

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesnických technologií a staveb



Kontrolní měření a analýza odchylek objemu

vyrobeného dříví harvestorem vedeného

ve výrobně-evidenčním softwaru DASA

Diplomová práce

Autor: Bc. Martin Mrňák

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph.D.

2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martin Mrňák

Lesní inženýrství

Název práce

Kontrolní měření a analýza odchylek objemu vyrobeného dříví harvesterem vedeného ve výrobně-evidenčním softwaru DASA

Název anglicky

Control Measurement and Analysis of Timber Volumes Produced by Harvester Technology Recorded in the System DASA

Cíle práce

Analýza objemových rozdílů mezi ručním příjmem dříví dle Doporučených pravidel pro měření a třídění dříví z r. 2018 a elektronickým příjmem z harvestoru formou standardizovaného postupu pro kontrolních měření.

Metodika

- 1.) Volba výrobních podmínek vč. harvestoru značky Rottne se systémem DASA.
- 2.) Specifikace metodik manuálního a elektronického příjmu dříví.
- 3.) Provádění kontrolních měření s elektronickou průměrkou a podkladovými soubory *.STM a *.KTR.
- 4.) Výpočet rozdílu objemu výroby mezi výše uvedenými metodikami měření výpočtu objemu dříví vč. matematicko-statistické analýzy.
- 5.) Porovnání výsledků s přípustnými požadavky lesního provozu.

Pozn.: Práce bude zpracována dle závazných předpisů rektora ČZU v Praze a děkana FLD v Praze; citace a seznam literatury bude zpracován dle normy ČSN ISO 690.

Doporučený rozsah práce

40 stran + 10 příloh

Klíčová slova

harvestor, výrobně-evidenční software, příjem dříví, objem dříví

Doporučené zdroje informací

DVOŘÁK, J. *Využití harvesterových technologií v hospodářských lesích = The use of harvester technology in production forests*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2012. ISBN 978-80-7458-028-4.
NERUDA, J. – MENDELOVA ZEMĚDĚLSKÁ A LESNICKÁ UNIVERZITA. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Harvesterové technologie lesní těžby*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008. ISBN 978-80-7375-146-3.
RÓNAY, E. – DEJMAL, J. *Lesná ťažba*. BRATISLAVA: PRÍRODA, 1991.
SCHLAGHAMERSKÝ, A. – ULRICH, R. – ŠTOREK, V. *Použití harvesterové technologie v probírkách*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. ISBN 80-7157-631-1.
SVAZ ZAMĚSTNAVATELŮ DŘEVOZPRACUJÍCÍHO PRŮMYSLU. *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v ČR 2008 : platnost od 1.1.2008*. Praha [i.e. Kostelec nad Černými lesy]: Lesnická práce, 2007. ISBN 978-80-87154-01-4.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2018

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 4. 4. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 10. 03. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Kontrolní měření a analýza odchylek objemu vyrobeného dříví harvestorem vedeného ve výrobě-evidenčním softwaru DASA* vypracoval o samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Dvořáka, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Červených Janovicích dne 18.4.2019

Podpis:

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Dvořákovi, Ph.D. za cenné rady, odborné připomínky, vstřícnost při vedení a jeho čas věnovaný konzultacím v průběhu vypracování mé diplomové práce.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je zjištění a porovnání rozdílů mezi elektronickým měřením vyrobeného dříví harvestorem a ručním měřením digitální průměrkou. Porovnávaná data jsou získána z *.STM souborů výrobně-evidenčního softwaru vybraného harvestoru a z *.KTR souborů vytvořených digitální průměrkou Haglöf. Experimentální měření proběhlo během zpracování nahodilé těžby v mýtních porostech na lesním majetku města Kutné Hory na hlavní hospodářské dřevině, smrku ztepilém. Obsahem práce je porovnání vypočtených objemů jednotlivých vzorníků (sortimentů) přenesených a sestavených do jednoduché databáze. Porovnáním rozdílů vypočtených objemů je zjištěna přesnost nastavení měřicího zařízení vybraného harvestoru a výše tzv. fiktivní ztráty v celkovém objemu měřeného dříví. Na základě matematicko-statistické analýzy pomocí párového t-testu je pak vyhodnoceno, zda jsou zjištěné rozdíly statisticky významné. Výsledkem práce je pak ověření skutečnosti, že měřicí systém vybraného harvestoru je správně nastaven. Z výsledků také vyplývá fakt, že způsob měření má ze statistického hlediska vliv na naměřené hodnoty a následně vypočítaný objem vyrobeného dříví.

Klíčová slova: harvestor, výrobně-evidenční software, příjem dříví, objem dříví

Abstract

The aim of this diploma thesis is a detection and comparison of differences between measurement of the produced wood done electronically by a harvester and manually with the use of a computer caliper. Data from *.STM files of produce-recordkeeping software from chosen harvester are compared to data from *.KTR files created by computer caliper Haglöf. Experimental measurement was conducted while clearing fellings on the forest property of the town of Kutná Hora and on the main woody plant - the Norway spruce (*Picea abies*). The content of this thesis is made of comparisons of calculated volumes samplers (assortments) that are transferred and formed into simple database. The accuracy of setting of the harvester measuring device and the size of so called fictional loss is established by the comparison

of the differences in calculated volumes. Based on mathematical and statistical analyse, namely paired t-test, the statistical significance of the found differences is evaluated. The final result of the thesis is the verification of the fact that measuring system of chosen harvester is set properly. Final results also show that from the statistical viewpoint measuring method influence the detected values and calculated volumes of the wood subsequently.

Keywords: harvester, produce-recordkeeping software, receipt of the wood, volume of the wood

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle.....	11
2.1	Hlavní cíl	11
2.2	Dílčí cíle	11
3	Literární přehled dané problematiky.....	12
3.1	Harvestorové technologie.....	12
3.2	Historický vývoj harvestorových technologií	13
3.3	Současné využití harvestorové technologie v ČR	16
3.4	Možnosti nasazení harvestorových technologií v podmínkách lesního hospodářství ČR	17
3.5	Sortimentní těžební metoda v ČR	21
3.6	Softwarové vybavení harvestorů	22
3.6.1	Výrobně-plánovací software	23
3.6.2	Výrobně-evidenční software	23
3.7	Komunikační standardy pro ukládání, zpracování a přenos výrobně-evidenčních dat.....	24
3.8	Softwarové produkty strojů značky Rottne	26
3.8.1	Výrobně-evidenční software DASA 4	26
3.8.2	DASA 5.....	27
3.8.3	Výrobně-evidenční software DASA Forester H 70	28
3.8.4	Výrobně-plánovací software Optimization Builder	28
3.9	Nastavení výrobně-evidenčního softwaru	29
3.9.1	Nastavení identifikace místa činnosti	29
3.9.2	Nastavení parametrů pro výrobu.....	30
3.10	Hlavní účely výpočtu objemu surového dříví	31
3.10.1	Historie kubírování dříví	31
3.10.2	Měření a stanovení objemu výřezů	32
3.10.3	Hromadné stanovení objemu dříví.....	35
3.10.4	Elektronické měření dříví a stanovení objemu výrobně-evidenční softwarem harvestoru	37
3.10.5	Kontrolní měření a kalibrace měřicího systému harvestoru	38
3.10.6	Digitální průměrka Haglöf.....	40

4	Metodika	42
4.1	Výběr stroje a vhodných výrobních podmínek	42
4.2	Metodiky sběru dat z výrobně-evidenčního softwaru harvestoru	43
4.2.1	Přenos dat z harvestoru	43
4.2.2	Přenos dat do elektronické průměrky.....	44
4.3	Měření kontrolních sortimentů elektronickou průměrkou	44
4.3.1	Přenos *.KTR souboru zpět do počítače	44
4.3.2	Registrace dat a sestavení porovnávací databáze.....	45
4.4	Vyhodnocení výsledků kontrolního měření	45
4.5	Metodiky matematicko-statistické analýzy	46
5	Výsledky	47
5.1	Vybrané výrobní podmínky.....	47
5.2	Celkový objem výroby pro experimentální měření.....	48
5.3	Analýza rozdílů celkového experimentálního měření.....	48
5.4	Analýza rozdílů objemů podle jednotlivých sortimentů	50
5.4.1	Sortiment „vláknina 2,5 m (DTD)“	51
5.4.2	Sortiment „kulatina 4 m“ (KULATINA 4)	52
5.4.3	Sortiment „dřevovina 3 m“ (DŘEVOV 3).....	54
6	Diskuse a závěr	56
7	Seznam literatury a použitých zdrojů	60
8	Přílohy.....	68

1 Úvod

V moderní historii evropského lesnictví zaujímají v oblasti těžby dřeva nezastupitelné místo harvestorová technologie představované víceoperačními těžebně dopravními stroji. Tyto vysoce technicky sofistikované stroje procházejí neustálým vývojem a dnes již téměř nenajdeme typ těžby jehličnatého dříví, kde by harvestory nenašly uplatnění. Stejně tak jako v počátcích nasazování harvestorů v druhé polovině minulého století, hlavně v kalamitních těžbách způsobených abiotickými činiteli i dnes stoupá význam harvestorové technologie v boji s kůrovcem. To má pochopitelné důvody ve výhodách, které harvestorové technologie bezesporu mají. Vedle významně zvýšené hygieny a bezpečnosti práce je to hlavně vysoká výkonnost a kvalita provedených těžebních prací, které řadí harvestorové těžby jednoznačně na první místo v dnešním výběru těžebních technologií. Právě rychlost a operativnost této technologie je nejdůležitějším faktorem v současné situaci masivního napadení starších smrkových porostů podkorními škůdci. Další podstatnou výhodou harvestorové technologie je téměř okamžitá schopnost reakce na změnu parametrů vyráběných sortimentů. To je v dnešní katastrofální situaci na trhu s jehličnatým dřívím velmi důležitá okolnost. Při zpracování kůrovcového dříví je poslední novinkou tzv. odkorňovací hlavice, kdy díky technicky upraveným podávacím válcům v těžební hlavici je harvestor schopen při odvětvování kmene jej z větší části zároveň odkornit. Tak je možno zabránit dalšímu vývoji podkorního hmyzu i v případě, že vytěžené dříví zůstane delší dobu v lese. Tyto nesporné výhody harvestorové technologie dnes tak daleko převažují nad negativy v podobě vysokých pořizovacích a provozních nákladů strojů a problematickým zajišťováním kvalifikovaných operátorů.

Je vysoce pravděpodobné, že díky výše uvedeným okolnostem v dohledné době podíl harvestorové technologie na těžbě dříví v České republice ještě více poroste. S tím také stoupá význam sortimentní těžební metody, která je s harvestorovou technologií neoddělitelně spjata.

V souvislosti s tím, tak stále roste snaha o co nejlepší využití výstupních dat z řídicích a měřicích systémů harvestorů. V první řadě jde o relevantnost výpočtu objemů vyráběného dříví, tak aby tyto hodnoty mohly být akceptovány všemi účastníky následného obchodu s vyrobeným dřívím. Nabízejí se i další možnosti

využití velkého množství těchto dat jak pro lesní hospodářskou evidenci, tak pro další potřeby majitele nebo správce lesa například v oblasti hospodářské úpravy lesa.

Hlavním cíle této diplomové práce je proto zjišťování a porovnání rozdílů ve stanovení konečného objemu vyrobeného dříví výrobně-evidenčním softwarem DASA 4 vybraného harvestoru a elektronické registrační průměrky Haglöf, pro potvrzení validity těchto dat pro jejich případné využívání.

2 Cíle

Tato kapitola se podrobně zabývá cíly této diplomové práce.

2.1 Hlavní cíl

Prvotním cílem této diplomové práce je porovnání rozdílů mezi měřením dříví harvestorem a ručním měřením dle Doporučených pravidel pro měření a třídění dříví. Ručním měřením je v tomto případě myšleno měření délek a průměrů vyrobených sortimentů elektronickou registrační průměrkou Haglöf, která zároveň provádí výpočet objemu měřeného výřezu. Výstupy z obou způsobů měření dříví budou pak porovnány matematicko-statistickou analýzou. Následně tak bude zjištěno, zda nastavení měřidel u vybraného harvestoru odpovídá všeobecně uznávané toleranci.

2.2 Dílčí cíle

Jedním z dalších cílů této práce je přispět množstvím zjištěných dat dílčím způsobem k jiným výzkumným úkolům směřujícím k zobecnění pravidel pro příjem dříví na základě výstupů výrobně-evidenčních systémů těžebních strojů. Při stále stoupajícím nasazení harvestorovestorové technologie využívajících elektronická měřicí zařízení je důležité zpětným ověřováním výrobně-evidenčních výstupů zajišťovat důvěru v jejich relevantnost a akceptovatelnost všemi zainteresovanými stranami.

V neposlední řadě je tu možnost využití nashromážděných dat z harvestorů k dosud neuplatněným způsobům modelování struktury porostů jak z hlediska sortimentní skladby, tak produkčních modelů.

3 Literární přehled dané problematiky

V kapitole literární rešerše je popsána stručná historie vývoje harvestorové technologie a její současný plošný a objemový potenciál v podmínkách ČR. Dále popisuje softwarové vybavení harvestoru a metody měření a příjmu vyrobeného dříví.

3.1 Harvestorové technologie

Harvestorovou technologií dnes označujeme za nejmodernější, nejbezpečnější a nejméně fyzicky náročný způsob provádění těžby a dopravy dříví v mýtních i předmýtních porostech. Vysoká efektivita výroby je zajištěna jak velkou rychlostí všech pracovních operací, tak zejména dokonalým druhováním a zatříděním vyrobených sortimentů. Harvestor jako víceoperační stroj provádí několik výrobních operací v nepřetržitém sledu. Po skácení stromu dojde následně k jeho odvětvení, druhování na jednotlivé sortimenty a jejich uložení na vývozní místo. Celý tento cyklus je plně mechanizovaný a částečně také automatizovaný. Zároveň také probíhá měření a výpočet objemu vyrobeného dříví výrobně-evidenčním softwarem harvestoru. Nedílnou součástí harvestorové technologie je druhý dopravní stroj, vyvážecí traktor (forwarder), který vyvážá vyrobené dříví na odvozní místo, kde jej ukládá do jednotlivých hromad dle sortimentu. Výsledkem je urychlení celého výrobního procesu. Právě společné nasazení obou těchto strojů představuje neefektivnější variantu harvestorové technologie (Dvořák a kol. 2012). Harvestor a vyvážecí traktor tak tvoří technologický celek, který je označován jako harvestorový uzel.

Konstrukce podvozku u těchto strojů je navržena tak, aby umožňovala pohyb v náročném terénu a zároveň docházelo k co nejmenšímu poškození půdního povrchu a stojících stromů v daném porostu. Ve snaze dosáhnout těchto efektů jsou používány nejrůznější prostředky ke snížení měrného tlaku na půdu a zlepšení manévrovací schopnosti strojů. Jedná se například o širokoprofilové, nízkotlaké pneumatiky s plynulou regulací tlaku, různé druhy kolopásů na tzv. „boogie“ nápravy, zlamovací řízení apod.

Některé typy harvestorů jsou přímo postaveny na pásových podvozcích pocházejících z konstrukce zemních rypadel. Ve speciálních případech je harvestorová hlavice namontována přímo na podvozek Menzi-Muck což umožňuje těžbu i v hůře přístupných terénech. Ojedinelým řešením je pak tzv. kráčející harvestor, který svými chodidly vytváří měrný tlak na půdu jen minimální.

Technický vývoj však přináší neustále nová řešení a doplnění, takže využití harvestorové technologie dostává stále větší rozměr. Například vybavení harvestorů a forwarderů synchronizovanými trakčními navijáky umožňuje nasazení těchto strojů i v prudších svazích. Mohou tak v některých případech nahradit i lanová dopravní zařízení. Jako další novinku lze zmínit experimenty z hybridními pohony u vyvážecích traktorů značky Volvo El-forest, kde malovýkonný diesellový agregát vyrábí elektrickou energii pro pohon nezávislých elektromotorů pohánějících jednotlivá kola. Dalším zajímavým nápadem je spojení těžebního i vyvážecího stroje v jeden tzv. harwarder dual pro práci tam, kde by nebylo účelné provozovat tyto stroje odděleně, hlavně v roztroušených těžbách se slabou silou zásahu.

Všechny výše uvedené skutečnosti tak dávají jasný předpoklad k tomu, že pokud jsou víceoperační těžební stroje nasazovány po odpovědné technologické přípravě pracovišť, je harvestorová technologie šetrná k životnímu prostředí a může tak napomáhat k trvale udržitelnému hospodaření v lesích i v podmínkách ČR.

3.2 Historický vývoj harvestorových technologií

Ve světě se první víceoperační těžební stroje začaly objevovat již koncem 40. let minulého století. Zřejmě první firmou v Evropě zabývající se konstrukcí tohoto druhu strojů byl nadnárodní koncern FMG (Forest Machine Group) především pro skandinávské země, kde se současná těžba harvestorovými technologiemi podílí na celkových těžbách dříví z 90 – 100 %.

Jednalo se zprvu o velice těžké stroje s hmotností často přes 40 tun, které měly tudíž velice malou průchodnost terénem a ani produktivita práce zdaleka nedosahovala dnešní úrovně. Zejména první měřicí a evidenční systémy byly velmi nedokonalé.

V tehdejší Československé republice byly první dovezené těžební stroje nasazeny v první polovině 70. let. Z počátku se jednalo o jednooperační kácací a odvětvovací stroje, které později nahradily první procesory značky Logma, Volvo a ÖSA. O dovozu a nasazení těchto zahraničních strojů bylo rozhodnuto tehdejším Ministerstvem lesního a vodního hospodářství v souvislosti s potřebou urychleného zpracování velkého objemu kalamitního dříví zejména v imisních oblastech Krušných hor. Jednalo se o tzv. dvouúchopové harvestory první generace, kdy operaci kácení prováděla kácací hlavice na rameni hydraulického jeřábu, ale odvětvování a druhotování zajišťovala druhá procesorová hlavice umístěná na podvozku stroje. I přesto dosahovaly tyto stroje na tehdejší dobu bezkonkurenční produktivity práce při zachování relativní bezpečnosti oproti motomanuálním těžbám. Na druhou stranu nasazení těchto velmi těžkých strojů v jakýchkoliv výrobních podmínkách za jakéhokoliv počasí pro dosažení maximální výkonnosti způsobilo mnoho nenávratných ekologických škod. Zvláště při dopravě vyrobeného dříví bylo na mnoha místech relativně úzkými pneumatikami doplněnými řetězy přes zadní nápravy způsobeno takové množství erozních rýh, že celkové hodnocení mnoha lesníků nevyznělo pro tyto TDS nijak pozitivně.

U strojů, které u nás koncem 70. let začaly pracovat především v západních Čechách, byla těžební technologie založena na stromové metodě. Vyvážecí traktory značky ÖSA 260 vybavené svěrnými oplenými a hydraulickými manipulátory přibližovaly celé stromy na manipulační místo k procesoru, který zde výrobu dokončil.

Ke konci 80. let dvacátého století začaly v ČR pracovat první typy jednoúchopových (one-grip) harvestorů druhé generace, jejichž konstrukce byla vyvinuta pro použití ve výchovných těžbách (Neruda et al. 2008). Tyto stroje, převážně značky Timberjack, byly již vybaveny dokonalejší těžební hlavici, která byla namontována na hydraulickém jeřábu. Díky tomu dokázaly provést kácení, odvětvování a druhotování kmenu na sortimenty s vyklizením k přibližovací lince pouze na jedno uchopení. Zároveň byly na těžební hlavici zdokonaleny podávací válce, odvětvovací nože a především měření a registrace vyrobeného dříví (Wildeman 2011).

Díky této modernizaci dosavadní technologie, která výrazně zvýšila produktivitu práce, také vznikla možnost šetrného a efektivního způsobu provádění dosud nerentabilních výchovných těžeb v nejmladších porostech. Tyto nové harvestory se

tak dokázaly prosadit v průběhu 90. let především v soukromých lesích v Německu a ve Švýcarsku (Schlaghamerský 2002). Tím došlo k dalšímu rozsáhlejšímu rozšíření harvestorů a zároveň k návratu a vzestupu užití sortimentní těžební metody, kterou tyto typy harvestorů pracovaly (Jaeger 2017). V reakci na vzniklou potřebu rozsáhlých výchovných těžeb v západních Čechách bylo v této době dovezeno několik harvestorů Timberjack 570 i do ČR.

Přibližně ve stejné době byly u Vojenských lesů a statků používány finské harvestory Makeri 33 T a 34 T. Tyto stroje měly smykem řízený kolový podvozek a těžební hlavici na krátkém výložníku. Operátor dojel až ke kácenému stromu, ten ustříhl nožovým kácecím ústrojím, následně hlavici sklopil a strom vyklidil na přibližovací linku, kde jej teprve odvětvil a vyduhoval sortimenty (Brožek 2009).

Tato technologie, původně vyvinutá pro borové monokultury ve skandinávských zemích, se u nás příliš neosvědčila hlavně proto, že při ní docházelo k poměrně silnému poškození kořenových náběhů a kořenů ve smrkových porostech kolovými pásy, kterými byl stroj vybaven (Dvořák 2012).

Vývoj stavů těžebně dopravních strojů v těchto dobách v ČR uvádí tabulka 1.

Tab. 1. Početní stav harvestorů a vyvážecích traktorů.

Rok	1976	1977	1978	1979	1980
Harvestory	-	1	3	10	13
Forwardery	49	60	65	73	68

(Zdroj: Douda 1986, vlastní zpracování)

Toto období, víceméně ojedinělých využití těžebně dopravních strojů, skončilo zhruba v polovině 90. let, kdy dochází jak v celém středoevropském regionu, tak i v České republice k masivnímu rozvoji harvestorové technologie. Největší rozvoj uplatnění harvestorů a jimi prováděné sortimentní metody lze pak pozorovat v českých zemích zvláště po roce 2000 (Dvořák 2012).

Dalo by se říci, že v současné době s přibývajícími dobrými zkušenostmi lesních hospodářů a správců s využitím harvestorových technologií v nejrůznějších výrobních podmínkách téměř vymizela počáteční nedůvěra lesnické veřejnosti k víceoperačním strojům. Dnes už málokdo pochybuje o tom, že pokud je harvestorová těžba prováděna po zodpovědné technologické přípravě nedochází k nadměrnému poškození životního prostředí a nákladovost, kvalita a produktivita

práce překonává ostatní technologie.

Harvestorová technologie tak má v dnešním evropském lesnictví nezastupitelné místo a s ohledem na stále složitější situaci s manuálními pracovními silami je téměř jisté, že její význam a podíl využití bude nadále stoupat.

3.3 Současné využití harvestorové technologie v ČR

Počty harvestorů a harvestorových uzlů v ČR meziročně neustále mírně stoupají. Zdá se, že hladina nárůstu kolísá zejména v závislosti na potřebě zpracování kalamitních těžeb.

Informace o početním stavu harvestorů a lesnické mechanizace celkově nejsou nikde centrálně shromažďovány. Nicméně je možno ze statistik vedených Ministerstvem zemědělství a z referenčních průzkumů u vybraných subjektů v lesním hospodářství přibližně odvodit současný stav této techniky. Také Ministerstvo zemědělství, ve své každoroční Zprávě o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky uvádí počty těžebně dopravních strojů.

V roce 2017 uvádí zmiňovaný dokument počet 663 harvestorů a 1075 forwarderů. Pokud budeme sledovat dlouhodobý vývoj počtu harvestorů, jednoznačně je možno říci, že v posledních letech stoupá především počet strojů nejvyšších výkonových tříd s úřezem hlavice do 70 cm, což dokazuje reakci dodavatelů prací na zvýšený požadavek zpracování kalamitního dříví v mýtních porostech. Z uvedeného zdroje vyplývá meziroční nárůst strojů v této skupině o 56 kusů (viz. tab. 2).

Tab. 2. Aktuální vývoj počtu harvestorů v ČR.

Rok	Počet strojů				
	Celkem (ks)	dle úřezu těžební hlavice (cm)			
		do 55	do 62	do 72	do 75
2013	432	173	107	94	58
2014	494	209	118	98	69
2015	531	228	111	115	77
2016	595	247	128	127	93
2017	663	259	128	156	120

(Zdroj: Mze 2013-2017, vlastní zpracování)

Zajímavým údajem, který je možno z uvedeného zdroje vysledovat je také stáří strojů provozovaných na našem území. Většina harvesterů (64 %) byla vyrobena mezi roky 2000 až 2009 a jen 23 % strojů je mladších než 8 let. Je pravděpodobné, že tyto stroje nebudou již v nejlepší kondici a náklady na jejich opravy znatelně zatíží ekonomiku s jejich provozem v budoucnu.

Při zjišťování počtu harvesterů v centrálním registru vozidel bylo projektovým šetřením v roce 2015 zjištěno jen 93 registrovaných harvesterů (Dvořák a kol. 2015). Jak autoři v důvodové zprávě uvádějí, je zde si třeba uvědomit, že registrace harvesterů jako pracovních strojů v centrálním registru vozidel není povinná, pokud ovšem nejsou provozovány na veřejných účelových komunikacích (lesní cesty) a veřejných komunikacích. I v případě registrování harvesterů v uvedeném registru je identifikace stroje z důvodu způsobu zápisu obtížná (Dvořák, Chytrý 2016). Autoři zde uvádí, že stavy v „Zelené zprávě“ se zdají být nadhodnocené a dle referenčních průzkumů pak odhadují současný stav harvesterů provozovaných v ČR na 200 – 250 strojů.

3.4 Možnosti nasazení harvesterových technologií v podmínkách lesního hospodářství ČR

Při plánování nasazení harvesterové technologie v jakékoliv její modifikaci pro těžbu dříví je nutné uvažovat několik limitních podmínek. V první řadě se jedná o sklon svahu, dále pak únosnost terénu, druhové zastoupení dřevin ve výrobních blocích a případně také soustředěnost objemu těžného dříví.

Jako limitní pro použití harvesterové technologie se udává sklon svahu do 40 %. Zde se bere v úvahu hlavně svahová dostupnost pro vyvážecí traktor. Z hlediska samotného harvestoru se udává, že kolové harvestory zvládnou podélný sklon výjimečně až do 50 % a příčný sklon do 10 % (Dvořák a kol. 2012). Dnes již ale ani terény s většími sklony nevylučují nasazení harvesterové technologie. Mohou se zde využít harvestory a vyvážecí traktory vybavené trakčními navijáky synchronizovanými s pojezdem stroje, které výrazně zvyšují svahovou dostupnost těžebně dopravních strojů. Ve výrobních podmínkách určitého stanoviště také hrají roli větší terénní překážky. Jako problémové se udávají překážky vyšší než 500 mm

se vzájemným rozestupem menším než 5 m. Také únosnost půdy je faktor, který je limitní v první řadě pro pohyby naložených vyvážecích traktorů po porostu a vyvážecích linkách, který ve většině případů probíhá opakovaně. Hlavními faktory, na kterých je únosnost terénu závislá, je momentální obsah vody ve vrchních půdních horizontech, dále pak obsah a velikost skeletu a v neposlední řadě mocnost a charakter jednotlivých půdních horizontů. Pokud je obsah skeletu ve vrchních horizontech vyšší než 50 %, pak obsah vody v půdě o únosnosti příliš nerozhoduje. U ostatních půd je třeba před nasazením harvesterové technologie provést zhodnocení výrobních podmínek přímo v terénu, také s ohledem na příčný sklon přibližovacích tras a směr pojezdu přibližovacího traktoru s nákladem (ze svahu, proti svahu).

Pro rychlé provozní vyhodnocení terénních podmínek včetně únosnosti terénu k navržení vhodné těžební technologie, byly vytvořeny terénní klasifikace a na ně navazující technologické typizace. Například terénní klasifikace „Lesprojekt 1980“ vyčleňuje 15 terénních typů, které mohou být uváděny jako údaj v LHP nebo LHO v kolonce terénní typ. Tyto typy jsou pak sdruženy do 5 terénních skupin s podobnou technologickou příbuzností. Skupiny jsou označeny písmeny a jsou pro ně doporučeny vhodné prostředky pro soustřeďování dříví. Tabulka 3 uvádí tuto terénní klasifikaci.

Tab. 3. Charakteristiky terénních typů v terénní klasifikaci „Lesprojekt 1980“

Terénní typ	Sklon v %	Charakter	Skupina
11	do 8	únosný	A
12	9 - 15	únosný	
13	16 - 25	únosný	
14	26 - 40	únosný	B
15	nad 40	únosný	C
21	do 8	neúnosný	D
22	9 - 15	neúnosný	
23	16 - 25	neúnosný	
24	26 - 40	neúnosný	
25	nad 40	neúnosný	
31	do 8	s překážkami	E
32	9 - 15	s překážkami	
33	16 - 25	s překážkami	
34	26 - 40	s překážkami	
35	nad 40	s překážkami	

(Zdroj: ÚHUL 2007)

Další nejčastěji používaná terénní klasifikace nesoucí název podle autorů „Macků, Popelka, Simanov“ z roku 1993. (tab. 4.), vyjadřuje charakter terénu pomocí edafické kategorie, sklonu a výše překážek. Jako hranice mezi únosným a podmíněně únosným terénem, který již může být pro harvestorovou technologii za určitých podmínek přijatelný, je v této klasifikaci použit tlak na půdu v hodnotě 50 kPa což je tlak boření se lidské nohy. Toto zatížení je ale možné částečně omezit některými technickými doplňky jako například použití kolopásů Eco-track nebo Eco-baltick na zdvojených nápravách, či použití tzv. klestového koberce.

Tab. 4. Charakteristika (vyjádřená pomocí edafické kategorie a sklonu terénu) terénních typů v terénní klasifikaci „Macků, Popelka, Simanov 1992“

Sklon v %	Edafická kategorie	Terénní typ	Charakteristika terénů
≤ 10	M K S B C I H	11	trvale únosné, nerovnosti do (do 30 cm)
≤ 10	X Z N W A	12	trvale únosné, nerovnosti (30 - 50 cm)
≤ 10	O D L P Q V U	13	podmíněně únosné, nerovnosti (do 30 cm)
≤ 10	T G R	15	neúnosné
≤ 10	překážky (včetně Y, J)	16	překážky (nad 50 cm)
11-20	M K S B C I H	21	trvale únosné, nerovnosti (do 30 cm)
11-20	X Z N W A	22	trvale únosné, nerovnosti (30-50 cm)
11-20	O D L P Q V U	23	podmíněně únosné, nerovnosti (do 30 cm)
11-20	T G R	25	neúnosné
11-20	překážky (včetně Y, J)	26	překážky (nad 50 cm)
11-20	svážné	29	podmíněně únosné až neúnosné, nerovnosti (do 30 cm)
21-23	M K S B C I H	31	trvale únosné, nerovnosti (do 30 cm)
21-33	X Z N W A	32	trvale únosné, nerovnosti (30-50 cm)
21-33	O D L P Q V U	33	podmíněně únosné, nerovnosti (do 30 cm)
21-33	T G R	35	neúnosné
21-33	překážky (včetně Y, J)	36	překážky (nad 50 cm)
21-33	svážné	39	únosnost a nerovnosti různé včetně překážek
34-50	C	41	trvale únosné, nerovnosti (do 30 cm)
40-50	M K S B	41	trvale únosné, nerovnosti (do 30 cm)
34-50	X Z N W A	42	trvale únosné, nerovnosti (30 - 50 cm)
34-50	O D V	43	podmíněně únosné, nerovnosti do 30 cm)
34-50	V, U	45	neúnosné
34-50	překážky (včetně Y, J)	46	překážky (nad 50 cm)
34-50	svážné	49	únosnost a nerovnosti různé
51-70	extrémní	59	včetně všech překážek
≥ 71	extrémní	69	včetně všech překážek

(Zdroj: ÚHUL 2007)

Přestože technologické typizace nejsou závazné a mají jen doporučující charakter, jsou důležitou pomůckou při plánování a zodpovědném rozhodování o nasazení těžebně dopravních technologií.

Z hlediska dřevinného složení jsou uváděny jako optimální pro nasazení harvesterové technologie porosty se zastoupením jehličnatých dřevin nad 80 %, pro které byla tato technologie původně vyvinuta. U listnatých porostů je doporučováno použití této technologie pouze ve výchovných těžbách do 40 –50- ti let u dřevin bříza a buk. Zpracování jiných dřevin je sice technologicky možné, ale neefektivní (Dvořák 2012).

Dlouhodobý vývojový trend harvesterové technologie vyžaduje také širší analýzy možností využití těžebně dopravních strojů v rámci ČR. Na základě tohoto požadavku byla zpracována studie mapující plošný a objemový potenciál pro harvesterovou technologii v ČR. Specializované mapy s odborným obsahem vytvořil tým řešitelů z Fakulty lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity v Praze v rámci projektu „Optimalizace sortimentace a druhování dříví zpracovávaného harvesterovou technologií a návrh postupu pro kontrolu přesnosti měření objemu výroby pro posílení produkční funkce lesa a zachování stability porostů vůči škodlivým činitelům“.

Mapy jsou zpracovány podle krajů a okresů jak pro plošný, tak pro objemový výrobní potenciál. Mohou sloužit jako technický podklad pro dlouhodobé plánování těžebně dopravních jak u státních, tak u soukromých majetků, nebo pro přípravy podnikatelských záměrů těžebních a dřevařských společností. Také je mohou využívat státní instituce při řešení strategických úkolů ve státní správě lesů. Pro zpracování databáze byla použita jako hlavní zdroj data Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů v Brandýse nad Labem (Dvořák, Natov 2015).

V současné situaci, kdy v mnoha regionech probíhá kůrovcová kalamita a podíl jehličnatého dříví na celkových těžbách činí více než 90 %, dostává potenciál harvesterové technologie nový rozměr. Při zpracování ohromného množství dříví, napadeného podkorním hmyzem, kdy hrozí vylétnutí další generace a několikanásobná gradace kůrovců, je rychlost a způsob zpracování dříví, které

nenahradí žádná jiná technologie rozhodujícím faktorem při volbě těžební technologie.

3.5 Sortimentní těžební metoda v ČR

Pokud hovoříme o zpracování dříví harvesterovou technologií, jedná se v naprosté většině případů o těžební metodu sortimentní, pro kterou byla tato technologie vyvinuta. Podle údajů ze „Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství ČR za rok 2017“, kterou uveřejnilo Ministerstvo zemědělství, bylo v tomto roce z celkového objemu těžeb 19.380 tisíc m³ dříví zpracováno sortimentní metodou 6.557 tisíc m³, což činí 34 % (MZe 2018).

Konstruktéři těžebně dopravních strojů tak zareagovali na požadavky zpracovatelů dřeva, kteří tím získali surovinu nepoškozenou a poměrně čistější než dříví soustředěvané po zemi. Také pro výrobce přinesla sortimentní těžební metoda pozitivum ve formě snížení nákladů a úspory pracovních sil. Historicky se však jedná o jednu z nejstarších těžebních metod používaných v dobách těžby ručním nářadím a přibližování výhradně animální silou. Později, kdy začaly být pro přibližování dříví používány traktory a odvoz z lesa zajišťovaly nákladní automobily, přestala být délka výřezu limitní. Sortimentní metodu tak zatlačila do pozadí metoda kmenová. Tou je u nás do dnes zpracovávána většina těžného dříví (cca 65 %), ale její podíl díky stoupajícímu využití harvesterů klesá. Tabulka 5 uvádí vývoj těžebních metod v ČR za posledních osm let.

Tab. 5. Vývoj těžebních metod v ČR

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sortimentní metoda (%)	25	35	31	31	29	38	36	34
Kmenová metoda (%)	75	65	69	69	71	62	64	66

(Zdroj: Mze 2010-2017)

Nemalý podíl na objemu dříví zpracovávaného sortimentní metodou mají výchovné těžby v nejmladších probírkových porostech, kde harvesterová technologie umožňuje provádět i první probírky velice šetrně a s dobrým hospodářským výsledkem, což bylo dříve problematické.

Při porovnávání podílu sortimentní metody na celkové těžbě dříví je potřeba vzít v úvahu fakt, že množství udávané Ministerstvem zemědělství v „Zelené zprávě“ může být dále zkresleno v případech kdy je těžba prováděna motorovými pilami s následným vyvážením vyvážecími traktory nebo vyvážecími soupravami (UKT s přívěsem nebo polopřívěsem). Uvedený způsob je jednou z několika variací na sortimentní metodu a může se podílet na jejím objemu 5 – 7 % (Dvořák, Natov 2015).

Na tomto místě je možno zmínit ještě další kombinaci těžebních metod, používanou hlavně v posledních letech. Jde o výrobu speciálních délek 11,8 m do lodních kontejnerů pro vývoz smrkového dříví do Číny. Zbylou část stromu pod limitní tloušťkou čepu pak harvester druhuje do běžných sortimentů. Následné přibližování dříví pak musí být kombinováno tak, že dlouhé sortimenty přibližuje UKT nebo SLKT s navijákem nebo svěrným oplenem a krátké většinou vlákninové sortimenty, vyváží vyvážecí traktor nebo souprava. Podle vyjádření operátorů harvesterů přináší výroba dlouhých sortimentů nemalé technické potíže. Kromě evidentního přetěžování hydraulického jeřábu a jeho uložení na podvozku stroje dochází někdy k lámání kmenů při odvětlování. Je také potřeba počítat s daleko větším manipulačním prostorem pro vyklizování kmenů než při výrobě sortimentů běžných délek. Přesto se tato kombinace metod u nás používá stále častěji. Tento postup produkuje v současné situaci na trhu s kůrovcovým dřívím jediný sortiment, který je odběratelem poptáván v zatím neomezeném množství se zárukou téměř okamžitého odbytu. Vystává tak otázka jaký podíl z celkového objemu dříví zpracovaného harvesterem dnes tvoří výroba tohoto sortimentu.

3.6 Softwarové vybavení harvesterů

Při provozu harvesterů jako poměrně složitých strojů je třeba zjišťovat a uchovávat velké množství dat. Z tohoto důvodu vybavují výrobci harvesterů a vyvážecích traktorů tyto stroje speciálním softwarovým vybavením, které často obsahuje několik samostatných produktů. Tyto pak můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin. Jedná se o výrobně-plánovací a výrobně-evidenční softwary.

3.6.1 Výrobně-plánovací software

Tento produkt slouží především k přípravě, plánování a monitorování výroby a umožňuje zpětnou analýzu získaných výrobních dat a přímou komunikaci během výroby. Tento software lze instalovat na další libovolný počítač s operačním systémem Windows pro další například kancelářské využití dat mimo harvester (Natov, Dvořák 2018).

3.6.2 Výrobně-evidenční software

Hlavní skupinou softwarového vybavení víceoperačních těžebních strojů je výrobně-evidenční software. Tento produkt má několik důležitých funkcí. V první řadě se stará o kontrolu technických funkcí stroje, jejich optimalizaci a takzvanou testovací diagnostiku (Natov, Dvořák 2018).

Hlavní funkcí tohoto systému je komunikace s měřicími senzory umístěnými v těžební hlavici, získávání výrobních dat a jejich zpracování a uchování. Nedílnou součástí této funkce softwaru je pak kontrola a optimalizace výroby surového dříví. Tu lze provádět při doplňkovém vybavení stroje satelitní navigací GSM i přenosem dat na dálku. Mezi nejdůležitější data pro sledování výroby dříví zpracovávaná výrobně-evidenčním softwarem patří identifikace pracoviště (nejčastěji jednotka prostorového rozdělení lesa), druh zpracovávané dřeviny, optimální sortimentace kmene, dendrometrické rozměry jednotlivých sortimentů, celkový objem vyrobeného dříví, hmotnost a počet zpracovaných kmenů (Dvořák a kol. 2012).

Získané údaje z měřících senzorů o naměřených veličinách na základě elektrických impulsů a napětí jsou původně v analogové formě. Následně jsou systémem převáděny do digitální podoby a ukládány v jednotném datovém formátu. V této digitální formě jsou data k dispozici operátorovi prostřednictvím hlavního monitoru v textových souborech s parametry splňujícími jednotný komunikační standard. Uvedená skutečnost umožňuje bezproblémovou přenositelnost takto uložených dat mezi různými typy víceoperačních strojů s různými výrobně-evidenčními systémy nebo kancelářskými softwary pro plánování a monitorování výroby. Tento jednotný

komunikační standard je obecně známý pod zkratkou StanForD (Standard for Forest Machine Data and Communication) (Dvořák a kol. 2012).

3.7 Komunikační standardy pro ukládání, zpracování a přenos výrobně-evidenčních dat

Pro kvalitní optimalizaci výroby v rozsáhlých objemech těžby dříví vyvstala nutnost jednotné správy a přenosu výrobních dat mezi harvestory, forwardery a dalšími účastníky výrobního procesu (např. vlastníky lesu apod.). Na základě dohody předních výrobců harvestorů a skandinávských lesních společností byl v roce 1987 výzkumným lesnickým ústavem Skogforsk ve švédské Uppsale sestaven a přijat původní standard pod názvem StanForD Classic. V tomto standardu rozhraní pro přenos dat a komunikaci s jinými počítači nebo úložišti dat zajišťuje datový komunikační protokol KERMIT. Všechna data jsou v něm přenášena a ukládána v textovém formátu ASC II (Natov, Dvořák 2018).

Jednotlivé soubory zajišťující výrobní evidenci jsou rozděleny do čtyř typů. Pro nastavení požadovaného druhování se používá soubor s příponou *.APT, celkový přehled o výrobě je k dispozici v souboru *.PRD, evidence jednotlivých zpracovaných stromů a z nich vyrobených sortimentů je vedena v souboru *.STM, kontrolní měření a kalibrace měřidel je vedena v souborech s příponou *.KTR. Hlavní soubory s příponami a věcně správným českým překladem jejich názvů uvádí tabulka 6.

Tab. č. 6. Přípony vybraných souborů pro StanForD.

Přípona	Výklad
*.APT	Instrukce pro druhování dříví zahrnující „ <u>cenovou matici</u> “ pro vyráběný sortiment.
*.PRD	Celková produkce (především data o výrobě dříví).
*.PRI	Individuální produkce (registrace těžebních dat týkající se každého výřezu a kmene).
*.STM	Parametry kmenů (měřená délka a tloušťka apod.).
*.STI	Identifikační číslo kmene posílané z počítače evidujícího druhování do digitální průměrky ke snadnější identifikaci kontrolovaného kmene.
*.KTR	Kontrolní měření. Data posílaná z digitální průměrky do počítače harvestoru evidující výrobu dříví a následně do kancelářských systémů.

(Zdroj: Natov, Dvořák a kol. 2018)

Skogforsk jako hlavní správce projektu ve spolupráci s finským výzkumným ústavem Metsäteho a švédskou společností SDC již v roce 2006 zahájil práce na změně výše uvedeného standardu StanForD Classic na verzi standardu pod názvem StanForD 2010. Nová verze programu pracuje v otevřeném formátu XML a přináší uživatelům dokonalejší nástroje pro plánování a analýzu výroby surového dříví harvestory. Nový systém umožňuje například kontrolu jednotlivých výrobních operací, včetně následného vyvážení dříví forwardem a možnost změny nastavení sortimentace v průběhu výroby. Další inovací je přidělení konkrétní identity pro jednotlivé stroje, pracoviště, stromy i sortimenty. V neposlední řadě umožňuje nový systém monitorování všech pracovních operací a přerušení práce operátora nebo stroje nezávisle na jednotlivém pracovišti. To je výhodné pro provádění analýz a vyhodnocování konkrétních strojů, operátorů nebo výrobních podmínek a časových období.

První verze StanForD 2010 byla dokončena v roce 2011 a od té doby je postupně implementována za současného využívání dobře fungujících součástí původního

standardu. To dokládá i obdobný systém přípon souborů jako u původního standardu, který umožňuje snadné přidružení nových aplikací (Natov, Dvořák 2018).

Z celkového pohledu je možno říci, že nová verze komunikačního standardu StanForD 2010 obsahuje dokonalejší struktury pro kontrolu výroby a její kvality a rovněž dává možnost dálkové správy dat.

3.8 Softwarové produkty strojů značky Rottne

Jak již bylo uvedeno, výrobci jednotlivých značek víceoperačních těžebních strojů vyvíjejí pro své stroje vlastní specifické softwarové vybavení. Pouze méně zastoupené značky, pro něž se nevyplácí vyvíjet své vlastní systémy, využívají produkty některých velkých výrobců.

Harvestory a forwardery značky Rottne, z níž byla data využívána jako podklad pro diplomovou práci, využívají softwarových produktů výrobce DASA. Jedná se konkrétně o výrobně-evidenční softwary DASA 4, DASA 5 a nejnovější DASA Forester. Společnost Dasa Control Systems AB byla založena v roce 1986 pod názvem ESE Technique AB. První software pro lesní těžební stroje s tímto názvem byl vyvinut na základě zakázky od firmy Rottne v roce 1987. Vzhledem k tomu, že se název DASA uchytil na trhu, rozhodla se společnost v roce 2004 přejmenovat na Dasa Control Systems AB a tím tak ztotožnit firemní jméno s označením svého hlavního produktu. Mimo lesní těžební techniku vyvíjí společnost softwarové vybavení také pro výrobce těžkých vozidel pro stavebnictví a dopravu (www.dasa.se/about-dasa 9.3.2019).

3.8.1 Výrobně-evidenční software DASA 4

Harvestor Rottne H-20 na kterém bylo prováděno měření pro tuto práci je vybaven řídicím a měřicím systémem Dasa4. „ *Tento systém byl speciálně vyvinut pro prostředí harvesterové těžby. Jedná se o modulárně uspořádaný měřicí a řídicí systém pro těžební stroje, který pracuje v prostředí Windows a vzhledem ke svému provedení se snadno instaluje a používá. Dasa4 je rovněž integrovanou součástí*

informačních systémů, které jsou používány pilami a lesními společnostmi k řízení a optimalizaci výroby. Při použití části systému, která řídí rozsáhlou těžbu je vybraná data možno přenášet do výrobních systémů řízených počítači, kde jsou dále zpracována“ (Dasa Control Systems AB, příručka AU1 verze 1,8 cs, Reparoservis 2006).

Řídicí 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 ovládán různými typy klávesnic a ovládacích prvků. Klávesnice jsou napojeny na jednotku D4KU, kde jsou jednotlivé signály převáděny do sběrnice. Počítač CU a jednotky KU jsou všechny propojeny do společné CAN sběrnice přes jednotku D4BU, která zároveň obsahuje napájecí zdroj a automatický přerušovač proudu . Na jednotku BU je také možné připojit jednotku, která řídí ventily umístěné v podvozku stroje a upravuje jednotlivé tlaky. Systém Dasa4 může řídit až 56 výstupů, analogových i digitálních a může přijímat signály až z 16 periférií (Mrňák 2017).

3.8.2 DASA 5

Systém DASA 5 je automatizovaný řídicí systém vyvinutý kromě jiného také pro lesnické stroje. Jeho hlavním úkolem je řídicí a kontrolní funkce sekce pro výrobu dříví a ostatních systémů stroje například řízení převodovky, jeřábu, komunikace s řídicím počítačem motoru a jednotkou ECU, monitorování teplot a hladin provozních kapalin a také poloh jednotlivých sekcí stroje na základě informace z čidel. Dále systém řídí funkce podvozku, brzdového systému, nivelace kabiny, stabilizace středového kloubu a uzávěrky diferenciálu. To vše umožnilo výrobcům harvesteru využít komplexní kontrolní systém od jednoho dodavatele jak pro řízení stroje, tak pro sledování výroby dříví. Systém je založen na principu čtyř sběrnic CAN (Control Area Network). Kontrolní funkce jsou rozděleny na jednotlivé okruhy například CAN 1 kabina, CAN 2 zadní rám, CAN 3 přední rám, CAN 4 měřicí systém. Systém zároveň provádí servisní diagnostiku, generuje informace o poruchách a ukládá všechna provozní data stroje pro další analýzy (www.dasa.se).

3.8.3 Výrobně-evidenční software DASA Forester H 70

Systém Forester je otevřený systém určený pro výrobce lesnických těžebních strojů a harvesterových hlavic. Je integrovaným řešením celého toku dat o vyrobeném dříví od plánování v kanceláři, přes výrobu sortimentů harvestorem, vyvážení forwarderem až po vytváření zpráv o produkci. Je primárně vytvořen pro sortimentní těžební metodu, ale podporuje i alternativní výrobu například kmenů v celých délkách. Veškeré funkce systému Forester vztahující se k řízení výroby a kontrole kvality, tvorbě zpráv o produkci a provozních operacích jsou zkonstruovány podle norem StanForD 2010 a zároveň jsou kompatibilní s předchozími verzemi StanForDu (příručka DasaControlSystems AB Forester-H70 vydání D cs. Reparoservis 2017).

3.8.4 Výrobně-plánovací software Optimization Builder

Jako příklad výrobně-plánovacího softwaru harvestoru lze uvést produkt firmy Dasa Control Systems AB nazvaný Optimization Builder. Pomocí tohoto programového modulu lze dopředu naplánovat a nastavit do počítače harvestoru instrukce pro manipulaci sortimentu, tak aby z každého zpracovaného kmene bylo dosaženo maximální výtěžnosti a to buď ve vztahu k maximální ceně, nebo k požadovanému rozsahu konkrétního sortimentu.

V průběhu manipulace každého kmene program porovnává tloušťku a sbíhavost kmene se zadanými limitními hodnotami a vybírá nejvýhodnější možnou variantu. Dále provádí prognózu sbíhavosti kmene za pomoci dvou hodnot tlouštěk naměřených ve zvolené vzdálenosti od místa předchozího řezu. Například hodnoty tlouštěk ve vzdálenosti 1,25 a 2,25 m jsou použity pro vypracování prognózy, jak bude kmen vypadat po dalších sedmi metrech. Prognóza je průběžně aktualizována podle hodnot tlouštěk naměřených v průběhu posunu kmene hlavicí. V případě, že se hodnoty odchylují od předešlé prognózy, je vytvořen nový model. Při variantě manipulace podle maximální ceny počítač porovnává několik cenových matic a vybírá rozsah tlouštěk a délek, při kterých je dosaženo výroby sortimentů

s nejvyšším finančním zhodnocením. Při tom bere v úvahu i jakostní stupně a délku posledního tzv. zbytkového kusu. Pro výběr nejvýhodnějšího sortimentu lze navolit tzv. matici požadavků i podle jiných kritérií než je maximální cena. Například podle délek a tloušťek. Pro každý sortiment lze rovněž naprogramovat omezení maximálního počtu výřezů nebo navolený sortiment dočasně vyloučit plně z výroby.

Instrukce pro výrobu se do počítače zadávají do tzv. matic. Pro různé druhy kritérií existují různé matice. Například cenová matice, matice požadavků, matice omezení atd. (Příručka Optimization Builder verze 2.2 cz DasaControlSystems Reparoservis 2016).

3.9 Nastavení výrobně-evidenčního softwaru

U každého harvestoru je před započítáním práce nezbytné provést základní předvýrobní nastavení výrobně-evidenčního softwaru. Hlavním důvodem je sledování objemu vyrobeného surového dříví především pro řízení výroby a dále z důvodu zákonné povinnosti vedení lesní hospodářské evidence, která vyžaduje registraci a archivování dat o těžbě dříví dle dřevin a jednotek prostorového rozdělení lesa.

Pro správné plnění všech funkcí výrobně-evidenčního softwaru je nezbytné nastavit do počítače harvestoru několik důležitých parametrů.

3.9.1 Nastavení identifikace místa činnosti

S ohledem na výše zmíněnou potřebu přesné identifikace místa těžby je nutné zadat do výrobně-evidenčního softwaru harvestoru název pracoviště. Nejčastěji se udává jednotka prostorového rozdělení lesa případně navíc s rozlišením etáže porostu. *„Takto zadaný název je klíčový pro všechny další úkony spojené s výstupy z výroby dříví. Objevuje se jednak na všech průběžných a konečných výstupech a dále je uchovávan v adresářové struktuře počítače harvestoru, popřípadě v databázové struktuře operačního systému počítače. Zpravidla bývá tento název vázán na soubory standardu StanForD s příponami *.PRD, *.PRI apod.“* (Natov, Dvořák 2018).

3.9.2 Nastavení parametrů pro výrobu

Volba a nastavení následujících parametrů je důležitá pro výrobu plánovaných sortimentů a má přímý vliv na výpočet objemu vyrobeného dříví a také na kvalitu výsledného druhování ve smyslu efektivního rozložení zpracovaných kmenů do ekonomicky nejvýhodnějších sortimentů. Tyto parametry se mohou editovat jak do výrobně- plánovacích, tak i do výrobně-evidenčních softwarů harvestorů.

V první řadě se jedná o nastavení dřeviny nebo skupiny dřevin. Správná volba tohoto parametru je klíčová pro výsledné stanovení objemu s ohledem na srážku na kůru, která se liší v závislosti na druhu dřeviny. Pro stanovení a sledování objemu vyrobeného dříví bez kůry existují ve standardu StanForD v podmínkách ČR dva způsoby jak odečíst tloušťku kůry od změřené tloušťky sortimentu. Zaprvé jde o tzv. pásmový odpočet, kdy je míra odečtu na kůru předem stanovena pro každé z deseti tloušťkových pásem dle Doporučených pravidel pro měření a příjem dříví v ČR 2018. Druhou možností je parametrický (lineární) odpočet, jehož parametry byly sestaveny pro podmínky ČR na základě polynomů pro výpočet objemu kulatiny bez kůry podle středové tloušťky měřené v kůře (Natov, Dvořák 2018).

Další neméně důležité parametry, které je před započítáním výroby nutné nastavit, se týkají přímo vyráběných sortimentů (výřezů). Jedná se především o tzv. **typ ceny**, který určuje jednak algoritmus, podle kterého je stanoven objem vyrobeného dříví (až 14 způsobů), ale také udává jaká tloušťka kmene je limitní pro druhování jednotlivých sortimentů. Kromě toho se musí nastavit kód pro měření tlouštěk, podle kterého bude výsledný objem ukládán buď v hodnotách s kůrou, nebo bez kůry. V případě volby objemu bez kůry bude ve výpočtu použita výše zmíněná srážka na kůru.

Pro stanovení objemu jednotlivých konkrétních sortimentů je třeba mimo tloušťky nastavit také **typ délky**, která bude pro výpočet použita. Je možno zvolit zda to bude délka celková v centimetrech nebo decimetrech nebo délka jmenovitá. S délkou také souvisí další zadávaný parametr a tím je **třída délky**. Zde se nastavuje jmenovitá délka a minimální čepová tloušťka požadovaného sortimentu. Pro výrobu sortimentů o celkové délce odpovídající požadavkům odběratelů je také ještě zadat samostatně

třeba tzv. **nadměrek** k délce obvykle ve výši 2% ze jmenovité délky. Pro zvýšení plynulosti výroby s ohledem na rychlost a měření přesné délky sortimentu harvesterovou hlavicí se nastavuje tzv. **řezné okno** v hodnotě 0-4 cm jako specifický přírůstek k délce (Natov, Dvořák 2018).

3.10 Hlavní účely výpočtu objemu surového dříví

V lesním hospodářství při těžbě dříví je nezbytné pro prvotní příjem vyrobené suroviny stanovit a evidovat její celkový objem. To má několik důvodů. Jedním z nich je registrace objemu dříví pro účely sledování výroby, vyplacení mzdy výrobcí a následného obchodování se dřevní surovinou. Dalším neméně významným důvodem je povinnost evidence vytěženého dříví zakotvená v legislativě. V první řadě tak stanoví zákon č. 289/95 Sb. o lesích, který ukládá vlastníkům lesů vést lesní hospodářskou evidenci, jejíž součástí je celkový roční objem hroubí vytěženého dříví v daném hospodářském subjektu v členění na nejnižší jednotku prostorového rozdělení lesa. Problematiky objemu vytěženého dříví se také dotýká tzv. „Systém náležité péče jednotlivých hospodářských subjektů uvádění dříví nebo jiných produktů ze dřeva poprvé na vnitřní trh EU.“ Dle nařízení EU č. 995/2010 a zákona č. 226/2013 Sb. o uvádění dřeva a dřevařských výrobků na trh, je povinností hospodářského subjektu mimo jiné poskytovat informace které se týkají dodávek dříví uváděného na trh.

3.10.1 Historie kubírování dříví

Dřevní surovina byla až do 18. století v lesích pouze kvalifikovaně odhadována. Počátky vlastního měření vytěženého dříví spadají až do druhé poloviny 18. století, kdy vzrůstala poptávka po dříví a tím i jeho hodnota. Vytěžené dříví se začalo dokonaleji druhotat a měřit a ke stanovení objemu se začalo používat stereometrických metod. Na základě těchto nových požadavků byly sestaveny první objemové tabulky (Gotta 1804) a Grunder-Schwapachovy tabulky v r. 1898, což bylo spojeno s velkým rozvojem dendrometrických metod v 19. století. Byly vypočítány

výtvarnice a sestaveny různé typy hmotových a vzrůstových tabulek. Zároveň také bylo sestrojeno mnoho nových měřících a taxačních pomůcek pro zjišťování stereometrických veličin vyráběných sortimentů (Neumann, Vojtěchovský 1972).

Tak, jak se postupem času měnily technologie těžby dříví, docházelo i ke změnám metod pro měření a zjišťování objemu vyrobené dřevní suroviny. V dobách výhradního používání sortimentní těžební metody se příjem a kubírování dříví provádělo hromadně na hraních. Později se přešlo k měření jednotlivých výřezů ručními měřícími pomůckami tedy průměrkou a ocelovým pásmem. Harvestorové technologie sebou pak přinesly automatizované elektronické měření, ale v podstatě se stále jedná o stanovení objemu jednotlivých sortimentů, což lze považovat za nejpřesnější způsob prvotního příjmu vyrobeného dříví.

3.10.2 Měření a stanovení objemu výřezů

Základními parametry pro stanovení objemu jednotlivých sortimentů jsou jeho střední popř. čepová tloušťka a jmenovitá délka. Tloušťka používaná pro výpočet objemu se měří jako kolmá vzdálenost dvou rovnoběžných tečen vedených v protilehlých bodech příčného průřezu kmene (Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice 2008). Do výpočtu objemu lze zvolit tloušťku středovou (měřenou v polovině délky výřezu), nebo v některých případech tloušťku čepovou, měřenou na slabším konci výřezu tzv. čepu. V obou případech se výsledná hodnota skládá ze dvou měření vedených ve dvou na sebe kolmých rovinách. Pro výpočet objemu se použije aritmetický průměr z těchto měření zaokrouhlený dolů na celé centimetry. (Dietz, Urbanke 2010).

Délkou jednotlivých sortimentů se rozumí nejkratší vzdálenost mezi jejich čelem a čepem měřená po oblině kmene. Takto určená délka se označuje jako délka celková. Pro výpočet objemu se však používá délka po odečtu stanoveného nadměrku tzv. jmenovitá délka zaokrouhlená na celé centimetry.

Při ručním měření tloušťky je vždy získána její hodnota v kůře. Obvykle se na hodnotu tloušťky bez kůry nepřevádí a konečný objem je stanoven podle tabulek

ČSN 48 0009: Tabulky objemu kulatiny bez kůry podle středové tloušťky měřené v kůře. Tyto tabulky rozlišují tloušťku kůry podle jednotlivých druhů dřevin s tím, že modřínové výřezy jsou přiřazovány do skupiny borových oddenků. Pokud je z nějakého důvodu potřebné převést tloušťku naměřenou v kůře na hodnotu tloušťky bez kůry použije se odpočet srážky na kůru udávaný v milimetrech. Srážka na kůru tak vlastně představuje dvojnásobnou sílu kůry.

Pro stanovení výsledného objemu každého sortimentu na základě výše jmenovaných stereometrických veličin je možno použít, buď vhodné objemové tabulky, nebo výpočet podle standardizovaných vztahů. Objemové tabulky slouží k rychlému zjištění objemu výřezů surového dříví pro každý jednotlivý kus. V lesnickém provozu jsou nejčastěji používány:

- tabulky objemu kulatiny bez kůry podle středové tloušťky měřené v kůře (ČSN 48 0009)
- tabulky objemu kulatiny podle středové tloušťky měřené bez kůry (ČSN 48 0007)
- tabulky objemu výřezu podle čepové tloušťky měřené bez kůry (ČSN 48 0008)

V případě, že z nějakého důvodu nelze stanovit objem dříví podle výše uvedených tabulek je možné pro výpočet použít některý z kubírovacích vzorců. Asi nejběžněji je u nás pro výpočet objemu kulatiny používán vzorec Huberův. Tato metoda vychází z předpokladu, že sortimentní výřez se nejlépe podobá válci. Průměr základny válce je zde nahrazen středovou tloušťkou. Nevýhodou Huberova vzorce je pak určité podhodnocování objemu u oddenkových výřezů a naopak nadhodnocování vrškových sortimentů. Z výzkumu vyplývá, že při použití Huberovy metody (1) je třeba v širokém měřítku počítat s mírným podhodnocováním skutečného objemu výřezů v průměru o 1 až 1,5 % (Korf 1972). V lesním provozu je používán pro kubírování dříví jednotlivých výřezů pouze tento vztah.

$$V = \frac{\pi \times d_1^2}{4000} \times l \text{ (m}^3\text{)} \quad (1)$$

kde:

$d_{\frac{1}{2}}$ tloušťka v polovině délky v cm

l jmenovitá v m

Dalším známým vzorcem pro výpočet objemu je tzv. Smalianův vzorec (2). Ten je založen také na krychlení rotačního tělesa, ale používá pro výpočet dvou koncových kruhových ploch. V případě oddenkových částí kmene bývá jedna tato plocha značně nepravidelná. Kvůli této nevýhodě se zmiňovaný vzorec v praxi nevyužívá.

$$V = \frac{1}{2} \times (g_o + g_n) \times l \text{ (m}^3\text{)} \quad (2)$$

kde:

g_o kruhová plocha čela v m^2

g_n kruhová plocha čepu v m^2

l jmenovitá délka v m

Pro výpočet objemu měřeného v kůře bez uplatnění srážky na kůru v průběhu měření se používá vzorec (3).

$$V_{bk} = \frac{\pi}{4} \times (d_{sk} - 2k)^2 \times l \times 10^{-4} \text{ (m}^3\text{)} \quad (3)$$

kde:

d_{sk} středová tloušťka s kůrou v cm

$2k$ dvojnásobná tloušťka kůry

Hodnota dvojnásobku tloušťky kůry je dána vztahem (4)

$$2k = p_0 + p_1 \times d_{sk}^{p_2} \text{ (cm)} \quad (4)$$

kde:

k tloušťka kůry v cm

d_{sk} průměr výřezu měřený v kůře v cm

p_0, p_1, p_2 parametry funkce v závislosti tloušťky kůry na průměru tab. 7

Tab. č. 7. Parametry funkce závislosti tloušťky kůry na průměru stanovené pro jednotlivé dřeviny

Dřevina	p_0	p_1	p_2
smrk	0,57723	0,006897	1,3123
borovice	0,24017	0,001915	1,7866
borovice borka, modřín	1,7015	0,008762	1,4568
buk	-0,04088	0,16634	0,56076
dub	1,2474	0,042323	1,0623

(Zdroj: Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice 2008)

3.10.3 Hromadné stanovení objemu dříví

Při sortimentní těžební metodě se objem dříví měří a počítá hromadně buď na skládkách na odvozním místě v lese, nebo na odvozním prostředku. Při metodě stanovení objemu dříví na hraních se nejprve zjišťují vnější rozměry hraně pro výpočet jejích prostorových hodnot. Konečný objem pak vyjadřuje vztah mezi prostorem skutečně vyplněným dřevní surovinou a mezerami mezi vyskládanými sortimenty. Šířka hraně je dána jmenovitou délkou uložených sortimentů. Délka hraně se měří pásmem jako nejkratší vzdálenost dvou krajních bodů na obou patách hraně. Pro měření výšky hraně se nejčastěji používá postup doporučený v Pravidlech pro měření dříví a třídění dříví v České republice 2008. Dle tohoto postupu se hraně rozdělí na pomyslné sekce a výsledná výška se odvodí jako vážený aritmetický průměr z výšek naměřených v polovině každé sekce. Po matematickém výpočtu prostorových hodnot měřené hraně jakou součinu délky průměrné výšky a šířky hraně se pro stanovení krychlového objemu použijí tzv. převodní koeficienty dle ČSN 48 0009 nebo upravené na základě smluvní dohody mezi dodavatelem a odběratelem.

Možnost použití této metody však vyžaduje dodržení několika podmínek. Celá hráň musí obsahovat jeden sortiment s jednotnou jmenovitou délkou výřezu, dříví musí být dokonale odvětvené s ořezanými kořenovými náběhy a řádně uložené bez příměsí sněhu, ledu a větví.

V současné době i měření hraní je možno provádět automatizovaně např. pomocí počítačové analýzy obrazu systémem sScaleTM. Jedná se o systém pro

automatizované měření hrání vyvinutý firmou Dralle AS. Po naskenování hráně pomocí kamer, nainstalovaných na osobním automobilu, vytvoří 3D model a také přehled řady parametrů. Vedle GPS souřadnic poskytuje informace o ploše snímaných čel, počtu sotimentů, které zařazuje do tloušťkových stupňů a podle nich navrhuje vhodný převodní koeficient. Výrobce udává odchylku měření průměru 2%. Tento systém je původně navržený pro zjišťování velkých objemů dříví po harvestorových těžbách ve skandinávských zemích. Pro použití v ČR má tudíž jistá technologická omezení (Kolář 2011).

Další metodou hromadného stanovení objemu dřevní suroviny je vážení dříví a stanovení objemu na základě měrné hmotnosti dříví. Je možné použít dva způsoby založené na tomto principu. Jedním je tzv. Atro-metoda, při které se po zjištění okamžité hmotnosti dodávky odeberou vzorky, ze kterých se po vysušení (105 °C) zjistí hodnota relativní vlhkosti. Poté se procentickým podílem sušiny redukuje původní hmotnost dodávky. Výsledek v atrotunách se pomocí dohodnutých převodních koeficientů převede na jednotky objemu dříví (Purser 1999) (tab. 8).

Tab. 8. Převodní koeficienty

Sortiment: 2,1 - 4 m	prm na m³	m³ na AT	prm na AT
Smrk, jedle s kůrou	0,62	0,445	0,276
Borovice s kůrou	0,59	0,456	0,269
Modřín, douglaska s kůrou	0,60	0,490	0,0294

(Zdroj: Mondi Štětí a.s. 2018)

Druhý ze způsobů založený na hmotnostní přejímce je tzv. Lutro-metoda, při které se konečný objem odvodí z aktuální hmotnosti dodávky pomocí tzv. indexu hmotnosti. Ten je určen na základě laboratorního zjišťování vlhkosti dříví a stanovuje hmotnost plnometru dané dřeviny s ohledem na kolísání vlhkosti v různých ročních období a klimatických podmínkách. Výhodou této metody je velká rychlost přejímek, ale výkyvy vlhkosti dříví v závislosti na měnících se klimatických podmínkách snižují podstatně její přesnost (Vaca 1999).

3.10.4 Elektronické měření dříví a stanovení objemu výrobně-evidenční softwarem harvestoru

Při výrobě sortimentů během harvestorové těžby probíhá měření stereometrických veličin výřezů přímo v harvestorové hlavici, kde jsou uloženy měřicí zařízení. Jedná se tedy o měření mechanické založené na kontaktu kmene s měřícím zařízením. Měření délek s přesností na 1 cm provádí počítač na základě počtu impulsů, které mu předává impulsátor napojený na tzv. měřicí kolečko umístěné v těžební hlavici tak, aby ho odvaloval svým pohybem posunující se kmen. Aby nedocházelo k prokluzu měřícího kolečka a tím k chybnému výpočtu délky, je tento mechanismus různě upravován s ohledem na momentální výrobní podmínky. Lze uzpůsobit povrchovou strukturu kolečka i sílu jeho přitlačování ke kmeni (Neruda 2008).

Měření tloušťek zajišťují dva potenciometry, umístěné na otočných čepech horních odvětvovacích nožů nebo podávacích válců. Ty reagují na otevírání a zavírání nožů v závislosti na tloušťce zpracovávaného kmene. Požadované tloušťky jsou získány převedením napětí z potenciometrů na tloušťku a uložením do výrobně-evidenčního softwaru.

Z naměřených stereometrických veličin následně provede výrobně-evidenční software harvestoru stanovení objemu vyrobeného sortimentu. V softwarech pracujících v komunikačním standardu StanForD je možno nastavit 14 různých algoritmů (vzorců) pro stanovení objemu. Specifikaci kódů těchto algoritmů uvádí tabulka 9. (Natov, Dvořák 2018).

Zvolený algoritmus výpočtu objemu se nastavuje v rámci předvýrobního nastavení počítače harvestoru jako parametr nazvaný **typ ceny**. Pouze některé z těchto typů ceny zajišťují výpočet podle DPP 2008 a to M3toDE a M3miDE. Stanovení objemu může probíhat jak s kůrou, tak bez kůry. Podle toho se nastavují srážky na kůru s ohledem na to, zda je tloušťka měřená s kůrou nebo bez kůry.

Tab. č. 9. Cenové typy a kódy algoritmů pro výpočet objemu dle StanForD

Kód	Název	Způsob stanovení objemu
1	M3to	dle tloušťky čepu
2	M3s	dle tlouštěk měřených po 10 cm sekcích
3	Log	jako u M3s
4	M3sNO	„norský typ“ dle tloušťky v polovině výřezu
5	M3tobutt	„švédský typ“ dle tlouštěk čela a čepu
6	M3toDE	„německý typ“ dle středové tloušťky zaokr. vždy dolů na cm, druhování dle tloušťky čepu
7	M3miDE	dle středové tloušťky zaokr. vždy dolů na cm, druhování dle středové tloušťky
8	M3smimi	dle tloušťky ve středu celkové délky výřezu v mm
9	Board feet	„americký typ“ není definováno
10	M3sm	objem dle středové tloušťky v mm, druhování dle tloušťky čepu v mm
11	LogNO	objem dle kódu 4
12	N3sB	není definováno
13	M3sEST	„estonská funkce“ objem dle tloušťky čepu v cm
14	M3tos	objem dle tloušťky čepu

(Zdroj: Natov, Dvořák 2018)

3.10.5 Kontrolní měření a kalibrace měřícího systému harvestoru

Přestože měřicí systémy současných harvestorů pracují poměrně spolehlivě, je nutné provádět pravidelná kontrolní měření k ověření správného nastavení měřidel v harvestorové hlavici. V pravidelných časových nebo objemových intervalech nebo při změně pracoviště se ověřuje přesnost funkce měřícího zařízení pro měření délek a tlouštěk. Dále se při kontrolním měření ověřuje správnost nastavení algoritmu pro výpočet objemu. Při kontrolním měření jsou porovnávány hodnoty délek a tlouštěk

naměřených harvestorem s ručním přeměřením vybraných vzorníků, ze kterých je vypočítán objem. V případě, že kontrolní měření vykazuje větší objemové odchylky, než je povoleno (zpravidla 2-5%), musí se provést kalibrace měřících zařízení. Ve výrobních postupech harvestorových technologií se doporučují intervaly kontrolních měření z několika hledisek. Z hlediska časového se doporučuje provádět kontrolní měření vždy při zahájení prací v nových výrobních podmínkách a dále pak minimálně jednou týdně (Ulrich 2002). Z hlediska objemového je doporučený interval v mýtních těžbách po každých 800 m³, v předmýtních těžbách nad 40 let po 600 m³ a v předmýtních těžbách do 40 let po 250 m³ vyrobeného dříví. Také je třeba uvažovat o zastoupení jednotlivých druhů dřevin ve zpracovávaném porostu. V případě vyššího než 30 % zastoupení jiné dřeviny se musí provést kontrolní měření i pro tuto dřevinu (Natov, Dvořák 2018).

Jak již bylo výše zmíněno, na základě zjištěných odchylek v měření dříví, které přesáhly tolerovanou hranici, je nutné provést kalibraci měřících zařízení. Ke kalibraci se také přistupuje po větších opravách modulů souvisejících s měřením vyráběného dříví. V rámci této operace, se na základě kontrolního měření vybraných vzorníků, přednastavují hodnoty ve výrobně-evidenčním softwaru tak, aby výsledek měření odpovídal skutečnosti. Kalibraci je možno provádět manuálně nebo elektronicky. V případě elektronické kalibrace jsou k opravnému nastavení měřidel používány přednastavené programy jak v elektronické průměrce pro ruční měření vzorníků, tak ve výrobně-evidenčním softwaru harvestoru. Jedná se o poloautomatický proces, který výrazně snižuje riziko lidské chyby (Natov, Dvořák 2018).

Pokud není k dispozici elektronická průměrka vybavená softwarem pro komunikaci se systémy harvestorů dle standardu StanForD, je možné také provést kalibraci manuálně. V tomto případě se postupně provádí nejdříve kalibrace délek nastavením hodnot odečtených z diagramu pro vyrovnání délek. Následně se podobně postupuje u měření tloušťek. U ruční kalibrace tloušťek se z vyrovnávacího diagramu odečítají a zadávají opravné hodnoty pro jednotlivá tloušťková pásma. Některé výrobně-evidenční softwary nabízejí určitou poloautomatickou verzi manuální kalibrace, kdy se do počítače harvestoru přímo zadávají naměřené skutečné hodnoty a software sám provede vyhodnocení lineární funkce ve vyrovnávacím diagramu a vypočítá opravné hodnoty (Natov, Dvořák 2018). Z uvedeného je zřejmé, že pro správné nastavení

měřících zařízení harvestorů je jednoznačně výhodnější provádění elektronické kalibrace. K tomu je však zapotřebí digitální průměrky s nezbytným softwarovým vybavením a v neposlední řadě také znalost pracovních postupů s tímto zařízením.

3.10.6 Digitální průměrka Haglöf

Firma Haglöf Sweden, výrobce průměrky, která byla užita pro kontrolní měření v této práci, je renomovaný výrobce měřících přístrojů pro dendrometrii a hospodářskou úpravu lesa.

Digitální průměrky mají dnes svůj neodiskutovatelný význam při efektivním plánování lesní výroby a pro získávání exaktních dat pro potřeby hospodářské evidence lesních majetků.

Digitální průměrka Haglöf Digital Profesional I je určena pro různé způsoby inventarizace stojícího i ležícího dříví, kontrolní přejímku dříví na skládkách a také pro kontrolu a případnou kalibraci harvestorových měřících zařízení. Pro tuto funkci je vybavena elektronickým softwarem Skalman6 kompatibilním s měřicími systémy harvestorů a splňujícím požadavky standardu StanForD.

Pro efektivní využití jsou tyto průměrky vybaveny dalšími doplňujícími zařízeními. V první řadě se jedná o elektronické pásmo Digitech Tape, umožňující rychlé a přesné měření délek měřeného dříví s následným automatickým zahrnutím do výpočtu objemu. Dále je možno připojit relaskopický adaptér a přijímač satelitního signálu GPS. Další pomůckou jsou tzv. laserová ramena umožňující měření tlouštěk kmenů v nedostupných výškách nebo tam, kde brání kontaktnímu měření nějaká překážka. K přístrojům II. generace pak přibyl nově ultrazvukový dálkoměr s vlastní GPS jednotkou obsahující měřící jednotku DP DME, aktivní odrazový transpondér, adaptér pro rozptyl signálu 360° a teleskopická výtyčka (monopod). Dále pak systém Poster pro zjišťování pozic jednotlivých stromů na zkušné ploše nebo čtečka čárových kódů.

Získaná data lze exportovat pomocí USB kabelu nebo přes Bluetooth k dalšímu zpracování nebo do tiskárny. Pro různé účely využití je možné měřící zařízení vybavit příslušnou originální softwarovou aplikací. Například program TIMS.CZ

umožňuje kromě měření a zjišťování objemu ležících nebo stojících kmenů, také výpočet objemu hrání. Pro zjišťování porostních zásob se používá program Profi Tax.CZ s výpočtem taxačních veličin dle ČSOT.

Pro nejnovější přístroje II. generace je také možno použít softwarové nástroje VERSIO DPII a VERSIO BUILDER jejichž prostřednictvím si lze v osobním počítači vytvořit svůj vlastní program pro sběr dat a vytvoření specifických datových souborů.

Nejnovější elektronické registrační průměrky Haglöf Digital Profesional II a Mantax Digitech II tak představují špičkové přístroje umožňující správcům lesa a obchodníkům se dřívím pracovat s přesnými informacemi získanými z exaktně pořízených dat (<https://docplayer.cz/26444594>).

4 Metodika

Metodika byla sestavena konkrétně pro tuto diplomovou práci ve spolupráci s pracovníky Katedry lesnických technologií a staveb, Fakulty lesnické a dřevařské, České zemědělské univerzity v Praze. Částečně navazuje na bakalářskou práci zpracovanou stejným autorem v roce 2017 na téma stanovení odchylek přesnosti objemu výroby porovnáním výstupu harvestoru a manuálního měření dříví při pni.

4.1 Výběr stroje a vhodných výrobních podmínek

Na základě předběžného venkovního šetření byl vybrán harvestor vyhovující zadání této práce. Jedná se o harvestor Rottne H-20 společnosti MLaR Kutná Hora (příloha 1). Tento harvestor nejvyšší výkonové třídy je vybaven těžební hlavici EGS-700 s úřezem 750 mm (příloha 2). Výrobní evidenci uvedeného stroje zajišťuje výrobně-evidenční software DASA 4, pracující v komunikačním standardu StanForD Classic. Před započítáním experimentálního měření bylo nutno ve výrobně-evidenčním systému nastavit trvalé ukládání *.stm souborů do paměti počítače pro pozdější přenos do elektronické průměrky. Systém pak přidělí každému zpracovanému kmenu identifikační číslo od 0 do 9999. Vybraný harvestor v průběhu kontrolního měření pracoval po celou dobu v nahodilých těžbách, většinou při zpracování kůrovcové kalmity. Vždy před započítáním kontrolního měření musely být vybrány vhodné kontrolní stromy smrku ztepilého na kterých po celé délce kmene držela kůra i po zpracování harvestorem. Důvodem tohoto kroku je skutečnost, že při měření vzorníku bez kůry elektronickou průměrkou by docházelo ke zkreslení výsledků. Jednalo se většinou o stromy kůrovcem nenapadené, těžené z důvodů zarovnění porostních stěn nebo dotěžení porostních zbytků. Sortimenty z označených stromů byly po zpracování uloženy a označeny v takovém pořadí jak byly vyrobeny (příloha 3). Při následném měření elektronickou průměrkou musí být bezpodmínečně zachováno stejné pořadí v jakém byly jednotlivé stromy vyrobeny a uloženy do *.STM souboru. Zároveň je nutné, aby vzorníky byly uloženy tak, že bude možné jejich bezproblémové měření elektronickou průměrkou s digitálním pásmem ve dvou na sebe kolmých rovinách. Časový rozsah měřících prací byl stanoven s ohledem na organizační a bezpečnostní faktory. Byly také vybírány lokality s dostatkem manipulačního prostoru ve vhodných terénních podmínkách. Po celou dobu

experimentálního měření pracoval se strojem jen jediný operátor, zaměstnanec majitele harvestoru s dlouholetou praxí. Těžební práce probíhaly v lesních porostech města Kutné Hory obhospodařovaných společností Městské lesy a rybníky Kutná Hora s r.o. Jednalo se o nahodilou těžbu ve smrkových porostech starších 80. let, napadených v průběhu roku 2018 lýkožroutem smrkových nebo o vývraty po větrné události z 29. 10. 2018.

4.2 Metodiky sběru dat z výrobně-evidenčního softwaru harvestoru

Postup kontrolního měření byl určen následovně. Začíná zjištěním ID posledního kmene, aby nedošlo k záměně při přenosu dat. Poté harvestor provede zpracování vybraného stromu a uloží jednotlivé vzorníky (sortimenty) vedle sebe tak, aby se daly dobře změřit a v pořadí jak jsou z kmene postupně vyduhovány. Pro zamezení rizika záměny pořadí sortimentů byly vzorníky vždy označeny vyznačovacím sprejem. Po vyrobení posledního sortimentu je potřeba ukončit zpracování kmene tzv. ukončovacím řezem, nebo resetováním hlavice vedením do vertikální polohy, nebo resetovacím tlačítkem. Tímto krokem dojde k zaregistrování kmene a jeho ukončení.

4.2.1 Přenos dat z harvestoru

Následujícím krokem je přenos dat o tomto kmeni z výrobně-evidenčního softwaru harvestoru na flashdisk. Toho bylo dosaženo následujícím postupem. V programové nabídce počítače harvestoru pro přenos *.STM souborů se vyhledá *.STM soubor posledního zpracovaného kmene a ten se překopíruje na flashdisk zasunutý do USB portu v kabině harvestoru (příloha 5). Pokud bylo v lokalitě měření dostatek manipulačního prostoru, mohlo být vedle zpracován a uložen další kmen a postup přenosu dat byl opakován. Pro toto použití je doporučován flashdisk s co nejmenší kapacitou, jelikož *.STM soubory jsou poměrně malé velkokapacitní flashdisky špatně komunikují s počítačem harvestru, což se také na počátku experimentálního měření projevilo. Také je důležité flashdisk správně naformátovat před zahájením

přenosu dat. Další součástí postupu je přenos jednotlivých *.STM souborů s daty do přenosného osobního počítače již každý s ID přiděleným výrobně-evidenčním softwarem harvestoru.

4.2.2 Přenos dat do elektronické průměrky

Ještě před zahájením měření bylo nutno pro přenos dat nainstalovat do notebooku speciální komunikační program. V tomto případě šlo o program Win DP verze 1. 4. 25 (2013) od společnosti Haglöf Sweden AB. Prostřednictvím tohoto softwaru dojde přes ovladač „Kermit odeslat“ k přenosu vybraného *.STM souboru do elektronické průměrky připojené k notebooku USB kabelem (příloha 4). Před přenosem dat se musí v nastavení programu zkontrolovat správný komunikační protokol COM 8 a přenosová rychlost 9600.

4.3 Měření kontrolních sortimentů elektronickou průměrkou

Po úspěšném přenosu dat do elektronické průměrky a připojení digitálního pásma Digi Tape bylo přistoupeno k vlastnímu měření. Ještě předtím bylo nutno v nastavení průměrky vypnout možnost „volné měření“. Při vlastním měření se musí postupovat tak, aby bylo přesně dodrženo pořadí sortimentů a nedošlo k záměně měření. Měřit se začínalo vždy na oddenkovém výřezu. Nejprve byla měřena délka od čela směrem k čepu, pak horní tloušťka cca 10 cm od čepu a dále bylo postupováno po sekcích dle nastavení v programu Skalman s pomocí akustického signálu vždy v místě měření. Veškeré tloušťky byly měřeny ve dvou na sebe kolmých rovinách. Po změření poslední hodnoty posledního sortimentu bylo v nabídce průměrky provedeno ukončení měření. Tím program Skalman vytvoří výsledný *.KTR soubor paralelní s *.STM souborem.

4.3.1 Přenos *.KTR souboru zpět do počítače

Po ukončení měření elektronickou průměrkou a uložení *.KTR souboru byl bezprostředně proveden přenos dat zpět do notebooku pomocí tlačítka „kermit

přijmout“ a potvrzením příkazu v průměrce „poslat data“. Opakováním příkazu a přidáním „vše do tiskárny“ byl vytvořen v počítači další soubor tzv. výkaz o kontrolním měření. Ten byl třeba okamžitě přejmenovat a přidělit mu ID shodné s číselným označením patřičného *.STM a *.KTR souboru. Po odpojení elektronické průměrky bylo provedeno vymazání paměti ještě před nahráním dat dalšího *.STM souboru.

4.3.2 Registrace dat a sestavení porovnávací databáze

Pro registraci dat z výrobně-evidenčního softwaru harvestoru a měření elektronickou průměrkou byla vytvořena jednoduchá databáze v programu Microsoft Office Excel (příloha 6). Do této databáze byla přenesena data ze souborů kmeny *.STM o skutečné délce jednotlivých výřezů naměřené harvestorem a objem vypočítaný výrobně-evidenčním softwarem harvestoru tzv. „objem pro kontrolní měření“. V dalším sloupci byl z *.KTR souboru zaznamenán objem vypočítaný programem Skalman v elektronické průměrce nazvaný „objem z DP pro kontrolní měření“. Objemy v těchto dvou sloupcích jsou vypočítány jak strojem, tak elektronickou průměrkou podle stejného algoritmu a to po sekcích v kůře. Konečné porovnání těchto dvou hodnot tak informuje pouze o přesnosti měření měřidel, nikoliv o skutečném objemu sortimentů počítaných dle českých standardů. Pro tyto účely je nutné ve stroji nastavit samostatný algoritmus, tzv. „typ ceny“.

4.4 Vyhodnocení výsledků kontrolního měření

Z výše uvedené databáze byly vyčísleny rozdíly mezi sloupci „objem z harvestoru pro kontrolní měření“ a „objem z digitální průměrky“. Porovnáním těchto dvou hodnot byla zjištěna přesnost nastavení měřidel harvestoru. Dále byly porovnány sloupce „objem vypočtený dle Hubera (s kůrou)“ a „objem z digitální průměrky“ pro vyčíslení tzv. fiktivní ztráty. Pro výpočet objemu je ve výrobně-evidenčním softwaru vybraného harvestoru je nastaven typ ceny „M3miDE“ (příloha 7). To znamená, že objem je počítán ze středové tloušťky výřezu a jeho jmenovité délky. Středový

průměr je v tomto případě zaokrouhlen dle metody HKS vždy na celé centimetry dolů. Naproti tomu software digitální průměrky využívá k výpočtu objemu hodnoty tlouštěk měřených po sekcích a bez zaokrouhlování. Objem je zde vyjádřen v metrech krychlových s kúrou. Zjištěné rozdíly byly následně porovnány pro celkový objem výroby, což je důležité z provozního hlediska. Z výzkumných důvodů byly také porovnány rozdíly vybraných hodnot pro jednotlivé sortimenty.

4.5 Metodiky matematicko-statistické analýzy

Jelikož pro zjištění nastavení měřidel v hlavici harvestoru se porovnávají dvě hodnoty z měření harvestorem a měření digitální průměrku na stejném vzorníku byl pro matematicko-statistickou analýzu zvolen párový studentův t-test. Dvou výběrový t-test se obecně používá, pro hodnocení experimentů kde se porovnávají dva soubory výběrových dat. Tato data jsou představována dvěma měřeními provedenými opakovaně u jednoho souboru. Test porovnává data, která tvoří spárované variační řady pocházející ze subjektů podrobených dvěma měřeními. Provádí se tedy dvě měření na jednom zvoleném souboru. Takto získané hodnoty tvoří páry a reprezentují při testování jak kontrolní, tak pokusnou skupinu porovnávaných dat. V testu se vycházelo z naměřených párových hodnot dendrometrických veličin experimentálních vzorníků (sortimentů) a testovala se hypotéza, že střední hodnota obou měření je stejná tudíž, že rozdíl středních hodnot obou párových měření je nulový. $H_0: m_1 = m_2$

Nejprve byly vypočítány rozdíly párových hodnot u výběrového páru a ze zjištěných rozdílů byly vypočítány aritmetický průměr a směrodatná odchylka (s) respektive rozptyl (s^2). Potom byly hodnoty vloženy do této testovací statistiky $t = \frac{(\bar{x})}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}}$

Vypočtená statistika byla porovnána s kritickou hodnotou ve statistických tabulkách, dle zvoleného stupně volnosti n a hladiny významnosti $\alpha = 0,05$.

5 Výsledky

Tato kapitola popisuje způsob získávání dat pro tuto diplomovou práci včetně vybraných výrobních podmínek a celkový rozsah výroby pro experimentální měření. Dále jsou tu popsány výsledky matematicko-statistické analýzy rozdílů objemů vypočtených z hodnot naměřených harvestorem a následně digitální průměrkou jak pro celkový objem výroby, tak pro jednotlivé sortimenty.

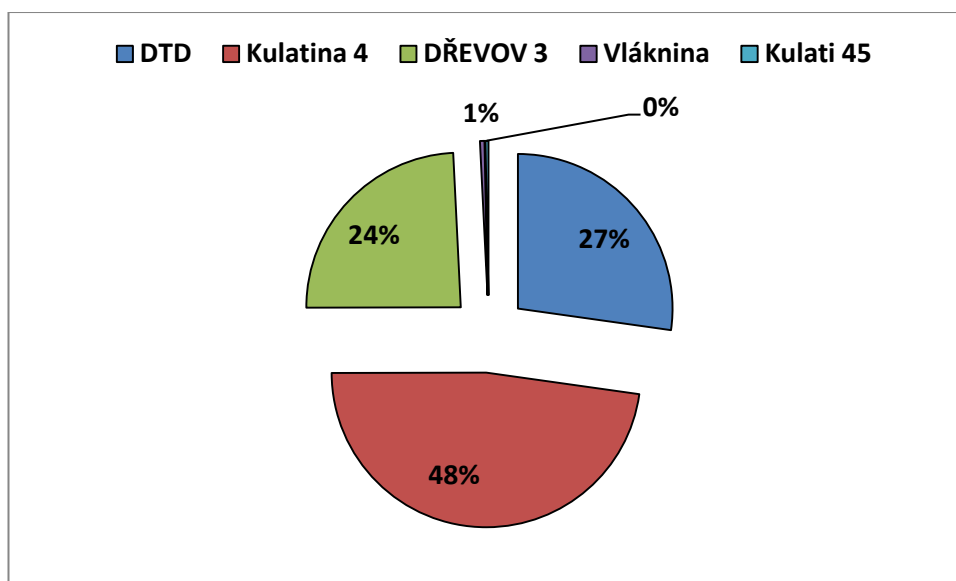
5.1 Vybrané výrobní podmínky

Pro získání dat potřebných pro tuto práci byl vybrán harvestor Rottne H-20 nejvyšší výkonové třídy (nad 140 kW). Uvedený stroj je u majitele, společnosti Městské lesy a rybníky Kutná Hora v provozu od roku 2008 a po celou dobu provozu vždy vykazoval velmi dobré výsledky s ohledem na přesnost měření vyrobeného dříví. Při kontrolních měřeních pověřenými pracovníky LČR s.p. během zpracování zakázek pro tohoto zadavatele nebyly nikdy zjištěny větší rozdíly, které by byly provozovatelem stroje považovány za nepřijatelné a zpochybnitelné.

V průběhu experimentálního měření pracoval uvedený harvestor na lesním majetku města Kutné Hory (LHC Městské lesy Kutná Hora a LHC Hetlín) o celkové rozloze 2377 ha. Koncem léta 2018 postihla tento majetek kůrovcová kalamita většího rozsahu a navíc v říjnu téhož roku také větrné polomy o objemu cca 1000 m³. Celkovou výši nahodilých těžeb u této společnosti uvádí příloha 4. Pro měření v případě zpracování kůrovcového dříví byly vybírány pouze stromy na kterých ještě nedocházelo k opadu kůry i po zpracování harvestorem. Pro úplnost uvádím, že měření probíhalo pouze na sortimentech vyrobených ze smrku ztepilého, který je hlavní hospodářskou dřevinou, a podílí se na celkovém dlouhodobém objemu těžeb na uvedeném majetku 78 %.

5.2 Celkový objem výroby pro experimentální měření

Celkový objem výroby, ve kterém bylo provedeno experimentální kontrolní měření, činí dle výpočtu harvestoru $122,477 \text{ m}^3$. Změřeno bylo celkově 639 vzorníků (sortimentů) vydruhovaných ze 110 kmenů. Vyrobené dříví bylo vydruhováno do pěti sortimentů (kulatina 4m, kulatina 45+, DTD, dřevovina 3m a vláknina 2m). Podíl jednotlivých sortimentů zobrazuje graf 1.



Graf 1: Podíl sortimentů na celkovém počtu experimentálního měření

5.3 Analýza rozdílů celkového experimentálního měření

Při porovnání celkových objemů vypočtených harvestorem pro kontrolní měření a digitální průměrkou činí absolutní rozdíl $0,033 \text{ m}^3$ ve prospěch měření harvestorem. Relativní podíl pak tedy nabývá hodnoty 0,27 %, jak vyplývá z tabulky 10.

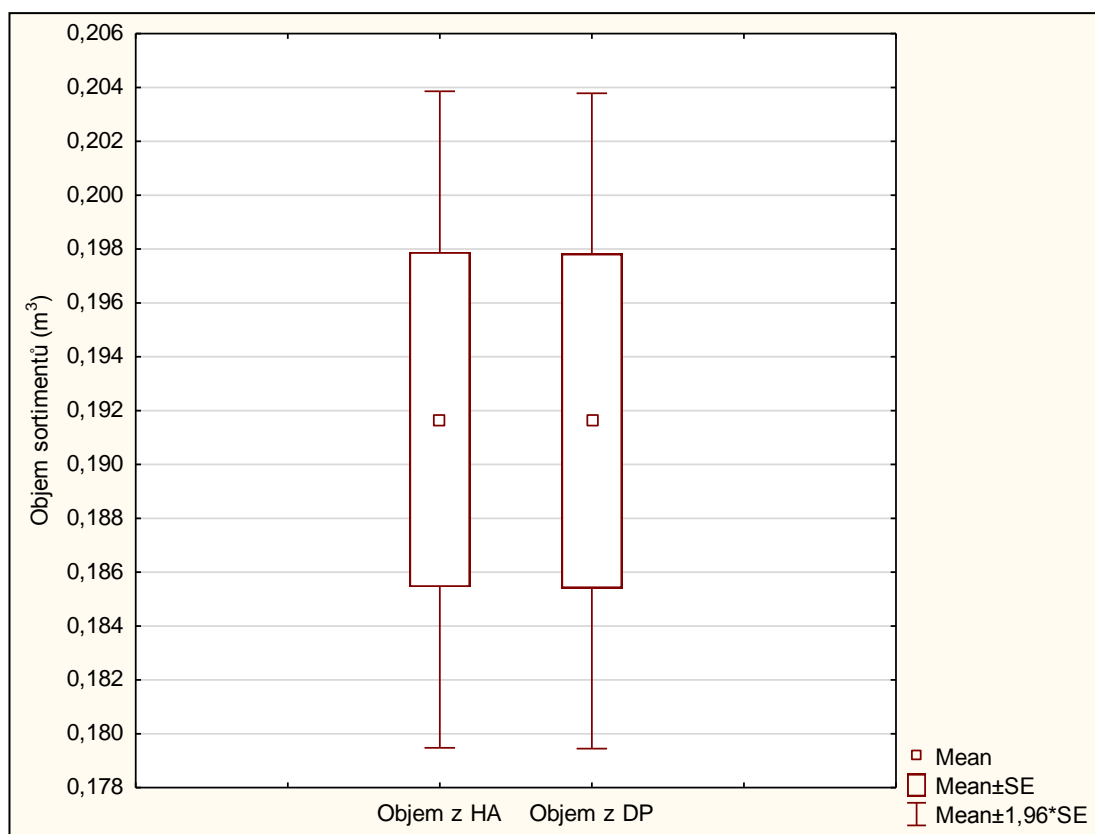
Tab. 10. Objemy všech sortimentů

Počet vzorníků (ks)	Objem z HA pro kontrolní měření (m ³)	Objem z DP (m ³)	Absolutní rozdíl (m ³ s k.)	Relativní rozdíl (%)
639	122,477	122,444	0,033	0,27

Následující tabulka 11 a graf 2 shrnují zjištění statistické analýzy. Výsledek t-testu činí $p = 0,889958$. Jelikož je tato hodnota vyšší než 0,05, lze konstatovat, že mezi průměrem objemu dříví vypočteného harvestorem a digitální průměrkou nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

Tab. 11. Výsledky t-testu celkového objemu dříví

Proměnná	T-test pro závislé výběry Označené rozdíly jsou významné na $p < ,050000$									
	Průměr (m ³)	Směrodatná odchylka (m ³)	N (ks)	Rozdíl (m ³)	Směr. Odch. Roz. (m ³)	T	Stupně volnosti	p	Int. spolehl. -95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Objem HA	0,191669	0,157224								
Objem DP	0,191618	0,156956	639	0,000052	0,009460	0,138413	638	0,889958	-0,000683	0,000787



Graf 2: Matematicko-statistická analýza celkového objemu výroby

Dále byl u celkového objemu porovnán rozdíl dvou objemů vypočítaných, jednak dle obecného Huberova vzorce ze stereometrických veličin každého jednotlivého výřezu přebraných z *.STM souboru harvestoru a jednak digitální průměrkou při kontrolním měření. Výsledek tohoto porovnání ukazuje tabulka 12.

Tab. 12. Porovnání objemů všech sortimentů

Počet vzorníků (ks)	Objem dle Hubera s.k. (m ³)	Objem z DP (m ³)	Absolutní rozdíl (m ³ s k.)	Relativní rozdíl (%)
639	111,601	122,444	10,843	9,71

5.4 Analýza rozdílů objemů podle jednotlivých sortimentů

Následující podkapitola se zabývá analýzou rozdílů objemů sortimentů „vláknina“ (DTD), „kulatina III. jakostní třídy“ (Kulatina 4) a „dřevovina“ (DŘEVOV 3).

5.4.1 Sortiment „vláknina 2,5 m (DTD)“

Tento sortiment, do kterého je zařazena veškerá dřevní surovina V. jakostní třídy „dříví pro výrobu buničiny a desek na bázi dřeva je vyráběn a po soustředění na odvozní místo vytríděn na více skládek dle poměru hniloby. Výřezy s nadměrným podílem měkké hniloby jsou zařazeny do paliva a ostatní dříví je obchodováno jako vláknina. Hlavním odběratelem je v tomto případě Mondi Štětí a. s.

Z celkového rozsahu měření tvořil konkrétně tento sortiment 174 vzorníků o objemu vypočítaného harvestorem 24,55 m³. Pro tento sortiment byl zjištěn absolutní rozdíl objemů vypočítaných harvestorem pro kontrolní měření a digitální průměrkou 0,852 m³, procentuální rozdíl tak činí 3,47 % (tab. 13).

Tab. 13. Objemy sortimentu „vláknina 2,5m (DTD)“

Počet vzorníků (ks)	Objem z HA pro kontrolní měření (m ³)	Objem z DP (m ³)	Absolutní rozdíl (m ³ s k.)	Relativní rozdíl (%)
174	24,55	23,698	0,852	3,47

Vzhledem k tomu, že pro tento sortiment je hodnota p nižší než 0,005, a dokonce nižší než 0,01, můžeme konstatovat, že byl zjištěn rozdíl statisticky vysoce významný (tab. 14).

Tab. 14. Výsledky t-testu pro sortiment „vláknina 2,5m (DTD)“

Proměnná	T-test pro závislé výběry Označené rozdíly jsou významné na $p < ,050000$									
	Průměr (m ³)	Směrodatná odchylka (m ³)	N (ks)	Rozdíl (m ³)	Směr. Odch. Roz. (m ³)	T	Stupně volnosti	p	Int. Spolehl. -95,000%	Int. Spolehl. +95,000 %
Objem HA	0,141092	0,129101								
Objem DP	0,136196	0,123098	174	0,004896	0,010288	6,277372	173	0,000000	0,003357	0,006435

Porovnáním rozdílu objemu vypočítaného u tohoto sortimentu dle Huberova vzorce s objemem z digitální průměrky, byl zjištěn absolutní rozdíl 1,745 m³ s kůrou. Relativní rozdíl zde činí 7,95 %, což uvádí tabulka 15.

Tab. 15. Vybrané objemy sortimentu „vláknina 2,5m (DTD)“

Počet vzorníků (ks)	Objem dle Hubera s.k. (m ³)	Objem z DP (m ³)	Absolutní rozdíl (m ³ s k.)	Relativní rozdíl (%)
174	21,953	23,698	1,745	7,95

Po matematicko-statistické analýze rozdílů takto zjištěných objemů byly zjištěny výsledky shrnuté v následující tabulce, které také poukazují na statisticky vysokou významnost těchto rozdílů (tab. 16).

Tab. 16. Výsledky t-testu vybraných objemů „vláknina 2,5m (DTD)“

Proměnná	T-test pro závislé výběry Označené rozdíly jsou významné na $p < ,050000$									
	Průměr (m ³)	Směrodatná odchylka (m ³)	N (ks)	Rozdíl (m ³)	Směr. Odch. Roz. (m ³)	T	Stupně volnosti	p	Int. Spolehl. -95,000%	Int. Spolehl. +95,000%
Objem HA	0,126167	0,117413								
Objem DP	0,136196	0,123098	174	-0,010029	0,009415	-14,0502	173	0,00	-0,011437	-0,008620

5.4.2 Sortiment „kulatina 4 m“ (KULATINA 4)

Sortiment nazvaný „kulatina 4 m“ je klasická kulatina III. jakostní třídy. Sortiment je vyráběn o jmenovité délce 4 m s nadměrkem 2 % jmenovité délky. Minimální čep je odběratelem požadován od 17 cm bez kůry. Jedná se o nejvíce zastoupený sortiment.

Z celkového rozsahu měření tvořil konkrétně sortiment „kulatina 4m“ 305 vzorníků o objemu vypočítaného harvestorem 86,689 m³. Pro tento sortiment byl zjištěn absolutní rozdíl objemů vypočítaných harvestorem pro kontrolní měření a digitální

průměrkou 0,673 m³, ve prospěch digitální průměrky. Relativní rozdíl pak nabývá hodnoty 0,78 % (tab. 17).

Tab. 17. Objemy sortimentu „kulatina 4 m“

Počet vzorníků (ks)	Objem z HA pro kontrolní měření (m ³)	Objem z DP (m ³)	Absolutní rozdíl (m ³ s k.)	Relativní rozdíl (%)
305	86,689	87,362	0,673	0,78

Pro tento sortiment byl po matematicko-statistické analýze zjištěn statisticky vysoce významný rozdíl na základě hodnoty p, která činila 0,000210, tedy méně než 0,01 (tab. 18).

Tab. 18. Výsledky t-testu pro sortiment „kulatina 4m“

Proměnná	T-test pro závislé výběry Označené rozdíly jsou významné na p < ,050000									
	Průměr (m ³)	Směrodatná odchylka (m ³)	N (ks)	Rozdíl (m ³)	Směr. Odch. Roz. (m ³)	T	Stupně volnosti	p	Int. Spolehl. -95,000%	Int. Spolehl. +95,000%
Objem HA	0,284226	0,142815								
Objem DP	0,286431	0,143084	305	-0,002206	0,010265	-3,75225	304	0,000210	-0,003362	-0,001049

Porovnáním rozdílu objemu vypočítaného u tohoto sortimentu dle Huberova vzorce s objemem z digitální průměrky, byl zjištěn absolutní rozdíl 7,889 m³ s kůrou. Relativní rozdíl zde činí 9,93 %, což uvádí tabulka 19.

Tab.19. Vybrané objemy sortimentu „kulatina 4 m“

Počet vzorníků (ks)	Objem dle Hubera s.k. (m ³)	Objem z DP (m ³)	Absolutní rozdíl (m ³ s k.)	Relativní rozdíl (%)
305	79,473	87,362	7,889	9,93

Provedený T-test pro porovnání takto vypočtených objemů následně prokázal statisticky významný rozdíl mezi nimi, jak dokládá tabulka 20.

Tab. 20. Výsledky t-testu vybraných objemů sortimentu „kulatina 4 m“

Promě- nná	T-test pro závislé výběry Označené rozdíly jsou významné na $p < ,050000$									
	Průměr (m ³)	Směrodatná odchylka (m ³)	N (ks)	Rozdíl (m ³)	Směr. Odch. Roz. (m ³)	T	Stu- pně volno- sti	P	Int. spolehl. -95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Objem HA	0,260567	0,132566								
Objem DP	0,286431	0,143084	305	-0,025864	0,015973	-28,2777	304	0,00	-0,027663	-0,024064

5.4.3 Sortiment „dřevovina 3 m“ (DŘEVOV 3)

Tento sortiment je aktuálně vyráběn ze dříví napadeného podkorním hmyzem, ale nejedná se ještě o kůrovcové souše. Odběratelem je akceptována minimální vlhkost 50 %. Sortiment byl zařazen do výroby z důvodu problému s odbytem agregátní kulatiny. Jedná se o výběr z agregátní kulatiny o jmenovité délce 3 m bez nadměrku s minimálním čepem 8 cm bez kůry. Sortiment je obchodován do německého Plattlingu.

Z celkového rozsahu měření tvořil konkrétně tento sortiment 155 vzorníků o objemu vypočítaného harvestorem 9,506 m³. Pro tento sortiment byl zjištěn absolutní rozdíl objemů vypočítaných harvestorem pro kontrolní měření a digitální průměrkou 0,141 m³, relativní rozdíl tak představuje 1,48 % (tab. 21).

Tab. 21. Objemy sortimentu „dřevovina 3 m“

Počet vzorníků (ks)	Objem z HA pro kontrolní měření (m ³)	Objem z DP (m ³)	Absolutní rozdíl (m ³ s k.)	Relativní rozdíl (%)
155	9,506	9,647	0,141	1,48

Na základě hodnoty p pro sortiment „dřevovina 3m“ byl po matematicko-statistické analýze opět zjištěn statisticky vysoce významný rozdíl. (tab. 22)

Tab. 22. Výsledky t-testu pro sortiment „dřevovina 3 m“

Promě- nná	T-test pro závislé výběry Označené rozdíly jsou významné na $p < ,050000$									
	Průměr (m ³)	Směrodatná odchylka (m ³)	N (ks)	Rozdíl (m ³)	Směr. Odch. Roz. (m ³)	T	Stu- pně volno- sti	p	Int. Spolehl. -95,000%	Int. Spolehl. +95,000%
Objem HA	0,061326	0,021542								
Objem DP	0,062240	0,021541	155	-0,000914	0,002086	-5,45532	154	0,00	-0,001245	-0,000583

Stejně jako v předchozích podkapitolách, i u tohoto sortimentu následovalo porovnání rozdílu objemu vypočítaného dle Huberova vzorce s objemem z digitální průměrky. Absolutní rozdíl v tomto případě nabývá hodnoty 1,059 m³ s kúrou. Relativní rozdíl činí 12,33 %, jak uvádí následující tabulka 23.

Tab. 23. Vybrané objemy sortimentu „dřevovina 3 m“

Počet vzorníků (ks)	Objem dle Hubera s.k. (m ³)	Objem z DP (m ³)	Absolutní rozdíl (m ³ s k.)	Relativní rozdíl (%)
155	8,588	9,647	1,059	12,33

Matematicko-statistická analýza těchto hodnot, stejně jako v předešlých případech, ukázala statisticky vysoce významný rozdíl hodnot (tab. 24).

Tab. 24. Výsledky t-testu vybraných objemů sortimentu „dřevovina 3 m“

Promě- nná	T-test pro závislé výběry Označené rozdíly jsou významné na $p < ,050000$									
	Průměr (m ³)	Směrodatná odchylka (m ³)	N (ks)	Rozdíl (m ³)	Směr. Odch. Roz. (m ³)	t	Stu- pně voln o- sti	p	Int. spolehl. -95,000%	Int. spolehl. +95,000%
Objem HA	0,055406	0,020437								
Objem DP	0,062240	0,021541	155	-0,006834	0,004002	-21,2582	154	0,00	-0,007469	-0,006199

6 Diskuse a závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo porovnání přesnosti nastavení měřících systémů vybraného harvestoru a případná použitelnost výrobních dat generovaných jeho výrobně-evidenčním softwarem pro prvotní příjem a evidenci vyrobeného dříví. Provedením kontrolního měření vyrobených sortimentů digitální průměrkou vybavenou elektronickým pásmem byla získána data pro následné porovnání s údaji naměřenými harvestorem. Softwarové vybavení použité průměrky, pracující v komunikačním standardu StanForD, zajišťovalo přenos dat mezi výrobně-evidenčním softwarem harvestoru a digitální průměrkou. Pro porovnání a analýzu rozdílů z obou těchto měření byly soubory přenášeny a shromažďovány prostřednictvím osobního počítače. K tomuto účelu byla vytvořena jednoduchá databáze, do které byla přenesena veškerá data z obou způsobů měření každého jednotlivého výřezu v pořadí tak, jak byl vyroben a změřen harvestorem. Tato databáze obsahuje všech 639 vzorníků vyduhovaných ze 110 kmenů o celkovém objemu 122,477 m³ vypočítaného harvestorem. Ukázkou uvedené databáze obsahuje příloha I. Nastavením trvalého ukládání *.STM souborů ve vybraném harvestoru před započítáním experimentálního měření, byla zajištěna také přesná identifikace každého ze zpracovávaných kmenů, zamezující záměnu porovnávaných dat. Přesnost měření měřících prvků umístěných na hlavici harvestoru byla potom zjišťována porovnáním rozdílů objemu daného výřezu vypočítaného oběma výše zmíněnými způsoby. Předpokladem správného ověření je předchozí kontrola nastavení shodného algoritmu výpočtu objemu ve výrobně-evidenčním softwaru harvestoru a digitální průměrky.

Porovnáním takto získaných a uspořádaných dat a následnou matematicko-statistickou analýzou pomocí studentova párového *t*-testu bylo dosaženo několika dílčích výsledků. Nejprve byly porovnány vypočtené objemy z celkového množství dříví zařazeného do experimentálního měření. K tomuto kroku bylo přistoupeno z důvodu větší důležitosti pro provozní praxi, než je rozbor výsledků po jednotlivých sortimentech sloužící spíše k výzkumným účelům.

Při matematickém porovnání rozdílu mezi celkovým objemem výroby vypočteným harvestorem a posléze digitální průměrkou byl zjištěn relativní rozdíl pouze 0,27 %. V absolutních hodnotách vyšel celkový objem vyrobeného dříví měřeného

harvestorem o 0,033 m³ vyšší než objem změřený a vypočtený digitální průměrkou. Ani následnou statistickou analýzou rozdílů celkového objemu výroby nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Po roztrídění celkově vyrobeného dříví ve výše popsané databázi na jednotlivé druhy sortimentů a porovnání rozdílů jejich objemů vykazovala matematická analýza již větší rozdíly, pohybující se od 0,78 % u sortimentu kulatina 4 m, až po 3,47 % u sortimentu vlákna DTD. Také statistickou analýzou byl u rozdílů mezi oběma způsoby výpočtu objemu zjištěn u všech jednotlivých sortimentů statisticky vysoce významný rozdíl. Nicméně pro příjem dříví je vycházeno z celkového objemu těžby.

Dále byl také v uvedené databázi pomocí vloženého obecného Huberova vzorce vypočten ze stereometrických veličin naměřených harvestorem objem všech vzorků s kůrou, aby nedošlo ke zkreslení výsledků při jejich porovnání, neboť objem dříví softwarem digitální průměrky je také kalkulován s kůrou. Pro účely tohoto výpočtu byla odvozena a do databáze dodatečně vložena středová tloušťka každého výřezu jakou používá vybraný harvestor v nastaveném algoritmu pro výpočet objemu vyrobeného dříví. Následným porovnáním takto vypočtených objemů jednotlivých výřezů s objemy odvozenými digitální průměrkou z tlouštěk měřených po sekcích mohla být vyčíslena tzv. fiktivní ztráta. Tato ztráta může být považována za fiktivní za předpokladu, že při obou způsobech měření byly dodrženy správné postupy a vzniklý rozdíl vychází z odlišnosti zjišťování střední tloušťky, především ze zaokrouhlování dle metody HKS. Relativní rozdíl mezi těmito dvěma metodami činil tedy v celkovém objemu výroby 9,71 %. V absolutní hodnotě nabyla fiktivní ztráta hodnoty 10,83 m³ s kůrou ve prospěch digitální průměrky.

Z výše uvedených výsledků matematicko-statistických analýz lze vyvodit několik závěrů pro provozovatele vybraného harvestoru. Za předpokladu, že procentuální rozdíl v objemech pro kontrolní měření vypočtených harvestorem a poté softwarem Skalman v digitální průměrce ukazuje přesnost měření měřících prvků v hlavici harvestoru, lze dojít k závěru, že nastavení měřidel sledovaného harvestoru je poměrně přesné. V celkovém objemu měřeného dříví splňuje doporučenou maximální odchylku 3 % v „Doporučených pravidlech pro elektronický příjem dříví harvestory v ČR 2018“ (Natov, Dvořák a kol.). Při vyhodnocení po jednotlivých sortimentech jen mírně překračuje uvedenou toleranci u jednoho ze sortimentů. Lze tedy předpokládat, že výrobně-evidenční data z tohoto harvestoru jsou dostatečně

platná pro prvotní příjem dříví a jeho evidenci. V případě porovnání objemů s kůrou vypočtených dle vloženého Huberova vzorce s objemy z digitální průměrky, tedy také s kůrou, však převyšuje rozdíl výše uvedenou toleranci a dokonce také 5% toleranci obecně uznávanou lesnickým provozem.

Při posuzování výsledků tohoto kontrolního měření je však třeba vzít v potaz několik zásadních skutečností. V první řadě je to fakt, že pro experimentální měření byly vybírány jen stromy (vzorníky), které nevykazovaly žádné odchylky od normálu a měly podobné dimenze spadající většinou do sortimentu kulatina III. třídy. Vždy na nich držela kůra v celém rozsahu měření. Dalším neméně důležitou okolností která je pro správnost měření důležitá je vysoce kvalifikovaná obsluha, která dobře ovládá tento typ stroje a orientuje se v nastavení výrobně-evidenčního softwaru a kalibraci měřícího systému harvestoru.

Podobné výsledky kontrolního měření sortimentů vyrobených ze zdravých a pravidelných stromů v mýtních těžbách vykazuje ve své diplomové práci nazvané „Kvantifikace odchylek objemu dříví při jeho měření harvestory a rozbor jejich závislosti na vybraných faktorech“ (Lesák 2017). Autor zde uvádí relativní rozdíl v hodnotě 0,3 % a podotýká, že při porovnání jednotlivých výřezů odchylky kolísají v kladných i záporných hodnotách. Podstatný rozdíl však tento autor uvádí při měření, které provedl na kontrolních vzornících s částečně opadanou kůrou po napadení podkorním hmyzem. Zde se relativní rozdíly vyšplhaly až na hodnotu 7,2 %. Ve své disertační práci nazvané „Metodika pro kalibraci těžebních strojů a analýza výstupů dle StandForD“ (Kabeš 2015) došel autor při porovnávání objemů vypočtených z ručního měření dle čepové tloušťky a objemů z harvestoru k rozdílům v hodnotách 5,0 – 6,0 % u dřeviny smrk. Podobné výsledky uvádějí v periodické zprávě k projektu „Optimalizace sortimentace a druhování dříví zpracovávaného harvestorovou technologií a návrh postupů pro kontrolu přesnosti měření objemu výroby pro posílení produkční funkce lesa a zachování stability porostu vůči škodlivým činitelům“ autoři Dvořák a Chytrý (2017). První dílčí analýzy z velkého počtu měření a porovnání objemu vypočtených dle sekčního měření z veličin zaznamenaných v *.STM souboru a objemu z ručního měření v hraních vykazují průměrnou hodnotu objemových rozdílů u dřeviny smrk 3,96 %. Poněkud jinou metodiku porovnávání rozdílů objemu dříví vyrobeného harvestorem zvolili v případové studii „Měření objemu kulatiny harvestorem a měřícím rámem“ autoři

Rusnáková, Dvořák (2007). V této práci byl objem dříví vypočtený výrobně-evidenčním softwarem harvestoru následně porovnán s objemem stanoveným elektronickým měřicím rámem Kesat při elektronické přejímce dodaného dříví na pilu odběratele. Relativní rozdíl takto porovnaných objemů uvádějí autoři v hodnotě 1,6 %. Jiný způsob využití dat z *.STM souboru byl použit v práci „Stanovení objemových rozdílů mezi zásobou stojícího porostu a skutečně vyrobeným dřívím“ autorů Natov, Walczyk, Dvořák, Sedmíková, Löwe. V této práci se autoři zaměřili na porovnání rozdílů mezi objemem dříví nabízeným v elektronických a prezenčních aukcích zadávaných LČR, s. p. a objemem skutečně vyrobeného dříví vypočteným výrobně-evidenčním softwarem harvestoru. Celkem bylo takto vyhodnoceno 40 elektronických aukcí, u kterých je zásoba porostu stanovena metodou ULT a 7 prezenčních aukcí s porostní zásobou vypočtenou metodou Foresta SG. Celkový sledovaný objem u prezenčních aukcí činil 1 799 m³ a u elektronických aukcí 19 586 m³. Průměrný relativní rozdíl mezi zásobou nabízenou v prezenční aukci a objemem skutečně vytěženého dříví uvádějí autoři v hodnotě 2,19 %, u elektronických aukcí pak činil tento rozdíl 4,82 %. Statistická analýza nepotvrdila, že rozdíly mezi jednotlivými kategoriemi jsou signifikantní.

Závěrem je možno konstatovat, že za předpokladu dodržování známých kontrolních postupů a metodik nastavení měřicích prvků a výrobně-evidenčních softwarů víceoperačních těžebních strojů, lze považovat výstupní data o výrobě dříví za kvalitní a důvěryhodná pro prvotní příjem dříví a jeho evidenci. Díky mezinárodnímu komunikačnímu standardu StandForD jsou veškerá tato data schopná ukládání a přenosu mezi všemi složkami lesní správy a jejich přínos je zásadní pro optimalizaci moderní lesní výroby. Snaha o zvyšování důvěryhodnosti harvestorových měření je základním předpokladem pro správné a efektivní využívání velkého potenciálu takto získaných dat v běžném lesním provozu a navazující dřevařské výrobě tak, jak je to běžné v některých státech severní Evropy.

7 Seznam literatury a použitých zdrojů

BROŽEK, J.: *Analýza technologií těžebních prací v lesním hospodářství*. Bakalářská práce. České Budějovice. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta. 2009. 72 s.

ČERNÝ, M.; PAŘEZ J. *Tabulky a polynomy pro výpočet objemu kulatiny bez kůry*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2002. 25s. ISBN 80-86386-26-0.

ČSN 48 0007. *Tabulky objemu kulatiny podle středové tloušťky*. Praha: Český normalizační institut, 1958. 140 s.

ČSN 48 008. *Tabulky objemu výřezů podle čepové tloušťky*. Praha: Český normalizační institut, 1958. 22s.

DASA CONTROL SYSTEMS AB. *Manual AUI verzion 1,8*. Reparoservis spol. s r.o. 2006. 302 s.

DIETZ, H.; URBANKE, B. *Lanstenheft Harvestervermessung*. Kuratorium für Waldarbeit und Forstechnik e. v., 2010. 32 s. ISBN 978-3-9811335-6-1.

DOUDA, V. *Nepříznivý vliv techniky na lesy v různých etapách vývoje*. Praha: Vysoká škola zemědělská v Praze, Ústav aplikované ekologie a ekotechniky v Kostelci nad Černými Lesy, 1986. 133 s.

DVOŘÁK, J.; NATOV, P. *Plošný a objemový výrobní potenciál pro harvesterovou technologii*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. Konference: Doporučená pravidla pro elektronický příjem dříví harvestory. Kostelec nad Černými lesy, 2017. 114 s.

DVOŘÁK, J.; NATOV, P.; HRIB, M.; NATOVOVÁ, L.; HOŠKOVÁ, P.; BYSTRICKÝ, R.; KOVÁČ, J.; KRILEK, J.; LIESKOVSKÝ, M. *Využití harvesterových technologií v hospodářských lesích/The use of harvester technology in production forests*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2012. 156 s. ISBN 978-80-7458-028-4.

DVOŘÁK, J.; CHYTRÝ, M. *Optimalizace, sortimentace a druhování dříví zpracovávaného harvesterovou technologií a návrh postupů pro kontrolu přesnosti*

měření objemu výroby pro posílení produkční funkce lesa a zachování stability porostů vůči škodlivým činitelům (Periodická zpráva projektu). Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2017. 68 s.

DVOŘÁK, J.; NATOV, P. *Aktuální a strategické možnosti trvale udržitelného poskytování funkcí lesa a služeb polyfunkčního lesního hospodářství veřejnosti z hlediska sociálně-ekonomického, politického a právního v České republice*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016. 22 s.

JANÁK, K.; ONDRÁČEK, K. *Elektronická přejímka dříví*. 1. vydání Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2006. 85 s. ISBN 80-7157-942-4.

JAEGER, D.; SUCHOMEL, CH. *Use of timber harvesting data from single grip harvesters-A survey of contractors in Central Germany*. International Symposium on Forestry Mechanization at Transylvania University of Brasov, September 2017. [vid. 2019-01-15].

KABEŠ, A. *Metodika pro kalibraci těžebních strojů a analýza výstupů dat dle StandForD*. Dizertační práce. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 2015. 142 s.

KOLÁŘ, L. *Hromadná laserová přejímka dříví, štěpky a biomasy*. [online]. 2011. Dostupné z <http://lesprace.silvarium.cz/content/view/2427/>

KORF, V. *Dendrometrie*. 1. vydání Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1972. 371 s.

MALÍK, V.; DVOŘÁK, J. *Harvestorové technologie a vliv na lesní porosty/Harvester technologies and impact on forest stands*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2007. 84 s. ISBN 978-80-86386-92-8.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2013*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014. 136 s. ISBN 978-80-7434-153-3.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2014*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2015. 108 s. ISBN 978-80-7434-242-4.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2016. 132 s. ISBN 978-80-7434-324-7.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2017. 128 s. ISBN 978-80-7434-389-6.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2017*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2018. 116 s. ISBN 978-80-7434-477-0.

MRŇÁK, M. *Stanovení odchylek přesnosti objemu výroby při pni komparací mezi manuálním a elektronickým měřením objemu dříví harvestory ve vybraných výrobních podmínkách*. Bakalářská práce. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 2017. 65 s.

NATOV, P.; DVOŘÁK, J. *Doporučená pravidla pro elektronický příjem dříví harvestory v ČR 2018*. 1. vydání Praha: Produkce BPP s.r.o., 2018. 135 s. ISBN 978-80-906874-7-9.

NERUDA, J.; VALENTA, J. *Determinace poškození lesních porostů těžebními technologiemi*. Brno: Ediční středisko MZLU v Brně, 2004. 61 s.

NERUDA, J. *Harvestorové technologie lesní těžby*. 1. vydání Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 149 s. ISBN 978-80-7375-146-3.

NEUMANN, H.; VOJTĚCHOVSKÝ, J. *Lesnická taxace*. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1972. 271 s. ISBN 07-025-72.

PURSER, P. *Timber Measurement Manual: Standard Procedures for the Measurement of Round Timber for Sale Purposes in Ireland*. July 1999. [vid. 2019-02-10]. Dostupné z:

<http://www.coford.ie/media/coford/content/publication/projectreports/TimberMeasurementManual.pdf>.

Reparoservis spol. s r.o. *Příručka DASA about-dasa*. 2019. Dostupné z www.dasa.se

Reparoservis spol. s r.o. *Technické specifikace strojů*. [online]. Dostupné z www.lesni-technika.cz

RÓNAY, E.; DEJMAL, J. *Lesná ťažba*. 1. vydání Bratislava: Príroda, 1981. 343 s. ISBN 80-86271-14-5.

SIMANOV, V. *Rozdíly v evidované objemu dříví*. Lesnická práce. 2003. vol. 82, no 2, s. 88-90.

ŠMELKO, Š. *Dendrometria*. 1. vydání Zvolen: LFTU Zvolen, 2000. 399 s. ISBN 80-2280-962-4.

ULRICH, R.; SCHLAGHAMERSKÝ, A; ŠTOREK, V. *Použití harvestorové technologie v probírkách*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002. 98 s. ISBN 80-7157-631-X.

ULRICH, T.; NERUDA, J.; ZEMAN, V. sen.; ZEMAN, V. 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.

VACA, D. *Váhová přejímka dřeva*. Lesnická práce. 1999. vol. 78, no 10.

VYSLYŠEL, K. a kol. *Užívání k přírodě šetrných technologií při hospodaření v lesích*. Pracovní metodiky pro privátní poradce v lese. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 2007. 35 s.

WOJNAR, T. a kol. *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice*. 2 aktualizované vydání. Praha: Lesnická práce, s.r.o., 2007. 147 s. ISBN 978-80-87154-01-4.

WILDEMAN, J. *The Technological and Managerial History of Innovation in British Columbia's Forest Industry*. FRST 497, 2011.

8 Seznam grafů a tabulek

Graf 1: Podíl sortimentů na celkovém počtu experimentálního měření.

Graf 2: Matematicko-statistická analýza celkového objemu výroby.

Tabulka 1: Početní stav harvestorů a vyvážecích traktorů.

Tabulka 2: Aktuální vývoj počtu harvestorů v ČR:

Tabulka 3: Charakteristiky terénních typů v terénní klasifikaci „Lesprojekt 1980“.

Tabulka 4: Charakteristiky terénních typů v terénní klasifikaci „Macků, Popelka, Simonov 1992“.

Tabulka 5: Vývoj těžebních metod v ČR.

Tabulka 6: Přípony vybraných souborů pro StanForD.

Tabulka 7: Parametry funkce závislosti tloušťky kůry na průměru stanovené pro jednotlivé dřeviny.

Tabulka 8: Převodní koeficienty.

Tabulka 9: Cenové typy a kódy algoritmů pro výpočet objemu dle StanForD.

Tabulka 10: Objem všech sortimentů.

Tabulka 11: Výsledky t-testu celkového objemu dříví.

Tabulka 12: Porovnání objemu všech sortimentů

Tabulka 13: Objem sortimentu „vláknina 2,5 m (DTD)“.

Tabulka 14: Výsledky t-testu pro sortiment „vláknina 2,5 m (DTD)“.

Tabulka 15: Vybrané objemy sortimentu „vláknina 2,5 m (DTD)“.

Tabulka 16: Výsledek t-testu vybraných objemů „vláknina 2,5 m (DTD)“.

Tabulka 17: Objemy sortimentu „kulatina 4 m“.

Tabulka 18: Výsledky t-testu pro sortiment „kulatina 4 m“.

Tabulka 19: Vybrané objemy sortimentu „kulatina 4 m“.

Tabulka 20: Výsledky t-testu vybraných objemů sortimentů „kulatina 4 m“.

Tabulka 21: Objemy sortimentu „dřevovina 3 m“.

Tabulka 22: Výsledky t-testu pro sortiment „dřevovina 3 m“.

Tabulka 23: Vybrané objemy sortimentu „dřevovina 3 m“.

Tabulka 24: Výsledky t-testu vybraných objemů sortimentů „dřevovina 3 m“.

Seznam příloh

Příloha 1: Vybraný harvestor ROTTNE H-20

Příloha 2: Těžební hlavice vybraného harvestoru s měřicími prvky

Příloha 3: Uložené výřezy označené pro kontrolní měření

Příloha 4: Digitální průměrka

Příloha 5: Výstup z digitální průměrky

Příloha 6: Vzor databáze

Příloha 7: Výstupy na displeji počítače harvestoru

Příloha 8: Ukázka výstupu z harvestoru o produkci (*.PRD soubor)

Příloha 9: Vybrané údaje o LHC „Městské lesy Kutná Hora“

Příloha 10: Vybrané údaje Městské lesy a rybníky Kutná Hora spol. s r.o.

8 Přílohy

Příloha 1: Vybraný harvester ROTTNE H-20

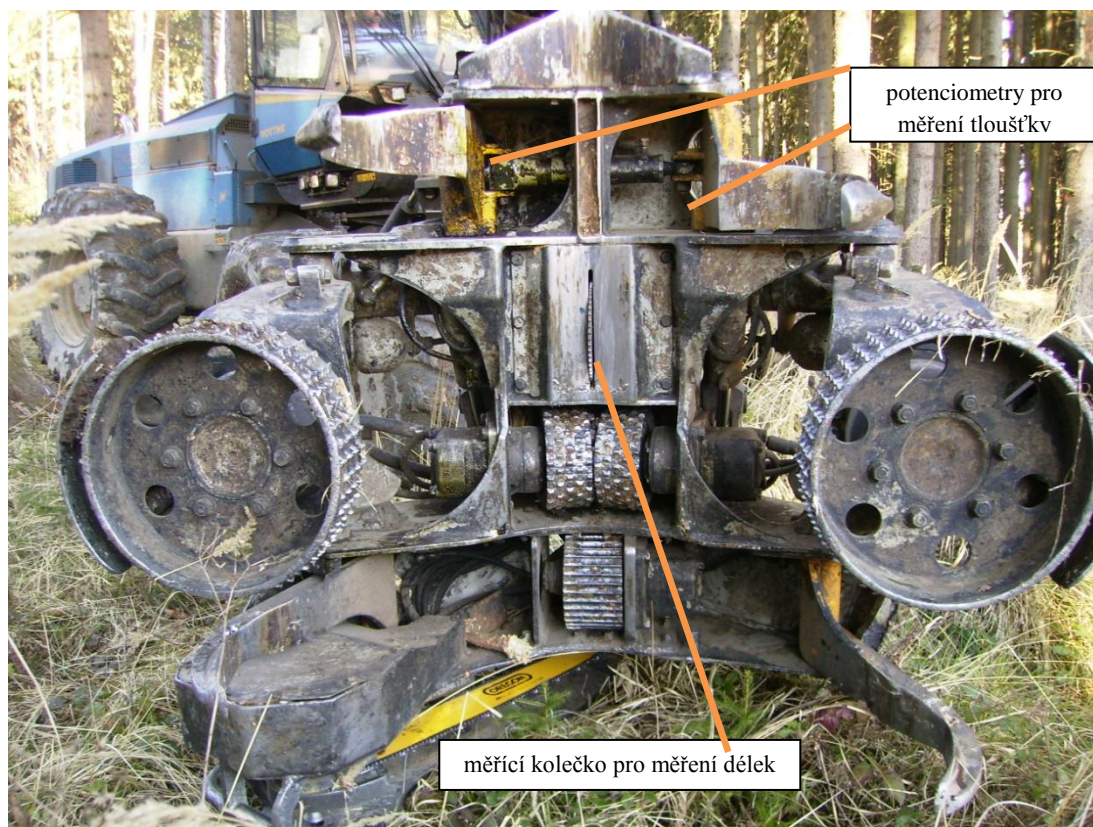


Základní technická data

	typ	objem válců (cm ³)	výkon (kW)	
Motor	John Deere 6081 HF 485	8 100	187	
	typ	rychlost (km/h)	tažná síla (kN)	
Přenos síly	Hydrostaticko-mechanický	pomalá 0-10 rychlá 0-25	200	
	výkon hydraulického čerpadla	pracovní tlak (Mpa)	objem nádrže (l)	
Hydraulický systém	750 l /1700 ot./min.	25	200	
	hmotnost	délka	šířka	výška
Rozměry stroje	21 000 kg	12 940 mm	3 000 mm	4 100 mm

(Zdroj Rottne Industri AB 2006, vlastní zpracování)

Příloha 2: Těžební hlavice vybraného harvestoru s měřicími prvky



Těžební hlavice EGS 700

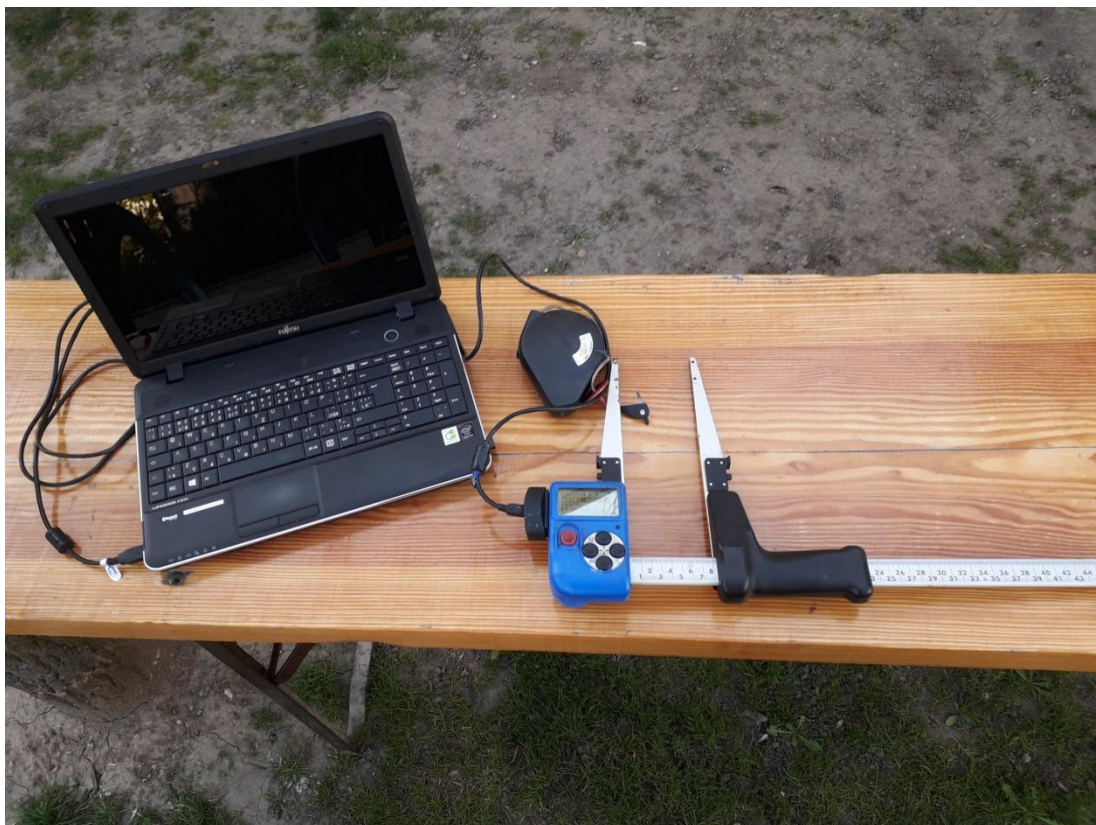
Maximální úřez	750 mm
Odvětovací nože	50 - 700 mm
Maximální otevření podávacích válců	1050 mm
Síla podávacích válců	27 kN
Rychlost odvětování	3,7 m/s
Hmotnost hlavice	1400 kg

(Zdroj: Rottne Industri AB 2006, vlastní zpracování)

Příloha 3: Uložené výřezy označené pro kontrolní měření



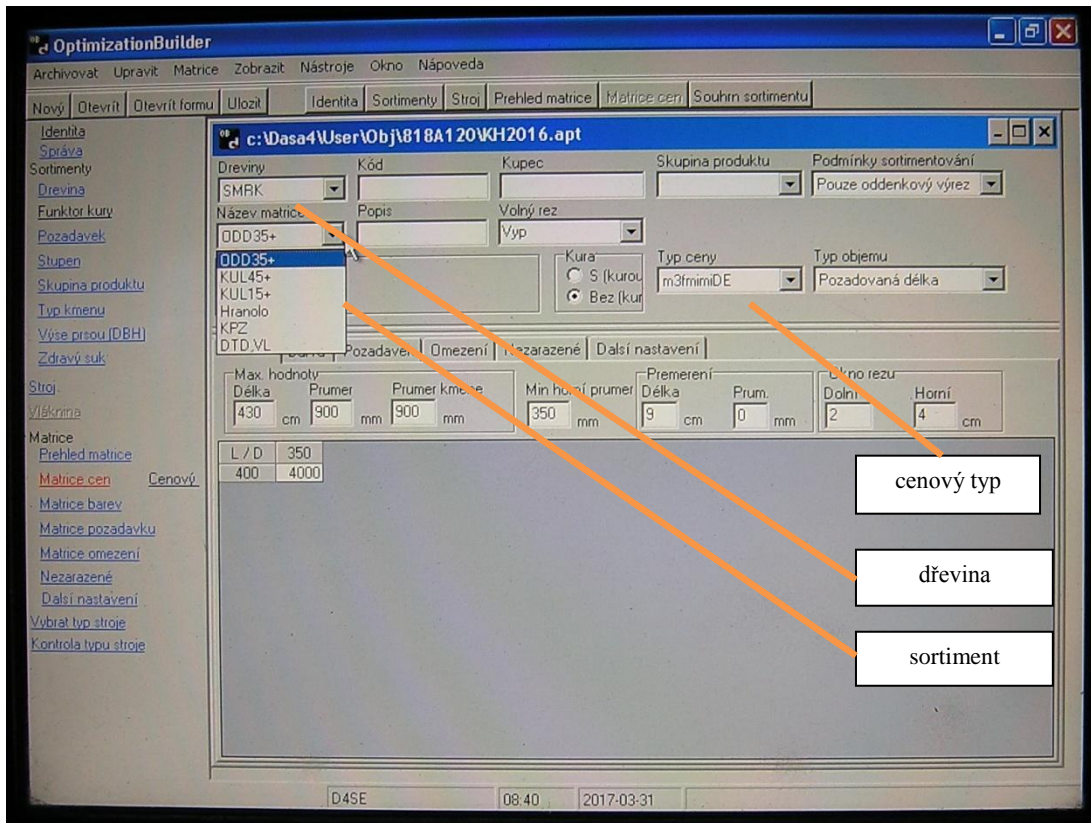
Příloha 4: Digitální průměrka



Příloha 6: Vzor databáze

Číslo stromu	Číslo výřezu	Dřevina	Sortiment	Skutečná délka	Jmenovitá délka (m)	d1/2	d1/2 (cm)	Objem z HA pro kontrolní měření	Objem z HA dle cenového typu	Objem dle Hubera (m ³ s.k.)	Objem z DP
48	1	SMRK	VLAKNINA	206	2	122	0,12	0,024	0,019	0,023	0,024
48	2	SMRK	VLAKNINA	206	2	106	0,1	0,019	0,013	0,016	0,018
48	3	SMRK	VLAKNINA	205	2	89	0,08	0,015	0,010	0,010	0,015
58	1	SMRK	DTD	254	2,5	296	0,29	0,184	0,154	0,165	0,178
58	2	SMRK	Kulatina 4	416	4	280	0,28	0,257	0,212	0,246	0,258
58	3	SMRK	Kulatina 4	416	4	256	0,25	0,218	0,181	0,196	0,220
58	4	SMRK	Kulatina 4	416	4	236	0,23	0,183	0,152	0,166	0,184
58	5	SMRK	Kulatina 4	416	4	216	0,21	0,151	0,126	0,138	0,156
58	6	SMRK	DREVOV 3	304	3	178	0,17	0,079	0,068	0,068	0,080
58	7	SMRK	DREVOV 3	304	3	143	0,14	0,052	0,046	0,046	0,053
58	8	SMRK	DTD	255	2,5	96	0,09	0,020	0,013	0,016	0,020
784	1	SMRK	DTD	254	2,5	416	0,41	0,365	0,314	0,330	0,350
784	2	SMRK	Kulatina 4	415	4	398	0,39	0,521	0,454	0,478	0,519
784	3	SMRK	Kulatina 4	415	4	372	0,37	0,461	0,385	0,430	0,491
784	4	SMRK	Kulatina 4	416	4	348	0,34	0,392	0,342	0,363	0,406
784	5	SMRK	Kulatina 4	416	4	312	0,31	0,316	0,264	0,302	0,320
784	6	SMRK	DTD	254	2,5	278	0,27	0,155	0,133	0,143	0,138
784	7	SMRK	DTD	255	2,5	223	0,22	0,107	0,087	0,095	0,095
786	1	SMRK	Kulatina 4	416	4	204	0,2	0,139	0,113	0,126	0,135
786	2	SMRK	DREVOV 3	303	3	181	0,18	0,080	0,068	0,076	0,080
786	3	SMRK	DREVOV 3	304	3	163	0,16	0,064	0,053	0,060	0,064

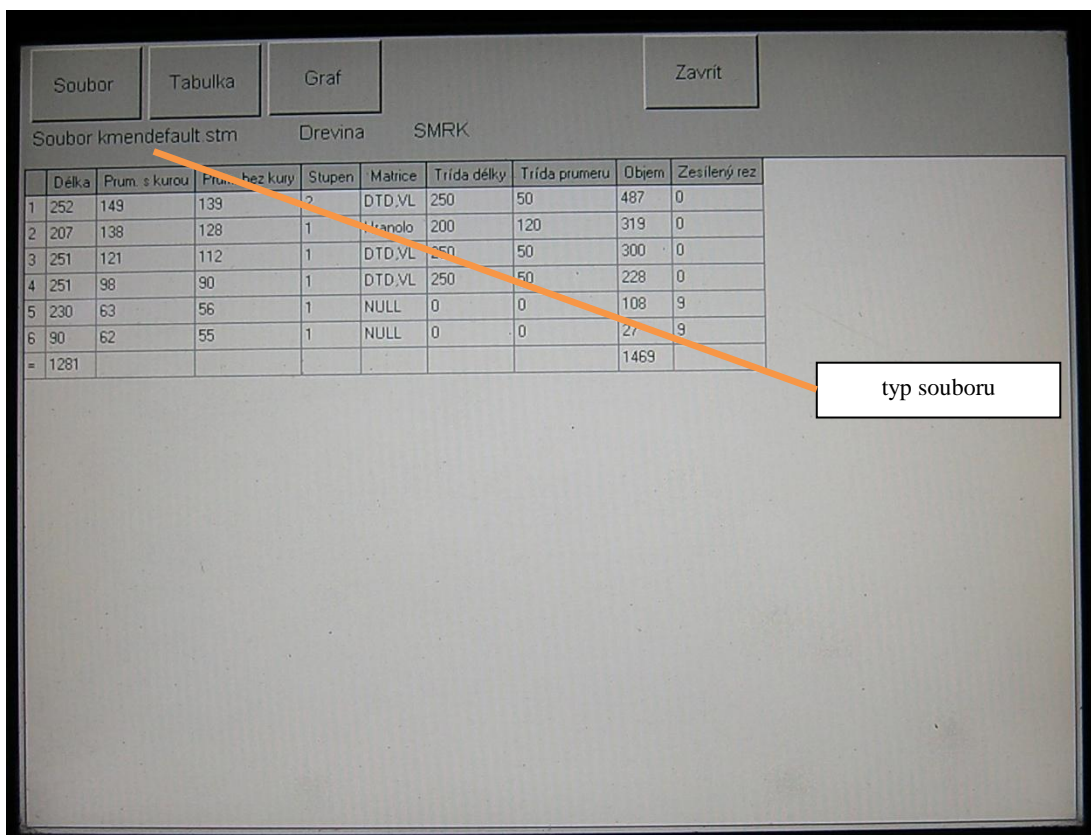
Příloha 7: Výstupy na displeji počítače harvestoru



cenový typ

dřevina

sortiment



typ souboru

Příloha 8: Ukázka výstupu z harvestoru o produkci (*.PRD soubor)

Overení měření:			
Datum výtisku:	2018-12-11		
Harvestor:			
Císlo stroje:	Dasa4	Verze:	Rottne D4 1.7.1 - 1.7.1 D4-D5
Výrobní číslo:	90606		
Typ stroje:	ROTTNE H-20		
Datum kalibrace:		Datum kontrolního měření:	
Tezba:		Pokyny pro sortimenty:	
Název souboru:	887c110.prd	Název souboru:	Opatovice.apr
Datum zahájení:	2018-12-10 14:02:58	Identifikační informace:	MLaR Kutna Hora
Datum ukončení:		Datum vytvoření:	2017-07-24 09:10:15
Organizace:		Subdodavatel:	
Organizace:	MLaR Kutna Hora	Subdodavatel:	
Datum výtisku:		Kód:	
Oblast:		Jméno:	
Pracovní skupina:		Adresa:	
Skládka dříví:		E-Mail:	
		Tel/fax:	
Objekt:		Smlouva:	
Císlo objektu:		Kupující:	
Znacky pro rezání:		Dodavatel:	
Císlo úseku:		Císlo smlouvy:	
Císlo dodávky:		Císlo smlouvy (VIOL):	
Certifik.:	Necertif.		

Sortiment	Kód	Popis	Kupec	Pocet výřezy	Objem	Cenový typ	Celková délka	Střední délka
SMRK								
KULATIN				6	5,38	m3fmimiDEu	24,9	415,7
KULATI				208	49,45	m3fmimiDEu	860,9	413,9
VLAKNIN				401	18,38	m3fmimiDEu	823,1	205,3
DTD				173	33,37	m3fmimiDEu	437,5	252,9
BOROVI								
KUL4				0	0,00	m3fmimiDEu	0,0	0,0
VL.DTD				0	0,00	m3fmimiDEu	0,0	0,0
MODRIN								
KULATIN				8	3,09	m3fmimiDEu	33,1	413,9
VL.DTD				8	0,48	m3fmimiDEu	16,5	205,8
LISTNAT								
VL4				14	0,69	m3fmimiDEu	57,7	412,2
Soucet				818	110,83		2253,6	275,5

Soucet	Pocet kulatin	Pocet výřezy	Celková délka	Objem (m3)	Průměrná kulatina
SMRK	99	788	2146,4	113,52	1,147
BOROVICE	0	0	0,0	0,00	
MODRIN	2	16	49,6	3,78	1,892
LISTNATE	8	14	57,7	0,77	0,096
Soucet	109	818	2253,6	118,07	1,083

Výtisk overil:

Kupující	Datum	Dodavatel	Datum
----------	-------	-----------	-------

Příloha 9: Vybrané údaje o LHC „Městské lesy Kutná Hora“

Celkový objem těžeb za rok 2018

druh těžby	výchovné těžby (m ³)	kůrovcové těžby (m ³)	vítr (m ³)	ostatní nahodilá těžba (m ³)	celkem (m ³)	relativní podíl (%)
JMP	0	9 581	3 818	370	14 188	60,3
harvestory	419	7 481	1 852	0	9 333	39,7
celkem	419	17 062	5 670	370	23 521	100

Soustředování dříví

	Forwardery (m ³)	vyvážecí soupravy (m ³)	UKT (m ³)	celkem (m ³)
vlastní	5 936	13 589	1 497	21 022
cizí	587	0	1 146	1 733
celkem	6 523	13 589	2 643	22 755

Příloha 10: Vybrané údaje Městské lesy a rybníky Kutná Hora spol. s r.o.

Celkový objem dříví zpracovaného střediskem harvestorové technologie za rok 2018

2018	Rottne H-20 (m ³)	Rottne H-11 (m ³)	celkem (m ³)
těžba dříví na majetcích města Kutná Hora	5 699	3 634	9 333
těžba dříví na cizích majetcích	25 666	19 088	44 754
celkem	31 365	22 722	54 087

Celková těžba dříví za rok 2018 dle dřevin a sortimentů

dřevina	kulatina III. třídy (m ³)	dřevovina (m ³)	KPZ + vláknina (m ³)	palivo (m ³)	celkem (m ³)
SM	14 210	1 665	5 099	252	21 226
BO	638	0	34	53	725
MD	702	0	28	5	735
listnaté	184	0	138	513	835
celkem	15 734	1 665	5 299	823	23 521