

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
Fakulta lesnická a dřevařská  
Katedra lesní těžby

**Vztah produktivity práce vyvážecího traktoru  
a vybraných výrobních podmínek**

Diplomová práce

Autor: Bc. Martina Karenovičová

Vedoucí: Ing. Martin Jankovský, Ph.D

2018

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martina Karenovičová

Lesní inženýrství

Název práce

**Vztah produktivity práce vyvážecího traktoru a vybraných výrobních podmínek**

Název anglicky

**The relationship between forwarder productivity and selected production factors**

---

### Cíle práce

Cílem závěrečné práce je stanovení produktivity práce vyvážecího traktoru v různých výrobních podmínkách a současně zjištění stavu různých proměnných během práce se strojem. Následně studentka použije vhodné statistické metody, aby zjistila vliv jednotlivých proměnných na produktivitu práce vyvážecího traktoru a navrhne doporučení pro efektivnější provoz strojů v daných podmínkách.

### Metodika

V první fázi studentka vykoná stručnou literární rešerši s cílem získání potřebných teoretických informací o dané problematice. Následně vytvoří vhodný metodický postup pro stanovení produktivity práce vyvážecího traktoru a zjišťování stavu konkrétních výrobních podmínek, který bude založen na metodických postupech uvedených v doporučené literatuře. Na základě vytvořeného metodického postupu zhodnotí a porovná produktivitu práce vyvážecího traktoru v různých výrobních podmínkách a vhodnými statistickými metodami zjistí vliv výrobních podmínek na produktivitu práce. Na základě dosažených výsledků studentka navrhne doporučení pro efektivnější provoz vyvážecích traktorů v konkrétních podmínkách.

**Doporučený rozsah práce**

40

**Klíčová slova**

vyvážecí traktor, terénní klasifikace, technologická typizace, výrobní podmínky

**Doporučené zdroje informací**

- Dvořák J., Bystrický R., Hrib M., Hošková P., Jarkovská M., Kováč J., Krilek J., Natov P., Natovová L. 2011. The use of harvester technology in production forests. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy. 156 pp.
- Kabeš A., Dvořák J., Natov P. 2014. Operation Times in John Deere 1110 E Forwarders in Regeneration Felling. Journal of Forest Science 60(6): 248-253.
- Klvac R., Ward S., Owende P., Lyons J., 2003. Energy audit of wood harvesting systems. Scandinavian journal of Forest Research, 18: 176-183.
- Klvač R., Skoupý, A. 2006. Energetický audit s návazností na ekonomické hodnocení těžebních technologií. In Dudík, R. – Kupčák, V. Ekonomické aspekty hospodaření v lesním vegetačním stupni 1- lužní lesy. Brno: Ústav lesnické a dřevařské ekonomiky a politiky, LDF, MZLU v Brně, s. 45–50. ISBN 80-7157-987-4.
- Neruda J., Pecl J., Rousek M., Skoupý A., Ulrich R., Valenta J., Kulhavý J. 2005. Technologie a technika pro trvale udržitelné hospodaření v lesích se zohledněním velikosti majetku. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, s. 347–380. ISBN 80-7157-844-4.

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Ing. Martin Jankovský, PhD.

**Garantující pracoviště**

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 27. 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 19. 03. 2018

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vztah produktivity práce vyvážecího traktoru a vybraných výrobních podmínek“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Martina Jankovského Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, 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..... dne.....

.....

Bc. Martina Karenovičová

### **Poděkování:**

Mé poděkování patří především kolegům z práce, kteří mě seznámili s operátory vyvážecích traktorů na jejich revíru a zároveň mi poskytli informace a vyvážených porostech. Tímto bych chtěla poděkovat samotným operátorům, za možnost provést potřebná měření pro tuto práci.

Dále bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce panu Ing. Martinovi Jankovskému Ph.D. za poskytnuté konzultace a pomoc při zpracovávání dat.

## **Abstrakt**

Cílem práce je stanovení produktivity práce vyvážecích traktorů ve vybraných podmínkách a následně za použití statistických metod navrhnout doporučení pro efektivnější provoz těchto strojů v daných podmínkách.

Byly naměřeny operativní časy a vyvážecí vzdálenosti třech vyvážecích traktorů, a to v různých klimatických podmínkách, měření na každém stroji v daných podmínkách probíhalo vždy třikrát. Přímým pozorováním byly zaznamenávány též jiné faktory, které produktivitu práce značně ovlivňovaly např. sklon terénu, únosnost půdy, počasí, druh těžby, zkušenosti operátora, hmotnost vyvezených sortimentů a druh dřeviny. Změřený byl i objem vyvezených sortimentů. Z naměřených časů byla stanovena produktivita práce, z porovnaných časů bylo možné zjistit a nadále zhodnotit klady i zápory jednotlivých nasazení strojů v daných podmínkách a navrhnout zlepšení pro danou lokalitu.

### **Klíčová slova:**

Vyvážecí traktor, terénní klasifikace, technologická typizace, výrobní podmínky

## **Abstract**

The aim of the thesis is determining the productivity of work of the forwarders in selected conditions. Then using statistical methods to suggest a recommendation for more efficient operation of these forwarders.

The operating times and landing distance were measured for these three forwarders in different climatic conditions. Measurements on each forwarder in the selected conditions were performed three times. Factors that influenced labor productivity of work were recorded. That was done by field tracking. These factors were for example: slope of the terrain, soil capacity, weather, type of productions, operator experience, weight of assortments and species of wood. Also was measured the volume of assortments which were forwarding. The productivity of work was determined from measured times. From these times it was possible to identify and rate positives and negatives of forwarding in the given location. Finally it was possible to propose a recommendation for improvement.

### **Keywords:**

Forwarder, terrain classification, technological typing, production conditions

## Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíl.....	11
3. Rozbor problematiky .....	12
3.1. Rozvoj a historie lesnické mechanizace.....	12
3.2. Výrobní fáze.....	13
3.2.1. Těžba .....	13
3.2.2. Soustředování.....	14
3.2.3. Odvoz dříví.....	15
3.3. Druhy těžeb .....	15
3.4. Těžební metody .....	16
3.4.1. Kmenová metoda.....	17
3.4.2. Stromová metoda.....	17
3.4.3. Sortimentní metoda .....	18
3.5. Vyvážení .....	19
3.5.1. Výhody vyvážení.....	20
3.5.2. Nevýhody vyvážení .....	20
3.6. BOZP při vyvážení dříví .....	20
3.7. Vyvážecí traktor a vyvážecí souprava.....	21
3.8. Dělení vyvážecích traktorů .....	23
3.9. Konstrukce vyvážecích traktorů.....	24
3.10. Faktory ovlivňující nasazení vyvážecích traktorů.....	26
3.11. Terénní klasifikace .....	28
3.12. Produktivita práce .....	29
3.13. Chronometráž.....	29
3.14. Lineární modely .....	30
4. Metodika .....	31
4.1. Příprava .....	31
4.2. Sledování klimatických podmínek.....	31
4.3. Terénní podmínky .....	31
4.4. Zaznamenávané údaje .....	31
4.5. Operativní časy.....	32
4.6. Sledované údaje ovlivňující časy .....	32
4.7. Tvorba dat .....	33



4.8. Statistická analýza .....	34
4.8.1. Jednofaktorová analýza .....	34
4.8.2. Vícefaktorová analýza .....	35
4.8.3. Produktivita práce.....	35
4.9. Vyhodnocení .....	35
5. Výsledky .....	36
5.1. Pozorované vyvážecí traktory .....	36
5.2. Porovnání parametrů vyvážecích traktorů .....	37
5.3. Měření John Deere 810D .....	37
5.4. Měření John Deere 810E.....	39
5.5. Měření John Deere 1010E.....	41
5.6. Porovnání operativních časů v klimatických podmínkách.....	43
5.7. Porovnání celkových časů.....	46
5.8. Statistika.....	47
5.8.1. Jednofaktorové analýzy .....	47
5.8.2. Vícefaktorové analýzy .....	50
6. Diskuze .....	52
7. Závěr .....	55
8. Seznam literatury a použitých zdrojů .....	56
9. Seznam příloh .....	59
10. Přílohy.....	60

## 1. Úvod

*"Lesní hospodářství bylo několik staletí závislé pouze na manuální či animální práci, což bylo spojené s nízkou produktivitou práce a velkou fyzickou náročností. Teprve až po druhé světové válce došlo k technologickému rozvoji, nově byly nasazovány traktory s navijákem nebo soupravy opatřené hydraulickým jeřábem. Došlo k poměrně velkému nárůstu produktivity práce, ke snížení fyzické námahy. Bohužel se objevily nové problémy, které měly vliv jak na pracovníky, tak na přírodní prostředí. Až s postupem času, kdy začaly být do lesů nasazovány víceoperační těžební stroje, dochází k zásadnímu převratu." (Karenovičová, 2016).*

V lesním hospodářství lze realizovat těžbu dříví, prostřednictvím těžebních metod. V Severní Evropě se stala převládající sortimentní metoda, v důsledku rozvoje nových technologií. Postupem času dochází i v ČR k prosazování nových technologií, které vedou k nárůstu provádění sortimentní metody. Typickými stroji pro rozvoj se stal harvesterový uzel tvořený z harvestoru a forwarderu. Harvesterový uzel lze označit také jako těžební technologii vysoce mechanizovanou. Stroje umožnili dodávat dříví na místo určení označené, změřené a vytržené na sortimenty. Hlavními důvody rozvoje těchto strojů jsou: optimální využití dřeva, šetrnost k životnímu prostředí, zvýšení hygieny práce a její bezpečnosti a flexibilita výroby.

Harvesterové technologie pocházejí ze Skandinávských zemí, kde hrají největší roli v lesní těžbě. Do kontinentální Evropy se začaly tyto technologie masivně šířit v letech 1990 až 1998. Prosadily se především svojí šetrností a vysokou produktivitou. Nástup strojů v České republice se datuje do poloviny 90. let (Ulrich, Neruda, 2006).

Nové těžební technologie, jsou velmi rychlé, ekologické, ekonomicky výhodné a zabezpečují nárůst produktivity práce. Nasazení nových strojů však vyžaduje řádnou přípravu, organizaci, a hlavně bezpečnost práce. Pokud nedojde k dodržení těchto zásad, nebudou stroje mít očekávaný přínos. Naopak může dojít k pěstebním, ekologickým i ekonomickým škodám (Ulrich, Neruda, 2006).

Je tedy nutné přistupovat k nasazení těchto strojů profesionálně. Sledovat klimatické podmínky, rozhodnout správně o vhodnosti nasazení stroje do konkrétního porostu, uvědomovat si klady i negativa, které sebou víceoperační stroje přinášejí (Neruda a kol., 2008).

## **2. Cíl**

Cílem diplomové práce je stanovení produktivity práce vybraných vyvážecích traktorů, a to v různých výrobních podmínkách. Pozorovány budou terénní i klimatické podmínky. Během měření budou zjišťovány proměnné, které práci ovlivňují následně se pomocí statistických metod navrhnout doporučení pro efektivnější provoz strojů v daných podmínkách. Vycházet se bude z naměřených operativních časů změřených na třech vyvážecích traktorech, a to v období sucha, deště a mrazů se sněhem. Zaznamenávány budou veškeré faktory, které mohou výkon dále ovlivňovat, např. - sklon, únosnost podloží, vyvážecí vzdálenost, klimatické podmínky v daném období. Pro kvalitnější zpracování práce bude přihlédnuto k obdobným pracím na toto téma.

### **3. Rozbor problematiky**

#### **3.1. Rozvoj a historie lesnické mechanizace**

Po staletí bylo typické v lesním hospodářství používání technologických postupů, které byly založeny zejména na animální a ruční práci. Manuální postupy vyžadovaly lidskou námahu, byly spojeny s bezpečnostními riziky a produktivita práce byla na nízké úrovni (Neruda, a kol., 2008).

Lesnictví je tvořeno činnostmi, které jsou vzájemně propojené a navazují na sebe. Tyto činnosti se provádějí za účelem vytěžení dřeva, dopravy ke spotřebitelům, obnovy vytěžené plochy a získání nových sazenic. Činnosti jsou spojeny se složitými podmínkami, mezi které patří například prostředí, které ovlivňuje to, jakými způsoby a činnostmi budeme provádět tyto aktivity. Manipulace s těžkými předměty a velkých rozměrů patří mezi charakteristické aktivity prováděné v lesnictví. Neexistence mechanizace a složité podmínky lesa způsobily to, že se v lesnictví využívala ruční práce do pozdější doby (Neruda, Simanov, 2006).

Mezi první mechanizační prostředky pro dopravu dříví patřily lesní železnice, samotná těžba byla prováděna pouze pomocí ručního náradí. Zásadní obrat nastal až ve 20. století, kdy do lesnictví začaly být nasazovány nové výrobní postupy a prostředky. Po 2. světové válce došlo k masivnímu technickému a technologickému rozvoji. Součástí lesní výroby se tak stala řetězová motorová pila, lesní lanovka, traktor s navijákem nebo odvozní souprava s hydraulickým jeřábem. Nasazení těchto prostředků způsobilo velký nárůst produktivity práce a snížení namáhavosti. Z hlediska rizikovosti a bezpečnosti práce nedošlo k tak velkému snížení, naopak se začali objevovat rizika nová (Neruda, a kol., 2008).

Revoluční změna v technologiích nastala až s nasazením víceoperačních těžebně-dopravních strojů. Nasazení harvesterových uzlů vneslo do lesního hospodářství dynamiku, došlo ke změně organizačního systému, zrychlil se tok dřeva z lesa ke spotřebiteli a extrémně se zvýšila produktivita (Neruda, a kol., 2008).

Původem harvesterových technologií jsou skandinávské země, především Finsko a Švédsko. Mezi nejvýznamnější firmy, které přispěly k rozvoji mechanizace a technickému pokroku patří Lokomo, Kockum, ÖSA. Na dalším rozvoji se podílela Kanadská firma Timberjack, která zkonstruovala roku 1973 víceoperační stroj. Jedním z pokrokových technologií se staly nůžky, používané na kácení, které se však

neosvědčily. Největší převrat nastal až po zkonstruování jeřábu s harvestorovu hlavici. Rok 1980 - 1990 přinesl další vylepšení a to v podobě odvětvovacích nožů, vylepšení kabiny, zlepšení podvozku a jiných částí. Největší nárůst harvestorové technologie se datuje v letech 1990 - 1998, kdy byly harvestory dopraveny do střední Evropy (Ulrich, a kol., 2002).

V ČR se za první období nasazení víceoperačních strojů považuje období 70. – 80. let, kdy se tyto stroje využívaly především při zpracování kalamit. Za druhé období se považuje polovina 90. let 20. století, kdy se začaly naplno využívat harvestory v kombinaci s vyvážecími traktory (Ulrich, a kol., 2006).

### **3.2. Výrobní fáze**

*„Výrobní fáze představuje určitou uzavřenou jednotku, ve které se uskutečňuje několik výrobních operací ve sledu podle výrobního postupu, ve které se završí jedna fáze (etapa) práce na zhotovení výrobku.“* (Simanov, Kohout, 2004).

Výrobní fáze se dělí do čtyř skupin, a to na těžbu dříví, soustředování dříví, odvoz dříví a výrobu sortimentů. Jejich časové pořadí pak závisí na použité těžební metodě.

#### **3.2.1. Těžba**

Lesní těžba jako pojem představuje souhrn činností, které jsou prováděny v lese. Mezi ně jako první patří kácení stromů, dále opracování dříví, soustředování, doprava a manipulace dříví a finální prodej vyrobených sortimentů. Do lesní těžby nepatří pouze těžba dříví, ale také sbírání jiných materiálů či surovin, což lze nazvat přidruženou lesní těžbou. Z hlediska poměru a ekonomiky však těžba dříví zabírá nejvíce času a financí ze všech lesnických činností. Je důležité, aby byla dodržena správná organizace, technika a ekonomika, jen tyto tři věci nám mohou zaručit správnost provedení těžby (Roček., 2000).

Z hlediska ekonomické stránky záleží především na obchodu s dřívím. Lesní těžba představuje vysoké náklady spojené zejména s provozem lesního hospodářství, s potěžebními úpravami a s udržováním správných funkcí lesa, právě tržby získané prodejem dřeva pokryjí tyto náklady. Lesní těžba má vysoký vliv na ekonomické výsledky (Neruda, Simanov, 2006).

Výrobní fáze těžba dříví se dělí na kácení stromů, odvětvování, odkorňování, zkracování, snášení a ukládání. Těžba dříví se dá dělit na základě technologií k ní použitých. Rozlišujeme těžbu manuální, kdy se využívá k práci sekera a pila, moto-manuální za použití motorové pily a mechanizované, kam spadá pila u těžební hlavice. Mezi nejstarší používané nástroje na těžbu a opracování dříví patří sekera, která může být podtínací, štípací, odvětvovací nebo osekávací. Dále se pak historicky k těžbě dříví používaly pily, které se od sebe odlišují např. způsobem napínání pilového listu, tvarem nebo směrem řezu. Mezi další využívané nástroje v těžbě patří například obracák, kleště, klíny apod. (Neruda, Simanov, 2006).

### **3.2.2. Soustředování**

Doprava dříví znamená přemístění dříví z místa těžby až na místo jeho zpracování. Dělí se na primární a sekundární dopravu. Právě primární dopravou se rozumí soustředování. Jedná se o přemístění dříví upraveným nebo neupraveným terénem.

Soustředování se dělí do základních technologických skupin, a to na manuální, animální, gravitační a mechanizované. Mechanizované se dále dělí ještě na komplexně mechanizované a částečně mechanizované (Neruda, Simanov, 2006).

Soustředování lze také dělit na základě prostředí, ve kterém se realizuje. Rozlišujeme pozemní soustředování, prováděné vynášením, vlečením nebo vyvážením, vzdušné, vodní, gravitační a antigravitační soustředování (Simanov, Kohout, 2004).

#### Manuální soustředování

Manuální soustředování je takové, při kterém je trvalá tažná síla pracovníka asi 150 N při rychlosti  $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Manuálně lze soustřeďovat jen za použití dřevorubeckého háčku nebo vyvážecího kolesnového vozíku. Mezi ruční postupy soustředování patří snášení, kozelcování, koulení a vyklizování dříví (Simanov, Kohout, 2004).

#### Gravitační soustředování

Mezi gravitační soustředování jsou zařazovány způsoby, kdy se využívá pro dopravu dříví gravitace. Patří sem i historické způsoby soustředování. Mezi historické způsoby dopravy dříví patří např. sáňkování, tento způsob se využíval až do 60. let, z hlediska bezpečnosti se postupně od sáňkování upouštělo. Dalšími způsoby gravitačního soustředování jsou gravitační spouštění ve smycích nebo smycích mobilních a volné gravitační spouštění (Neruda, Simanov, 2006).

### Animální soustředování

V ČR spadají pod animální soustředování koňské a volské potahy, dříve tento druh zaujímal přibližně 1/3 všech prováděných těžeb. Negativním však byla a je ekonomická stránka. Potahy lze kombinovat například s lanovkou SLKT nebo UKT (Rádvan, 1995).

### Mechanizované soustředování

V posledních desetiletích je nejrozšířenějším a převládajícím typem mechanizované soustředování. Dělí se na vzdušné, které je prováděné pomocí lanovek nebo letecky, Dalším typem je pozemní, dělí se na dva druhy, podle způsobu provádění na vlečení nebo vyvážení. K vlečení se využívají navijáky traktorů nebo tahačů. Při bezúvazkovém soustředování je náklad částečně nebo úplně spojen s půdním povrchem, při vyvážení nedochází ke kontaktu s půdním povrchem (Neruda, Simanov, 2006).

### **3.2.3. Odvoz dříví**

Do těžebního procesu spadá i doprava dříví, nejdůležitějšími požadavky při odvozu jsou výkonnost, bezpečnost a bezeškodný převoz. Dopravní prostředky se dělí na nemotorová vozidla, odvozní soupravy a přípojné, u kterých je nutné spojení s tažným prostředkem. Vozidla motorová se dělí na traktory, sortimentní vyvázeční traktory, nákladní automobily a vyvázeční soupravy a jsou poháněna vlastním motorem (Neruda, Simanov, 2006).

### **3.3. Druhy těžeb**

*"Pestrá druhová skladba a široké věkové rozpětí našich porostů vytvořilo potřebu o jejich systémové rozdělení a označení. Charakteristika druhů těžeb je zaklíčována do terminologie lesního zákona a souvisejících předpisů."* (Bílek a kol., 2013).

Druhy těžeb dělíme podle věku porostu, na předmýtní a mýtní těžbu, a také podle záměru na těžbu úmyslnou, nahodilou a mimořádnou.

#### Předmýtní těžba

Předmýtní těžba je v pěstebním odvětví označována jako probírka, těžba probíhá ve věkovém rozpětí 20 - 80 let. Účelem této metody je vychovat porost mýtního věku. Věkové třídy se označují jako tyčkovina a tyčovina dále nastávající kmenovina.

Porosty lze charakterizovat např. tloušťkovou a výškovou diferenciací, rozdílným zdravotním stavem dříví, malým až průměrným zpeněžením dříví (Bílek a kol., 2013).

#### Mýtní těžba

Mýtní těžba bývá označována také jako těžba obnovní. Cílem je obnovení porostu, v rozpětí 80 - 150 let věku. Z těžebního hlediska ji lze charakterizovat např. dobrými výrobními náklady, vysokým zpeněžením dříví, vyrovnaností tloušťkovou i výškovou, různorodostí vyráběných sortimentů. Úkolem hospodáře při této těžbě je především minimalizování možných škod, snaha o maximální zpeněžení dříví, nasazení vhodných technologií a zajištění plochy pro pozdější obnovu (Bílek a kol., 2013).

#### Úmyslná těžba

Pod pojmem úmyslná těžba se rozumí těžba plánovaná na jedno decénium. Záměrem je vytěžení porostů, podle potřeby lesa, tedy podle naléhavosti. (Bílek a kol., 2013)

#### Nahodilá těžba

Druh této těžby vzniká vlivem abiotických a biotických činitelů, tato těžba není plánovaná. Je povinností hospodáře, aby ji přednostně zpracoval. Dále se registruje podle příčiny vzniku např. kůrovcová, sněhová, větrná atd. V případě velkého rozsahu se nahodilá těžba dále označuje jako kalamita. Vždy se jedná o těžbu nežádoucí, kterou doprovází nízké zpeněžení, vysoké škody a vyšší namáhavost práce (Bílek a kol., 2013).

#### Mimořádná těžba

Jinak označovaná též jako civilizační. Mimořádná těžba znamená dlouhodobé nebo krátkodobé odlesnění, a to kvůli jinému využití plochy. Záměr provést mimořádnou těžbu nastane buď při tvorbě LHP nebo při jeho průběhu. O jejím schválení rozhoduje orgán státní správy. Odlesněná plocha je přísně evidována a měla by být nahrazena. Důvodem k mimořádné těžbě může být např. výstavba lesních cest, školek, stavbou inženýrských sítí (Bílek a kol., 2013).

### **3.4. Těžební metody**

*"Každá těžba musí mít svůj technologický postup, což znamená popis jednotlivých operací a jejich časová návaznost. Z těžebních technologií lze tedy vyčlenit jednotlivé těžební metody."* (Karenovičová, 2016).



Výrobní proces je tvořen výrobními fázemi, a to těžbou dříví, soustředováním odvozem dříví a výrobou sortimentů. Fáze těžba dřeva a soustředování sestávají z operací kácení, vyklizování a přibližování nebo vyvážení, tyto operace se odehrávají mezi lokalitami P (pařez) a OM (odvozní místo). Další lokalitou ve výrobním procesu je VM (vývozní místo). Různá použitá technologie a místo výroby sortimentů byly základ pro systematiku těžebních metod. Rozlišení spočívá právě ve formě dříví, v jaké je surové dříví dopravováno na OM. Rozlišujeme 3 základné těžební metody: stromovou, kmenovou a sortimentní (Neruda, Simanov, 2006).

#### **3.4.1. Kmenová metoda**

Tato metoda vznikla v 60. – 70. letech min. století. Hlavní myšlenkou bylo zvýšení produktivity práce a také možnost druhození na odvozním místě nebo až na manipulačních skladech. Podíl této metody činil asi 60 % a stále se zvyšoval (Bílek a kol., 2013).

Využití této těžební metody bylo možné až při nasazování technologií s vyšší tažnou silou. Kmenová metoda je mladší než sortimentní metoda. Výhodou metody je přenesení některých prací z porostu až na OM nebo až na manipulační sklady. Varianta s druhozením na manipulačním skladě přináší lepší podmínky pro druhození a zhodnocení dříví. Kmenová metoda snižuje počet jízd přibližovacích prostředků terénem, což je oproti sortimentní metodě přínosné. Hlavními nevýhodami je vyšší riziko poškození dosud stojících stromů a nutnost větší kapacity při odvozu dříví. Dochází k tzv. druhotným odvozům (Neruda, Simanov, 2006).

Stále je však kmenová metoda nejrozšířenější těžební metodou. Tato metoda obsahuje velký počet technologických variant. Lze kombinovat motomanuální těžbu se soustředováním koněm nebo motomanuální těžbu s UKT, SLKT, případně lanovkami (Simanov, 2004).

Variantami kmenové metody jsou druhození na odvozním místě a druhození na manipulačním skladě (Neruda, Simanov, 2006).

#### **3.4.2. Stromová metoda**

Stromová metoda vznikla zhruba v 70. 20. století. Metoda je založená především na co největším využití dendromasy. Na lokalitě P dojde pouze k pokácení stromu, strom je následně celý dopraven na OM nebo EMS.

Tuto metodu bylo možné využívat až při vzniku prostředků pro mechanizované odvětvování a přibližování s dostatečně velkou tažnou silou, která je asi o 25 – 30 % vyšší než vlečený strom s větvemi. Výhodami stromové metody je především vyloučení odvětvování, což je vysoce pracná operace, při odvětvování totiž dochází k největším úrazům. Dalšími přínosy jsou např: přenesení prací na vhodnější místo, koncentrace potěžebního odpadu na jedno místo (Neruda, Simanov, 2006).

Při této metodě je strom na lokalitě P – (pařez) pouze pokácen. Na této lokalitě je tedy provedena pouze jedna operace. Následné operace jsou provedeny na jiných lokalitách. Podle prostředku, který je používán lze tedy například proces odvětvování provést u přibližovacích linek, na odvozním místě nebo až na skladech. Stejně tak sortimentace může být prováděná v přímé následnosti na odvětvování na těchto lokalitách (Dejmal a kol., 1976).

Metoda je založená především na co největším využití dendromasy. Na lokalitě P dojde pouze k pokácení stromu, strom je následně celý dopraven na OM nebo EMS (Bílek a kol., 2013).

### **3.4.3. Sortimentní metoda**

Historicky nejstarší využívanou metodou je sortimentní metoda, která se využívá ve výchovných i obnovných těžbách. Tato metoda vznikla především proto, že dříve se využívalo především animální soustředování, což bylo spojeno s nedostatkem tažné síly. Bylo tedy nutné dříví nejdříve rozdělit na kratší kusy, v některých případech bylo vhodné dříví ještě odkornit, případně i nechat dříví proschnout, aby se snížila hmotnost. Výhodou metody je adjustování dříví přímo v porostu podle požadavků odběratelů (Simanov, Kohout 2004).

Při této metodě se vyrábí sortiment na lokalitě P, přičemž těžební zbytky a klest zůstávají přímo na lokalitě. Tato metoda je dnes pojena zejména s harvesterovou technologií, která zvýšila produktivitu a bezpečnost práce, proto při použití této technologie a metody, nedochází k poškozování okolního porostu a terénu vlivem vlečení. V rámci sortimentní metody rozlišujeme 3 varianty: s úplným druhováním, výřezy standardních délek a plně mechanizované.

#### Varianta s úplným druhováním

Tato varianta je historicky nejstarší, kdy po pokácení stromu dřevorubec vyrábí veškeré sortimenty. Varianta s sebou přináší vysokou pracnost a produktivita práce je

zde velice nízká. Užívá se v předmýtních i v mýtních těžbách, lze ji využít především na lokalitách, kde je neúnosný terén, také v porostech, kde se vyskytuje hodně přirozeného zmlazení. Od této metody se postupně upouští.

#### Výřezy standardních délek

Varianta pochází se Skandinávie. Dřevorubec vyrábí výřezy nejčastěji v rozpětí 2 – 5 metrů a to v závislosti na hmotnosti. Třízení probíhá při soustředování nebo vynášení. V tomto případě došlo k poklesu nároků na znalost sortimentace, snížila se pracnost a zvýšila se produktivita práce. Varianta je vhodná do probírkových porostů, nevyužívá se v mýtních těžbách.

#### Plně mechanizovaná (harvestorová)

Varianta, pocházející opět ze Skandinávských zemí, je nejnovější ze všech variant. Těžba je prováděna pomocí harvestoru, který je dnes už víceoperační. Je možné použít také kombinaci jednooperačního těžcího stroje a procesoru. S nástupem této varianty došlo téměř k úplnému vyloučení předešlých variant. Varianta přinesla plné nasazení mechanizačních prostředků, došlo k odstranění manuální práce, obrovskému zvýšení produktivity práce, též se zvýšila bezpečnost práce. Nyní je největší nárok kladem na operátora stroje, je nezbytná správná organizace a kvalitní příprava pracoviště. Varianta je využívána v mýtních i předmýtních těžbách, ovšem je zapotřebí provádět těžby většího rozsahu, vzhledem k vysokým nákladům spojených s touto mechanizací. Harvestorové technologie jsou spojeny s vysokými pořizovacími cenami, s náklady na přepravu, opravy apod. (Bílek a kol., 2013).

### **3.5. Vyvážení**

Jednou z technologických fází je vyvážení dříví, je tvořeno jednou nebo dvěma operacemi. Tyto operace jsou prováděny jedním mechanizačním prostředkem, vyvážecím traktorem nebo vyvážecí soupravou. Jediná operace znamená, že stroj pouze vyváží již předem vyklizené dříví, tento postup je možný například v probírkách, kdy je neekonomické, aby stroj zajížděl pro jednotlivé kusy do porostu. O dvě operace se jedná v případě, kdy vyvážecí traktor vlivem velkého dosahu hydraulického jeřábu dokáže bezeškodně a ekonomicky dříví z porostu zvednout a následně ihned naložit, aniž by docházelo k předešlému vyklizování jiným strojem (Neruda, Simanov, 2006).

### **3.5.1. Výhody vyvážení**

Mezi velké přínosy vyvážení patří především snížení fyzické námahy pracovníka v porovnání s úvazkovým soustředováním, zvýšení bezpečnosti práce s tím spojené snížení rizika úrazu, možnost nasazení i při horších klimatických podmínkách a značné zvýšení výkonnosti vzhledem k vyvezenému objemu dříví.

Z ekonomického hlediska nedochází k poškození, znečištění, či znehodnocení dříví. Jelikož je dříví neseno, nedochází k tvorbě rýh v půdě ani k odření okolních stromů (Neruda, Simanov, 2006).

### **3.5.2. Nevýhody vyvážení**

Jedna z nevýhod je omezená použitelnost z hlediska terénních podmínek, stroj může být nasazen pouze tam, kde členitost neznemožní jeho průchod. Nasazení stroje je možné pouze do sklonu cca 40-45 % po spádnici. Pokud nejsou v porostu při velkých sklonech vhodně připravené výjezdy, stroj nedokáže pořádně zatáčet ani reagovat (Neruda, Simanov, 2006).

### **3.6. BOZP při vyvážení dříví**

Jednou zčásti rozboru práce je její práce. Každý majitel stroje nebo podnikatel je odpovědný za bezpečnost a zdraví svých zaměstnanců. Jedním ze základů pro správné ovládání stroje je, aby zaměstnanci znali pracovní postupy, směrnice BOZP a plán údržby a oprav. Bezpečnostní předpisy jsou závazné.

Pokud operátoři začínají práci na nové ploše, měli by obdržet pracovní pokyny, mapy, a to od společnosti, která práci zadala. Ve stanovištní mapě by měly být jasně znázorněny všechny nebezpečné zóny např. elektrovody, rekreační stezky, neúnosná půda. Na mapě by měly být znázorněny i vyvážecí linky. Vývozní cesty a skládky by neměly být v přímém styku s elektrovody, pokud není jiná možnost, je nutné, aby tyto případy byly jasně vyznačeny v mapě. Skládky by se měly nacházet v porostu a jeho okolí, nemělo by docházet k tomu, že vyvážecí traktor se bude pohybovat po veřejných cestách. Také jednotlivé hráně by měly být snadno dostupné pro vyvážecí traktor.

V případě údržby a opravy stroje, by měl být motor vypnutý, obsluha stroje by měla používat OOPP. Stroje by se měly opravovat v dostatečně vzdálenosti od hrání, kvůli případnému požáru (Ulrich, a kol., 2006).

## Zásady

- Dodržování vzdáleností mezi stromy – dvě délky stromu,
- Vyvážecí traktory smějí obsluhovat jen pracovníci, kteří mají oprávnění pro řízení traktoru dále ti, kteří jsou držiteli strojnického průkazu,
- Při používání strojů s vysokou hladinou hluku, je nutné použít chrániče sluchu,
- Při přemísťování terénem musí být strojník připoután bezpečnostním pásem,
- Při nakládání i vykládání dříví na vyvážecí traktor, nesmí nikdo vstupovat do ohroženého prostoru, v případě vyvážení jde o délku hydraulického ramene a délku dříví,
- Stroje smí být použité pouze do takových příčných sklonů, které neohrožují jejich stabilitu,
- Při pohybu stroje v příčném svahu, je možné nakládání pouze z horní strany,
- Při vyvážení sortimentu je nutné dodržovat zákaz pohybu stroje i operátora v prostoru, který může být ohrožen možným pádem stromu,
- Každý operátor musí být vybaven, alespoň jedním obvazovým balíčkem,
- Každý stroj musí být vybaven lékárníčkou,
- Soustředování vyvážecím traktorem po svahu v hraničních sklonech, je možné pouze při dobrých adhezních podmínkách, a to jen na krátké vzdálenosti a se sníženou rychlostí,
- Mezi potenciální rizika patří především: pád nestabilních stromů, pád nákladu při nedodržení stanovené nosnosti (Simanov, 2004).

### **3.7. Vyvážecí traktor a vyvážecí souprava**

Vzhledem k vyvážení je nutné rozlišovat rozdíly mezi vyvážecí soupravou a vyvážecím traktorem. Rozdíl mezi stroji souvisí s technologickým uplatněním. Mezi prostředky určené k vyvážení spadá například modifikace SLKT, jsou tvořeny klanicovou nadstavbou, hydromanipulátorem, delší nápravou a jsou vyráběné ve všech výkonových kategoriích (Lukač a kol., 2003).

Vyvážecí traktor není spojen z více samostatných částí, je to kompaktní stroj určený výhradně pro naložení, převoz a uložení dříví na skládkách. Je tvořen motorovou částí

a částí ložnou, obě části se nacházejí na dvou polorámech, které jsou spojené axiálním nebo středovým kloubem. Všechna kola jsou vždy poháněna, řízení je zlamovací, a to za pomoci hydraulického systému. Oproti vyvážecím soupravám je nosnost traktoru podstatně vyšší (Neruda, Simanov, 2006).

Základní rozdíly vyplývají přímo z definic obou strojů, dalším rozdílem například možnost pohybu každého stroje, protože například soupravy, které nejsou vybavené hydraulickou zlamovací ojí, nemohou couvat, řízení je ovlivňováno směrem jízdy stroje. Vyvážecí traktory nejsou nijak zvlášť ovlivňovány směrem jízdy. (Neruda, Simanov, 2006).

*„Podstatný rozdíl mezi těmito dvěma skupinami strojů je v tom, že forwardery jsou vysokovýkonné jednoúčelové stroje na vyvážení sortimentů dřeva z lesa, na rozdíl od vyvážecích souprav, které sice plní stejnou úlohu, ale patří do nižší výkonové kategorie a jsou svým využitím univerzálnější, hlavně s ohledem na možnost využití traktoru po odpojení od přívěsu.“* (Bartoš, 2009).

Vyvážecí souprava je vytvořena dočasným spojením dvou prostředků, které jsou jinak samostatné. Příkladem je spojení tahače nebo traktoru s přívěsem. Mezi jednodušší soupravy patří traktor a přívěs, jsou propojeny pevnou ojí, u přívěsu nedochází k pohonu kol, může však dojít k pohonu využitím hydrauliky poháněného pastorku, který doléhá mezi kola boogie nápravy. Pro zlepšení a usnadnění navádění přívěsu je využíváno hydraulické zlamovací oje, která se nachází u konstrukčně dokonalejších přívěsů. Vyvážecí soupravy lze využívat spíše v příznivých podmínkách, jsou tak vhodnou alternativou vyvážecích traktorů. V optimálních podmínkách, jsou schopné dosáhnout až 90 % výkonnosti vyvážecích traktorů. Doporučuje se ročně provádět 2000 – 8000 m<sup>3</sup> pomocí vyvážecích souprav (Neruda, Simanov, 2006).

Oba typy strojů lze označit za prostředky sortimentní, oba prostředky vyvážejí připravené sortimenty v různých délkách z porostu. Je nutné, aby oba prostředky obsahovaly základní vybavení, aby mohl splňovat svůj účel. Mezi základní vybavení patří klanicová nástavba, která je vytvořena pro ukládání dříví a je konstruována tak, aby nedocházelo k poškození stromů při průjezdu stroje, čelní mříž, která v případě sesunutí nákladu zamezí případné proražení kabiny. Stroje jsou dále vybaveny osvětlením a poutacím zařízením (Neruda a kol., 2008).

### 3.8. Dělení vyvážecích traktorů

Vyvážecí traktory jsou rozdělovány převážně na základě jejich výkonu motoru a nosnosti (tab. č. 1, 2). Vhodnost nasazení závisí především na terénních podmínkách a druhu těžby. Velké vyvážecí traktory se například nehodí do prvních probírek, protože svou mohutností poškozují nadějně stromy. Naopak malé vyvážecí traktory nejsou vhodné pro mýtní úmyslné těžby, jelikož jejich výkon a ložná plocha by snižovaly produktivitu práce (Ulrich, 2006).

Příklady zařazení vyvážecích traktorů od různých výrobců se nacházejí v tabulce č. 3.

**Tab. 1: Kategorizace vyvážecích traktorů (Bartoš, 2009)**

Třída	Výkon motoru	Nosnost	Kategorie
	kW	t	
I.	10 - 30.	1 - 3.	velmi malý
II.	31 - 60	3 - 6.	malý
III.	61 - 90	6 - 9.	střední
IV.	91 - 120	9 - 14.	velký
V.	120 +	14 +	velmi velký

**Tab. 2: Kategorizace na základě technických dat (Bartoš, 2009)**

Orientační technická data kolových forwarderů	jednotka	malý forwarder	střední forwarder	velký forwarder
Hmotnost	t	10 - 12.	12 - 15.	15 - 21.
Šířka	cm	250 - 260	260 - 280	280 - 310
Dosah ramene výložníku	m	7 - 10.	7 - 10.	7 - 10.
Užitečná nosnost	t	9 - 10.	11 - 13.	14 - 18.
Průměrná hod. výkonnost	m <sup>3</sup> /h	7,5	11	14
Průměrná roční výkonnost	m <sup>3</sup> /rok	25 000	35 000	45 000
Výkon motoru	kW	80 - 110	110 - 130	130 - 210
Počet kol	ks	8	6/8.	6/8.

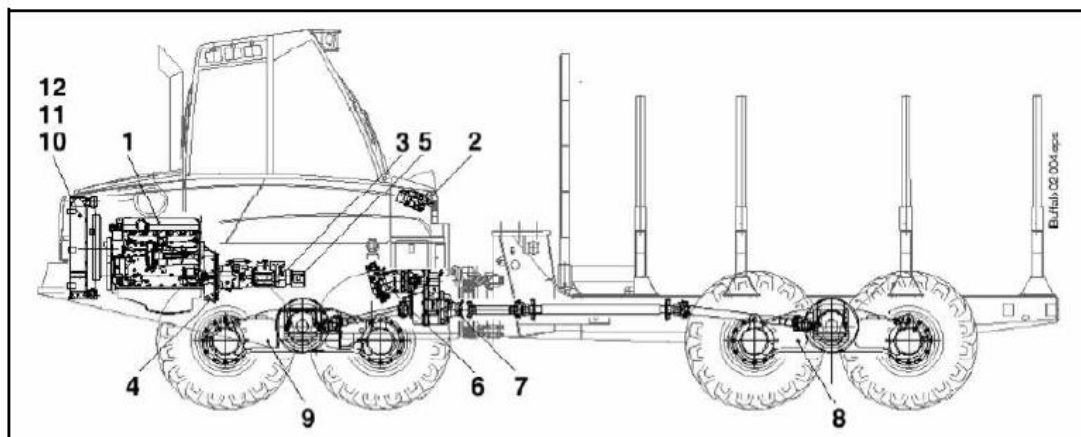
**Tab. 3: Zařazení podle výrobců (Bartoš, 2009)**

Třída forwarderů	Forwarder	Výkon motoru	Hmotnost	Šířka stroje	Počet kol	Dosah výložníku	Užitečná nosnost
	typ stroje	kW	t	cm	ks	m	t
Malý forward.	Rottne Solid F 9-6	104	10,6 - 11,5	253	8	6,9	9
	Terri	29,4	2,45	146	Pásky	4,6	3
	Novotný LVS 5	52	4,48	186	8	4,2	5
	John Deer 810 D Eco III	91	10,5	230-267	8	8,7	9
Střední forw.	Rottne Solid F 12 S	137	13,5-14,9	264	8	6,9	12
	Sogedep SF 16.2	142	15,5-16,05	266	6 - 8.	7	12
	Logset 4 F	108	12	246-266	8	7,2	10
	John Deer 1110 D Eco III	126,5	12,8-14,7	270-311	8 - 6.	7,2-10	12
Velký forwarder	Rottne Solid F 14	137	13,5-14,9	255	8	7,1	14
	Sogedep SF 25.2	198	16,1-17,58	280	6 - 8.	7,2	14
	Logset 10 F	108	22	246-266	8	10	18
	Felix TWT 145 VS	132	10,5	255	4	9,3	14
	Timber Pro TF 830	180	23,55	295	8	7,3	20
	John Deer 1710 D Eco III	160	18,1-20,43	295-305	6 - 8.	7,3-8,5	17

### 3.9. Konstrukce vyvážecích traktorů

"Základní konstrukce forwarderu je přizpůsobena jízdě v terénu a operacím souvisejícím s vyvážení dřeva z porostu." (Šajánek, 2007)

Vyvážecí traktor se skládá především z těchto částí: podvozek, hydraulický jeřáb s drapákem, ložná plocha, kabina. Dále je tvořen motorem, přední a zadní boogie nápravou, rotátorem, klanicemi ochranou mříží a axiálním kloubem. (Neruda a kol., 2008) Další konstrukční prvky viz obr. 1 (Bartoš, 2009)



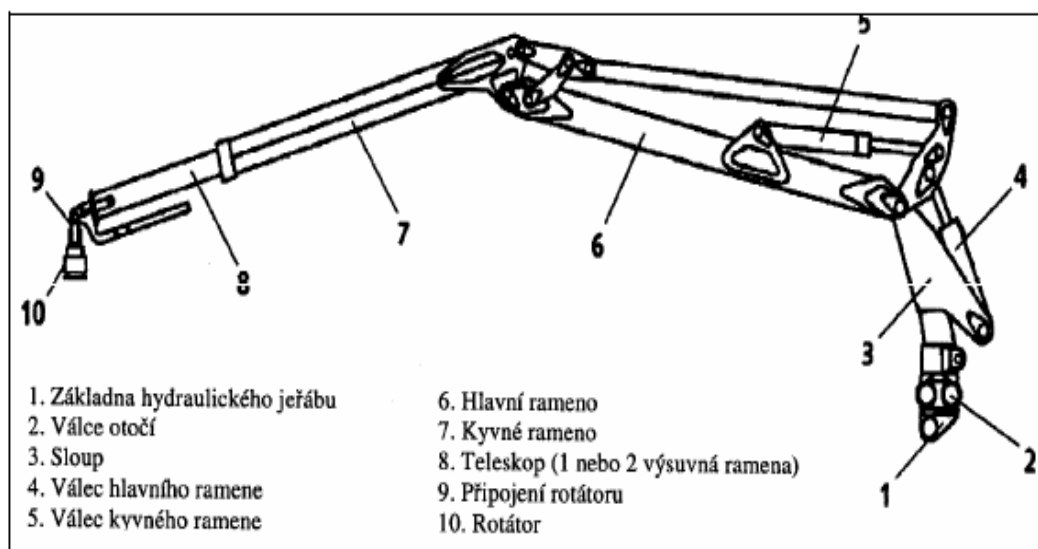
**Obr. 1: Konstrukce vyvážecích traktorů (Bartoš, 2009)**



1. Motor
2. Rozvaděč hydraulické ruky
3. Čerpadlo - hydrostat
4. Čerpadlo hydraulická ruka
5. Čerpadlo chladicí a filtr. okruh
6. Motor - Hydrostat
7. Rozvodová skříň
8. a 9. Přední a zadní boogie náprava
10. Chladič motoru
11. Výměník klimatizace
12. Chladič hydraulického oleje

### Hydraulický jeřáb

Hydraulický jeřáb je určen především manipulaci s kmeny při procesu vyvážení, na hydraulickém jeřábu je umístěn drapák. Jeřáb se nachází za kabinou operátora, může být umístěný buď na rámu, který je společný s touto kabinou nebo na rámu v nákladovém prostoru. Mezi hlavní konstrukční prvky jeřábu patří sloup dále teleskopické, zlamovací a hlavní rameno. Podrobný popis viz obr: 2 (Ulrich a kol., 2006)



**Obr. 2: Hydraulický jeřáb** (Ulrich a kol., 2006)

## Kabina

Každý traktor má specifické vybavení kabiny, které je závislé na požadavcích kladených na stroj. Z kabiny je ovládán hydraulický jeřáb to pomocí dvou řídicích pák (Ulrich a kol., 2006).

## Podvozek

Podvozek vyvážecích traktorů je tvořen zlamovacím rámem, který stroji umožňuje vertikální pootočení předních částí rámu. Nejvíce využívaný typ podvozku je podvozek kolový, méně jsou využívány podvozky pásové. Kolový podvozek je převážně tvořen čtyřmi, šesti nebo i osmi koly. Na nepříznivém terénu může být podvozek vybaven například kolopásky nebo řetězy. Nejznámějším typem u víceoperačních strojů jsou boogie nápravy, ty jsou poháněné buď ozubenými koly nebo řetězem. Díky tomuto vybavení dokáže stroj zvládnout prudké svahy, překážky a zvyšuje se jeho stabilita (Bartoš, 2009).

Pro kolové podvozky je typické, že jsou vybaveny nízkotlakými, široko-profilovými pneumatikami. Šířka pneumatik je obvykle v rozmezí 400 - 700 mm, jejich výhoda spočívá v tom, že lépe přenášejí tažnou sílu kol vzhledem k půdě a mají o 30 % větší dotykovou plochu. Pokud bude v pneumatikách příliš nízký tlak, může se stát, že dojde k proražení pneumatiky, provozní tlak je proto 2 - 2,5 bar, hraničním tlakem je 1,2 bar. Mezi značné nevýhody těchto pneumatik patří především vysoké náklady na pořízení a možnost poškození při příliš nízkém tlaku (Bartoš, 2009).

## Ložná plocha

Ložná plocha traktoru je ohraničena klanicemi, které jsou upevněné na rámu, opěrnou mříží a rámem podvozku vyvážecího traktoru. Jedna z hlavních charakteristik souvisejících s ložnou plochou je užitečná hmotnost, která je převážně v rozmezí 9 - 18 tun. Ložná plocha je dále charakterizována plochou příčného průřezu v rozmezí 3,3 - 8,7 m<sup>2</sup> a délkovými rozměry v mm. Traktory mohou být vybaveny tzv. VLS a ALS, to znamená, že je možné ložnou plochu upravovat (Bartoš, 2009).

### **3.10. Faktory ovlivňující nasazení vyvážecích traktorů**

Výběr porostů a druh těžby výrazně ovlivňují to, jaký prostředek může být nasazen, jelikož špatně zvolený postup má za následek poškození porostu a ekonomickou efektivnost zásahu (Ulrich a kol., 2006).

Mezi nejvýznamnější faktory, které rozhodují o využití vyvážecích traktorů, patří: terénní podmínky lokality, kvalifikace a praxe operátora, vhodná technologie práce, vyvážecí vzdálenost, klimatické podmínky, zvolený stroj. Vyvážecí traktory jsou využívány k vyvážení jehličnatých i listnatých dřevin, jelikož vyvážená dřevina nemá na výkonnost traktoru nijak zvláštní vliv. Mezi nejdůležitější faktory patří především správná technologická příprava pracoviště a správné naplánování (Bartoš, 2009).

### Klimatické podmínky

Pro soustředování dříví je důležitá volba ročního období, a to z důvodu, minimalizace případné škody. Toto však mi při současném množství těžeb není úplně možné, přesto je vhodné provádět soustředování dříví spíše v zimním období, protože lesní ekosystémy nejsou tolik náchylné na poškození, jako je tomu v jiných obdobích. Pokud je terén promrzlý zvyšuje se jeho odolnost, únosnost a snižuje se náchylnost k erozím. V případě, kdy je v porostu vrstva sněhu, dochází také k ochraně přirozeného zmlazení a okolní stromy jsou vlivem mrazu více chráněny, jelikož dochází k vyšší soudržnosti kůry (Simanov, 1996).

### Zpřístupnění porostního nitra

Aby bylo zajištěno snadné projíždění porostem, je nutné, aby byl porost před započítím těžby zpřístupněn a rozčleněn pomocí linek na pracovní pole. Toto zpřístupnění je vždy děláno s ohledem na použitou technologii pro soustředování. V případě vyvážecího traktoru se linky trasují do podoby žilnatiny listu, jelikož traktor má umožněné couvání (Simanov, 1996).

### Linky

Vyznačení linek je jedním z nejzákladnějších úkolů, které by měly být provedeny před započítím těžby, není žádoucí, aby tento úkol zůstával na operátorech stroje. Pokud se v porostu nachází svahy, je potřeba linky směřovat kolmo na vrstevnice. Při provádění těžby je potřeba, aby pařezy nacházející se na vyznačené lince byly minimalizovány. Ideální šířka linek je minimálně 3,5 m, v zatáčkách je pak nutné linky rozšířit, tak aby stroj bezeškodně projel, tedy s ohledem na jeho šířku. Linky by měly být propojené, aby nedocházelo ke slepým ramenům (Novotný, 2013).

## Ochrana půdního povrchu

V případě špatných klimatických podmínek se zvyšuje možnost vzniku erozí, pokud je to možné, je vhodné například vypodložit linky klestem (Simanov, 1996).

### Technika práce

Technika práce, která je spojená i s praxí operátora hraje významnou roli při eliminování škod způsobených traktory. Mezi obecná doporučení patří nepřetěžovat stroj, prudce neměnit směr a rychlost stroje, k jízdě využívat především vyznačené linky a nepřekonávat neúnosné terény (Simanov, 1996).

### **3.11. Terénní klasifikace**

Aby bylo možné využívat všech přínosů vyvážecích traktorů, je nutné zohledňovat všechny parametry pracoviště. Faktory, které nejvíce ovlivňují produktivitu traktoru, jsou: podélný a příčný sklon terénu, šířka vyvážecích linek, využívání roštu, upravené terénní nerovnosti a upravené výjezdy (Bartoš, 2009).

#### Terénní klasifikace

V rámci posuzování vhodnosti nasazení těžebně dopravních strojů je důležité posouzení členitosti terénu, zejména překážky a jejich velikost, případně vzdálenost mezi nimi. Z toho důvodu byla vytvořena terénní klasifikace, která názorně ukazuje, jaké stroje je možné použít do různých typů terénu. (Bartoš, 2009)

Terénní klasifikace je zjednodušený systém pro průjezdnost stroje terénem. Nejznámější je v ČR klasifikace Lesoprojektu, používaná od roku 1980. Tato klasifikace znázorňuje terénní typy, které jsou na základě podobnosti sdruženy do pěti skupin. Hranice mezi únosností a neúnosností terénu je tlak 50 kPa, tato hodnota odpovídá boření člověka do půdy, tato hodnota má však jen omezený význam (Simanov, Kohout, 2004).

**Tab. 4: Klasifikace Lesoprojekt** (Neruda, Simanov, 2006)

Sklon terénu v %		1 Únosné terény		2 Neúnosné terény		3 Terény s překážkami	
		typ	skupina	typ	skupina	typ	skupina
1	do 8%	11	A	21	D	31	E
2	9 - 15%	12		22		32	
3	16 - 25%	13		23		33	
4	26 - 40%	14	B	24		34	
5	nad 40%	15	C	25		35	

### **3.12. Produktivita práce**

Produktivita práce je vyjadřována množstvím užitečných hodnot, které jsou vytvořeny za jednotku času, a to bez přihlížení k vynaloženým nákladům. Je to stupeň účinnosti práce. Produktivita práce je tím vyšší, čím méně času potřebujeme na vyhotovení výrobku (Sloup, 2012).

Produktivita práce je charakterizována jako ukazatel, který vyjadřuje účinnost lidské práce, kterou vyrobí jeden pracovník (operátor) za jednotku času (Kupčák, 2006). Produktivitu práce ovlivňuje spousta faktorů, příkladem toho faktoru je například lesní porost a jeho charakteristika, kde nám produktivitu výrazně ovlivňuje průměrná hmotnost kmene. Mezi další faktory patří: typ terénu, výkonnost stroje, kvalifikace a praxe operátora apod. V případě, že chceme, aby stroj pracoval naplno a bezeškodně, je nutné, aby operátor byl zacvičený, nebude tak docházet ke ztrátovým časům (Ulrich a kol., 2006).

Pokud chceme porovnávat výkony strojů, je potřebné určit produktivitu práce v jednotkách ( $\text{m}^3/\text{h}$ ). S touto veličinou jsou pak spojené i náklady a hodinové provozní náklady (Uusitalo, 2010).

#### Zvýšení produktivity práce

Je důležité sledovat produktivitu práce a hledat možnosti, které by její nárůst kladně ovlivnily, mezi takové možnosti patří například: lepší motivace pracovníků mzdová nebo materiální, zvyšování technického vybavení využívaných jednotek, zavedení novějších a kvalitnějších technologií do lesní výroby, včasné plánování, kvalifikace pracovníků (Karenovičová, 2016).

### **3.13. Chronometráž**

Aby bylo možné stanovit a hodnotit produktivitu práce, zapotřebí mít snímek časů, které mají na produktivitu vliv. Chronometráž, je jinak časová analýza práce, je prováděná na základě měření časů a jejich porovnávání, jen tak lze získat skutečné informace o pracovním procesu (Šedivý, 1995).

Chronometráž je založená na časovém rozboru jednotlivých operací, u vyvážecího traktoru jsou těmito operacemi: (jízda do porostu, sestavení nákladu, jízda s nákladem a vyložení nákladu) (Dvořák et.al, 2010).

### **3.14. Lineární modely**

Lineární modely patří mezi nejvíce využívané metody pro statistické analýzy vícerozměrných dat. Pomocí lineárních modelů je možné vyjádřit vztahy mezi proměnnými a množinami vysvětlujících proměnných, toto je možné učinit pomocí regresní funkce. Pokud není možné splnit předpoklad linearitu, přechází k podstatně složitým modelům. V některých situacích se využívá regresní funkce, kde funkcí lineární je kombinace, která vysvětluje proměnné, koeficienty této kombinace jsou neznámými parametry. Tyto modely se pak nazývají zobecněné lineární modely. Lineární modely jsou limitovány základními podmínkami, kterými jsou (střední hodnota, rozptyl a náhodné chyby) (Anděl, 2003).

## **4. Metodika**

Tato kapitola obsahuje postupy potřebné pro měření, na základě kterých bylo možné stanovit produktivitu práce vyvážecích traktorů. Prováděno bylo celkem 27 měření, a to na třech vyvážecích traktorech. Na každém vyvážecím traktoru bylo provedeno celkem 9 měření, tři měření při relativním teple a suchu, tři měření na mokřem terénu, poslední tři měření na sněhové pokrývce nebo mrazu.

### **4.1. Příprava**

Prvním krokem pro provedení měření bylo zjištění porostů, ve kterých bude probíhat těžba a soustřeďování bude prováděno pomocí vyvážecích traktorů. Následovala domluva s operátorem a revírníkem, vysvětlení průběhu měření a získání požadovaných informací. Od operátora bylo zjištěno, jak dlouho pracuje v oblasti soustřeďování dříví, jakou dobu vyváží na konkrétním vyvážecím traktoru, který sloužil pro účely měření a jeho věk. Dále bylo možné seznámení s vyvážením traktorem (typ, výkon, nosnost, výhody, nevýhody).

### **4.2. Sledování klimatických podmínek**

Týden před každým měřením bylo sledováno počasí, a to zejména srážky a povětrnostní podmínky, jelikož právě tyto faktory měly velký vliv na výsledné časy. První série měření tedy mohla být uskutečněna za období sucha při téměř nulových srážkách, druhá při velkém úhrnu srážek, třetí při určité výšce sněhu nebo na zmrzlé půdě.

### **4.3. Terénní podmínky**

Před každým měřením bylo zapotřebí projít každou lokalitu, ve které se bude vyvážet a zaznamenat si potřebné informace např. číslo porostu. Sledováno bylo zejména dřevinné složení, přístupnost cest, sklon terénu, výše překážek, příprava pracoviště před zásahem apod. K tomuto účelu sloužila hospodářská kniha, ze které se bylo možné dozvědět: složení celého porostu, stáří porostu, lesní typ a další užitečné informace.

### **4.4. Zaznamenávané údaje**

Celkem pro účely měření byly sledovány 3 vyvážecí traktory, a to John Deere 810D, 810E a 1010E. Na každém vyvážecím traktoru bylo provedeno celkem 9 měření, 3 měření v období sucha, 3 v období mokra a 3 v období sněhu a mrazu. Z těchto tří měření bylo každé provedeno v různých odvozních délkách (krátká, střední, dlouhá), se

třemi opakováními. Pro zaznamenávání časů byly použity stopky, vyvážecí vzdálenost byla změřena na požádání přímo operátorem, pomocí počítače v traktoru. Celé měření bylo prováděné pomocí chronometráže.

#### **4.5. Operativní časy**

Měření probíhalo tak, že byly zaznamenávány operativní časy vyvážecího traktoru. Čas jízdy traktoru do porostu, čas na sestavení nákladu, jízda s nákladem a čas na vyložení nákladu. Operativní časy jsou dále popsány a označeny dle Dvořáka et. al (2011).

- Čas na jízdu stroje do porostu - bez nákladu

Tato pracovní operace je zahájena v momentě, kdy je hydromanipulátor umístěn do pojezdové polohy a traktor vyjede z odvozního místa do místa vyklizování. Tento čas je značen jako  $t_{A126}$ .

- Čas na sestavení nákladu

Tato operace je zahájena v momentu, kdy traktor dojel na místo vyklizování tedy k místu, kde se nachází první hromada se sortimenty a došlo ke změně polohy hydromanipulátoru z pojezdové do pracovní polohy. Čas je označen jako  $t_{A127}$ .

- Čas jízdy s nákladem na OM

Operace začíná v době, kdy je traktor naložen a hydromanipulátor je opět uveden do pojezdové polohy. Operace končí v momentu příjezdu traktoru na OM.

- Čas na složení nákladu na OM

Čas začíná v momentu příjezdu traktoru na OM a uvedením hydromanipulátoru do pracovní polohy pro vyložení nákladu. Po vyložení nákladu opět dochází k uvedení hydromanipulátoru do pojezdové polohy.

#### **4.6. Sledované údaje ovlivňující časy**

V průběhu měření operativních časů byly dále zaznamenávány faktory, které měly na délku operativních časů vliv, vyvážecí vzdálenost, dále byl zaznamenán druh těžby, vyvážená dřevina a délka sortimentu, která se nejvíce projevila na době sestavení nákladu. Po každém příjezdu na OM byl nadále změřen objem v  $m^3$ . Od operátora harvestoru mi byl poskytnut výstup s informací o průměrné hmotnosti každé dřeviny.



#### 4.7. Tvorba dat

Aby bylo možné s daty nadále pracovat, byly sepsány do excelové tabulky. Každý řádek představoval jedno měření, tj. jeden operativní čas, ke kterému byly ve sloupcích přiřazeny proměnné, pro tento čas. Data byla sepisována v posloupnosti měření u každého traktoru. Každý řádek tedy obsahoval proměnné z těchto sloupců:

- pořadové číslo měření (1-324)
- operativní čas (min,sek)
- název operace
- náklad ( $m^3$ )
- produktivita práce ( $m^3/h$ )
- vyvážecí vzdálenost (m)
- kategorie vzdálenosti (krátká, střední, dlouhá)
- typ stroje
- ID porostu
- kategorie sklon terénu
- sklon terénu (%)
- lesní typ
- terénní typ
- únosnost půdy
- typ měření (sucho - teplo, mokro, zima)
- srážky (mm)
- výška sněhové pokrývky (cm)
- rychlost větru
- druh těžby
- průměrný objem jednotlivých výřezů ( $m^3$ )
- vyvážený sortiment
- druh dřeviny
- nosnost stroje v (t)
- výkon motoru v (kW)
- zkušenost operátora (roky)
- praxe se strojem (měsíce)
- věk operátora

- datum měření

Produktivita práce zde byla stanovena z naměřených operativních časů pro každé měření, jelikož byly zaznamenány pouze operativní časy bez celkového snímku pracovního dne, produktivita do excelové tabulky byla vypočítána na základě naturálního výpočtu, který uvádí (Sloup, 2012).

$$P = Q/T$$

P - Produktivita práce (m<sup>3</sup>/h)

Q - Objem výrobku

T - Časové množství vynaložené práce

#### **4.8. Statistická analýza**

Aby bylo možné získat informace a potřebné rozdíly mezi jednotlivými vyvážecími traktory, bylo potřebné všechny sledované údaje vložit do programu STATISTICA, s tímto programem bylo nadále pracováno.

##### **4.8.1. Jednofaktorová analýza**

V první řadě se veškeré sledované údaje rozdělily do skupin.

První skupinou byly spojité veličiny, mezi které patřilo: trvání operací v minutách, náklad, vzdálenost v metrech, sklon terénu v %, srážky, výška sněhu, rychlost větru, hmotnost vyvážených výřezů, nosnost stroje, zkušenost operátora, praxe a výkon stroje.

Další skupinou byly kategorické veličiny, mezi které patřily: operace (jízda do porostu, sestavení nákladu, jízda s nákladem, vyložení nákladu), kategorie vzdáleností, typ stroje, kategorie sklonu, lesní typ, terénní typ, typ měření (sucho, mokro, zima), druh těžby a vyvážená dřevina.

Poslední skupinou byly binární veličiny, do kterých spadal typ sortimentu podle délky.

Na základě těchto dat bylo možné nadále provádět jednofaktorové analýzy. Z tohoto modelování byly výstupem bodové diagramy, na základě kterých bylo možné vyzorovat jednotlivé závislosti vybraných naměřených podmínek a zhodnotit je.

Pomocí těchto analýz bylo také možné určit, kolik jevů dokážeme z naměřených dat vysvětlit.

#### **4.8.2. Vícefaktorová analýza**

Jednofaktorová analýza nebyla dostatečná, proto bylo zapotřebí použít vícefaktorové lineární regrese. Ze všech dat bylo tedy možné vytvořit jeden velký model, z toho modelu se nadále ukázalo, že všechna data využitá pro tento model nejsou statisticky významná, ale stále zasahují do předpovědí. Proto bylo nutné vytvoření druhého, jednoduššího, modelu, který se skládá pouze ze tří statisticky významných proměnných. Těmito parametry jsou spojitě proměnné: vzdálenost v metrech, náklad v m<sup>3</sup> a jednotlivé operativní časy - jízda do porostu, sestavení nákladu, jízda s nákladem, vyložení nákladu). Tyto proměnné se nadále označují jako: vzdálenost v metrech (X1), náklad v m<sup>3</sup> (X2), jízda do porostu (X3), sestavení nákladu (X4), jízda s nákladem v (X5) a vyložení nákladu (X6).

#### **4.8.3. Produktivita práce**

Produktivita práce byla vyjádřena v programu STATISTICA pomocí predikční rovnice. Pro její vytvoření byly využité spojitě proměnné označené X1 - X6 viz kap. 4.8.2.

#### **4.9. Vyhodnocení**

Po dokončení všech terénních prací a vyhotovení statistických modelů bylo možné přejít k části vyhodnocování jednotlivých vlivů, které se podílely na tomto měření. Byly porovnávány jednotlivé časy vyvážecích traktorů v daném období a porovnávány jednotlivé významné faktory mezi sebou pomocí bodových grafů. V poslední řadě byla provedena celková analýza a stanová doporučení pro zlepšení produktivity práce jednotlivých vyvážecích traktorů.

## 5. Výsledky

### 5.1. Pozorované vyvážecí traktory

#### Vyvážecí traktor John Deere 810D

První série měření probíhala na vyvážecím traktoru John Deere 810D, který je ze sledovaných traktorů nejstarší a má nejmenší výkon. Řadí se do třídy malých vyvážecích traktorů. Není vybaven otočnou kabinou jako je tomu u řady John Deere s označením "E". Měření byla prováděna v oblasti LS Stříbro. Operátorem stroje byl muž ve věku 31 let, který vyváží na tomto traktoru 7 měsíců. Tento traktor je vhodný pro nasazení do probírek a hustých porostů.

#### Vyvážecí traktor John Deere 810E

Druhá série měření probíhala na vyvážecím traktoru John Deere 810E, je vhodná do prvních až pozdních probírek s vyvážecí vzdáleností do 500 m. Je vybavena otočnou kabinou, která umožňuje automatické sledování hydraulického jeřábu. Otočná kabina je charakteristická pro modelovou řadu "E". Tento traktor je vybaven i funkcí vyrovnávání kabiny, díky čemuž může jet rychleji. Měření s tímto traktorem byla prováděna na revíru Sedliště, který spadá do oblast LS Přimda. Operátorem byl muž ve věku 40 let, na tomto stroji vyváží 1 rok.

#### Vyvážecí traktor John Deere 1010E

Poslední série měření probíhala na vyvážecím traktoru John Deere 1010E, ze sledovaných traktorů spadá do největší výkonové třídy. Stejně jako předchozí vyvážecí traktor je vybaven otočnou kabinou a funkcí vyrovnání kabiny. Na rozdíl od modelu 810E může být k dispozici 6-ti i 8-mi kolová verze. Traktor vhodný do prvních i pozdních podmínek ideálně do vyvážecí vzdálenosti 500 m. Měření s tímto traktorem probíhalo na revíru Bor, který spadá pod LS Přimda. Operátorem byl muž ve věku 30 let, na tomto stroji vyváží 1 rok.

## 5.2. Porovnání parametrů vyvážecích traktorů

Tab. 5: Porovnání parametrů vyvážecích traktorů (www.merimex.cz)

	John Deere 810D	John Deere 810E	John Deere 1010E
<b>Výkon</b>	86 kW	100 kW	115,5 kW
<b>Nosnost</b>	9 t	9 t	11 t
<b>Využití</b>	první probírky	první a pozdní probírky	První a pozdní probírky
<b>Rychlost</b>	0 -23 km/h	0 - 23 km/h	0 - 23 km/h
<b>Objem nádrže</b>	110 l	110 l	150 l
<b>Hydraulický jeřáb</b>	CF 1	CF 1	CF 5
<b>Dosah jeřábu</b>	až 9,8 m	až 9,8 m	až 10 m
<b>Kabina</b>	Pevná	Otočná a vyrovnávací	Otočná a vyrovnávací
<b>Řídicí systém</b>	TMC, Timbermatic 700	Timbermatic F-09	Timbermatic F-09
<b>Převravní výška</b>	3780 mm	3780 mm	3600 mm
<b>Světlá výška</b>	595 mm	615 mm	620 mm
<b>Délka</b>	8030 - 8695 mm	8240 - 8905 mm	8890 - 10390 mm
<b>Šířka</b>	2450 mm	2680 mm	2820 mm
<b>Hmotnost</b>	10 970 kg	12 950 kg	16 500 kg

## 5.3. Měření John Deere 810D

### Měření Sucho

Tab. 6: John Deere 810D časy - sucho

	110A8 - Ovčí Hora				110B3 - Ovčí hora				110A4b - Ovčí Hora			
	Porost 1				Porost 2				Porost 3			
min, sek	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem
<b>Jízda do porostu</b>	03:29	02:00	02:57	<b>08:26</b>	03:29	02:00	02:57	<b>08:26</b>	07:58	08:25	08:36	<b>24:59</b>
<b>Sestavení nákladu</b>	15:36	14:51	12:06	<b>42:33</b>	40:08	34:21	39:19	<b>53:48</b>	10:46	09:31	09:42	<b>29:59</b>
<b>Jízda s nákladem</b>	04:03	03:30	02:55	<b>10:28</b>	04:51	04:36	04:12	<b>13:39</b>	11:14	10:12	09:54	<b>31:20</b>
<b>Vyložení nákladu</b>	11:42	11:58	09:47	<b>33:27</b>	14:54	15:23	13:23	<b>43:40</b>	07:32	08:54	08:59	<b>25:25</b>
<b>Celkem</b>	<b>33:40</b>	<b>32:08</b>	<b>26:41</b>	<b>1:32:29</b>	<b>1:03:22</b>	<b>0:56:20</b>	<b>0:59:51</b>	<b>2:59:33</b>	<b>37:30</b>	<b>37:02</b>	<b>37:11</b>	<b>1:51:43</b>
<b>Objem (m<sup>3</sup>)</b>	8,00	9,00	9,00	<b>26,00</b>	8,00	8,00	8,00	<b>24,00</b>	9,00	9,00	9,00	<b>27,00</b>
<b>Vzdálenost (m)</b>				<b>90,00</b>				<b>340,00</b>				<b>530,00</b>

V porostu 110A8 bylo vyvážení prováděno na krátkou vzdálenost, a to na 90 m. Sortimenty byly naskládány ve větších hromadách, vlivem toho bylo nakládání

pomalejší. Lokalita se nacházela v mírném svahu 19%, terén byl únosný. Měření probíhalo za nulových srážek. Vyváženou dřevinou byl SM v různých délkách, hmotnost výřezů byla v rozmezí 0,06 - 0,16 m<sup>3</sup>. Druhem těžby byla předmýtní úmyslná těžba. V porostu 110B3 jezdil vyvážecí traktor převážně na zpevněné lince, v porostu byl sortiment rozptýlen, což se projevilo i na naměřených časech. Vyváželo se na vzdálenost 340 m. Terén byl převážně v rovině a byl únosný. Vyváženou dřevinou byl smrk v délkách 2 m, s průměrnou hmotností výřezu 0,03 m<sup>3</sup>. Druhem těžby byla předmýtní úmyslná těžba. V porostu 110A4B jezdil traktor po polní cestě v porostu bych sortiment naskládán ve větších hromadách, což zvýšilo rychlost sestavení nákladu. Vyváženo bylo v mírném únosném svahu. Vyváženou dřevinou byl smrk v délkách 4 m o průměrné hmotnosti výřezu 0,15 m<sup>3</sup>. Druhem těžby byla předmýtní úmyslná těžba.

### Měření mokro

**Tab. 7: John Deere 810D časy - mokro**

	120A4 - u Hájovny				120D4b - u Hájovny				120F4 - u Hájovny			
	Porost 1				Porost 2				Porost 3			
min, sek	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem
<b>Jízda do porostu</b>	04:32	04:14	04:21	<b>0:13:07</b>	04:55	05:10	04:18	<b>14:23</b>	08:56	09:16	09:04	<b>27:16</b>
<b>Sestavení nákladu</b>	22:31	20:18	19:20	<b>1:02:09</b>	35:00	29:15	33:40	<b>37:55</b>	30:28	35:14	28:42	<b>34:24</b>
<b>Jízda s nákladem</b>	05:36	05:41	04:29	<b>0:15:46</b>	06:24	06:42	05:22	<b>18:28</b>	12:08	13:32	12:54	<b>38:34</b>
<b>Vyložení nákladu</b>	15:00	16:08	15:46	<b>0:46:54</b>	17:20	16:32	15:58	<b>49:50</b>	16:22	15:11	12:08	<b>43:41</b>
<b>Celkem</b>	<b>47:39</b>	<b>46:21</b>	<b>43:56</b>	<b>2:17:56</b>	<b>1:03:39</b>	<b>57:39</b>	<b>59:18</b>	<b>3:00:36</b>	<b>1:07:54</b>	<b>1:13:13</b>	<b>1:02:48</b>	<b>3:23:55</b>
<b>Objem (m3)</b>	9,00	9,00	9,00	<b>27,00</b>	9,00	9,00	9,00	<b>27,00</b>	9,00	8,00	9,00	<b>26,00</b>
<b>Vzdálenost (m)</b>				<b>140,00</b>				<b>310,00</b>				<b>521,00</b>

V porostu 120A4 byly sortimenty rozptýleny v menších hromadách v porostu, terén v této lokalitě byl tvořen prudkým svahem, byl únosný. Vyváženou dřevinou byla borovice v délkách 2 m, o průměrné hmotnosti výřezu 0,02 m<sup>3</sup>. Druhem těžby byla předmýtní úmyslná těžba. Porost 120D4b se nacházel v mírném svahu, terén byl únosný. Vyváženou dřevinou byla borovice v délkách 2m, s průměrnou hmotností výřezu 0,02 m<sup>3</sup>. Druhem těžby byla předmýtní úmyslná těžba. Porost 120F4 se nacházel v mírném svahu, sortiment na této lokalitě byl rozptýlen v menších hromadách v porostu, traktor jezdil z velké části po zpevněné cestě. Vyváženou dřevinou byla Borovice v délkách 2 m, s průměrnou hmotností výřezu 0,02 m<sup>3</sup>. Druhem těžby zde byla předmýtní úmyslná těžba.

### Měření sníh, mráz

**Tab. 8: John Deere 810D časy - sníh, mráz**

	583C12 - Ošelín				585D11 - Ošelín				585B9 - Ošelín			
	Porost 1				Porost 2				Porost 3			
min, sek	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem
<b>Jízda do porostu</b>	03:52	03:40	03:00	<b>10:32</b>	06:10	05:56	05:48	<b>17:54</b>	09:30	09:15	08:48	<b>27:33</b>
<b>Sestavení nákladu</b>	10:27	09:50	10:13	<b>30:30</b>	09:05	10:24	09:42	<b>29:11</b>	11:48	09:26	09:56	<b>31:10</b>
<b>Jízda s nákladem</b>	04:03	04:30	04:40	<b>14:02</b>	07:25	07:02	06:50	<b>21:17</b>	10:59	10:32	10:00	<b>31:31</b>
<b>Vyložení nákladu</b>	08:25	08:10	08:30	<b>25:05</b>	07:44	07:59	07:30	<b>23:13</b>	08:49	07:54	08:15	<b>24:58</b>
<b>Celkem</b>	<b>27:36</b>	<b>26:10</b>	<b>26:23</b>	<b>1:20:09</b>	<b>30:24</b>	<b>31:21</b>	<b>29:50</b>	<b>1:31:35</b>	<b>41:06</b>	<b>37:07</b>	<b>36:59</b>	<b>1:55:12</b>
<b>Objem (m3)</b>	8,00	9,00	9,00	<b>26,00</b>	9,00	9,00	9,00	<b>27,00</b>	9,00	9,00	9,00	<b>27,00</b>
<b>Vzdálenost (m)</b>				<b>153,00</b>				<b>280,00</b>				<b>550,00</b>

Porosty v této sérii měření se nacházely v přibližně stejných podmínkách, terén byl rovina až mírný svah, únosný. Sortimenty v porostu byly poměrně dobře dostupné rozmístěné v menších a větších hromadách podél linek. Vyváženou dřevinou ve všech porostech byl smrk v délkách 4 m o průměrné hmotnosti výřezů 0,14- 0,16 m<sup>3</sup>. Druhem těžby zde byla těžba nahodilá.

#### 5.4. Měření John Deere 810E

##### Měření sucho

**Tab. 9: John Deere 810Ečasy - sucho**

	431A9 - Sedliště				431B8 - Sedliště				433B9 - Sedliště			
	Porost 1				Porost 2				Porost 3			
min, sek	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem
<b>Jízda do porostu</b>	02:17	01:50	02:39	<b>06:46</b>	02:54	03:11	03:02	<b>09:07</b>	06:12	06:42	05:30	<b>18:24</b>
<b>Sestavení nákladu</b>	09:50	11:26	09:54	<b>31:10</b>	28:36	30:29	33:15	<b>1:32:20</b>	10:12	13:42	13:56	<b>37:50</b>
<b>Jízda s nákladem</b>	02:57	03:25	03:02	<b>09:24</b>	05:16	04:48	05:03	<b>15:07</b>	07:12	07:59	08:12	<b>23:23</b>
<b>Vyložení nákladu</b>	08:49	09:14	08:53	<b>26:56</b>	15:21	14:45	14:24	<b>44:30</b>	09:54	08:14	07:56	<b>26:04</b>
<b>Celkem</b>	<b>23:53</b>	<b>25:55</b>	<b>14:28</b>	<b>1:14:16</b>	<b>52:07</b>	<b>53:13</b>	<b>55:44</b>	<b>2:41:04</b>	<b>33:30</b>	<b>36:37</b>	<b>35:34</b>	<b>1:45:41</b>
<b>Objem (m3)</b>	10,00	10,00	10,00	<b>30,00</b>	11,00	10,00	11,00	<b>32,00</b>	11,00	10,00	11,00	<b>32,00</b>
<b>Vzdálenost (m)</b>				<b>160,00</b>				<b>270,00</b>				<b>490,00</b>

Porosty v této sérii měření se vyznačovaly podobnými terénními podmínkami. Vyváželo se na rovině až mírném svahu, na únosné půdě. Sortimenty se v porostu nacházely uspořádané v hromadách i rozptýlené v menších hromadách. Druhem těžby byla těžba mýtní úmyslná. V prvním porostu a posledním porostu se vyvážel smrk v délkách 4 m o průměrné hmotnosti 0,17 m<sup>3</sup> a 0,16 m<sup>3</sup>. V druhém porostu se vyvážela

borovice a smrk o průměrné hmotnosti 0,03 m<sup>3</sup>. Největší vliv na tuto sérii měření mělo vyvážení sortimentů o délce 2 m.

### Měření mokro

**Tab. 10: John Deere 810E časy - mokro**

	452B12 - Sedliště				439A13 - Sedliště				439B12 - Sedliště			
	Porost 1				Porost 2				Porost 3			
min, sek	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem
<b>Jízda do porostu</b>	02:31	02:49	03:08	<b>08:28</b>	04:00	04:14	03:42	<b>11:56</b>	06:45	06:13	06:48	<b>19:46</b>
<b>Sestavení nákladu</b>	16:31	15:28	15:40	<b>47:39</b>	13:54	11:16	14:10	<b>39:20</b>	13:26	14:12	14:23	<b>42:01</b>
<b>Jízda s nákladem</b>	04:06	04:20	03:54	<b>12:20</b>	04:25	05:32	05:59	<b>15:56</b>	07:05	07:26	06:42	<b>21:13</b>
<b>Vyložení nákladu</b>	14:00	13:15	12:11	<b>39:26</b>	08:36	09:02	08:55	<b>26:33</b>	09:31	09:45	08:35	<b>27:51</b>
<b>Celkem</b>	<b>37:08</b>	<b>35:52</b>	<b>34:53</b>	<b>1:47:56</b>	<b>30:55</b>	<b>30:04</b>	<b>32:46</b>	<b>1:33:45</b>	<b>36:47</b>	<b>37:36</b>	<b>36:28</b>	<b>1:50:51</b>
<b>Objem (m3)</b>	11,00	11,00	11,00	<b>33,00</b>	11,00	11,00	11,00	<b>33,00</b>	11,00	11,00	11,0	<b>33,0</b>
<b>Vzdálenost (m)</b>				<b>90,00</b>				<b>340,00</b>				<b>450,00</b>

Lokality pro toto měření se nacházely v rovinném terénu až mírném svahu. Sortiment u prvního porostu byl nejvíce rozptýlen v porostu, což se projevilo největším výsledným časem navzdory krátké vyvázeční vzdálenosti. Druhem těžby na těchto lokalitách byla mýtní úmyslná těžba. V prvním porostu se vyvážela borovice a smrk o délkách 4 m s průměrnou hmotností 0,20 m<sup>3</sup>, ve druhém a třetím porostu se vyvážela pouze borovice o délkách 4 m s průměrnou hmotností 0,22 a 0,20 m<sup>3</sup>.

### Měření sníh, mráz

**Tab. 11: John Deere 810E časy - sníh, mráz**

	432B10 - Sedliště				432B8 - Sedliště				432G10 - Sedliště			
	Porost 1				Porost 2				Porost 3			
min, sek	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem
<b>Jízda do porostu</b>	01:45	01:58	01:58	<b>05:33</b>	02:58	03:10	03:20	<b>09:28</b>	08:15	07:20	07:38	<b>23:13</b>
<b>Sestavení nákladu</b>	12:33	11:14	11:06	<b>34:53</b>	15:41	16:10	14:52	<b>46:43</b>	14:26	13:09	12:49	<b>40:24</b>
<b>Jízda s nákladem</b>	02:36	03:04	02:51	<b>08:31</b>	04:26	03:50	04:10	<b>12:26</b>	09:20	08:10	07:56	<b>25:26</b>
<b>Vyložení nákladu</b>	07:46	07:50	08:10	<b>23:46</b>	08:14	08:54	09:06	<b>26:11</b>	08:43	08:59	09:02	<b>26:44</b>
<b>Celkem</b>	<b>24:40</b>	<b>24:06</b>	<b>23:57</b>	<b>1:12:43</b>	<b>31:16</b>	<b>32:04</b>	<b>31:28</b>	<b>1:34:48</b>	<b>40:44</b>	<b>37:38</b>	<b>37:25</b>	<b>1:55:47</b>
<b>Objem (m3)</b>	10,00	11,00	1,00	<b>32,00</b>	10,00	11,00	11,00	<b>32,00</b>	11,00	12,00	11,00	<b>34,00</b>
<b>Vzdálenost (m)</b>				<b>105,00</b>				<b>260,00</b>				<b>420,00</b>



Vyvážené porosty se nacházely v rovinném až mírném svahu. Terén byl únosný. V prvním a druhém porostu byla druhem těžby mýtní úmyslná těžba, ve druhém porostu těžba předmýtní úmyslná. Vyváženou dřevinou ve všech porostech byl smrk v délkách 4 m, pouze ve druhém porostu se vyvážel i sortiment v délkách 5 m. Průměrná hmotnost vyvážených výřezů byla 0,15 m<sup>3</sup>, 0,20 m<sup>3</sup> a 0,17 m<sup>3</sup>. Na těchto lokalitách nedocházelo k větším nárůstům operativních časů vlivem terénních podmínek.

## 5.5. Měření John Deere 1010E

### Měření sucho

**Tab. 12: John Deere 1010Ečasy - sucho**

	635A14 - Borovany u Boru				649A15 - Olešná				644E14 - Bonětice			
	Porost 1				Porost 2				Porost 3			
min, sek	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem
Jízda do porostu	00:59	00:55	00:45	<b>02:39</b>	05:10	04:52	04:05	<b>14:07</b>	06:10	06:48	06:29	<b>19:27</b>
Sestavení nákladu	08:14	09:20	08:36	<b>26:10</b>	10:20	11:45	09:30	<b>31:35</b>	09:33	09:48	10:05	<b>29:26</b>
Jízda s nákladem	01:35	01:15	00:50	<b>03:40</b>	06:45	06:33	05:58	<b>19:16</b>	07:48	08:03	08:00	<b>23:51</b>
Vyložení nákladu	07:55	07:30	08:20	<b>0:56:14</b>	08:43	08:30	07:50	<b>1:30:01</b>	07:52	07:20	07:50	<b>23:02</b>
<b>Celkem</b>	<b>18:43</b>	<b>19:00</b>	<b>18:31</b>	<b>56:14</b>	<b>30:58</b>	<b>31:40</b>	<b>27:23</b>	<b>1:30:01</b>	<b>31:23</b>	<b>31:59</b>	<b>32:24</b>	<b>1:35:46</b>
Objem (m <sup>3</sup> )	11,00	11,00	12,00	<b>34,00</b>	11,00	11,00	11,00	<b>33,00</b>	11,00	11,00	11,00	<b>33,00</b>
Vzdálenost (m)				<b>100,00</b>				<b>330,00</b>				<b>450,00</b>

Na těchto lokalitách bylo vyváženo v prvním a třetím porostu na rovině – mírném svahu, ve druhém na svahu, což se projevilo na operativních časech: jízda do porostu a jízda s nákladem. Druhé těžby ve všech porostech byla mýtní úmyslná těžba. Vyváženou dřevinou byla borovice v délkách 4 m. Průměrná hmotnost vyvážených výřezů byla 0,17 m<sup>3</sup>, 0,18 m<sup>3</sup> a 0,17 m<sup>3</sup>. V prvním a třetím porostu kladně působilo na dobu sestavení nákladu to, že sortimenty byly dobře dostupné, uložené v hromadách podél linek.

## Mokro

**Tab. 13: John Deere 1010Ečasy - mokro**

	618E13 - Skviřín				618G11 - Skviřín 1. seč				618G11 Skviřín 2. seč			
	Porost 1				Porost 2				Porost 3			
min, sek	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem
Jízda do porostu	02:10	02:05	02:15	<b>06:30</b>	05:16	06:29	06:56	<b>18:41</b>	07:50	07:25	07:20	<b>22:35</b>
Sestavení nákladu	10:55	10:28	08:36	<b>29:59</b>	08:15	08:56	09:26	<b>26:37</b>	10:44	10:00	09:38	<b>30:22</b>
Jízda s nákladem	02:15	02:40	02:30	<b>07:25</b>	06:48	07:12	07:39	<b>21:39</b>	10:15	10:05	09:57	<b>30:17</b>
Vyložení nákladu	09:13	09:51	09:42	<b>28:46</b>	07:26	08:30	07:06	<b>23:02</b>	07:50	08:33	08:48	<b>25:11</b>
<b>Celkem</b>	<b>24:33</b>	<b>25:04</b>	<b>23:03</b>	<b>1:12:40</b>	<b>27:45</b>	<b>31:07</b>	<b>31:07</b>	<b>1:29:59</b>	<b>36:39</b>	<b>36:03</b>	<b>35:43</b>	<b>1:48:25</b>
Objem (m <sup>3</sup> )	11,00	11,00	11,00	33,00	10,00	11,00	10,00	32,00	11,00	11,00	11,00	33,00
Vzdálenost (m)				150,00				340,00				700,00

Vyvážené porosty se nacházely v rovinném terénu, což kladně ovlivnilo čas na jízdy do porostu a z porostu. Negativně zde působily klimatické podmínky, terén byl vlivem vysokých srážek podmáčený a blátivý, což traktor zpomalovalo. Druhem těžby ve všech lokalitách byla mýtní úmyslná těžba. Vyváženou dřevinou v prvním porostu byl smrk v délkách 4 m. Ve druhém porostu v první i druhé seči byla vyváženou dřevinou borovice v délkách 4 m. Průměrné hmotnosti výřezů byly 0,19 m<sup>3</sup>, 0,18 m<sup>3</sup> a 0,18 m<sup>3</sup>.

## Sníh, mráz

**Tab. 14: John Deere 1010Ečasy - sníh, mráz**

	654B11a - Bernartice u Stráže 1. seč				654B11a - Bernartice u Stráže 2. seč				654B11a - Bernartice u Stráže 3. seč			
	Porost 1				Porost 2				Porost 3			
min, sek	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem	1.	2.	3.	Celkem
Jízda do porostu	00:40	00:48	00:38	<b>02:06</b>	04:20	04:41	03:59	<b>13:00</b>	06:49	07:12	06:10	<b>20:11</b>
Sestavení nákladu	12:55	11:42	12:30	<b>37:07</b>	08:11	09:20	08:50	<b>26:21</b>	12:05	12:47	09:28	<b>34:20</b>
Jízda s nákladem	00:30	00:31	00:28	<b>01:29</b>	05:29	05:52	06:10	<b>17:31</b>	07:15	08:12	08:36	<b>24:03</b>
Vyložení nákladu	07:40	07:58	08:05	<b>23:43</b>	07:50	08:03	07:40	<b>23:33</b>	07:55	08:10	07:50	<b>23:55</b>
<b>Celkem</b>	<b>21:45</b>	<b>20:59</b>	<b>21:41</b>	<b>1:04:25</b>	<b>25:50</b>	<b>27:56</b>	<b>26:39</b>	<b>1:20:25</b>	<b>34:04</b>	<b>36:21</b>	<b>32:04</b>	<b>1:42:26</b>
Objem (m <sup>3</sup> )	11,00	11,00	11,00	33,00	11,00	12,00	11,00	34,00	12,00	12,00	11,00	35,00
Vzdálenost (m)				80,00				302,00				620,00

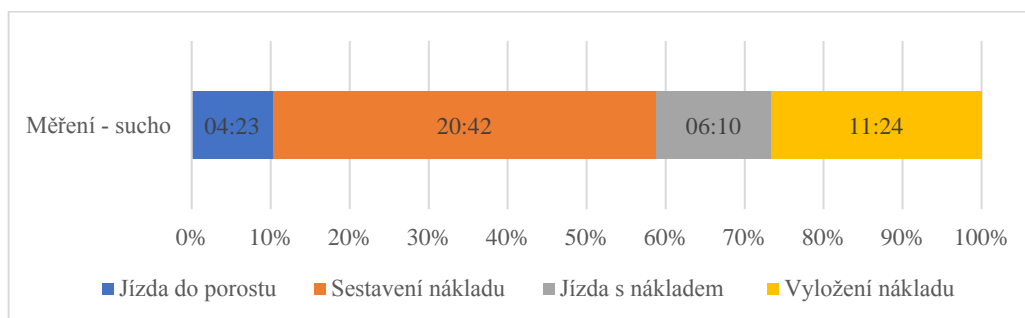
Na těchto lokalitách byl terén rovinný, na samotné vyvážení zde mělo vliv pouze špatné rozmístění hromad v porostu, kde vyvázeční traktor ve 3. seči musel zajíždět daleko do porostu a sbírat rozptýlený sortiment. Sněhová pokrývka a mráz nijak zvlášť časy neovlivňovaly. V tomto porostu byla prováděna mýtní úmyslná těžba a vyváženou

dřevinou ve všech sečích byl smrk v délkách 4 m. V první a třetí seči byla průměrná hmotnost 0,20 m<sup>3</sup>, ve druhé seči 0,18 m<sup>3</sup>.

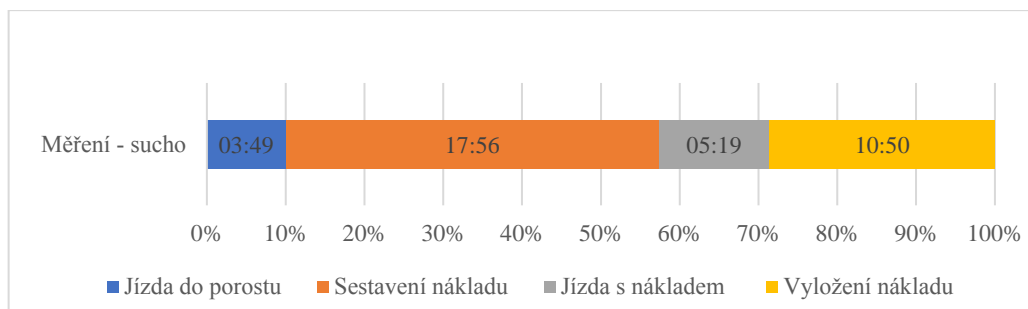
## 5.6. Porovnání operativních časů v klimatických podmínkách

### Sucho

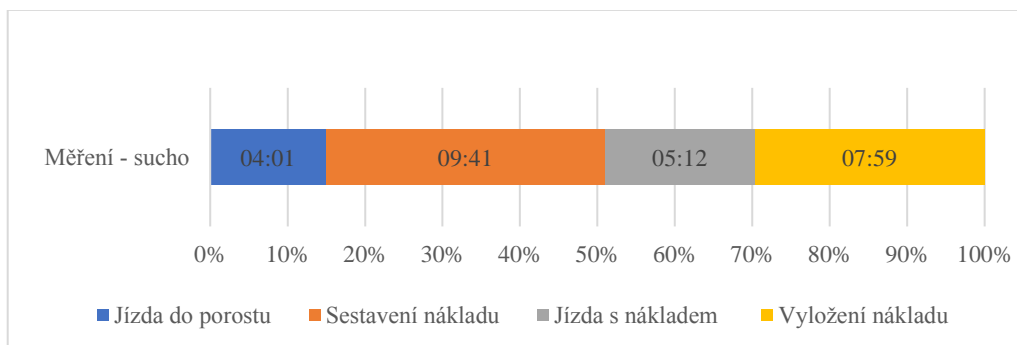
Všechny tři stroje měly stejný průběh měření. Každý stroj absolvoval celkem 3 cykly jízd v téměř totožných podmínkách. Po porovnání podmínek je patrné, že klimatické podmínky zde byly vhodné, terén nebyl podmáčený, se zvyšující se vyvážecí vzdáleností rostla i doba jízdy, charakter terénu zde neměl významný vliv, jelikož měření probíhalo převážně na rovině – mírném svahu. Největšími faktory, které měly na tuto sérii vliv, byly: vyvážený sortiment a uspořádanost sortimentů. Nejlepšího výsledku dosáhl vyvážecí traktor John Deere 1010E, kde průměrný čas na jedno otočení byl 26:53 minut, což je způsobeno tím, že prováděnou těžbou byla mýtní úmyslná těžba, při které je snadnější průjezdnost porostem. Vyváženým sortimentem, zde byl smrk v délkách 4 m, což urychlilo čas na sestavení nákladu a čas na vyložení nákladu. Tento vyvážecí traktor je také nejvýkonnější ze všech pozorovaných, plusem je také otočná kabina, která značně usnadňuje práci. Nejhůře dopadl vyvážecí traktor John Deere 810D, který je nejméně výkonný a neobsahuje otočnou kabinu. Dalším důvodem je, že byla prováděna předmýtní úmyslná těžba, kdy vyvážecí traktor vyvážel krátké výřezy různých délek, které jsou náročnější na sestavení a vyložení. Grafické porovnání operativních časů se nachází v obr. č. 3, 4 a 5.



**Obr. 3: John Deere 810D - sucho**



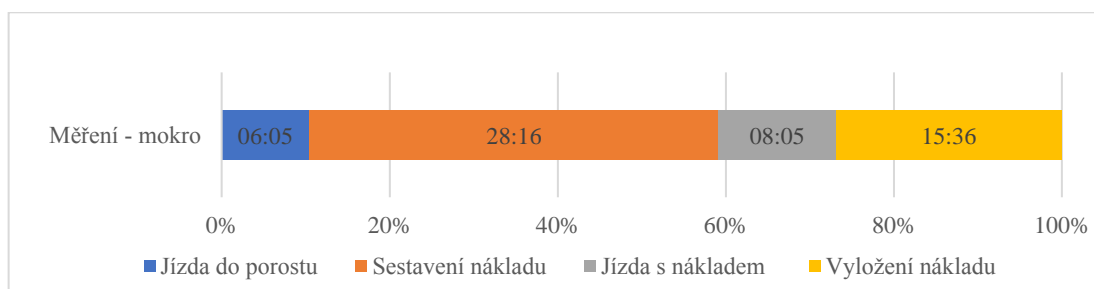
**Obr. 4: John Deere 810E - sucho**



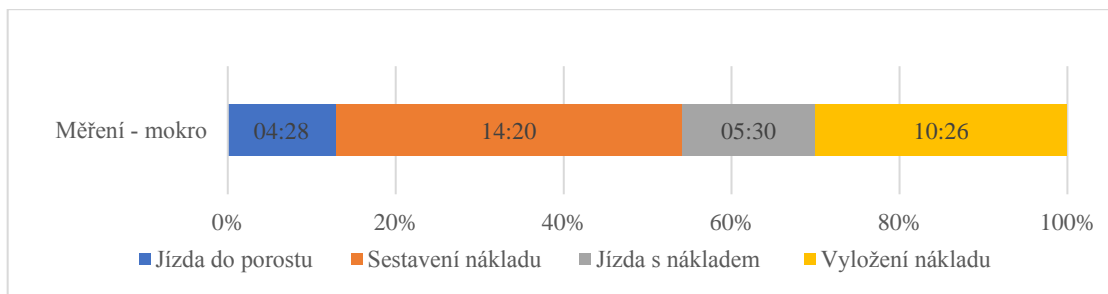
**Obr. 5: John Deere 1010E - sucho**

### Mokro

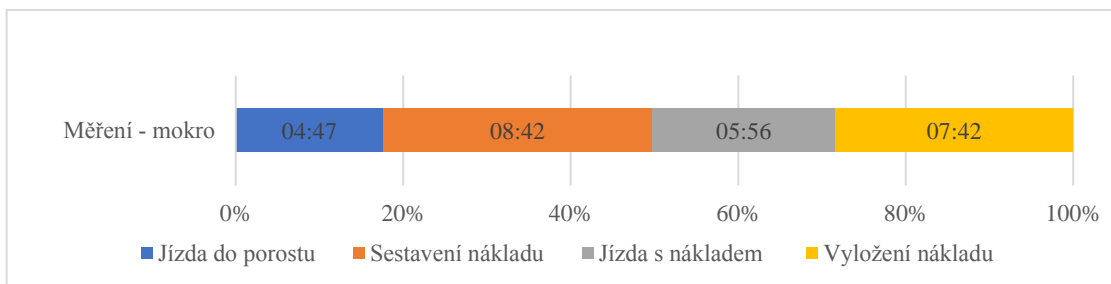
Jako v případě měření za sucha, se zvyšoval čas s rostoucí vyvážecí vzdáleností. V tomto případě opět dopadl nejhůře vyvážecí traktor John Deere 810D s celkovým průměrným časem 58:30 minut (viz obr. 6, 7 a 8). Z grafu je patrné, že nejdelší čas byl spotřebován na sestavení nákladu, což je opět způsobené předmýšlnou těžbou, kdy se vyvážely sortimenty v délkách 2 m s hmotností do 0,02 m<sup>3</sup>. Jedno z těchto měření bylo navíc prováděno v prudkém svahu, což vzhledem k podmáčenému terénu nebylo ideální. U zbylých dvou vyvážecích traktorů probíhala těžba mýtní úmyslná, se sortimenty v délkách 4m. Je patrné, že v těchto sériích měření se projeví značně klimatické podmínky, protože nárůst celkového času je cca o 20 minut oproti měřením za sucha.



**Obr. 6: John Deere 810D - mokro**



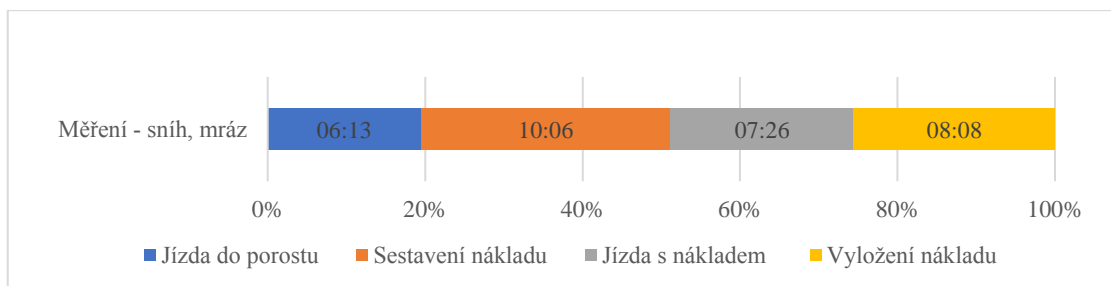
**Obr. 7: John Deere 810E - mokro**



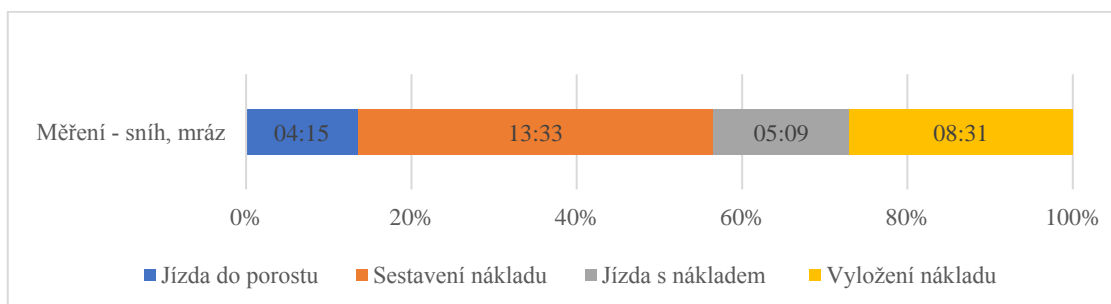
**Obr. 8: John Dere 1010E - mokro**

### Sníh, mráz

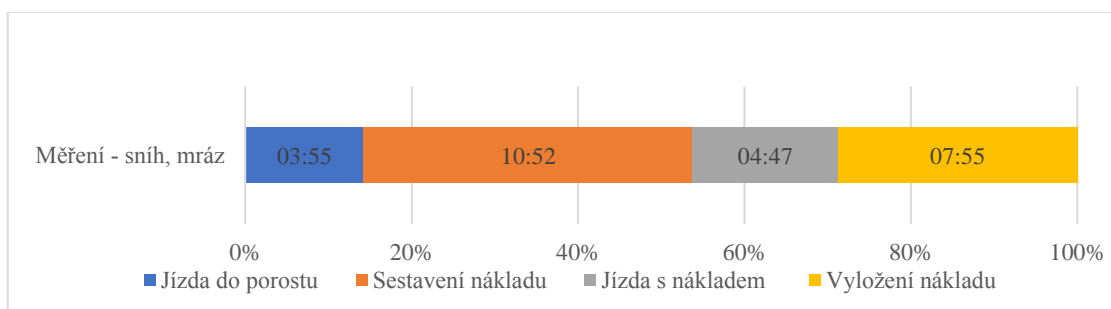
Všechny tři vyvážecí traktory měly za těchto klimatických podmínek téměř srovnatelný průměrný čas na jedno otočení. Nejhorší čas měl vyvážecí traktor John Deere 810D, který na jedno otočení potřeboval v průměru 31:53 minut. Další následoval vyvážecí traktor John Deere 810E, který měl jedno otočení v průměru za 31:29 minut. Na těchto měřeních se výrazně projevovala příprava pracoviště a uložené sortimenty. V případě vyvážecího traktoru 810D, byly sortimenty podél linky urovnány ve větších hromadách, což výrazně snížilo čas na sestavení nákladu a to i navzdory provádění nahodilé těžby. Tento vyvážecí traktor se pak dokázala téměř vyrovnat svým výkonnějším konkurentům. S nejlepším časem opět zůstává vyvážecí traktor John Deere 1010E, na kterém se tentokrát projevila celkem dlouhá vyvážecí vzdálenost a složité podmínky pro sestavení nákladu. Nejhorší prostředí pro sestavení nákladu měl vyvážecí traktor 810E, který na sestavení nákladu potřeboval v průměru 13:33 minut. Vyvážené sortimenty byly v těchto sériích srovnatelné, vyvážel se SM v délkách 4 a 5 m, sortiment tedy nijak zvlášť neovlivnil porovnávání časů. Podrobnější porovnání časů viz obr. 9, 10 a 11.



**Obr. 9: John Deere 810D - sníh, mráz**



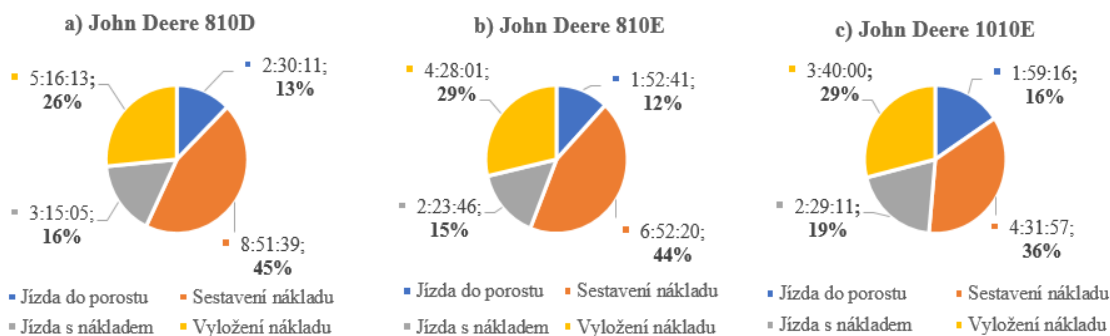
**Obr. 10: John Deere 810E - sníh, mráz**



**Obr. 11: John Deere 1010E - sníh, mráz**

## 5.7. Porovnání celkových časů

Po sečtení všech operativních časů za každý vyvážecí traktor je patrné, že nejvíce produktivní je vyvážecí traktor John Deere 1010E, který za nejnižší čas vyvezl největší objem dříví, a to i přes poměrně vysoké vyvážecí vzdálenosti. Na druhém místě je vyvážecí traktor John Deere 810E, na třetím John Deere 810D. Největšími faktory, které měly na vyvážecí traktory vliv, jsou: druh těžby, délka sortimentů, hmotnost výřezů, vyvážecí vzdálenost a výkonnost stroje. Porovnání jednotlivých časů je patrné z (obr. 12 a, b, c),



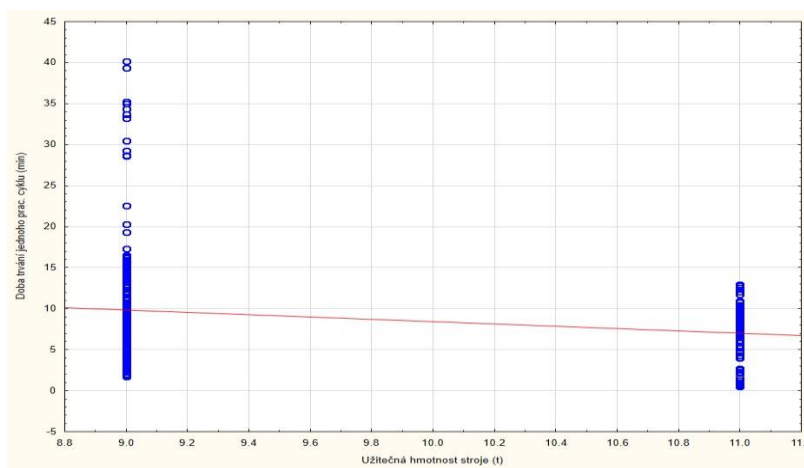
Obr. 12: Procentuální porovnání vyvážecích traktorů z hlediska času

## 5.8. Statistika

V programu STATISTICA byla data dále zhodnocena pomocí lineárních modelů, nejdříve jsme provedly jednoduché analýzy, pomocí kterých jsme mohli porovnávat pouze jednu proměnou. Postupně jsme přešli k tvorbě vícefaktorové analýzy, která již zachycovala komplexnost vztahu různých podmínek a operativních časů.

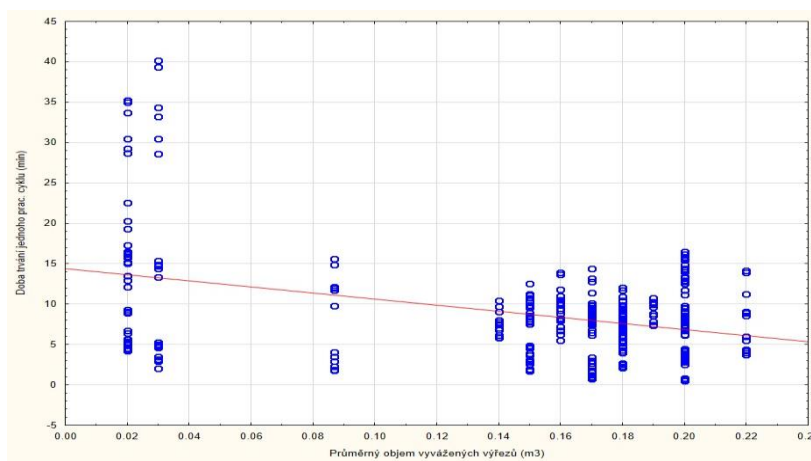
### 5.8.1. Jednofaktorové analýzy

Z diagramu č.1 (obr. 13) vyplývá, že se zvyšující se užitečnou hmotností stroje se snižuje doba trvání jednoho pracovní cyklu. Užitečná hmotnost je totiž spojená i s výkonností stroje a nasazením stroje. Velké vyvážecí traktory jsou výkonnější a mají i větší nosnost než malé vyvážecí traktory. Jsou také nasazovány spíše do mytních těžeb, kde je snadnější průjezd terénem oproti malým vyvážecím traktorům, které jsou nasazovány do předmytních těžeb, kde dochází ke ztrátovým časům vlivem špatné průjezdnosti. V případě mého měření byl nejméně produktivním strojem John Deere 810D, naopak John Deere 1010E byl nejproduktivnějším strojem s nejvyšší nosností a výkonností, což odpovídá tomuto diagramu.



Obr. 13: Doba trvání vs. hmotnost stroje

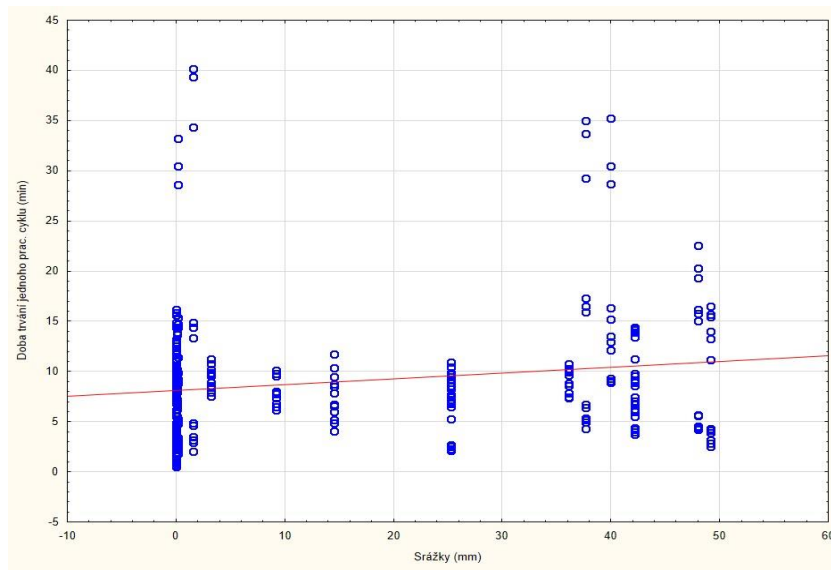
Z diagramu č. 2 (obr. 14) vyplývá, že se zvyšujícím se objemem jednotlivých výřezů, dochází ke snižování doby trvání jednoho pracovního cyklu. Na lokalitách, ve kterých se vyvážely sortimenty v délkách 2 m s průměrnou hmotností  $0,02 \text{ m}^3$ , docházelo k téměř dvojnásobnému nárůstu času potřebného na sestavení nákladu i vyložení nákladu. V těchto případech se kladně projevilo, pokud byly sortimenty dobře uloženy v porostu, pokud byl sortiment rozmístěn volně v porostu, docházelo k dalším nárůstům tohoto času. Naopak při vyvážení sortimentů v délkách 4 m, které měly hmotnost v průměru  $0,20 \text{ m}^3$ , docházelo ke snížení času na sestavení a vyložení nákladu.



**Obr. 14: Doba trvání vs. objem výřezů**

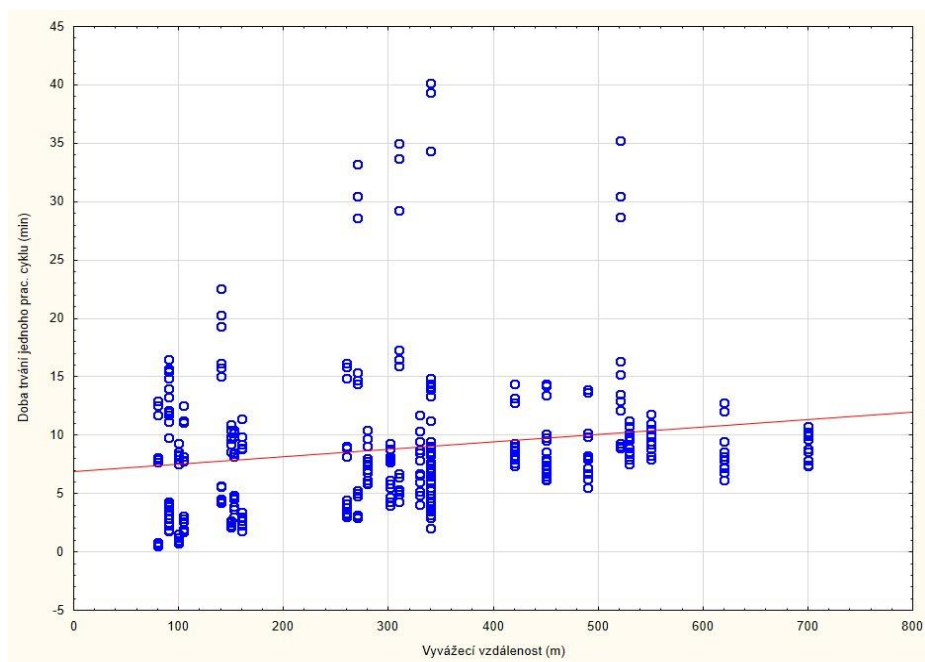
V těchto měřeních neměly klimatické podmínky za sucha a zimy podstatný vliv, pouze na podzim, kdy byl vysoký úhrn srážek, se téměř zdvojnásobil čas potřebný na dobu jízdy do porostu a z porostu. Na podmáčeném podloží dochází ke zhoršení jízdních vlastností stroje, je zapotřebí upravit rychlost, v případě svahu je nutné dodržovat i bezpečnost. V některých případech bylo zároveň nutné zvolit novou trasu, jelikož jízda po stejné lince by způsobovala tvorbu erozních rýh. Diagram č. 3 (obr. 15) názorně ukazuje, zvyšující se dobu trvání pracovního cyklu s přibývajícím srážkami.





**Obr. 15: Doba trvání vs. srážky**

V diagramu č. 4 (Obr. 16) je patrná logická věc, že s přibývající vyvážecí vzdáleností se prodlužuje doba trvání pracovního cyklu. V mém měření se každý traktor měřil na krátkou, střední a dlouhou vyvážecí vzdálenost. Interval měl délku cca 300m (0-300m = krátká; 301-600m = střední; nad 600m = dlouhá vyvážecí vzdálenost).



**Obr. 16: Doba trvání vs. vyvážecí vzdálenost**

## 5.8.2. Vícefaktorové analýzy

V rámci měření jsme prováděly dva lineární modely, po zadání všech dat, byl první model přeparametrizovaný, obsahoval hodně rušivých elementů, které nejsou statisticky významné, ale zasahují do předpovědí, buď čas snižují nebo zvyšují. Proto byl vytvořen druhý jednodušší model, který obsahuje pouze tři statisticky významné spojité proměnné. Výsledky modelů (viz tab. 15 a 16). Hodnota  $R^2$ , neboli koeficient determinace určil, že skrze modely dokážeme určit přibližně 66% variability délky trvání.

**Tab. 15: Lineární model**

Effect	Univariate Tests of Significance for trvani_min (statistica 1 in Workbook1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition; Std. Error of Estimate: 3.7880				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Abs. Člen		0,000			
Náklad (m3)	132	1,000	131,93900	9,195120	0,002641
srážky (mm)	4	1,000	3,56200	0,248230	0,618697
výška sněhu (cm)	11	1,000	10,77400	0,750870	0,386903
rychlost větru (ms-1)	9	1,000	9,04900	0,630670	0,427747
průměrný objem vyvážených výřezů (m3)	25	1,000	24,78000	1,727000	0,189812
zkušenosti (roky)		0,000			
praxe se strojem (měsíce)		0,000			
vzdálenost (m)	166	1,000	165,91600	11,563060	0,000765
Operace	3588	3,000	1196,10100	83,358760	0
Stroj		0,000			
Sklon terénu (kategorie)		0,000			
LT	31	6,000	5,08700	0,354510	0,906995
terénní typ		0,000			
typ míšení	11	1,000	10,62700	0,740610	0,390162
Druh těžby	6,933	2	3,466	0,24158	0,785539
dřeviny	0,199	1	0,199	0,01387	0,906328
Error	4247,256	296	14,349		

Dependent Variable	Test of SS Whole Model vs. SS Residual (statistica 1 in Workbook1)										
	Multiple R	Multiple R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
trvani_min	0,81171	0,65888	0,62776	8203,521	27	303,834	4247,26	296	14,3488	21,1748	0

**Tab. 16: Lineární model 2 - zjednodušený**

Effect	Univariate Tests of Significance for trvani_min (statistica)				
	SS	Degr. of	MS	F	p
Abs. Člen	2015,382	1	2015,382	107,7525	0,000000
vzdálenost (m)	479,626	1	479,626	25,6433	0,000001
Náklad (m3)	909,908	1	909,908	48,6483	0,000000
Operace	4818,774	3	1606,258	85,8787	0,000000
Error	5947,808	318	18,704		

Dependent	Test of SS Whole Model vs. SS Residual (statistica 1 in Workbook1)										
Variable	Multiple	Multiple	Adjusted	SS	df	MS	SS	df	MS	F	p
	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Model	Model	Model	Residual	Residual	Residual		
trvani_min	0,7227	0,52229	0,514783	6502,969	5	1300,59	5947,81	318	18,7038	69,5364	0

### Predikční rovnice

V programu STATISTICA byla nadále stanovena predikční rovnice určující produktivitu práce. (viz vztah č. 1). V případě, kdy se před proměnnou nachází znaménko „+“, znamená to, že tato proměnná pracovní cyklus prodlužuje, v opačném případě dochází ke zkracování pracovního cyklu.

#### **Vztah 1: Predikční rovnice**

$$\text{trvani\_min} = 24.9821529624 - 1.68744796773 * "X1" + 0.00697160022531 * "X2" + 22.4775532496 * "X3" + 5.10946502058 * "X4" - 3.89135802469 * "X5" + 0 * "X6"$$

X1 – Náklad v m<sup>3</sup>

X2 – Vzdálenost v m

X3 – Jízda do porostu

X4 – Sestavení nákladu

X5 – Jízda s nákladem

X6 – Vyložení nákladu

## 6. Diskuze

V rámci diplomové práce byla pozorovaná a hodnocená práce vyvážecích traktorů v různých terénních a klimatických podmínkách. V rámci diskuze jsou posuzovány jednotlivé faktory a porovnány s jinými odbornými pracemi na toto téma. Dále jsou navržena řešení, která by v daných lokalitách mohla mít kladný vliv na produktivitu práce.

Dle Stankić et al. (2012) je jedním z důležitých faktorů, které ovlivňují produktivitu vyvážecích traktorů, právě terén a jeho sklon. Uvádí, že už při sklonu nad 30 %, dochází ke značnému snížení produktivity práce, což u námi sledovaných lokalit nebylo možné potvrdit, jelikož vyvážecí traktory v lokalitách, kde byla prováděná těžba, měly srovnatelné terénní podmínky a pouze na dvou lokalitách se nacházel prudší svah, který se projevil zhoršením času na jízdu do porostu, konkrétně u vyvážecího traktoru John Deere 810D. Na sledovaných lokalitách se nenacházely překážky, které by měly na průjezdnost traktorů vliv.

Je třeba zmínit, že v rámci hodnocení terénu bylo sledováno i pracoviště a jeho příprava. Na naměřených časech se kladně projevila včasná technologická příprava pracoviště. Na některých lokalitách byl čas na sestavení nákladu negativně ovlivněn zejména prací harvestoru, v pěti porostech se sortiment nacházel neuspořádaný a rozptýlený v porostu, operátor tedy musel zajíždět do porostu mimo linky pro jednotlivé kusy.

Z hlediska klimatických podmínek měl na vyvážecí traktory největší vliv vysoký úhrn srážek, na podmáčených terénech se časy na jízdu do porostu a jízdu s nákladem zvýšily průměrně o 20 minut. Podmáčený povrch má také velmi negativní vliv na půdu, vlivem pojezdu těžkých strojů dochází k tvorbě erozních rýh a k porušování kořenového systému stromů. V rámci zlepšení by bylo vhodné v těchto případech nepřetěžovat stroj a mít připravené záložní linky pro případ, že již nebude možné využívat jednu linku nebo by dalším ježděním docházelo k poškození terénu. Vliv hustoty vyvážecích linek dokládá i Mederski (2006). Současně s poškozením terénu dochází i k nárůstu nákladů na potěžební úpravy, což dokládá i Simanov (1996). Měření za sucha a v zimě se výrazně nelišilo, pro lepší zhodnocení by bylo potřeba provést měření většího rozsahu. Z pozorování lze ale konstatovat, že příliš velké mrazy mají negativní vliv přímo na vyvážecí traktor i operátora, kladně však působí na půdu, kdy nedochází k

tvorbě erozí, to však platí pouze při sněhové pokrývce. V zimním období též dochází k promrznutí dřeva a snížení jeho hmotnosti. Při vysokých teplotách dochází k přehřívání stroje a je zde riziko vzniku požárů.

Na základě průzkumu prováděného v Chorvatsku dle Stankić et al. (2012) bylo upozorováno, že mezi faktory, které nejvíce ovlivnily produktivitu práce, patří: vyvážecí vzdálenost, průměrná hmotnatost, typ stroje, typ prováděné těžby, druh dřeviny. S těmito faktory se ztotožňuje i tato práce, jelikož právě tyto faktory nejvíce ovlivnily produktivitu na pozorovaných lokalitách. Pouze druh dřeviny neměl žádný vliv, jelikož byly vyváženy jehličnaté dřeviny, které neobsahovaly vady například v podobě křivosti, jako je tomu při vyvážení listnatých dřevin.

Z výsledků vyplývá, že vyvážecí vzdálenost měla zásadní vliv na růst časů. Nejlepšího času dosahoval vyvážecí traktor John Deere 1010E, který je vhodný i pro jízdu na vzdálenost 500 m a je výkonnější. Nejméně výkonný traktor John Deere 810D překonával podobné vzdálenosti, což se projevilo zvýšenými časy jízd do porostu a z porostu, tím pádem docházelo i ke snížení produktivity. Tento traktor není vhodné nasazovat na takto dlouhé vyvážecí vzdálenosti.

Hmotnatost vyvážených sortimentů byl druhý faktor, který se projevil především na operacích sestavení a vyložení nákladu. V případě, kdy byly vyváženy sortimenty v délkách 4 m, s hmotností okolo 0,20 m<sup>3</sup>, bylo vyvážení dvakrát až třikrát rychlejší, než v případě vyvážení výřezů o délce 2 m, s hmotností okolo 0,05 m<sup>3</sup>.

Z výzkumu v Chorvatsku vyplývá, že důležitým faktorem, je také praxe a dovednosti operátora. Z provedených analýz v této práci, však tento faktor nelze potvrdit, jelikož nejlepší produktivitu měl právě operátor s nejkratší praxí, což je způsobeno tím, že nejproduktivnější a nejvýkonnější vyvážecí traktor obsluhoval právě tento operátor. Pro lepší analýzu by bylo nutné provést dlouhodobější sledování.

Pozorovány byly tři vyvážecí traktory stejného výrobce, lišily se konstrukčními prvky, výkonností a velikostí ložné plochy. Nejlepších časů dosáhly vyvážecí traktory John Deere 810E a 1010E. Je zde prokazatelné, že výrobci neustále uvádějí na trh výkonnější a konstrukčně lépe řešené modely. Traktory John Deere modelové řady "E" jsou vybaveny otočnou kabinou, která u modelové řady "D" chybí, výhody tohoto konstrukčního prvku jsou patrné z naměřených časů a pozorování. Na lokalitách, které měly stejné výrobní podmínky, bylo jasně prokazatelné, že otočná kabina zvyšuje

rychlost operátora, tedy i produktivitu práce. Operátor má plný přehled o prováděných operacích, které jsou zároveň prováděné přesněji a zároveň je zvýšená i bezpečnost práce. Modelová řada "E" je rovněž vybavená funkcí vyrovnávání polohy, což se kladně projevilo zejména v mírném svahu nebo při nepříznivých klimatických podmínkách.

Po zhodnocení všech pozorovaných lokalit a vyvážecích traktorů, je možné stanovit doporučení, které by zvýšily produktivitu práce. V případě období s vysokým úhrnem srážek odložit vyvážení na jiný den, i když se současným tlakem na výrobu sortimentů to není úplně možné. V tomto případě, tedy alespoň věnovat větší pozornost technologické přípravě pracoviště, v podobě pochůzek, tvorby hustších sítí linek a posouzení vhodnosti nasazení konkrétního stroje. Brát ohledy na druh těžby a nenasazovat velké vyvážecí traktory do prvních předmýtních těžeb, dochází pak k poškozování porostů a spotřeba stroje je vysoká vzhledem k hmotnosti a rozptýlenosti sortimentů. Zároveň nenasazovat malé vyvážecí traktory, které nejsou tolik výkonné na dlouhé vyvážecí vzdálenosti a do mýtních úmyslných těžeb. Podstatné je, aby operátor byl plně seznámen s možnostmi a limity stroje.

Operátor by měl sortimenty vyvážet v posloupnosti, která nesnižuje produktivitu práce, je tedy dobré, aby se na jedno otočení vyvážely sortimenty stejných parametrů, pokud by čas na hledání takových sortimentů nebyl převyšující.

Závěrem lze konstatovat, že každé vyvážení je individuální, vždy záleží na konkrétním stroji, operátorovi a lokalitě. Je důležité brát v potaz všechny proměnné faktory, které mohou nastat, znát dobře terén a pracoviště, zároveň být seznámený s možnostmi stroje. Pokud toto bude dodrženo, je možné dosáhnout vysokých produktivit strojů, a to bez případných škod, které mohou být v některých případech fatální.

## 7. Závěr

Cílem práce bylo zhodnocení vybraného vyvážecího stroje, ve vybraných terénních podmínkách a zhodnocení vlivů na produktivitu práce.

Pomocí měření, pozorování a následné analýzy bylo zjištěno, že v daných lokalitách se na ovlivnění produktivity práce podílely nejvíce tyto 3 faktory: vyvážecí vzdálenost, hmotnost sortimentů a operativní časy. Praxe operátora, druh dřeviny a terénní typ neměly pro tato měření význam.

Z měření bylo stanoveno, že nejproduktivnějším vyvážecím traktorem je John Deere 1010E, tento vyvážecí traktor se nejlépe vyrovnal s terénními podmínkami, vyvážecí vzdáleností a klimatickými podmínkami. Tento stroj je zároveň nejnovější, nejvýkonnější a obsahuje jako konstrukční prvek otočnou kabinu. Následoval vyvážecí traktor John Deere 810E, který je rovněž vybaven otočnou kabinou, jeho výkonnost výrazně klesala při úhrnu srážek a vyvážení sortimentů o nízké hmotnosti. Poslední je traktor John Deere 810D, který je z pozorovaných traktorů nejstarší, zároveň je nejméně výkonný, hůře překonával prudší terény, podmáčenou půdu a dlouhé vyvážecí vzdálenosti.

Pro možné zvýšení produktivity práce, by byla nutná kvalitnější technologická příprava pracoviště, lepší organizace práce a lepší posouzení vhodnosti nasazení stroje v daných klimatických podmínkách.

## 8. Seznam literatury a použitých zdrojů

ANDĚL, Jiří. *Statistické metody*. 3. vyd. Praha :Matfyzpress, 2003. 300 s. ISBN 80-86732-08-8.

BARTOŠ, L. *Harvestorové technologie v těžbě dříví* [online]. Hranice : Střední lesnická škola, 2009. Dostupné z WWW: <[www.slshranice.cz](http://www.slshranice.cz)>

BÍLEK, K. a kol. *Těžba a doprava dříví* [online]. Písek : Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga Písek, 2013. 202 s. Dostupné z WWW: <[www.clatrutnov.cz](http://www.clatrutnov.cz)>

CELJAK, I. *Harvestorová technologie*. Farmář [online]. 2010, Roč.16, č. 4. Dostupné z WWW: <<http://profipress.cz/archiv/farmar-042010/>>. ISSN: 1210-9789.

DEJMAL, J. a kol. *Lesní těžba a dopravnictví I*. 1.vyd. Brno : Vysoká škola zemědělská, 1976. 83 s.

DVOŘÁK, J. et al. *The use of harvester technology in production forests*. 1 vyd. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2011. 156 s. ISBN 978-80-7458-018-5.

DVOŘÁK, J. et al. *Sestavení výkonových norem pro harvestory a vyvážecí traktory podle výkonových tříd strojů a výrobních podmínek*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze a Lesy České republiky, 2010. 78 s.

LUKÁČ, T. a kol. *Ťažbovo - dopravné technológie v lesnom hospodárstve*. 1. vyd. Zvolen : Ústav pre vzdelávanie pracovníkov lesného a vodného hospodárstva SR, 2003. 217 s. ISBN 80-89100-01-5

KUPČÁK, Václav. *Ekonomika lesního hospodářství*. 2.vyd., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. 257 s. ISBN 80-7157-998-x.

KARENOVIČOVÁ, M. *Produktivita práce vybraného vyvážecího stroje ve vybraných porostních a terénních podmínkách* (bakalářská práce). Praha : ČZU v Praze, 2016. 48s.

MEDERSKI, P. *A comparison of harvesting productivity and costs in thinning operations with and without midfield* [online]. 2006 [cit.12.4.2018]. Dostupné z WWW: <[www.primo.uzei.cz](http://www.primo.uzei.cz)>



- NOVOTNÝ, P. *Srovnání vyvážecí soupravy a vyvážecího traktoru z hlediska potenciálu využití a provozního nasazení* (diplomová práce). Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2013. 64s.
- NERUDA, J.; SIMANOV, V. *Technika a technologie v lesnictví*. 1. vyd. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. 324 s. ISBN 80-7157-988-2.
- NERUDA, J. a kol. *Harvestorové technologie lesní těžby*. 1. vyd. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008. 149 s. ISBN 978-80-7375-146-3.
- RADVAN, J.: *Technologie soustředování dříví koňmi*. 1. vyd. Praha : Ministerstvo zemědělství ČR, 1995. 77 s. ISBN 80-7084-133-8.
- ROČEK, I.; GROSS, J. *Lesní hospodářství*. 1. vyd. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2000. 134 s. ISBN: 80-213-0586-7.
- SIMANOV, V. *Těžební činnost: Šetrné soustředování dříví*. 1.vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 1996. 4 s.
- SIMANOV, V.; KOHOUT, V. *Těžba a doprava dříví*. 1. vyd. Písek : Matice lesnická, 2004. 411 s. ISBN 80-86271-14-5.
- SLOUP, R. *Semináře z ekonomiky lesního hospodářství: multimediální příručka*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 2012. 164.s. ISBN 978-80-213-2346-9.
- STANKIĆ, I. et al. Productivity models for operational planning of timber in Croatia. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 2012, vol. 33, no. 1, s. 18. ISSN 1845-5719.
- ŠAJÁNEK, V. *Teória praxe integrovaných ťažbovo-dopravných technológií výroby dreva v lesníctve*. (disertační práce). Zvolen : TU LF, 2007. 138 s.
- ŠEDIVÝ, V. *Ergonomie: cvičení*. 2.vyd. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004. 71 s. ISBN 80-7157-763-4.
- ULRICH, R a kol. *Možnosti uplatnění sortimentních technologií ve správě LČR, s.p.* 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. 342 s. ISBN 978-80-7375-051-0.

ULRICH, R a kol. *Harvestorové technologie a jejich optimální užití v praxi*. 1. vyd. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2006. 87 s. ISBN 80-7375-012-0.

ULRICH, R a kol. *Použití harvestorové technologie v probírkách*. 1. vyd. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002. 97 s. ISBN 80-7157-631-X

UUSITALO, J. *Introduction to Forest Operations and Technology*. 1. vyd. Finland : JVP forest systems, 2010. 287 s. ISBN 9529252692

### **Internetové zdroje:**

[www.merimex.cz](http://www.merimex.cz)

## **9. Seznam příloh**

Příloha 1: John Deere 810D - měření podzim

Příloha 2: John Deere 810D - měření v zimě

Příloha 3: John Deere 1010E - měření podzim

Příloha 4: John Deere 1010E - měření zima

Příloha 5: John Deere 810E - měření zima

Příloha 6: John Deere 810E - měření zima, sestavení nákladu

## 10. Přílohy

**Příloha 1: John Deere 810D - měření podzim**



**Příloha 2: John Deere 810D - měření v zimě**





**Příloha 3: John Deere 1010E - měření podzim**



**Příloha 4: John Deere 1010E - měření zima**



**Příloha 5: John Deere 810E - měření zima**



**Příloha 6: John Deere 810E - měření zima, sestavení nákladu**

