

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra lesnických technologií a staveb**

**Technologie soustředování dříví v plantážích  
rychle rostoucích dřevin v České republice**

**Bakalářská práce**

**Autor: Lukáš Butor**

**Vedoucí práce: Ing. Martin Jankovský, PhD**

**2018**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lukáš Butor

Lesnictví

Název práce

**Technologie soustředování dříví v plantážích rychle rostoucích dřevin v České republice**

Název anglicky

**Skidding system in fast growing tree species plantations in the Czech Republic**

---

### Cíle práce

Shromáždit informace o soustředování dříví v plantážích rychle rostoucích dřevin. Zhodnotit specifika, náročnost, výhody a nevýhody používaných technologií.

### Metodika

Zhodnocení technologií soustředování dříví na plantážích rychle rostoucích dřevin na základě studia odborné literatury a dotazníkového šetření u vybraných pěstitelů rychle rostoucích dřevin. Vyhodnocení dat, zpracování výsledků.

## **Doporučený rozsah práce**

30-40 stran

## **Klíčová slova**

soustředování dříví, rychle rostoucí dřeviny, topol

---

## **Doporučené zdroje informací**

- HARTSOUGH, B. R., STOKES, B. J., KAISER, C. Short-rotation poplar: a harvesting trial. Forest products journal, 1992, 42:59-63.
- MACPHERSON, G. et al. Home-grown energy from short-rotation coppice. Farming Press Ltd., 1995.
- MOUSAVI, R., et al. Evaluation of full tree skidding by HSM-904 skidder in patch cutting of aspen plantation in Northern Iran. Journal of Forest Science, 2012, 58: 79-87.
- PŘÍHODA, J. Automatizace sklizně rychle rostoucích dřevin, Lesnická práce, 2013, 92(5): 23-24.
- SPINELLI, R., HARTSOUGH, B. R. Harvesting SRF poplar for pulpwood: Experience in the Pacific Northwest. Biomass and Bioenergy, 2006, 30: 439-445.
- TURNER, T. L., HUHLER, N. K., BOUSQUET, D. W. Farm tractor skidding costs in relation to profitability of a fuelwood harvesting system. Northern Journal of Applied Forestry, 1988, 5: 207-210.
- VANBEVEREN, S. P. P., et al. Operational short rotation woody crop plantations: Manual or mechanised harvesting? Biomass and Bioenergy, 2015, 72: 8-18.
- 

## **Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FLD

## **Vedoucí práce**

Ing. Martin Jankovský, PhD.

## **Garantující pracoviště**

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 31. 10. 2017

**doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2018

**prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.**

Děkan

V Praze dne 16. 02. 2018

---

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Technologie soustředování dříví v plantážích rychle rostoucích dřevin v České republice vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Jankovského, PhD a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom/a že zveřejněním bakalářské 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.

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat v první řadě Ing. Václavu Štíchovi, Ph.D. díky němuž jsem si mohl zvolit tuto zajímavou práci, ale také za jeho podporu, pomoc a obětování jeho času při sběru dat a jejich zpracování. Dále děkuji Ing. Martinu Jankovskému, Ph.D. za odborné rady při psaní této bakalářské práce.

Nesmím opomenout mé kamarády a spolužáky, kteří mi poskytli mnoho dobrých rad a nápadů pro závěrečné zpracování. Zejména však Miroslava Rejchrtu a Lucii Horákovou, kteří mi poskytli velkou motivaci a spoustu rad při psaní bakalářské práce. Hlavně děkuji své rodině za poskytnutou psychickou, časovou a finanční podporu po celou dobu mého studia.

Tato závěrečné práce vznikla za podpory projektu TAČR GAMA TG03010020, Elektrický vyvážecí stroj.

V Praze dne 16.4.2018

Lukáš Butor

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývala shromážděním informací o soustředování dříví v porostech RRD, zhodnocením jejich specifík, náročností a také výhod a nevýhod používaných technologií. V první části byly informace získány chronometráží, měřením objemů ve výčetních tloušťkách a délek soustředovaných kmenů v porostech rychle rostoucích dřevin nacházejících se v Pardubickém kraji v blízkosti města Holice. Tady byla měřena produktivita stroje ESD 800, jež byla v další části nadále porovnáována s dalšími stroji z této problematiky. Z měření byla odhadnuta výkonnost stroje na 100 kusů za hodinu práce stroje, při průměrné výčetní tloušťce 8.41 cm vyvážených kmenů. Výsledky dokazují že se jedná o stroj, který obstojí v konkurenci jiných prostředků využívaných v tomto oboru a je vhodnou alternativou pro menší vlastníky porostů RRD, díky nízké pořizovací ceně.

**Klíčová slova:** Rychle rostoucí dřeviny, topol, soustředování dříví, vrba

## **Abstract**

This bachelor thesis was focused on gathering information about timber forwarding on short rotation coppices and evaluating its specifics and related difficulties. It was also focused on the advantages and disadvantages of the technology used. Information for the first part was gathered through chronometry, measuring the stem diameter at breast height, and lengths of the forwarded stems in short rotation coppices, located in the Pardubice region near the town of Holice. That is where the productivity of ESD 800 machine was analysed. The ESD 800 is the machine which was compared with other machines used for the forwarding timber from short rotation coppices. The measurement gave a base for the estimation of productivity – about 100 stems per hour of work were forwarded from the plantations, with the mean diameter at breast height reaching 8.41 cm. The results proved that the ESD 800 machine can compete with other machines used for the same purpose and can be a viable alternative for smaller short rotation coppice owners thanks to its lower purchase price.

**Key words:** Short rotation coppice, poplar, timber skidding, willow

# Obsah

<b>Seznam tabulek</b> .....	9
<b>Seznam ilustrací</b> .....	10
<b>Použité zkratky a symboly</b> .....	11
<b>1 Úvod</b> .....	12
<b>2 Cíle práce</b> .....	13
<b>3 Rozbor problematiky</b> .....	14
3.1 Dřeviny v porostech RRD .....	14
3.2 Pěstování RRD .....	15
3.3 Péče a ochrana po výsadbě .....	16
3.4 Těžba a primární transport z plantáží .....	16
3.4.1 Těžba .....	16
3.4.2 Primární transport biomasy z plantáží .....	17
3.4.3 Primární transport pomocí harvesterových technologií .....	18
3.5 Primární transport technologií Cut-and-storage .....	19
3.5.1 ESD 800 .....	20
3.5.2 Caterpillar D4H .....	20
3.5.3 Lanovkové systémy .....	21
3.5.4 Bell T12B .....	22
3.5.5 Traktor s návěsem .....	22
3.5.6 Stemster MKIII .....	22
3.5.7 Biobaler WB55 .....	23
3.6 Primární transport způsobem Cut-and-chip .....	24
<b>4 Metodika práce</b> .....	26
4.1 Charakteristika porostních ploch .....	26
4.2 Práce před započítáním vyvážení dříví .....	26
4.2.1 PŘP .....	26

4.3	Měření výkonnosti zařízení ESD 800 .....	26
5	<b>Výsledky a diskuze</b> .....	29
5.1	ESD 800 .....	29
6	<b>Závěr</b> .....	36
7	<b>Seznam literatury a použitých zdrojů</b> .....	37
8	<b>Seznam příloh</b> .....	40
9	<b>Přílohy</b> .....	41



## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 Výsledky časové studie pro forwarder ESD 800 v obou porostech .....	30
Tabulka 2 Porovnání výsledků časové studie pro ESD 800, Caterpillar D4H s drapákem ESCO 12F, Bell T12B a lanovkou Koller K300 .....	32
Tabulka 3 Produktivita strojů ESD 800, Caterpillar D4H, Bell T12B a lanovky Koller K3000 s pohledem na výčetní tloušťku kmenů a pořizovací cenou strojů. ....	34

## **Seznam ilustrací**

Obr. 1 Japonský topol neboli klon J-105 .....	14
Obr. 2 Vyzobrazení stroje ESD 800 ve 3D nákresu a některé jeho charakteristiky ..	20
Obr. 4 Stemster MKIII.....	23
Obr. 5 New Holland FR 9060.....	25

## **Použité zkratky a symboly**

RRD – rychle rostoucí dřeviny

ESD – elektronický svážeč dřeva

CZK – czech koruna

Kč – koruna česká

kW – kilowatt

Mg – megagram

t – tuna

° C – stupeň Celsia

TP – topol

VR – vrba

mm – milimetr

cm – centimetr

m – metr

ha – hektar

n – počet

ks – kus

odt – oven dry tonne (Tuna sušiny)

pmh – productive machine hour (Produktivní hodina stroje)

PŘP – přenosná řetězová pila

# 1 Úvod

Tato práce se zabývá technologiemi dopravy dříví v porostech rychle rostoucích dřevin u nás, ale i ve světě. Plantážové pěstování rychle rostoucích dřevin, jako je například topol Japonský, což je kříženec topolu černého a topolu Maximowiczova, je stále na začátku svého vývoje a neustále se zdokonaluje. K nám se tato činnost dostala až na začátku 90. let (Weger 2013). V současné době se primární transport dříví z porostu RRD spojuje s její těžbou, díky využití mechanizace, která současně při sklizení zpracovává dřevní hmotu na štěpku a ta je ihned odvážena k dalšímu zpracování. A tak je tedy běžný způsob vyvážení z porostů pomocí zemědělských traktorů, lanovek a vyvážecích souprav dominantou pouze malých vlastníků. Využití harvesterové mechanizace se vyplácí časově i finančně velkým vlastníkům či pěstebním družstvům, kde se investiční a provozní náklady rozloží na více vlastníků. Z konvenčních způsobů vyvážení se vyplácí použití specializovaných strojů, např. prototyp forwarderu ESD 800, Stemster MKIII, lesnických forwarderů a sklízecích strojů jako je např. New Holland FR9060 se sklízecí hlavicí 130FB.

Technologie sklizení biomasy z porostů RRD se dělí do dvou skupin podle zpracování biomasy cut-and-chip (sklizení a štěpkování) a cut-and-storage (sklizení a snopkování) (Pecenka a Hoffmann 2015). U prvně zmiňovaného je primární transport součástí těžby, jelikož je biomasa ihned zpracovávána na štěpku a pomocnými stroji odvážena do skladišť, či případně na jiná místa. Druhý způsob obsahuje dva kroky – sklizeň hmoty a poté vyvážení oddenků v celých kusech z porostu.

## **2 Cíle práce**

Cílem této bakalářské práce je rozšíření obecných vědomostí v oboru rychle rostoucích dřevin se zaměřením na soustředování z porostu, zaměřené na porovnání informací o technických parametrech, jejich časovým hodnocením u konvenčních strojů, ale i např. porovnání s domácím prototypem stroje výrobců z Pardubicka. Hlavním cílem je porovnat výhody a nevýhody různých způsobů dopravy dříví v poměru na velikost výroby a poskytnout přesné, nezaujaté a věrohodné informace k této problematice, získávané nejen z naší republiky.

### 3 Rozbor problematiky

#### 3.1 Dřeviny v porostech RRD

Jedna ze strategií pro zajištění materiálu spotřebitelného v energetickém průmyslu a ke snížení dopadu klimatických změn v Evropské Unii je zakládání a používání dřevin z porostu RRD jako obnovitelný zdroj energie (Njakou Djomo et al. 2015).

Ekonomická efektivnost vždy byla, je a bude nejdůležitějším požadavkem plantáží RRD. Nejvhodnější dřevinou pro plantáže rychle rostoucích dřevin je tzv. Japonský topol nebo jinak zvaný J-105. U nás je 80-90 % plantáží založeno s tímto klonem (Weger 2013), tento druh je vhodný jak na výrobu štěpky, tak i palivového dřeva. Jeho vady, jež jsou křivost kmene a velké vyvětřování jsou zanedbatelné, jelikož křivost zde není závadou – jedná se o palivové dřevo případně štěpku a vyvětřování nám maximalizuje produkci biomasy. Další možnosti z rodu topolů jsou klony NE-42 a P-468. Tyto dva druhy jsou vhodné do určitých půdních a klimatických podmínek, u klonu NE-42 se jedná o teplejší podmínky a pro P-468 o vlhčí klimatické podmínky (Weger 2013).



*Obr. 1 Japonský topol neboli klon J-105*

*Zdroj: Lukáš Butor*

Další z dřevin vhodných do porostů rychle rostoucích dřevin jsou vhodní zástupci rodu vrby. Zde záleží na způsobu upotřebení biomasy. Pro polínkaření je nejvhodnější klon S-195 neboli vrba červenavá. Pro štěpku tedy těžbu řezačkou se doporučuje vrba košíkářská označovaná kódem S-337. Univerzálem mezi těmito druhy je vrba Smithova,

která se dá sklízet jako štěpka či polínka. Tento zástupce rodu vrb se vyznačuje výbornou výmladností, dlouhou životností a šířkou ekologické amplitudy (Weger 2013).

Výběr vhodných klonů a odrůd rychle rostoucích dřevin pro danou výsadbu musí vycházet ze znalosti stanovištních podmínek zvolené lokality. Pokud je tedy zvolené stanoviště pro topoly či vrby vhodné, je možné vybrat nejvhodnější klony, případně jejich odrůdy, na základě jejich specifických vlastností a nároků (Weger 2009).

### **3.2 Pěstování RRD**

Výmladkové plantáže RRD jsou novou formou zemědělského hospodaření, založené na regenerační výmladkové schopnosti vybraných klonů topolů a vrb, která umožňuje opakované sklizení bez potřeby založení nového porostu. Základní prvky koncepce pěstování výmladkových plantáží byly vytvářeny v Severním Irsku, Anglii a Švédsku již v průběhu 70. a 80. let minulého století jako alternativní způsob zemědělského hospodaření s odbytem pro papírenský a energetický průmysl. Od známějších lesnických kultur se liší tím, že se pěstují pouze na zemědělské půdě převážně zemědělskými agrotechnickými postupy (Weger 2009).

Rozmnožování a distribuce RRD se řídí podle § 25 zákona č. 219/2003 Sb. o oběhu osiva a sadby, rychle rostoucí rostliny jsou zařazeny do kategorie okrasných rostlin v § 25 (Rozmnožovací materiál okrasných druhů).

Začátek výsadby závisí hodně na místních podmínkách. Obecně se uvádí období, kdy je teplota půdy vyšší než 5 °C, u nás tedy březen až konec dubna. Manuální způsob výsadby se provádí zapichováním řízků topolu svisle nebo mírně našikmo do půdy, či předem připravených děr. Řízek může vyčnívat maximálně 3 cm nad povrch, avšak na těžších jílovitých půdách se doporučuje kvůli vysušení půdy ponechávat řízek vyčnívat až 5 cm nad povrchem s tím, že vrcholový pupen by měl být současně nad povrchem. Podobně jako u typických lesních dřevin je třeba půdu okolo řízku zhutnit. Mechanizovaná výsadba je závislá na typu sazeče, postup je shodný jako u výsadby lesních dřevin, je ale potřeba dodržet zásadu vyčnívání řízku podobně jako u manuální výsadby (Weger a Havlíčková 2002).

Ochrana výsadby je podobná jako u lesních dřevin, je tedy potřeba ochránit řízky před přímým slunečním svitem a udržovat jejich vlhkost (Weger 2013).

Rozpoložení výsadby závisí na způsobu sklizně, zavětvení a rozložením budoucí těžby. Menší vlastníci rozdělují plochu na více částí podle systematickosti a období sklizně, což jim dovoluje například z 1 hektaru plochy rozložit vysazení na více či méně částí po jednom roce od sebe. Tento způsob dovoluje sklizeň podle odbytu (Špatenka 2015).

### **3.3 Péče a ochrana po výsadbě**

Stejně jako v lesnictví je z důvodu minimalizace ztrát, třeba dbát na ochranu dřevin. Jelikož se plantážové rostliny vysazují v otevřených, dobře prosvětlených prostorech, kde jsou půdy, na kterých se daří různým plevelům, které svým růstem omezují přírůst dřevin. Základem je tedy třeba dbát na dobré odplevelení. Počet zásahů se odvíjí především od kvality půdy a její vlhkosti. Běžně se na plantážích provádí zásahy dvakrát až třikrát ročně (Weger a kol. 2008).

Mezi typy zásahů se řadí:

1. ruční ochrana,
2. mechanická ochrana,
3. chemická ochrana.

### **Hnojení**

Dále se plantáže pro maximální výnos a prodloužení její životnosti musí hnojit, jelikož po 15-25 letech začne výnos plantáže klesat pod úroveň ekonomické rentability (Weger a Havlíčková 2002).

## **3.4 Těžba a primární transport z plantáží**

### **3.4.1 Těžba**

Těžba je, podobně jako soustředování, jedna z nejdražších a časově nejnáročnějších činností v porostech RRD (Turk a Gumus 2010). Spotřebuje 30-60 % nákladů a z velké části určuje trhovou cenu dané formy dendromasy. Japonský topol, dřevina nevíce používaná na plantážích RRD u nás, je druhem dospívajícím už v 8. roku věku. Jelikož se jedná o invazivní druh, je třeba topolové plantáže sklízet ještě před 8. rokem věku. S rozmachem mechanizace se sklizeň, jako část procesu, stává jednodušší.



Jenomže pořízení těžební techniky stojí často mnoho peněz. Pro menší vlastníky je tedy jednodušší využít levnější techniku, tedy motorovou pilu (Příhoda 2013).

Další z možností těžby porostů se nabízí rozličná mechanizace, různé adaptéry za traktory nebo i samostatné stroje. Dnes se těchto strojů na trhu nabízí nespočet, ale stále jsou pro menší vlastníky cenově těžce dostupné. Velkým omezením bývá limitní velikost průměru kmene, kterou dokáží tyto stroje zpracovat, to se ale dá lehce naplánovat. Obrovskou výhodou je naopak jejich rychlost, například řezačka na štěpku Krone Bi X s adaptérem WoodCut 1500 dokáže zpracovat i kmeny o rozměru do 150 mm a o výšce až 7 m. Výkon zařízení závisí na rychlosti pojezdu, ale může činit až 1 hektar za hodinu. Další ze zástupců řezaček štěpky je například adaptér za traktory Ny Vraa. Tyto adaptéry jsou nesené na tříbodovém závěsu a dokáží zpracovat je 0,6 až 1 hektar za hodinu (Příhoda 2013).

### **3.4.2 Primární transport biomasy z plantáží**

Soustředování dřeva z lesa na odvozní místo, podobně jako těžba, je jedna z nejdražších a časově nejnáročnějších činností v lesní těžbě (Mousavi 2009). Samotné soustředování se stalo tedy dominantou menších vlastníků ale i větších firem, které se specializují na práci s celými kmeny. Soustředování převážně probíhá v zimním období, kdy je zamrzlá půda a má vyšší únosnost, a kdy jsou jiné pěstební činnosti omezeny (Shaffer et al. 2009). Primární transport biomasy z plantáží RRD se v současné době dají shrnout do dvou kategorií, a to technologie cut-and-chip (pořezat a štěpkovat) a cut-and-storage (pořezat a snopkovat) (Pecenka a Hoffmann 2015).

Při soustředování na plantážích malých vlastníků stále dominují různé farmářské traktory s návěsem, či přívěsem. Jedná se o efektivní investice, které relativně málo poškozují životní prostředí (Turk a Gumus 2010). V naší zemi se jedná o velmi častý způsob soustředování dřeva z porostu. Traktory jsou nyní velice dostupné. Pro malé vlastníky se také jedná o nejjednodušší způsob vyvážení dřeva z plantáží RRD. Při pořizování traktoru je třeba přihlížet k jeho velikosti. Při použití mini traktoru můžeme ponechat oproti obyčejnému traktoru velmi hustý spon stromů, čímž zvýšíme počet kusů na hektar. Jeho nevýhodou je však, oproti univerzálním traktorům, menší nakládací plocha, tudíž i častější přejíždění z porostu na odvozní místo (Turk a Gumus 2010). S dobou jdou ruku v ruce i různé nové technologie jako například elektronický svázeč

dřeva. Z toho se mohou těšit především menší vlastníci. Hlavně díky nižší pořizovací ceně, dobré efektivitě a elektrickému pohonu se provozní náklady výrazně sníží. Nevýhodou tohoto stroje a jemu podobných je délka doby jízdy při zátěži, která se odvíjí od sklonu povrchu, váze zátěže ale i překážkám které se nachází na cestě (Špatenka 2016).

Avšak existují i jiné způsoby jako například stahováním lanovkou. Výhoda této technologie je možnost využití na velmi zamokřených půdách, kde by jiné stroje příliš poškodily vyvážecí linky. Nevýhodou je až o 25% vyšší provozní cena oproti traktorovým vyvážecím systémům (Hartsough et al. 1992) .

### **3.4.3 Primární transport pomocí harvesterových technologií**

Tento způsob spojuje těžbu a primární transport z porostu RRD. V současné době je pro velké plochy z hlediska výnosů samozřejmostí i harvesterová technika schopná sklídit dřevinu v intervalech 3-6 let. Pro tento způsob sklizně se doporučuje období zimy, kdy je půda dostatečně zmrzlá a manipulace je jednodušší (Vanbeveren et al. 2017).

Harvesterové technologie využívají specializovaných strojů, které jsou schopny sklízet dřeviny převážně těmito způsoby.

- A) **Požezání a štěpkování (dále jen cut-and-chip)** – Tento způsob využívá buď specializované, nebo i přídatné zařízení, které je schopno okamžitého zpracování na štěpku, jež je rovnou nakládána například na traktor s návěsem.
- B) **Požezání a snopkování (dále jen cut-and-storage)** – Tento způsob sklizení využívá převážně jednoduché přídatné zařízení za traktor, jež podřezává jednotlivé stromy v nastavené výšce a spojuje je do snopků. Tyto snopky se dále buď ponechávají na plantáži k vyschnutí nebo se ihned odváží k následnému zpracování (Pecenka a Hoffmann 2015).

U nás se při sklizni uplatňuje kooperace pěstitelů v oblasti, či případné založení pěstebního družstva, které by bylo schopné efektivně využít tyto stroje na sklizeň a výhodou je že pořizovací cena stroje se rozloží na více subjektů (Weger a Havlíčková 2002).

V průběhu sklizně je dřevina řezána, štěpkována a hned nakládána na valník jedoucí podél sklízecího stroje nebo připevněný ke sklízecímu stroji. Pak je štěpka transportována k nákladnímu kamionu nebo do jiných skladovacích ploch. Minimálně 2 traktory a valníky jsou potřeba pokud má sklízecí stroj pracovat nepřetržitě. Často je možné sklízet

na nezamrzlé půdě, ale některá pole mohou být příliš promáčená a měkká pro sklizení. V takových případech je logickým řešením mít namontovány pásy na sklízecím stroji, traktoru i valníku. Podobný systém využívá stroj Stemster MKIII (Weger a kol. 2004).

Existují i speciální balíkovače, které jsou schopny dřevní hmotu současně nařezat a nabalíkovat. Jedná se však o novou technologii, kde u provedených měření chybí důležité informace (Vanbeveren et al. 2017).

### 3.5 Primární transport technologii Cut-and-storage

Sklizeň tímto způsobem se skládá ze dvou kroků. Dřevo je nejdříve pokáceno a dále svázeno k přeměně na štěpku, či palivové dřevo. Tento způsob je podobný primárnímu transportu používaném v běžných hospodářských lesích využívaných na produkci sortimentů o větším průměru, které by na plantážích RRD bylo nevýhodné, případně nemožné sklízet zemědělskou technikou. Obecně díky komplexnějšímu procesu má způsob cut-and-Storage nižší produktivitu než způsob Cut-and-chip (Pecenka a Hoffmann 2015).

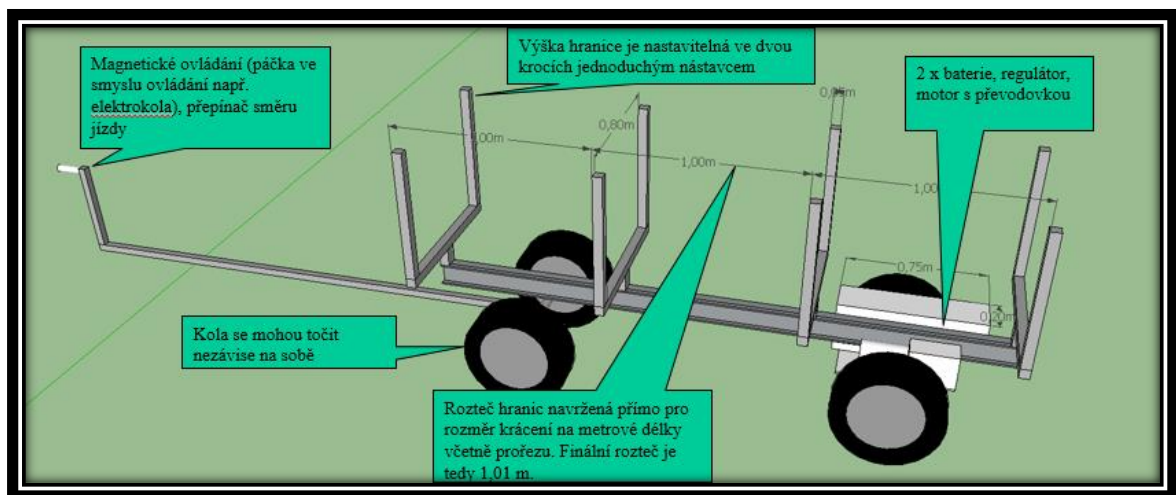
Pro technologii cut-and-storage se používají tyto typy mechanizačních prostředků.

- A) **Harvestor / Lesnická harvestorová technika:** Existují harvestory navržené pro sklizeň menších stromů, či přímo RRD. Harvestorové hlavice např. Timberjack TJ 720 mohou být nainstalovány na lesnické harvestory a jsou využívány k pořezání a nakupkování jednotlivých stromů na řádcích kde jsou později forwarderem odváženy z plantáže na místo vysoušení.
- B) **Sklízeče výhonků:** Jsou specializované stroje navržené pro pokácení a sběr celých výhonků z plantáží. Zástupcem této kategorie je Stemster MKIII. Výhonky jsou pořezány a nakládány na nakládací plošinu stroje, který je může odvézt rovnou na skladovací plochu, nebo je může vyložit v porostu. odtud mohou být výhonky odváženy jiným forwarderem, díky čemuž se zvýší produktivita.
- C) **Sklizeň pomocí přenosné řetězové pily:** Na velmi malých plantážích, roztroušených plantážích, na plochách s velmi podmáčeným povrchem, kde sklizeň pomocí těžké techniky není možností. Tady se uplatňuje těžba pomocí

přenosné řetězové pily. Stromy se pokácí a druhý pracovník výhonky shromáždí do kupek, které jsou později vyváženy forwarderem či jinou technikou (Pečenka a Hoffmann 2015).

### 3.5.1 ESD 800

První stroj, kterým se v této práci budeme podrobněji zabývat se nazývá elektronický svážeč dřeva 800. Jedná se o prototyp vlastní výroby od Bc. Petra Špatenky z Pardubického kraje, na kterém jsme provedli i naše vyhodnocení. Stroj slouží k velmi jednoduchému vyvážení dříví z plantáží RRD. Je ovládán pomocí oje, který vychýlením umožňuje zatáčení, pohyb vpřed a vzad je zajištěn elektrickým spínačem. Jeho pohonnou jednotkou je elektromotor Transtecno 24V/800W pohánějící zadní nápravu. Elektromotor je napájen pomocí dvou autobaterií 12V/85Ah v sérii. Pneumatiky jsou lehce získatelné, u tohoto domácího modelu byly použity pneumatiky od vozu škoda favorit velikosti R13. Celková délka stroje bez oje je 3,08 m a šířka 0,9 m (Špatenka 2016).



Obr. 2 Vyobrazení stroje ESD 800 ve 3D nánkresu a některé jeho charakteristiky

Zdroj: Bc. Petr Špatenka (Špatenka 2016)

### 3.5.2 Caterpillar D4H

Caterpillar D4H upravený pásový traktor je vybaven dieslovým motorem o výkonu 67 k. Délka mechanizačního prostředku je 3.98 m, šířka 2.46 m, váha 13.6 tun. Tento pásový traktor je adaptovaný na vyvážení a stahování celých kusů. U tohoto modelu je také upravena spodní část pro snížení šance uvíznutí na pařezech či kamenech. Traktor je dále vybaven stahovákem Esco 12F. Nevýhodou je vysoká hmotnost prostředku, ale pokud to současný stav půdy dovolí, je tento vyvážecí traktor konkurenceschopný jiným způsobům (Hartsough et al. 1992).

### **3.5.3 Lanovkové systémy**

Další ze systémů transportu dřeva z porostu jsou lanovky, vhodné především pro porosty položené na místech s velkým sklonem a za velmi vlhkého počasí. Mnou vybraný model má označení Koller K300. Tento systém je vhodný na soustředování dřeva antigravitačním způsobem. Jedná se o kompaktní a velmi jednoduché zařízení, které může být nainstalováno za běžný zemědělský traktor tříbodovým úchytem. Podmínkou je, že traktor musí mít minimální výkon motoru 37kW. Hmotnost samotného zařízení je 1580 kg, průměrná rychlost stahování je až 192 m za minutu při pohonu traktorem, kapacita lana na navijáku je 300 m pro lano o průměru 9.5 mm. Celková výška zařízení je 9 m. Velkou nevýhodou oproti jiným systémům transportu je doba montáže a jeho demontáže, šest pracovníků lanovku sestavuje 3-5 hodin, a demontáž trvá 1-2 hodiny (Senturk et al. 2007).

### 3.5.4 Bell T12B

Bell T12B je šestikolový dvanáctitunový forwarder o výkonu 83 kW. Podávání kmenů probíhá pomocí hydraulické ruky, která nakládá kmeny na ložnou plochu. Ty jsou dále odváženy na odvozní místo, kde bývají kmeny dále zpracovávány štěpkovacími stroji (Hartsough a Cooper 1999).



*Obr. 3 Forwarder Bell T12B*

*Zdroj: Dean Adsit (<https://www.machinerytrader.com.au/listings/construction-equipment/for-sale/22942895/1998-bell-t12b>)*

### 3.5.5 Traktor s návěsem

Jednou z nejdostupnějších a nejjednodušších technologií vyvážení dříví z porostu RRD jsou traktorové technologie. Jedná se o všestranný způsob, který zvládne plně naložený zdolat sklon až 15 % při normálních půdních podmínkách (Mousavi a Nikooy 2016).

### 3.5.6 Stemster MKIII

Tento harvester je nejběžněji používaným strojem tohoto typu v Evropě. Jedná se o harvester, který se dá připojit za traktor (např. John Deere 8220) využívající způsob pořezání a snopkování. Součástí přívěsu jsou 2 diskové pily, dvojitý dopravní pás a pohyblivý povrch přívěsu pro vykládání (Vanbeveren et al. 2018).





*Obr. 3 Stemster MKIII*

*Zdroj: (Vanbeveren et al. 2018)*

Po dalším uskladnění jsou kmeny dále zpracovávány na štěpku a odváženy odběratelům. K tomuto účelu mohou být použity mobilní štěpkovačky používané v lesnictví, vezeny za traktorem či jiným vozidlem (Pecenka a Hoffmann 2015).

### **3.5.7 Biobaler WB55**

Biobaler je novou alternativní technologií využíváno k pořezení a sběru biomasy. Toto zařízení je levnější, než běžně dostupné technologie a dá se využít i na jiných místech než jen na plantážích RRD. Zařízení je připojováno za traktor o výkonu motoru vyšším než 134 kW. Funguje na principu podobném běžným balíkovačům: na předním balíkovači se nachází řezací a mulčovací válec pro řezání stojících stromů. Ty jsou zde částečně nakráčeny a jsou posouvány do podávacího ústrojí, skrz které jsou natlačovány do kompresní komory, kde jsou navalovány do spirální formy podobné balíku sena. Po naplnění komory jsou balíky obvázány a vyloženy na zem, kde jsou uskladněny, než se odvezou. Balíky mají průměr 1.22 m a jejich šířka je také 1.22 m, avšak rozměry se mohou měnit díky expanzi biomasy v balíku. Tento stroj zvládne pokácet stromy o průměru až 150 mm, ale jeho výkonnost je vyšší, když jsou stromy menšího průměru (Savoie et al. 2013).

### 3.6 Primární transport způsobem cut-and-chip

Sklizeň dendromasy způsobem cut-and-chip je technologií využívající jeden krok přeměňující stojící biomasu na štěpku, za použití upravených harvestorů nebo přídavných zařízení které mohou být připojeny k traktorům. Tato čerstvě sklizená štěpka má vlhkost od 50 do 60% a musí být tedy dosušována k zabránění ztráty výhřevnosti a šíření plísní (Garstang et al. 2002).

V technologiích Cut-and-storage jsou známy především tyto mechanizační prostředky

- A) **Sklízecí řezačky:** Slouží ke sklizni RRD využívající strojů, které jsou podobné kombajnům v zemědělství. Tyto stroje jsou vybaveny speciálními řezačkami navrženými k pořezání výhonů blízko pařezu, položením výhonků do horizontální polohy, odkud jsou dotlačeny do štěpkovacího bubnu sklízecího stroje. Poté jsou naloženy do pomocného stroje, kterým jsou odváženy dále z plantáže do skladiště, případně jiného místa. Tyto stroje se prokázaly jako velmi efektivní na plantážích topolu a vrby, vysázených do jednoduchých ale i dvojitých řad, kde jsou průměry výhonku ve výšce řezu do 15 cm. Problémy nastávají na plantážích starších tří let, tam kde jsou velmi hustě zasázené stromy a plantáže s velmi širokými pařízky (Pecenka a Hoffmann 2015).
- B) **Přípojné řezačky:** Jsou připojovány, případně taženy traktorem, navrženy k pořezání a naštěpkování. Několik vývojových trendů bylo započato v posledních 20 letech (Ehlert a Pecenka 2013), ale pouze pár strojů se dostalo na trh v poslední době. Tyto stroje, jako například ATB mower-chipper, jsou navrženy způsobem, který jim dovoluje nejdříve pořezat výhonek a dále jej ve svislé poloze naštěpkovat. Díky tomuto způsobu jsou tyto stroje schopny sklídit



i starší, hustější plantáže s průměrem ve výšce řezu vyšším než 15 cm (Pecenka a Hoffmann 2015).



*Obr. 4 New Holland FR 9060*

*Zdroj: (Schweier a Becker 2012)*

## **4 Metodika práce**

Pro vyhodnocení této práce bylo použito vlastní měření stroje ESD 800 probíhající 2 pracovní směny. První měření bylo získáno za suchého a teplého počasí dne 23.9. 2016. Druhé měření probíhalo 18.11. 2016 za chladného slunečného počasí. Obě měření byla získána mnou, za pomoci Ing. Václava Štíchy, PhD., Bc. Petra Špatenky a jeho otce.

### **4.1 Charakteristika porostních ploch**

Informace pro vypracování mé bakalářské práce byly získávány z ploch plantáží RRD v České republice. Mnou zkoumaný stroj byl používán a vyhodnocován u města Holice v Pardubickém kraji. Zkoumané plochy jsou přibližně 250 m. n. m. na téměř dokonalé rovině.

První plantáž byla o rozloze 1 ha. Na dané plantáži byly topoly vysázeny do tří fází růstu. Na těžené části byl vytěžený topol klon J-105 ponechán na vysušení a poté byly kmeny shromážděny do kupek zhruba o 15 kusech vzdálených od sebe zhruba 10 metrů. Rozměry dané plochy jsou: řádek byl dlouhý cca 200 m, šířka celkové těžené plochy byla zhruba 50 m, šířka jednoho řádku byla 180 cm, pařezy byly od sebe vzdáleny 80 cm. Průměrná středová tloušťka byla změřena 54 mm.

Druhá plantáž byla o podobné rozloze, tedy 1 ha, kde byly klony topolu J-105 vysázeny do čtyř růstových fází, nejstarší (8 let) byly káceny a odvětčovány těsně před vyvážením z porostu. Pokácené kusy byly ponechány na místě a nebyly kupkovány. Řádek byl dlouhý 150 m, šířka jednoho řádku byla 180 cm, pařezy byly od sebe vzdáleny 80 cm. Průměrná tloušťka v 1.3 m byla naměřena 105.3 mm

### **4.2 Práce před započítáním vyvážení dříví**

#### **4.2.1 PŘP**

V porostu před započítáním vyvážením byla pro nastínění všech finálních pracovních operací pozorována práce s PŘP v daném porostu. Ta byla prováděna PŘP, kterou ovládal jeden pracovník, kterému byl ku pomoci jeden pracovník s mačetou, který kmeny dále odvětvoval pro ulehčení následného vyvážení strojem ESD 800. Časové úseky byly měřeny mechanickými stopkami na po celou dobu práce s PŘP, který byl zapisován do zápisníku a dále přepočítáván na jeden hektar po přepočtení těžného úseku. Z důvodu potřeby majitele plantáže nebylo možné rozvinout toto měření na větší úsek pro zmenšení chyby.

### 4.3 Měření výkonnosti zařízení ESD 800

Veškeré měření probíhalo pod dohledem dvou lidí, kteří se navzájem kontrolovali. Časové úseky byly měřeny mechanickými stopkami od výrobce Kienzle, na měření průměrů sklizených stromů byly použity průměrky Haglöf Mantax a pro měření vzdáleností bylo používáno pásmo (50 m). Dodatečné informace byly získány pomocí dotazů na majitele plantáže. Veškeré informace byly poté zapsány do zápisníků a pečlivě překontrolovány.

Plantáž byla těžena v listopadu roku 2015 PŘP ve výšce zhruba 30 cm nad zemí, z pařezů poté vyrůstají nové kmeny a snižují se tím náklady na obnovu.

Pracovní operace byly v obou porostech rozděleny do následujících skupin podle Matyáše (1960): jízda do porostu, naložení nákladu, jízda s nákladem, zkracování na voze (skládání nákladu), naložení na pomocný vůz (v našem případě osobní automobil s přívěsem) a zdržení. Z důvodů nedostatku pomocníků bylo průměrné zdržení v celkovém pracovním procesu vyčísleno na 1 minutu na každý cyklus. Celková práce trvala mnohem delší dobu z důvodu diskuze mezi měřiči a vývojáři/pracovníky a z důvodu častých přestávek pro samotné měření šířek krácených kmenů. Tento čas nebyl však zaznamenáván a nemůže ovlivňovat celkový výsledek.

V prvním porostu dojel stroj (pomocí jednoho pracovníka) na volnou plochu mezi řádky do porostu ke kupám odvětvených oddenků, které byly předem připraveny. Zde bylo dříví pomocí háků naloženo do vyvážedky (běžně dvěma pracovníky). Pro naložení celé kupy bylo podle potřeby třeba popojet hlouběji do porostu (celková vzdálenost průměrně 20 m). Po naložení byl ESD 800 doveden jedním pracovníkem skrz porost na volnou plochu, kde bylo dřevo rovnou na stroji nařezáno na kusy po 50 cm. Při řezání bylo rovnou dřevo odebírané do vozíku a po naplnění přímo odvézt. Po této fázi se jízda do porostu opakuje.

Ve druhém porostu dojel stroj pomocí jednoho pracovníka do porostu, kde byly pokáceny a odvětveny silné kmeny, které nebyly nijak předem nakupkovány, a byly pomocí háků nakládány do stroje, který musel často popojíždět hlouběji do porostu, což způsobovalo částečné zdržení. Byl však vynechán proces kupkování v porostu. Po naplnění byl stroj znovu jedním pracovníkem doveden z porostu na odvozní místo, kde byly kmeny nakráčeny na kusy o velikosti 50 cm a rovnou nakládány do pomocného vozidla, kterým byly odvezeny přímo k odběrateli.

Data byla zpracována pomocí programu Microsoft Excel 2016. Objem byl vypočítán pomocí Huberova vzorce:

$$V = G^{1/2} \times l$$

Kde:

V je objem

$G^{1/2}$  je kruhová plocha v polovině kmene

l je celková délka kmene

Kruhová plocha byla počítána vzorcem

$$G^{1/2} = \pi \times \left( \frac{d^2}{4} \right)$$

Kde:

d je průměr

Čas jednotlivých operací byl dále převáděn na celá čísla pomocí vzorce čas \* 1440. Další vzorce, které byly použity jsou například průměr a směrodatná odchylka. Oba vzorce byly použity v programu excel, kde jsou přednastaveny pod funkcemi PRŮMĚR a SMODCH.P.

## 5 Výsledky a diskuze

### 5.1 ESD 800

#### Práce před vyvážení

Před započítáním vyvážení bylo třeba v porostu předkácet část, která bude dále vyvážena z porostu na odvozní místo. Pro vlastníka, který používal PŘP jsem naměřil průměrnou dobu kácení v přepočtu na celý hektar. Kmeny měly průměrnou velikost 108 mm. V mnou měřeném porostu, za dobrých podmínek, by celý jeden hektar zabral jednomu muži 17 hodin 18 minut a 50 sekund. V tomto časovém úseku se však nepočítaly přestávky jak pro doplnění paliva, tak z fyzických důvodů. Menší vlastníci těží většinou porost podle poptávky u odběratelů, nebo po částech.

#### Vyvážení

Všechny pracovní operace byly zaznamenávány do celkem 6 cyklů. Cykly 1-4 byly získávány z porostu číslo 1 a zbylé 2, tedy cykly 5-6 byly získávány z porostu číslo dva, na kterém byly stromy o dvojnásobné výčetní tloušťce. Výsledky byly nadále porovnávány s výsledky dalších prací pro nastínění využití alternativních způsobů v této problematice.

Přestože v porostu číslo 2 nebyly kmeny nakupkovány byl průměrný čas celého cyklu o 5 min a 1 s rychlejší. I se započítáním kratší vyvážecí vzdálenosti v porostu číslo 2 o 82.35 m, byl celkový čas cyklu stále rychlejší o 2 min a 29 s. Tento rozdíl se dá připočítat vlivu počtu kmenů, jelikož v druhém porostu jich bylo výrazně méně (z důvodu vyšší tloušťka kmene, což způsobilo výrazné rozdíly v počtu vyvážených kusů, které bylo možné uložit na ložný prostor zařízení ESD 800.

Za celý měřený úsek, tedy 3 hodiny, 56 minut a 19 sekund čisté práce stroje, bylo strojem vyvezeno 244 oddenků o celkovém objemu 4.217 m<sup>3</sup> (celková váha dřeva byla 2158 kg čerstvého a 1786 kg vzduchosuchého dříví), nařezaných na 50cm kusy, které byly přeloženy na pomocné vozidlo a připraveny na odvoz k odběrateli. Součástí práce však bylo současně i krácení oddenků na odvozním místě. Tato práce závisí na požadavku odběratele a z tohoto důvodu nebylo možno tuto pracovní operaci změřit. Samotná jízda do porostu, kde byl stroj naložen a zpět na odvozní místo (bez vykládání) průměrně zabrala 10 min a 2 s. Řezání s překládáním zabralo v průměru 21 min a 31 s. Rychlost práce byla přímo úměrná šířce kmene. Tudíž práce s kmeny o větším průměru je více

pracnější pro pracovníky, kteří oddenky nakládají. V porostu o průměrné tloušťce na středu kmene 9 cm je možné na stroj naložit zhruba 15–25 kusů. V porostech se středovou tloušťkou 5 cm se na stroj naloží 50-60 kusů.

*Tabulka 1 Výsledky časové studie pro forwarder ESD 800 v obou porostech*

<b>Proměnná</b>	<b>Průměr</b>	<b>SO*</b>	<b>N**</b>
<b>Doba/otočka (min.)</b>			
Jízda do porostu	2	1.26	6
Sestavení nákladu	10.38	2.60	6
Jízda s nákladem	1.95	1.22	6
Zkracování na stroji	10.06	0.64	6
Naložení na pomocné vozidlo	13.98	2.96	6
<b>Vzdálenost (m)</b>			
Vyložený	56.8	38.99	6
Naložený	56.8	38.99	6
Počet oddenků/otočka	40.66	16.95	6

*Zdroj: Lukáš Butor*

\* SO – Směrodatná odchylka

\*\* n – počet otoček

Při vyvážení z porostu záleží také na typu výroby, je možné také dřevo složit a odběratel si může dřevo z vyvázečního místa odvézt v celých kusech.

V porostu se jednou vyskytl problém operátora, kdy díky vysoké hustotě zasazených stromů a malé šířce řádků, bylo obtížné manipulovat se strojem. Toto bylo způsobené velkým zavětvením okolních stromů, které při vysoušení dorostly, ale také výškou buřeně, která ztěžovala přehled o přesném pohybu stroje. Tento problém se vyskytuje ve specifickém způsobu vyvážení, kterému se dá vyvarovat vyvážení čerstvě pokácených kusů, případně jiným způsobem sklizně. Příkladem může být technologický postup od Vanbeverena et al. (2018), kde používaný stroj současně sklízí biomasu a ta je rovnou nakládána na nakládací plochu stroje Stemster MKIII, který má možnost ji vyvézt z porostu na odvozní místo. Avšak vyvážení biomasy na odvozní místo strojem Stemster

MKIII se nedoporučuje z důvodu ekonomické neefektivnosti a je lepší biomasu vyložit v porostu a ponechat ji zde, odkud je vyvážena forwardery na další zpracování.

Stroj ESD 800 je zástupce způsobu cut-and-Storage, patřící do menších plantáží s nižší produkcí, kde se vyplácí nízké pořizovací náklady a dostatečná efektivita k objemu práce.

Stroj ESD 800 je konstruován tak, aby vyhovoval co nejlépe pěstování RRD o vyšší výčetní tloušťce s menším sponem mezi kmeny. To zaručí menší košatění stromů, což je pro tento způsob žádoucí, jelikož se kmeny před vyvážením musí odvětvovat. Sníží se tak objem vyvezené biomasy z porostu, ale jelikož se kmeny dále neštěpkují, tak se ztracená biomasa nezapočítává do ztrát. Při našem sledování forwarderu ESD 800 se stroj osvědčil. Zvládal zdolávat různé překážky, jako například přejíždět nerovnosti či pro ukázkou nám výrobce ukázal přejezd kupky nařezaných kusů topolu plně naloženým strojem, který tuto překážku zvládl bez problémů. Toto umožňuje nízká váha samotného stroje. V případě potřeby je možné s vyloženým strojem překonávat celé kusy kmenů, které by stroj nepoškodil, případně by škody byly zanedbatelné. Poškození by bylo mnohem vyšší při použití těžší techniky, např. forwarderu Caterpillar D4H, který byl použit v práci Hartsougha et al. (1992).

Z pohledu výdrže baterií se stroj osvědčil. S plně nabitou baterií byla za jednu směnu průměrná spotřeba 60 % kapacity baterie, která se v případě potřeby dá vyměnit za plně nabitou baterii nebo po dalším vývoji vyměnit za lepší baterii s vyšší kapacitou.

## **5.2 Porovnání různých technologií sběru na plantážích RRD**

Pro porovnání s dalšími stroji byly použity výsledky ze studie od Hartsougha et al. (1992) kde byly použity stroje Caterpillar D4H s drapákem ESCO 12F a lanovka Koller K300 u níž byly změřeny časy cesty do porostu s nakládáním a jízdou zpět. Dalším strojem pro porovnání byl vybrán Bell T12B ze studie Hartsougha a Coopera (1999). Pro stroj ESD 800 bylo vykládání prováděno nakrácením kmenů na stroji, které samovolně padaly na zem, případně s malou pomocí operátora PŘP.

Tabulka 2 Porovnání výsledků časové studie pro ESD 800, Caterpillar D4H s drapákem ESCO 12F, Bell T12B a lanovkou Koller K300

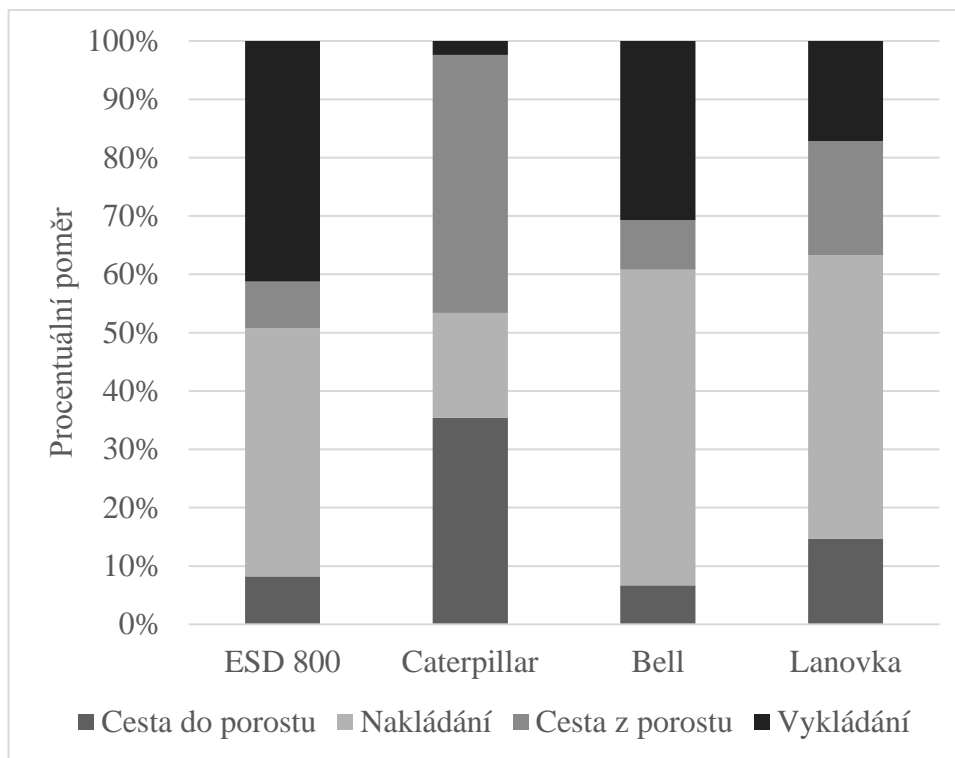
<b>Proměnná</b>	<b>Průměr ESD 800</b>	<b>Průměr Caterpillar D4H</b>	<b>Bell T12B</b>	<b>Průměr Koller K300</b>
Doba/otočka (min.)				
Jízda do porostu	2	1.04	1.13	0.74
Naložení nákladu (upínání úvazků pro Koller K300)	10.38	0.53	9.11	2.467
Jízda s nákladem	1.95	1.31	1.44	0.922
Ukládání na skládce (krácení u ESD 800)	10.06	0.07	5.17	0.87
Vzdálenost (m)				
Vyložený	56.8	136.55	39.62	147.21
Naložený	56.8	136.55	60.96	147.21
Ostatní parametry				
Počet oddenků/otočka v počtech kusů	40.66	15.17	106	3.7
Průměrná výčetní tloušťka (cm)	8.41	14.40	14.27	14.40

*Zdroj: ESD 800 vlastní řešení, Caterpillar D4H a Koller K300 (Hartsough et al. 1992) a Bell T12B (Hartsough a Cooper 1999)*

Na první pohled se dá z Tabulky 2, vyčíst ohromný rozdíl v porovnání času mezi stroji ESD 800 a Caterpillar D4H při nakládání, jelikož se u stroje ESD 800, nakládá ručně pomocí háků větší množství kmenů a u stroje Caterpillar je vše mechanizováno, je tedy operace méně pracná. Rozdíl je také v rychlosti strojů, nejrychlejší se zdá být lanovka Koller K300, u ní je ale problémem dlouhá doba montáže, která zabere 6 pracovníkům 3-5 hodin a její demontáže trvá 1-2 hodiny (Senturk et al. 2007), což se započítává do celkové výkonnosti lanovky K300 jako neproduční čas jako a z výhody se stane spíše nevýhoda. Časově podobné jsou forwardery ESD 800 a Bell T12B, avšak rozdíl je zde vyvezený objem, který je velký a způsobeným faktem, že ESD 800 a Bell T12B jsou z jiných výkonnostních tříd. Velký rozdíl je také rozdíl ve sponech porostů, jelikož je stroj ESD 800 z porovnávaných strojů nejmenší. Je schopen projíždět v porostech s velmi malým sponem (šířka stroje je pouhých 80 cm) a nabízí také možnost



vjet do porostu. kde byly kmeny jeden rok ponechány na vysušení a porost znovu vyrostl (u nás 4 m za rok), což jsme testovali v cyklech 1-4.



Obr. 5 Poměrové rozdělení operací strojů v porostu v procentech

Zdroj: Vypracoval a data pro ESD 800 získal Lukáš Butor, data pro Caterpillar a lanovka z práce od Hartsougha et al. (1992), Bell z práce od Hartsougha a Coopera (1999)

V předešlém grafu jsou znázorněny poměrové rozložení pracovních operací u jednotlivých strojů. Poměry si jsou poměrně podobné pro stroje ESD 800, Bell T12B a Koller K300. U stroje Caterpillar D4H, zabírá největší podíl času cesta do a z porostu. Naložení a ukládání nákladu na skládce je prováděno drapákem, který pojme celou kupu dříví. Tímto je zkráceno zdržování při přejezdech mezi jednotlivými kupami dříví. Data jsou získána z měření v porostech RRD.

Tabulka 3 Produktivita strojů ESD 800, Caterpillar D4H, Bell T12B a lanovky Koller K3000 s pohledem na výčetní tloušťku kmenů a pořizovací cenou strojů.

<b>Stroj</b>	<b>Počet kusů za hodinu</b>	<b>Výčetní tloušťka v cm</b>	<b>Pořizovací cena (CZK)</b>
ESD 800	100	8.41	100 000 (odhadovaná)
Caterpillar D4H	288	14.40	500 000
Bell T12B	377	14.27	800 000
Lanovka Koller K300	50	14.40	1 043 000

Zdroj: Tabulka a data pro stroj ESD 800 Lukáš Butor, data Caterpillar D4H a Koller K300 (Hartsough et al. 1992), Bell T12B (Hartsough a Cooper 1999).

Pro výpočet výkonnosti stroje jsem pro porovnání použil dostupné výsledky měření od Hartsougha et al. (1992), Hartsougha a Coopera (1999) a mnou vypočítané výsledky. Z tabulky č. 3 je zřejmé, že produktivita stroje stoupá s pořizovací cenou. To se netýká lanovkového systému, který je velmi drahý. Výkonnost lanovky je za normálních podmínek nízká, v extrémních případech (podmáčené půdy nebo velký sklon) a na plantážích s optimalizovanými systémy se její produkce zvýší až na 127 ks na hodinu (Hartsough et al. 1992).

Porovnání výkonnosti technologií by bylo vhodné i s jinými způsoby dopravy z porostů RRD. Ze současně používaných způsobů se nabízí Stemster MKIII, jelikož se pracovní operace výrazně liší, nedá se přesně porovnat jeho produkce z pohledu na kusy, ale produkci tuny dendromasy na hodinu práce stroje. Ve studii od Vanbeverena et al. (2018) byla změřena produktivita 26 t vysušeného materiálu za hodinu práce stroje, avšak kmeny byly v této studii vykládány přímo v porostu, což zvýší produktivitu stroje, ale na druhé straně přidá náklady na práci forwarderu.

Pořizovací náklady pro stroj ESD 800 byly odhadnuty návrhářem stroje Bc. Petrem Špatenkou na 100 000 Kč po uvedení na trh. Tato cena je však pouze odhadem, stroj se na trhu ještě nenachází.

Další možností se jeví využití zástupce ze způsobu cut-and-chip. V práci od Schweiera a Beckera (2012) zabývající se stroji New Holland FR9060 a New Holland FR9050 se sklízecí hlavicí 130 FB byl získán výsledek 20.5 t vysušeného materiálu za hodinu práce stroje. Hlavním rozdílem mezi produktivitou stroje Stemster MKIII a

Harvestory řady New Holland, je komplexnost práce, která je již popsána v kapitole 3, rozbor problematiky pro technologie Stemster MKIII a Primární transport způsobem cut-and-chip. Z prvního pohledu se jeví Stemster MKIII jako výkonnější technologie, ale po srovnání pracovních operací se produktivita srovnává a záleží spíše na preferencích majitele, či pěstebního družstva.

## 6 Závěr

Cílem této práce bylo zhodnocení způsobů, specifik, náročnosti, výhod a nevýhod používaných technologií dopravy dříví v porostech RRD v České republice. K tomuto účelu byl pozorován stroj ESD 800 od vlastníků plantáže v Pardubickém kraji, kteří tento stroj vyvinuli a vylepšovali. Získané výsledky byly porovnávány s produktivitou, výhodami a nevýhodami jiných strojů používaných v této problematice, nejen u nás ale i ve světě. Získané výsledky potvrdily obstojnost nových alternativních způsobů dopravy v porostech RRD, které obstály v porovnání s konvenčními stroji používaných v těchto porostech. Výsledky mohou pomoci s porovnáním s širším počtem strojů používaných v této problematice a poskytnout náhled do problematiky menším vlastníkům, kteří nejsou členy pěstebního družstva. Také by mohly pomoci při výběru strojů pro účel dopravy nebo vyvážení dřeva z porostů RRD a nastínit efektivitu práce menších strojů v oboru, který postrádá výzkumy zaměřené na primární transport dříví v těchto porostech.

V případném dalším měření těchto strojů lze použít lepších způsobů, např. měření váhy za použití nájezdových vah a více měřičů. Výsledky by poté mohly být doplněny o více proměnných, například o přesnou kapacitu baterie před a po pracovní směně, či přesně změřené zdržení v porostu a zaručit přesnější výsledky v dalším měření, případně naprosto přesné porovnání výsledků s měřením jiných řešitelů této problematiky při rozdělení pracovních operací do stejných kategorií.

Tyto výsledky jsou též využitelné pro široké využití stroje ESD 800 a jeho další vylepšení před oficiálním umístěním na trh.

## 7 Seznam literatury a použitých zdrojů

ADSIT, Dean. *Machinerytrader.com* [online]. [cit. 5.4.2018]. Dostupné z: <https://www.machinerytrader.com.au/listings/construction-equipment/for-sale/22942895/1998-bell-t12b>

Aktuální seznam topolů a vrb k prodeji. *Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, veřejná výzkumná instituce* [online]. Copyright © 2003 [cit. 06.04.2018]. Dostupné z: <http://www.vukoz.cz/index.php/prodej-sadby/aktualni-seznam-topolu-a-vrb-k-prodeji>

ČESKO. § 25 zákona č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2018 [cit. 28. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-219#p25>

EHLERT, Detlef a Ralf PECENKA, 2013. Harvesters for short rotation coppice: current status and new solutions. *International Journal of Forest Engineering* [online]. **24**(3), 170–182. ISSN 1494-2119. Dostupné z: doi:10.1080/14942119.2013.852390

GARSTANG, John, Aalan WEEKES, Rowena POULTER a David BARTLETT, 2002. *Identification and characterisation of factors affecting losses in the large-scale, non ventilated bulk storage of wood chips and development of best storage practices.*

HARTSOUGH, Bruce R. a David J. COOPER, 1999. Cut-to-length harvesting of short-rotation eucalyptus. *Forest Products Journal*. 49(10), 69–75.

HARTSOUGH, Bruce R., Bryce J. STOKES a Charles KAISER, 1992. Short-rotation poplar: a harvesting trial. *Forest Products Journal*. 42(11), 59–64.

MATYÁŠ, Karel, 1960. *Lesní těžba*. 1. vyd. Praha: SZN.

MOUSAVI, Seyed Rostam a Mehrdad NIKOOY, 2016. Erratum to: Evaluation of Tree Forwarding by Farm Tractor in Patch Cutting of Poplar Plantations in Northern Iran (Small-scale Forestry, (2014), 13, (527-540), 10.1007/s11842-014-9269-3). *Springer* [online]. **15**(4), 14. ISSN 18737854. Dostupné z: doi:10.1007/s11842-016-9355-9

MOUSAVI, SR, 2009. *Comparison of productivity, cost and environmental impacts of two harvesting methods in Northern Iran: short-log vs. long-log*. B.m. Universita v Joensuu.

- NJAKOU DJOMO, S., A. AC, T. ZENONE, T. DE GROOTE, S. BERGANTE, G. FACCIOTTO, H. SIXTO, P. CIRIA CIRIA, J. WEGER a R. CEULEMANS, 2015. Energy performances of intensive and extensive short rotation cropping systems for woody biomass production in the EU. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 41, 845–854. ISSN 18790690. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2014.08.058
- PECENKA, R. a T. HOFFMANN, 2015. Harvest technology for short rotation coppices and costs of harvest, transport and storage. *Agronomy Research* [online]. 13(2), 361–371. ISSN 1406894X. Dostupné z: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84937120316&partnerID=tZOtx3y1>
- PŘÍHODA, Jan, 2013. Automatizace sklizně rychle rostoucích dřevin. *Lesnická práce*. 92(5), 23–24.
- SAVOIE, Philippe, Pierre-luc HÉBERT, François-simon ROBERT a Derek SIDDEERS, 2013. Harvest of Short-Rotation Woody Crops in Plantations with a Biobaler. *Scientific Research*. 5(April), 39–47.
- SENTURK, Necmettin, Tolga OZTURK a Murat DEMIR, 2007. Productivity and costs in the course of timber transportation with the Koller K300 cable system in Turkey. *Building and Environment* [online]. 42(5), 2107–2113. ISSN 03601323. Dostupné z: doi:10.1016/j.buildenv.2006.03.005
- SHAFFER, Robert M, Forest OPERATIONS a Extension SPECIALIST, 2009. Farm Tractor Logging for Woodlot Owners. *Virginia Cooperative Extension*. 5.
- SCHWEIER, Janine a Gero BECKER, 2012. New Holland Forage Harvester's Productivity in Short Rotation Coppice: Evaluation of Field Studies from a German Perspective. *International Journal of Forest Engineering* [online]. 23(2), 82–88. ISSN 1494-2119. Dostupné z: doi:10.1080/14942119.2012.10739964
- ŠPATENKA, Petr, 2015. *Druhá sklizeň dřeva* [online] [vid. 2018-04-08]. Dostupné z: doi:<http://www.vypestujisiles.cz/druha-sklizen-dreva/>
- ŠPATENKA, Petr, 2016. *ESD 800* [online]. Dostupné z: <http://www.vypestujisiles.cz>
- TURK, Yilmaz a Selcuk GUMUS, 2010. Log skidding with farm tractors. (January), 1–6.
- VANBEVEREN, Stefan P.P., Fabio DE FRANCESCO, Reinhart CEULEMANS a

Raffaele SPINELLI, 2018. Productivity of mechanized whip harvesting with the Stemster MkIII in a short-rotation coppice established on farmland. *Biomass and Bioenergy* [online]. 108(July 2017), 323–329. ISSN 18732909. Dostupné z: doi:10.1016/j.biombioe.2017.11.024

VANBEVEREN, Stefan P.P., Raffaele SPINELLI, Mark EISENBIES, Janine SCHWEIER, Blas MOLA-YUDEGO, Natascia MAGAGNOTTI, Mauricio ACUNA, Ioannis DIMITRIOU a Reinhart CEULEMANS, 2017. Mechanised harvesting of short-rotation coppices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 76(September 2016), 90–104. ISSN 18790690. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2017.02.059

WEGER, Jan, 2009. Topoly a vrby k energetickému užití. *Biom.cz* [online] [vid. 2018-03-24]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/topoly-a-vby-k-energetickemu-uziti>

WEGER, Jan, 2013. Rychle rostoucí dřeviny rostou i bez dotací. *Lesnická práce* [online] [vid. 2018-02-27]. Dostupné z: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-92-2013/lesnicka-prace-c-5-13/rychle-rostouci-dreviny-rostou-i-bez-dotaci>

WEGER, Jan a Kamila HAVLÍČKOVÁ, 2002. Zásady a pravidla pěstování rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) ve velmi krátkém obmýtí. *1801-2655* [online] [vid. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/zasady-a-pravidla-pestovani-rychle-rostoucich-drevin-r-r-d-ve-velmi-kratkem-obmyti>

WEGER, Jan, Petr VLASÁK a Kamila HAVLÍČKOVÁ, 2004. Shrnutí a vývoj situace výmladkových plantáží rychle rostoucích dřevin pro produkci biomasy v ČR a ve Švédsku. *Biom.cz* [online] [vid. 2018-03-27]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz-bioeout=/odborne-clanky/shrnuti-a-vyvoj-situace-vymladkovych-plantazi-rychle-rostoucich-drevin-pro-produkci-biomasy-v-cr-a-ve-svedsku>

WEGER, Jan a kol. Pěstování výmladkových plantáží rychle rostoucích dřevin pro produkci biomasy k energetickému použití na zemědělské půdě. *Vukoz.cz* [online] [vid. 2018-03-27] Dostupné z: <http://www.vukoz.cz/index.php/rychle-rostouci-dreviny/pestovani>

## **8 Seznam příloh**

Příl. 1 Bližší pohled na elektromotor stroje ESD 800.....	41
Příl. 2 Bližší pohled na čep u stroje ESD 800.....	41
Příl. 3 Pohled na schránku baterie u stroje ESD 800 .....	42
Příl. 4 Způsob vykládání, který byl prováděn současně s krácením kmenů u stroje ESD 800 .....	42
Příl. 5 Vodičí rameno s páčkou pojezdu u stroje ESD 800 .....	43
Příl. 6 Naložený stroj ESD 800.....	43
Příl. 7 Klony topolů a vrb používané na plantážích RRD .....	45



## 9 Přílohy



*Příl. 1 Bližší pohled na elektromotor stroje ESD 800*

*Zdroj: Lukáš Butor*



*Příl. 2 Bližší pohled na čep u stroje ESD 800*

*Zdroj: Lukáš Butor*





*Přil. 3 Pohled na schránku baterie u stroje ESD 800*

*Zdroj: Lukáš Butor*



*Přil. 4 Způsob vykládání, který byl prováděn současně s krácením kmenů u stroje ESD 800*

*Zdroj: Lukáš Butor*





*Příl. 5 Vodící rameno s páčkou pojezdu u stroje ESD 800*

*Zdroj: Lukáš Butor*



*Příl. 6 Naložený stroj ESD 800*

*Zdroj: Lukáš Butor*

<b>číslo klonu dle seznamu MŽP</b>	<b>Topoly (<i>Populus sp.</i>) hlavní produkční klony a odrůdy vědecký název</b>	<b>jméno odrůdy</b>
	<b>Topol Maximovičův a jeho kříženci</b>	
J-105, Max-4	<i>P. nigra</i> L. × <i>P. maximowiczii</i> Henry	'Maxvier'
P-494	<i>P. maximowiczii</i> Henry × <i>P. × berolinensis</i> K.Koch	'Oxford'
P-454	<i>P. maximowiczii</i> Henry × <i>trichocarpa</i> Torr. et A.Gray	'Androscoggin'
	<b>Topol chlupatoplodý a jeho kříženci</b>	
P-468	<i>P. trichocarpa</i> Torr. et A.Gray × <i>P. koreana</i> Rehder	
P-473	<i>P. deltoides</i> W.Bartram ex Marshall × <i>P. trichocarpa</i> Torr. et A.Gray	
	<b>Topol Simonův a jeho kříženci</b>	
P-410	<i>P. nigra</i> L. × <i>P.simonii</i> Carrière	
	<b>Topol černý</b>	
P-VUKOZ-001 a další	<i>P. nigra</i> L.	
	<i>P. nigra</i> L. *	'Průhonice' *
<b>číslo klonu dle seznamu MŽP</b>	<b>Vrby (<i>Salix sp.</i>) hlavní produkční klony a odrůdy vědecký název</b>	<b>jméno odrůdy</b>
	<b>Vrba bílá a její kříženci</b>	
S-469	<i>S. alba</i> L.	
S-117	<i>S. alba</i> L.	
S-639	<i>S. alba</i> L.	'Carrone-51'
S-195 **	<i>S. × rubens</i> Schr. **	
	<b>Vrba košíkářská</b>	
S-310	<i>S. viminalis</i> L.	
S-337	<i>S. viminalis</i> L.	

	<b>Vrba jíva a její kříženci</b>	
S-206	<i>S. × smithiana</i> Willd.	
S-218 **	<i>S. × smithiana</i> Willd. **	
S-417	<i>S. × smithiana</i> Willd.	
	<b>Vrba lýkovcová</b>	
S-588	<i>S. daphnoides</i> Vill.	

Příl. 7 Klony topolů a vrb používané na plantážích RRD

Zdroj: <http://www.vukoz.cz/index.php/prodej-sadby/aktualni-seznam-topolu-a-vrb-k-prodeji>

\* Komerční využití *P. nigra* L. 'Průhonice' je možné jen se souhlasem šlechtitele (VÚKOZ, v.v.i.) a podle uzavřené smlouvy za sjednaný poplatek.

\*\* V současné době probíhají odrůdové zkoušky klonů S-195 a S-218 a proto jejich další množení a šíření je možné pouze se souhlasem VÚKOZ, v.v.i.