovali měření dříví u harvesterů, tak se zpravidla všichni zaměřili na princip měření harvestory (měření délky a tloušťky) a na provádění kalibrace měřících a řídicích systému. Hluběji problematiku faktických objemových rozdílů a následně pak i finančních ztrát zatím nikdo neřešil ve „větším“ měřítku, ale jen na lokální úrovni (vybraná území nebo jednotlivá pracoviště).

Případová studie Rusnáková a Dvořáka (2007) byla zaměřena na zjišťování objemových rozdílů v elektronických přejímkách dříví mezi harvestorem a přejímkou na manipulačním skladě vybaveného měřícím rámem LMS se softwarem Kesat. Při porovnání elektronických přejímk mezi systémem Dasa 4 harvestoru Rottne H-20 a měřícím rámem na manipulační lince vzniká rozdíl na objemu dříví 1,6 %. To znamená, že i když se autoři zabývali v případových studiích na faktické objemové rozdíly v porovnání s elektronickým měřením dříví harvestory, tak výstupy z harvesterů porovnávali s přejímkami na OM (měřením dříví v hraních) nebo s elektronickými

přejímkami na dřevařských podnicích. Postupovali tedy odlišným způsobem a volili jiné metodiky práce a nelze tedy výsledky disertační práce s těmito autory porovnávat.

Sběr dat a experimentální měření probíhalo u středně výkonových harvestorů, což jsou typy strojů, které mají v lesním hospodářství České republiky největší zastoupení (MZe 2014). Venkovní šetření probíhalo v regionálních lesích žluticka, kdy se harvestorové technologie podílí na výrobě dříví ze 40 – 95 % z celkové podílu vytěženého dříví (v závislosti na jednotlivých lesních úsecích). Data byla sbírána a ověřována v porostech převážně v jehličnatých porostech (monokultury smrku nebo borovice), případně v porostech s příměsí listnatých dřevin.

Výrobně-evidenční softwary, kterými jsou dnes harvestory vybaveny, jsou založené na stejných způsobech měření dříví, mají stejné možnosti nastavení a v neposlední řadě se všechna data ukládají stejným způsobem. Veškerá uložená data z výrobně-evidenčních softwarů jsou snadno analyzovatelná dle datového formátu StanForD bez ohledu na značku stroje (harvestoru). Z těchto důvodů nebyla sledována statistická závislost mezi jednotlivými měřícími a řídicími systémy.

Z výsledků vyplývá rozdíl v porovnání mezi ručním a elektronickým měřením ve výši 5,0 - 6,7 %. Z pokynů výrobně technického ředitele Lesů České republiky je přijatelná odchylka mezi objemem výřezů mezi ručním měřením a výstupy z výrobně-evidenčního softwaru harvestorů 2 %. Tato podmínka **nebyla** v tomto případě naplněna. Z provozního hlediska je standardně akceptovatelný rozdíl mezi výstupem z harvestoru a měřeným objemem hrání, do kterých jsou sortimenty po harvestorové výrobě složeny a v nichž jsou přeměřovány, ve výši 5 %. Pětiprocentní rozdíl je standardně akceptovatelný i ze strany soukromých vlastníků lesů. Nicméně ani tato hranice **nebyla dodržena**.

Na faktických objemových rozdílech se projevuje jak délka, tak i tloušťka vyráběných sortimentů. Statistická analýza potvrdila statisticky významný rozdíl mezi elektronickým a ručním měřením délek a čepových tloušťek vyráběných sortimentů. Zejména čepová tloušťka se pak nejvíce odráží na rozdílech v objemu.

Ze zjištěných a naměřených hodnot vyplývá, že pokud se **neprovádí** pravidelná kontrola měřících a řídicích systémů u víceoperačních strojů (harvestorů nebo procesorů) ze strany operátorů a dále i nadřízených osob (THP), zvyšuje se riziko faktických ztrát na objemu dřevní suroviny. Provozovatel strojů by se měl zaměřit především na důsledné provádění kalibrace strojů, která by se měla provádět především dle výrobce, zejména na každém dalším pracovišti, s každou další se vyskytující se

dřevinou na pracovišti, při změně klimatických podmínek. Z výsledků šetření vyplývá, že by se kalibrace měly provádět především v lesních porostech s hmotností stromů umožňujících výrobu s převažujícím podílem výřezů III. a vyšší jakosti, kde by mohly vznikat exponenciálně rostoucí finanční ztráty. Faktické objemové rozdíly nicméně nestojí pouze na kalibraci, ale i dalším nastavení výrobně-evidenčního softwaru. Tím je myšleno např. nastavení srážky na odpočet kůr, nastavení řezacího okna, které by mělo být plně v kompetenci „prvotního příjemce“ dříví.

Špatným nastavením výrobně-evidenčního softwaru a následně pak nesprávným způsobem prováděné kalibrace měřicího a řídicího systému v harvestoru, tak mohou být údaje o objemu vytěženého dříví zavádějící a nemohou být akceptovatelné za spolehlivý a pravdivý údaj pro evidenci o výrobě surového dříví jako podklad např. pro sestavení číselníků rovného dříví.

Disertační práce je dílčím řešením projektu č. QJ1520005 – Optimalizace sortimentace a druhování dříví zpracovaného harvestorovou technologií a návrh postupů pro kontrolu přesnosti měření objemu výroby pro posílení produkční funkce lesa a zachování stability porostů vůči škodlivým činitelům.

V problematice řešené v disertační práci se tedy bude dále pokračovat, zejména kvůli značné obsáhlosti tématu a velkému objemu získaných dat z harvestorů, které budou dále podrobena dalším analýzám a dalším výstupům k publikování.

7 SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

ACUNA M. A, KELLOGG D. L.: *Evaluation of Alternative Cut-to-length Harvesting Technology for Native Forest Thinning in Australia*. International Journal of Forest Engineering. 2009, vol. 20, no 2, s. 15-22.

ADVISON A.: National status report for Schweden. Harvesting early thinnings cost effectively: the Present and the Future. A report from the Concerted Action. Danish Forest and Landscape Institute, 1995, s. 361 – 365.

ATHANASSIADIS D., LIDESTAV G., WÄSTERLUNG I.: *Fuel, Hydraulic Oil and Lubricant Consumption in Swedish Mechanized Harvesting Operation (1996)*. Journal of Forest Engineering. 1999, vol 10, no 1, s 59-66.

ATHANASSIADIS D., LINDROOS O., NORDFJELL T.: *Pine and spruce stump harvesting productivity and costs using a Pallari KH 160 stump-lifting tool*. Scandinavian Journal of Forest Research, 2011, vol. 26, no 5, s. 437-445.

BENSCH P., URBANIAK W.: *Timberjack today and fir ever*. In Formec 2000 – 34. Internationale Symposium Mechanisierung der Waldarbeit. Warschau: Lehrstuhl für Forstbenutzung der Forstwissenschaftliche Fakultät, s. 14-21.

BERGMANN A.: *Die Möglichkeiten eines modernen Bordcomputers Forst und Technik*, 1997, no. 7, s. 20-23.

BOMBOSCH F., SOHNS D., NOLLAU R., KANZLER H.: *Are Forest Operations on Steep Terrain (Average of 70% Slope Inclination) with Wheel Mounted Forwarders without Slippage Possible?* Austro2003. High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain. Schlaegl, 5.-9. October 2003. Austria. Available at: http://formec.boku.ac.at/images/proceedings/2003/47_bombosch_etal.pdf

BROŽEK J.: *Analýza technologií těžebních prací v lesním hospodářství*, České Budějovice, Bakalářská práce, 2009, 72 s.

DASA CONTROL SYSTEM AB: *Manual dasa4 AUI Value bucking – Version: 1.8 en*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: http://www.excidor.se/start/files/Filarkiv20080701114102/Ladda%20ner/Manualer/Dasa/D4AU1%20O%201_8%20en.pdf

DASA4: *Dasa4 bucking systems*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://http://www.dasa.se/forestry-applications/dasa4-bucking-systems>

DASA5: *Dasa5*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: <http://www.dasa.se/vehicle-control/dasa5>

DASA5: *Dasa5 bucking systems*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: [http:// http://www.dasa.se/forestry-applications/dasa5-bucking-systems](http://http://www.dasa.se/forestry-applications/dasa5-bucking-systems)

DOUDA V.: *Nepříznivý vliv techniky na lesy v různých etapách vývoje*. Praha: VŠZ v Praze, Ústav aplikované ekologie a ekotechniky v Kostelci nad Č. lesy, 1986, 133 s.

DVOŘÁK J.: *Rozvoj harvesterových technologií v LH*, Lesnická práce 8/2002, Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce, 2002, vol. 81, no 8, s. 364-365.

DVOŘÁK J. , KARNET P.: *Preliminary Technical Time Standards for Harvesters Working in Premature and Nature Stands*. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 2007, **10**: #01. Available at <http://www.ejpau.media.pl/volume10/issue1/art-01.html>

DVOŘÁK J., FERENČÍK M., SAČKOV I.: *Časový snímek harvesterové technologie v předmýtních těžbách a návrh optimálních výrobních podmínek*. Acta Facultatis Forestalis Zvolen. 2007, svazek XLIX, č. 2, s. 111-122.

DVOŘÁK J.: *Performance of the Small Tracked Harvesters in Spruce Stands*, Nauka za gorata-Forest Science, 2008, vol. 3, no 44., s. 77-85

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, 54, s 24-30.

DVOŘÁK J.: *Operation Time Consumption of High-powered Harvester in Salvage Felling*. EJPAU, 2010, vol. 13(4), #12. Available Online <http://www.ejpau.media.pl>

DVOŘÁK J., GROSS J., OLIVA J., HOŠKOVÁ P., MALKOVSKÝ Z.: *Sestavení výkonových norem pro harvestory a vyvážecí traktory podle výkonových tříd strojů a výrobních podmínek*. Závěrečná zpráva. ČZU v Praze, 2010, 79 s.

DVOŘÁK J., KABEŠ A., KUČTA T.: *Výkonové normy pro malé vyvážecí traktory*, Lesnická práce, 2011, vol. 90, no 3 s. 151-153.

DVOŘÁK J., BYSTRICKÝ R., HOŠKOVÁ P., HRIB M., KOVÁČ J., KRILEK J., NATOV P., NATOVOVÁ L., LIESKOVSKÝ M.: *The Use of Harvester Technology in Production Forests (Využití harvesterových technologií v hospodářských lesích)*. 1. vydání, Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2011, 156 s.

DVOŘÁK J., BYSTRICKÝ R., HOŠKOVÁ P., HRIB M., KOVÁČ J., KRILEK J., NATOV P., NATOVOVÁ L., LIESKOVSKÝ M.: *Využití harvesterových technologií v hospodářských lesích*. 1. vydání, Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2012, 156 s.

DVOŘÁK J., WALCZYK J.: *Productivity of timber harvest with the use of a harvester and a chainsaw*, Sylwan, 2013, 157: 171–176.

ELIASSON L., BENGTSSON J., CEDERGREN J., LAGESON H.: *Comparison of a single-grip harvester productivity in clear- and shelterwood cutting*. International Journal of Forest Engineering, 1999, vol. 10, no. 1, s. 43 – 48.

ELIASSON L.: *Effects of establishment and thinning of shelterwood on harvester performance*. International Journal of Forest Engineering, 2000, vol. 11, no. 1, s. 21 – 27. ISSN.

EVANSON T., MCCONCHIE M.: *Productivity Measurements of Teo Waratah 234 Hydraulic Tree Harvesters in Radiata Pine in New Zealand*. International Journal of Forest Engineering, 1996, vol. 7, no 3, s 41-52.

FJELD D., GRANHUS A.: *Injuries After Selection Harvesting in Multi-Stored Spruce Stands – The Influence of Operating Systems and Harvest Intensity*. International Journal of Forest Engineering, 1998, vol. 9, no 2, s 33-40.

FLECHSIG B., WINKLER B., BREZINA T., SCHREIBER J., GEMBALLA J.: *Holzerntetechnologien – Richtlinie zur Anwendung im Staatswald des Freistaates Sachsen*. Pirna: Staatsbetrieb Sachsenforst, 2006, 44 s.

FORBIG A.: *Zur technischen Arbeitsproduktivität von Kranvollernter*. Forstechnische Information. 2001, vol. 53, no 5, s. 22-25.

GABRIELOVÁ B.: *Produktivita práce malovýkonových traktorů v lesích VLS, s.p. divize Hořovice*. Praha: ČZU v Praze, Diplomová práce, 2012, 42 s.

GLÖDE D.: *Single- and Double-grip Harvesters productivity Measurements in Final Cutting of Shelterwood*. International Journal of Forest Engineering. 1999, vol 10, no 2, s. 63-74.

GLÖDE D., SIKSTRÖM U: *Two felling methods in final cutting of shelterwood, single-grip harvester productivity and damage to the regeneration*. Silva Fennica, 2001, vol. 35, no. 1, s. 71 – 83.

GROS J.: *Zhodnocení použitých mechanizačních prostředků v těžebně_dopravním procesu u Severočeských státních lesů*. Praha: VŠZ Praha – Ústav aplikované ekologie a ekotechniky v Kostelci nad Černými lesy. 1984, 127 s.

HAN HAU-SUP, PAGE-DUMROESE D., HAN SANG-KYUN, TIROKE J.: *Effects of Slash, Machine Passes, and Soil Moisture on Penetration Resistance in a Cut-to-length Harvesting*. International Journal of Forest Engineering, 2006, vol. 17, no 2, s 11-24.

HANELL B., NORDFJELL T., ELIASSON L.: *Produktivity and Costs in Shelterwood Harvesting*. Scandinavian Journal of Forest Research. 2000 vol. 15, no. 5, s. 561 – 569. DOI: 10.1080/028275800750173537

HÄRSTEDT T., 2000: *Thining with a single grip harvester equipped with a long boom*. M.Sc. thesis (abstrakt).

HARVESTER SYSTEM: *Harvester system Opti4G*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.ponsse.com/products/information-systems/forest-machine-systems/harvester-systems>

INFORMATION SYSTEM: *Forest-machine-systems/forwarder-systems. Harvester system Opti4G*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.ponsse.com/products/information-systems/forest-machine-systems/harvester-systems>

INFORMATION SYSTEM: *Forest-machine-systems/forwarder-systems. Forwarder system Ponsse Opticontrol*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.ponsse.com/products/information-systems/forest-machine-systems/forwarder-systems>

INFORMATION SYSTEM: *Forest-machine-systems/forwarder-systems. PONSSE LoadOptimizer*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.ponsse.com/products/information-systems/forest-machine-systems/forwarder-systems>

INFORMATION SYSTEM: *Forest-machine-systems/forwarder-systems. PONSSE OptiForwarder*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.ponsse.com/products/information-systems/forest-machine-systems/forwarder-systems>

JACKSON B. D., GREEN W. D., SCHILLING A. L.: *Productivity of a Tree-length Forwarder for Logging on Wet Sites*. International Journal of Forest Engineering. 1990, vol. 1, no 2, s. 9-13.

JIRIKOWSKI W., LOSCHEK J., Kooperation Forstwirtschaft, Platten- und Papierindustrie. Arbeitsgruppe Holzernte und Holzanlieferung. *Holzernte in der Durchforstung: Harvester, Forwarder*, Svazek 2, FFP, Wien, 1998, 120 s.

JIROUŠEK R., KLVAČ R., SKOUPÝ A.: *Productivity and costs of the mechanised cut-to-length wood harvesting system in clear-felling operations*. Journal of Forest Science. 2007, vol. 53, no 10, s. 476-482.

JOHANSSON J.: *Excavators as Base Machines in Logging Operations*. International Journal of Forest Engineering, Technical Release. 1995, vol. 13, no 4, s. 1-5.

JOHN DEERE. *Pokyny pro obsluhu – John Deere TimberMatic H-12*. Vydání 20120507, Finland, 2012. Available ot: www.deere.co.uk/wps/dcom/en_GB/products/equipment/measuring_and_control_systems/timbermatic_h09/timbermatic_h09.page

JURDIČ J.: *Možnosti nasazení a využití vyvážecích souprav a harvestorů jako technologického celku v oblasti Moravsko-slezského kraje* (bakalářská práce). Praha: ČZU v Praze, 2008, 40 s.

KABEŠ A.: *Produktivita práce malých vyvážecích traktorů v regionálních lesích Žluticka*, Praha: ČZU v Praze, Bakalářská práce, 2010, 79 s.

KABEŠ A.: *Produktivita práce vyvážecích traktorů s nosností nad 10 tun na LS Toužim*, Praha: ČZU v Praze, Diplomová práce, 2012, 112 s.

KABEŠ A., DVORÁK J, NATOV P.: *Spotřeba operativního času vyvážecího traktoru John Deere 1110 E v mýtních těžbách*. Journal of Forest Science, 60, 2014 (6): 248-253.

KAILA S., KILJUNEN N., MIETTINEN A., VALKONEN S.: *Effect of timing of precommercial thinning on the consumption of working time in Picea abies stands in Finland*. Scandinavian Journal of Forest Research. 2006, vol. 21, no 6, s 496-504.

KAJZAR O.: *Práce operátora těžebně dopravních strojů*, Lesnická práce 3/2008, Kostelec nad Č. Lesy, 2008, s. 166-167.

KASL F., MERUNKA J.: *Jednoznačná podpora harvesterovým technologiím (reportáž)*. Lesnická práce. 1999, vol. 78, no 5, s. 234-235.

KÄRHÄ K.: *Alternative harvesting systems in mechanised thinning*. Final Report of HARKO Project (1999 – 2001). Summary. 2003, Available at: <http://www.tts.fi>

KÄRHÄ K., RÖNKKO E., GUMSE S.: *Productivity and Cutting Cost of Thinning Harvesters*. International Journal of Forest Engineering, 2004, vol. 15, no 2, s 43-56.

KÄRHÄ K., JOUHIAHO A., MUTIKAINEN A., MATTILA S.: *Mechanized Energy Wood Harvesting from Early Thinnings*. International Journal of Forest Engineering, 2005, vol. 16, no 1, s 15-25.

KELLOGG L. D., BETTINGER P.: *Thinning Productivity and Cost for a Mechanized Cut-to-length System in the Norwest Pacific Coast Region of the USA*. International Journal of Forest Engineering, 1994, vol. 5, no 2, s 43-54.

KLOUDA M., SYROVÁTKA K., BLUĐOVSKÝ Z.: *Normování práce*, MZLVH ČR, Praha, 1988, 208 s.

KOMÁRKOVÁ-KINSKÁ V., KOMÁREK M.: Harvester Technologies in Mountainous Conditions. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 2012, **15**: #08. Available at <http://www.ejpau.media.pl/volume15/issue1/abs-08.html>

KOVÁČ J., KRILEK J., DVOŘÁK J., NATOV P.: Research on reliability of forest harvester operation used in the company Lesy Slovenskej Republiky. *Journal of Forest Science*. 2013, **59**: 169-175.

KUCHTA T.: *Přínos malých vyvážecích souprav v sortimentní metodě*, Lesnická práce 10/2002, Kostelec nad Č. Lesy, 2002, s. 459.

KUCHTA T.: *Zkušenosti s provozem vyvážecích souprav*, Lesnická práce 4/2002, Kostelec nad Č. Lesy, 2002, s. 182-183.

LAGESON H.: *Effects of thinning type on the harvester productivity and on the residual stand*. *International Journal of Forest Engineering*. 1997, vol. 8, no. 2, s. 7–14.

LASÁK O. – NĚMEC K.: *Víceoperační těžebně-dopravní stroje (TDS) v ČR*. Lesnická práce, 1996, vol. 75, no 11, s. 402-403.

LASÁK O. – NĚMEC K.: *Víceoperační těžebně-dopravní stroje (TDS) v ČR*. Lesnická práce, 1996, vol. 75, no 12, s. 447-449.

LILLENBERG R.: National status report for Finland, Harvesting early thinnings cost effectively: the present and the future. A report from the Concerted Action, Danish Forest and Landscape Institute, 1995, s. 297–302.

LHOTSKÝ J.: *Půdy ohrožené zhutněním a opatření proti němu*, Farmář, 2002, vol. 6, no. 2, s. 32-33.

LUKÁČ T.: *Viacoperačné stroje v lesnom hospodárstve*. Zvolen: Technická univerzita ve Zvolenu, 2005, 137 s.

MACKŮ J.: *Analýza spotřeby času harvesterů v nahodilých těžbách*, Praha: ČZU v Praze, Diplomová práce, 2009, 58 s.

MALÍK V., DVOŘÁK J.: *Zhutnění půdy harvesterovými technologiemi*, Kostelec nad Č. Lesy: Lesnická práce, 2007, vol. 86, no 4 s. 212-214.

MAXIXPLORER: *MaxiXplorer – Full control harvester*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.komatsuforest.com/default.aspx?id=2138>

MAXIFORWARDER: *MaxiForwarder – Productive and safe*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.komatsuforest.com/default.aspx?id=2149>

MCNEEL J. F., RUTHEFORD D.: *Modelling Harvester-Forwarder System Performance in a Selection Harvest*. International Journal of Forest Engineering. 1994, vol. 6, no 1, s. 7-14.

MITRON OY. *Motomit IT – Harvester Control System (Operating manual)*. Firemní manuál firmy Mitron, Forssa, 2004.

MOTOMIT: *Motomit it/pc* [online]. Datum poslední revize [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.ts-hydraulic.ee/index.php?id=10691&highlight=motomit,it>

MZE: *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice*, Hradec Králové, 2002.

MZE: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2008*, 1. Vyd., Mze, Praha, 2009.

MZE: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2009*, 1. Vyd., Mze, Praha, 2010.

MZE: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2010*, 1. Vyd., Mze, Praha, 2011.

MZE: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2011*, 1. Vyd., Mze, Praha, 2012.

MZE: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2012*, 1. Vyd., Mze, Praha, 2013.

NAKAGAWA M., HAMATSU J., SAITOU T., ISHIDA H.: *Effect of Tree Size on Productivity and Time Required for Work Elements in Selective Thinning by a Harvester*. International Journal of Forest Engineering. 2007, vol. 18, no 2, s. 24-28.

NATOV P., DVOŘÁK J.: *Operační systémy harvesterů*. Lesnická práce V/2012, Kostelce nad Č. lesy: Lesnická práce, 2012, vol. 91, no 5, s. 30-31.

NIEUWENHUIS M., LYONS M.: *Health and Safety Issues and Perceptions of Forest Harvesting Contractors in Ireland*. International Journal of Forest Engineering. 2002, vol. 13, no 2, s. 69-75.

NICHOLLS A., BREN L., HUMPHREYS N.: *Harvester Productivity and Operator Fatigue: Working Extended Hours*. International Journal of Forest Engineering. 2004, vol. 15, no 2, s 57-65.

NERUDA, J.: *Analysis of the production rate of harvester technologies in logging operations*. In Kolařík, J. *Proceedings of the 2nd ISC Fortechenvi - Forrest and Wood-processing Technology and the Environment*. 1. vyd. Brno: MZLU v Brně, 2003, s. 3-10. ISBN 80-7157-665-4.

NERUDA J., VALENTA J.: *Factors of the Efficiency of Harvesters and Forwarders in Logging*. Formec: Austro2003: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain, October 5-9, 2003, Schlaegl – Austria

NERUDA J., VALENTA, J.: *Faktory výkonnosti harvestorových technologií lesní těžby*. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 54 s. Folia Universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis. ISBN 80-7157-821-5.

NERUDA J., SIMANOV V.: *Technika a technologie v lesnictví*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2006. 324 s. ISBN 80-7157-988-2.

NERUDA J., ULRICH R., KUPČÁK V., SLODIČÁK M., MESSINGEROVÁ V.: *Harvestorové technologie lesní těžby*. 1. vydání. V Brně: Mendelova univerzita, 2008, 150 s., ISBN 978-80-7375-146-3.

NIMZ R.: *Einbeziehung der Leistungsfähigkeit des Fahrers in Produktivitätsmodelle für Harvester*, Treffen der „Sektion Forsttechnik“ des Verbandes Deutscher Forstlicher Versuchsanstalten. Sopron. 2012, s. 1 – 5.

NOVÝ V.: *Spotřeba času a produktivita práce středně výkonového harvestoru v předemýtních těžbách borových a modřínových porostů*, Praha: ČZU v Praze, Diplomová práce, 2010, 44 s.

NURMINEN T., KORPUNEN H., UUSITALO J.: Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-length Harvesting System, *Silva Fennica*, 2006, vol. 40: 335-363.

NUUTINEN Y., KÄRHÄ K., LAITILA J., JYLHÄ P., KESKINEN S.: *Productivity of whole-tree bundler in energy wood and pulpwood harvesting from early thinnings*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2011, vol. 26, issue 4, DOI: 10.1080/02827581.2011.568952

NOUZOVÁ J.: *Výkonové normy v lesním hospodářství*. Vimperk: Tiskárna Akcent s.r.o., 1995, 137 s.

OVASKAINEN H., UUSITALO J., VÄÄTÄINEN K.: *Characteristics and Significance of a Harvester Operators Working Technique in Thinnings*. International Journal of Forest Engineering. 2004, vol. 15., no 2, s 67-77.

PAUSCH R., PONTZ K.: *Harvesterleistung und Hiebsbedingungen* [Productivity of harvesters and working conditions], Forst und Technik. 2002, vol. 14: 10–14.

POPCZYŃSKI B.: *Jak minimalizować szkody w lesie?* Drwal, 2014, vol. 2014, no 2, s 48-51.

PURFÜRST F. T., ERLER J.: *The Human Influence on Productivity in Harvester Operations*. International Journal of Forest Engineering. 2011, vol 22, no 2, s. 15-22.

PUTTOCK D., SPINELLI R., HARTSOUGH B. R.: *Operational Trial of Cut-to-length Harvesting of Poplar in a Mixed Wood Stand*. International Journal of Forest Engineering. 2005, vol 16, no 1, s. 39-49.

RÓNAY E., BUMERL M.: *Doprava dreva*. 1. vydanie. Príroda, Bratislava, 1982, 320 s. ISBN 375/I-8264-034-82

ROTTNE: *Rottne D5 - a superior kontrol system*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.rottne.com/en/skogsmaskin/rottne-h-20b/>

ROTTNE: *Rottne D5 bucking systém - gives full control*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.rottne.com/en/skogsmaskin/rottne-h-20b/>

RUSNÁKOVÁ P., DVOŘÁK J.: *Měření objemu kulatiny harvestorem a měřícím rámem*. Lesnická práce, Kostelec nad Č. Lesy, 2007, vol. 86, no 10, s. 462-465.

SÄNGSTUVALL L., BERGSTRÖM D., LAMAS T.,NORDFJELL T.: *Simulation of harvester productivity in selective and boom-corridor thinning of young forests*. Scandinavian Journal of Forest Research. 2012, vol. 27, issue 1, s. 56-73 **DOI:** 10.1080/02827581.2011.628335

SCHLAGHAMERSKÝ A.: *Harvestorové technologie v lesních porostech III.: Měřicí a řídicí systémy harvestorů*. Lesnická práce, Kostelec nad Č. Lesy, 2001, vol. 80, no 10, s. 462-465.

SCHLAGHAMERSKÝ A.: *Harvestorové technologie v probírkách*, Lesnická práce, Kostelec nad Č. Lesy, 2002, vol. 81, no 5, s. 217-219.

SCHÖTTLE R., PFEIL C., SAUTER F.: *Leistung und Einsatzmöglichkeit des Raupenharvester in der Durchforstung*. Allgemeine Forstzeitung/Der Wald, 1997, vol 52, no 22, s. 1179.1181.

SCHÖTTLE R., PFEIL C., BACHER M.: *Hochmechanisierte Holzernte im Steilhang*, FVA Versuchsbericht, Freiburg. 1999, no 7.

SCHREIBER R.: *Überprüfung der Messgenauigkeit des Mess-Steuersystems im Eingriffharvester und Messanlage im Sagewerk*. Dipl. Práce, Fachhochschule Hildesheiml Holzminden, Fach Forstw. In Gottingen. SRN, 1999, s. 1-51.

SIMANOV V.: *Perspektivy harvestorových technologií v předmýtních těžbách*, Kostelec nad Č. Lesy. Lesnická práce, 1999, vol. 78, no 11, s. 494-496.

SIMANOV V.: *Ekologizace výrobních procesů, eroze, narušování půdy a poškozování stromů, možnosti snižování škod na lesních ekosystémech*, 2001, *Elektronický text přednášky*, 8.10.2001.

SIMANOV V., KOHOUT V.: *Těžba dříví: Těžba a doprava dříví*. 1. vyd. Písek: Matice lesnická, 2004, 412 s. ISBN 80-6271-14-5

SIKSTRÖM U., GLÖDE D.: *Damage to Picea abies Regeneration After Final Cutting of Shelterwood with Single- and Double-grip Harvester Systems*. Scandinavian Journal of Forest Research, 2000, vol. 15, issue 2, p. 274-283. **DOI:** 10.1080/028275800750015091

SIRÉN M., AALTIO H.: *Productivity and Costs of Thinning Harvesters and Harvester-forwarders*. International Journal of Forest Engineering. 2003, vol 14, no 1, s. 39-48.

SPINELLI R., VISSER R.: *Analyzing and Estimating Delays in Harvester Operation*. International Journal of Forest Engineering. 2008, vol 19, no 1, s. 36-41.

SPINELLI R., MAGAGNOTTI, N.: *Performance and cost of a new mini-forwarder for use in thinning operations*, Scandinavian Journal of Forest Research. 2010, vol. 15, no 6, s. 358-364. DOI 10.1007/s10310-010-0193-x

SPINELLI R., MAGAGNOTTI N.: *The effect of harvest tree distribution on harvesting productivity in selection cuts*. Scandinavian Journal of Forest Research. 2013, vol. 28, no 7, s. 701-709, DOI: 10.1080/02827581.2013.821517

STAMPFER K.: *Influence of Terrain Conditions and Thinning Regimes on Productivity of a Track-bades steep Slope Harvester*. In Proceedings of the International Mountain Logging and 10th Pacific Northwest Skyline Symposium. Session and Chung (editors). Corvallis, March 28 – April 1, Oregon, 1999, s. 78-87.

SUADICANI K., NORDFJELL T.: *Operational Aspects of Row and Selective Thinning in the Establishing of a Shelterwood in a 50-Year-Old Norway Spruce Stand*. International Journal of Forest Engineering. 2003, vol. 14, no 1, p. 25-37.

ŠAŘEC O.: *Vliv mechanizace na zhutňování půd a měření zhutnění půd*. In 4. mezinárodní veletrh zemědělské techniky TECHAGRO Brno - výstaviště 6.-10. 4. 1997, Brno, 1997, s. 138-140.

ŠVENDA A.: *Sortimentová těžební metoda v jehličnatých probírkách*. Zbraslav nad Vltavou: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. 1973, 42 s.

TAJBOŠ J., MESSINGEROVÁ V.: *Performance of Economical Effectiveness of Middle Size Harvesters in Thinning in Slovak Mountains*. 4th International Science Conference Woodworking Techniques, Prague. 2011, s. 549-556.

TEUTENBERG F., RAUPACH A.: National status report for Germany, Harvesting Early Thinnings Cost Effectively: the Present and the Future., a report from the Concerted Action, Danish Forest and Landscape Institute, 1995, s. 309 – 319.

TIMBERMATIC H-09: *JohnDeere - Timbermatic H-09*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: http://www.deere.co.uk/wps/dcom/en_GB/products/equipment/measuring_and_control_systems/timbermatic_h09/timbermatic_h09.page

TIMBERMATIC™ H-12: *JohnDeere - Timbermatic™ H-12*, [online]. Datum poslední revize [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: <http://www.intrac.ee/en/index/product.htm?productId=784>

TRÉGER, M.: *Výkonnosť a hospodárnosť harvesterových technológií*. Zvolen: TU Zvolen, Diplomová práca, 2005, 67 s.

TUHÁČEK F., *Rozbor modelů technologické typizace a dopady transformace lesního hospodářství na těžebně-dopravní proces*, 1. vyd. Praha: NLK, 1997, s. 8-13.

TURNER D. R., HAN H. S.: *Productivity of a Small Cut-to.length Harvester in Northern Idaho*. Paper presented at the 2003 Council of Forest Engineering Antal meeting. September 8-10., 2003, Bar Harbor, ME, 5 s.

ULRICH R., *Možnosti ochrany půdy před mechanickým poškozením*. Kostelec nad Č. Lesy: Lesnická práce, 1998, vol. 77, no 11, s. 413.

ULRICH R., SCHLAGHAMERSKÝ A., ŠTOREK V.: *Použití harvestorové technologie v probírkách*. Brno, MZLU v Brně, 2002, 98 s.

ULRICH R., NERUDA J., ZEMAN VL. sen., ZEMAN VL. jun., ZEMÁNEK T.: *Harvestorové technologie a jejich optimální využití v praxi*. 1. vydání. Brno: MZLU v Brně, 2006. 87 s. ISBN 80-7375-012-0.

ULRICH R., NERUDA J.: *Příručka harvestorových technologií*. 1. vydání. Brno: Ediční středisko MZLU v Brně, 2007. 38 s.

ULRICH R.: *Úzké nebo široké vyvážecí linky? (reportáž)*. Lesnická práce. 2011, vol 90, no 11. Dostupné z <http://www.silvarium.cz/lesnicka-prace-c-11-11/uzke-nebo-siroke-vyvazeci-linky>

VÄÄTÄINEN K., SIKANEN L., ASIKAINEN A.: *Feasibility of Excavator-Based Harvester in Thinnings of Peatland Forest*. International Journal of Forest Engineering, 2004, vol. 15, no 2, s. 103-111.

VALENTA J., NERUDA, J.: *Analysis of the production rate of harvester technologies in logging operations*. In *Forrest and Wood-processing Technology and the Environment* (Apendix). Brno: MZLU v Brně, 2003, 8 s.

VALENTA J., NERUDA J.: *Forwarder als wichtiger Faktor der Arbeitsproduktivität in hochmechanisierter Forstnutzung*. 37. Internationales Symposium "Mechanisierung des Waldarbeit - FORMEC 2004". Gmunden, 8.-10. September 2004. Austria: s. 108-113.

WANG J., LE DOUX CH. B., LI Y.: *Simulating Cut-to-length Harvesting Operations in Appalachian Hardwoods*. International Journal of Forest Engineering. 2005, vol. 16, no 2, s. 11-27.

WOJNAR T. a kol.: *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví*. Kostelec nad Č. lesy: Nakladatelství a vydavatelství Lesnická práce, 2007, 148 s.

ZEMAN V., NĚMEC K.: *Těžebně dopravní stroje očima firmy Merimex (reportáž)*. Lesnická práce. 1999, vol. 78, no 6, s. 279.

ZINKEVIČIUS R., STEPONAVIČIUS D., VITUNSKAS D., ČINGA G.: *Comparison of harvester and motor-manual logging in intermediate cuttings of deciduous stands*. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2012, vol. 5. No 8, p. 591-600.