

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesnických technologií a staveb

Nové technologie v soustředování dříví

Diplomová práce

Autor: Bc. Tomáš Buchar
Vedoucí práce: Ing. Václav Štícha, Ph.D.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Buchar

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Nové technologie v soustředování dříví

Název anglicky

The new forwarding technologies

Cíle práce

Cílem práce je vytvoření přehledu nových technologií a testování speciálního stroje pro soustředování dříví ve specifických výrobních podmínkách.

Metodika

Práce bude zahrnovat rešeršní i praktickou část. V rešeršní části práce bude zpracován přehled moderních technologií v soustředování dříví. V praktické části budou zpracovány a vyhodnoceny výsledky testování nového vyvážecího stroje ve specifických výrobních podmínkách.

Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

soustředování dříví; vyvážení; lesnické technologie

Doporučené zdroje informací

- BEUK, D., TOMAŠIČ, Ž., HORVAT, D. Status and development of forest harvesting mechanisation in Croatian state forestry. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 2007, 28.1: 63-82.
- LAITILA, J., ASIKAINEN, A., NUUTINEN, Y. Forwarding of whole trees after manual and mechanized felling bunching in pre-commercial thinnings. *International Journal of Forest Engineering*, 2007, 18.2: 29-39.
- MOUSAVI, R., et al. Evaluation of full tree skidding by HSM-904 skidder in patch cutting of aspen plantation in Northern Iran. *Journal of Forest Science*, 2012, 58.2: 79-87.
- STADELMANN, G., et al. Effects of salvage logging and sanitation felling on bark beetle (*Ips typographus* L.) infestations. *Forest Ecology and Management*, 2013, 305: 273-281.
- TURNER, T. L., HUHLER, N. K., BOUSQUET, D. W. Farm tractor skidding costs in relation to profitability of a fuelwood harvesting system. *Northern Journal of Applied Forestry*, 1988, 5.3: 207-210.
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Václav Štícha, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 23. 8. 2019

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 11. 12. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Nové technologie v soustředování dříví" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18. 4. 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Václavu Štíchovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, a Bc. Josefu Cháberovi, který mi poskytl informace a umožnil přístup na ŠLP Kostelec nad Černými lesy, kde probíhal sběr dat.

Nové technologie v soustředování dříví

Abstrakt

Předložená práce zahrnuje přehled nových technologií v oblasti soustředování dříví a výsledky testování speciálního elektrického vyvážecího stroje. Stroj byl testován ve vybraných porostech Školního lesního podniku. Pomocí časových snímků byla zhodnocena časová náročnost jednotlivých operací a výsledky byly porovnány s údaji o jiných technologiích. Byla tak ověřena praktická použitelnost stroje v oblasti soustředování dříví a zhodnoceny možnosti nasazení stroje v lesnické praxi.

Klíčová slova: soustředování dříví; vyvážení dříví; lesnické technologie

The new forwardings technologies

Abstract

The presented work includes an overview of new technologies in the field of wood concentration and the results of testing a special electric forwarder. The machine was tested in selected stands of the School Forest Enterprise. Using time frames, the time intensity of individual operations was evaluated and the results were compared with data on other technologies. The practical applicability of the machine in the field of wood concentration was verified and the possibilities of using the machine in forestry practice were evaluated.

Keywords: gathering of wood; wood balance; forestry technology

Obsah

Seznam obrázků a tabulek	9
1.1. Seznam obrázků.....	9
1.2. Seznam tabulek	9
Seznam zkratk a symbolů	10
2. Úvod.....	11
3. Cíle práce.....	12
4. Literární rešerše.....	13
4.1. Soustředování dříví.....	13
3.1.1 Pracovní operace při soustředování.....	13
3.1.2 Způsob soustředování dříví	13
3.1.3 Škody způsobené soustředováním dříví.....	19
3.1.4 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci	23
3.1.5 Využití ATV v lesnictví	24
3.1.6 Elektrický vyvážecí stroj v rámci projektu Tačr Gama, 2017	24
5. Metodika	27
5.1. Zájmová oblast	27
5.2. Popis elektrického vyvážecího stroje	27
5.3. Sběr dat	29
5.4. Analýza dat.....	30
6. Výsledky	31
7. Diskuze	33
8. Závěr	35
9. Literatura.....	36
10. Seznam příloh	39
11. Samostatné přílohy	I

Seznam obrázků a tabulek

1.1. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Popsaný elektrický vyvážecí stroj který byl použit při této diplomové práci (autor: T. Buchar)	29
Obrázek 2- Grafické znázornění doby jednotlivých operací se znázorněním směrodatné odchylky (autor: T. Buchar)	32

1.2. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Popis ploch šetření (autor: T. Buchar).....	27
Tabulka 2 - Výsledky měření (autor: T. Buchar).....	32

Seznam zkratek a symbolů

UKT – univerzální kolový traktor
LKT – lesní kolový traktor
OSVČ – osoba samostatně výdělečně činná
BOZP – bezpečnost a ochrana zdraví při práci
ŠLP – školní lesní podnik
LÚ – lesní úsek
JV – jihovýchod
m³ – metr krychlový
cm² – centimetr čtverečný
ha – hektar
kW – kilo watt
kWh – kilo watt hodina
V – volt
mm – milimetr
cm – centimetr
m – metr
kPa – kilo pascal
kg – kilogram
m³/h – metr krychlový za hodinu
m/s – metr za sekundu
m³/ks – metr krychlový na kus
m³/MH – metr krychlový za motohodinu
m. n. m. – metr nad mořem
s – sekunda
min – minuta

2. Úvod

Soustředováním dříví se rozumí doprava natěženého dříví z porostu na odvozní místo. Z tohoto místa je dříví dále dopravováno odběratelům. Pro soustředování dříví jsou známy různé technologie; závisí na druhu terénu a druhu vyráběného dříví (Štícha et al., 2018). Technologiemi pro soustředování dříví mohou být manuální úkony, animální síly, gravitační síly, nízkotonážní mechanizace, vysokotonážní mechanizace a vzdušná mechanizace. Nejčastěji je však používána vysokotonážní mechanizace. Soukromí vlastníci malých lesních pozemků nemají možnosti financovat vysokotonážní mechanizace typu UKT a vyvážecích traktorů. Navíc technologie UKT apod. není vhodná do mladších porostů s vyšší hustotou z důvodu manévrovatelnosti a tím spojeného poškození lesa. V těchto podmínkách jsou lépe využitelné menší technologie, jako je železný kůň. Využití čtyřkolek při této problematice je nevhodné z hlediska omezeného výkonu. Není vhodné namontování lesnického navijáku. Namontování hydraulického jeřábu s klanicemi není vhodné pro svou váhu. Pokud bychom byli schopni přizpůsobit váhu hydraulického jeřábu s klanicemi, byla by síla tohoto jeřábu nízká pro soustředování objemnějších výřezů, s kterými by měla značné problémy (Spinelli et al. 2012). Všechny z uvedených nízkotonážních mechanizací jsou vhodné zejména pro bezpečnost práce, šetrné k životnímu prostředí a půdnímu režimu, jenž není nijak zvlášť negativně ovlivňován. Nedochozí zde k vysokému zhutňování půdy, vymílání kolejí a s tím spojené eroze (Nazari et al., 2020). Pro soukromé vlastníky a do mladších porostů je vhodný studovaný elektrický vyvážecí stroj, který má vysokou manévrovatelnost a flexibilní využití v soustředování dříví, avšak není vhodný do svažitého terénu, kde se používá spíše železný kůň, případně jiná vhodná technologie (Spinelli et al. 2012).

3. Cíle práce

Cílem práce je vytvoření přehledu technologií soustředování dříví a testování funkčního vzorku elektrického stroje.

4. Literární rešerše

Lesy jsou důležitým ekonomickým zdrojem díky poptávce po dřevní surovině, ale tím roste tlak na životní prostředí. Pro současnou i budoucí potřebu dříví je nutné zachovat produktivitu a kvalitu lesních porostů a následně minimalizovat škody na životním prostředí (Gülci et al., 2016).

4.1. Soustředování dříví

Vytěžené a zpracované dříví je nutné soustředováním přesunout z porostu na odvozní místo, k čemuž se používají různé technologie (Drnec, 2012).

3.1.1 Pracovní operace při soustředování

První fází je jízda do porostu. Jedná se o jízdu bez nákladu směrem do porostu, z kterého bude přibližováno dříví po přibližovací lince. Dříví v porostu může být natěženo jako surové dříví, tzn. v celých jmenovitých délkách s určitým průměrem, nebo již rozmanipulované na dané výřezy (J. Neruda, 2013).

Po příjezdu do porostu užitá přibližovací technologie zaujme postavení. Podle druhu technologie je buď spuštěn štít navijáku, nebo jsou spuštěny hydraulické patky, případně je zastaveno a zabezpečeno zvíře. Ve chvíli, kdy jsou užitá technologie zabezpečeny, nebo zvířata zastavena, můžeme začít s vyklizováním porostu. To znamená, že užitá technologie začne vyklizovat dříví směrem od pařezu k přibližovací lince. Z vyklizeného dříví se sestaví náklad, který bude přiblížen k odvoznímu místu po přibližovací lince. Náklad může být vezen na vyvážecím traktoru, případně jiném stroji, nebo vlečen po přibližovací lince až k odvoznímu místu (Kolektiv, 2013).

Při přiblížení na odvozní místo se dříví nejprve třídí podle dřeviny a poté podle jednotlivých jakostních tříd. Na odvozním místě se provádí ukládání na jednotlivé skládky dle jakostních tříd pomocí hydraulické ruky nebo čelním rampovačem, případně štítem navijáku (Kolektiv, 2013).

3.1.2 Způsob soustředování dříví

Soustředování dříví můžeme rozdělit na různé způsoby, např.:

Manuální

Dříve hojně využíván. Tento způsob můžeme využít u menších objemů, jako jsou tyče, tyčky. Dříví je neseno, případně vlečeno, za pomoci vlastní fyzické síly. K tomuto způsobu můžeme využít různých pomůcek, např. kleště, dřevorubecký háček atd. (Kolektiv, 2013).

Gravitační

Tímto způsobem bylo soustředováno dříví spíše v minulosti. Dnes se tento způsob již tolik nevyužívá. Pomocí gravitačních sil bylo dříví spouštěno ze svažitých porostů. I v tomto způsobu se mohlo využít různého nářadí pro zlehčení práce, např. sáně. Budovaly se suché smyky, později více využívané mokré smyky, které můžeme na spoustě majetků najít ještě dnes, ovšem bez využití k soustředování dříví. Dnes se smyky používají pouze na rovnání dříví ve strmých svazích, kdy jsou používány plastové smyky, tzv. log-line (Kolektiv, 2013). V posledních dekáдах na severní části Turecka byl tento způsob soustředování používán jako alternativní metoda, která minimalizuje poškození porostu, snižuje náklady a zabraňuje znehodnocení dříví mechanickým poškozením. Při soustředování polen skluzem používáme svah se sklonem nejméně 20 %. Ovšem při použití skluzu na celé kmeny, případně na delší sortimenty, lze použít sklon do 20 %. Problém mohou činit strmé svahy, kde mohou sortimenty vyskočit ze skluzu a poškodit okolní lesní porost. Tyto kmeny mohou dosahovat vysokých rychlostí s možností nebezpečí úrazu a poškození porostu na konci skluzu. Tento způsob lze používat bez rizik do 60 % svahu. Pro kontrolu kmenu ve skluzu je možné použít naviják, který odvíjí kmen postupně. Pro snížení hmotnosti navijáku je možné použít syntetické lano místo ocelového. V jednom z výzkumů bylo zjištěno, že průměrný výkon skluzu je $7,83 \text{ m}^3/\text{hod.}$ s průměrnou hmotností $0,24 \text{ m}^3/\text{ks}$ (Gülci et al., 2016). Výkon práce je vyšší v místech většího svahu a větší průměrné hmotnosti. Ovšem čím je vyšší hmotnost, tím se zvyšuje časová náročnost na uvedení kmenu do skluzu. V těchto porostech se také zvyšuje riziko nebezpečí a poškození okolního porostu. Také bylo zjištěno, že ze šesti skluzových tras byli celkem poškozeni tři jedinci, z nichž jeden na bělovou část. Těmto škodám bylo zamezeno hlavně díky navijáku s lanem. Ve studii, kde lano použito nebylo, došlo k více než dvaceti poškozením, z toho deset poškození bylo až na bělovou část (Gülci et al., 2016).

Využívalo se také přírodních i umělých toků ke splavování dříví. Samotné splavování má v Čechách dlouholetou historii a tradici. První zmínky jsou již z 12. století. Za vlády Jana Lucemburského byly voroplavy od roku 1316 v plém rozkvětu.

Nařízením o jezích a clech Karla IV. v roce 1366 byly normalizovány vorové propusti v jezích mlýnů a stanovena místa, na kterých byl za splavované dříví vybírán poplatek. Z 16. století jsou podrobněji dochované zprávy o voroplavbách, které byly využívány k obchodu se solí.

Využití řek bylo méně nákladné, požadovalo pouze malé úpravy pro voroplavbu. V roce 1547 Fedinad I. nařídil úpravu koryta Vltavy, jehož jednotlivé úseky byly regulovány. Roku 1592 vydal Rudolf II. mandát o dopravě soli po Vltavě. V důsledku splavování dříví se začalo uvažovat nad spojením Vltavy s Dunajem. (Ke spojení došlo v roce 1791, kdy byl vybudován Schwarzenberský kanál.) V roce 1722 vydala Marie Terezie patent o vodním mýtu s tarifem, a v roce 1777 navigační patent. Těmito patenty byl dán základ pro regulaci řek.

Poslední voroplavba byla uskutečněna na Vltavě dne 12. září roku 1960 (Lucembursk et al., 1972).

Animální

Tímto způsobem využívání zvířat může být dříví vezeno nebo taženo. Dříve byla tato technologie hojně využívána, ovšem s nástupem mechanizace je tento způsob spíše ojedinělý. (Kolektiv, 2013). Nejčastěji byly využívány právě koňské potahy na dříví menších objemů, případně na dříví rovnané, a to ve vzdálenosti do 200 m (Kolektiv, 2013). Při využití zvířat můžeme soustředování kombinovat s mechanizací, kdy nejdříve využijeme koňského potahu pro vyklizení a sestavení nákladu na vývozním místě, poté dříví přiblíží mechanizace na odvozní místo.

Tažné koně rozdělujeme do tří kategorií podle hmotnosti:

- 1.) lehcí koně (300-400 kg)
- 2.) středně těžcí koně (400-600 kg)
- 3.) těžcí koně (600-800 kg)

Maximální sklon vhodný k přibližování se zvířaty je asi 28 %. Toto soustředování je velmi nákladné s malým výkonem (Melemez et al., 2014). Úpadek animálních sil byl známý již ve 30. letech 20. století z důvodů využívání dieslových traktorů. Výhodou přibližování koňmi je šetrnost k okolnímu porostu. Také zhuťňování půdy je nižší. Flexibilita a manipulovatelnost jsou lepší než u mechanických strojů. Výhody jsou zejména v nákladech a výdajích, které jsou podstatné (Öztürk et Şentürk, 2017). Budování přibližovacích linek pro jednoho koně je podstatně levnější než pro SLKT. Nevýhodou může být fyzická zdatnost a

požadovaná vysoká kvalifikovanost kočích. V 90. letech 20. století bylo přibližováno koňmi až 33 % z celkového vytěženého objemu dříví (Bray et al., 2016). S koňským potahem nelze pracovat na svazích, kde hrozí nebezpečí z důvodu samovolného pohybu dříví. Pro tento způsob soustředování dříví musí být přibližovací linky upraveny. Přibližovací linka musí být upravena z hlediska bezpečnostních požadavků a musí splňovat určité podmínky. Šířka těchto linek musí být min. 2 m s podélným sklonem max. 40 %. Kdyby se na lince objevila vodoteč, můžeme ji ošetřit prozatímními kameny nebo klestem, linku po dokončení uvedeme do původního stavu. Linku můžeme upravit a rozšířit tím, že jeden z kmenů, které přibližujeme, zaklesneme do vnější strany svahu zejména v místech, kde by hrozilo smeknutí zvířete, případně můžeme na této straně linky při těžbě zanechat vyšší pařezy, které zabrání samovolnému pohybu dříví (Indra, 2015). Přibližování koňmi může být omezené také na chráněná území, městské okraje a jiná území, kde je nutná šetrnost k životnímu prostředí. Toto přibližování pomáhá také k rozšiřování pracovních míst, které je v některých lokalitách důležitou úlohou bytí jako takového (Bray et al., 2016).

Mechanizace

Technologie s využitím mechanizace jsou v lesnictví nejvíce využívány. K soustředování dříví mohou být použity malé mechanizační stroje, malotraktory na přiblížení méně objemového a rovnaného dříví. Mechanizace z velké části nahradila právě animální síly. Příkladem může být např. železný kuň. Tyto technologie jsou kolové nebo pásové, s nízkým výkonem, váhou. a s vysokou průchodností. Jsou velmi šetrné k životnímu prostředí, avšak v dnešní době nemají mnoho prostoru se osvědčit kvůli svému nízkému pracovnímu výkonu (Kolektiv, 2013).

Podstatně více využívané bývají zemědělské traktory s různými zařízeními k soustředování dříví (Dudek, 2017). Tato technologie je např. ve Slovenské republice používána ze 78 % všech technologií (Orlovský et al., 2020). UKT je vlastně zemědělský traktor adaptovaný přímo pro práci v lese. Měl by být vybavený bezpečnostní kabinou, čelním rampovačem, ochrannou sítí, jednobubnovým nebo dvoububnovým lanovým navijákem na dálkové ovládání a horskou vzpěrou. Takovéto UKT se používá na přibližování dříví kmenovou metodou vlečením na větší vzdálenosti. Optimální vzdálenost je 400 m. Dvoububnový naviják je lépe ovladatelný než jednobubnový, ovšem zase poruchovější kvůli složitější technologii (Moloi et al., 2018). Tyto traktory jsou velmi efektivní. Jsou vhodné do 25 % sklonu terénu. Jsou široce využívány při těžebních operacích (Melemez et al., 2014). Mohou být využity

zemědělské traktory vybavené lanovým navijákem zavěšeným ve třetím bodě a ochrannou sítí (Kolektiv, 2013). Takto upravené traktory mohou soustřeďovat dříví o objemu 1-5 m³ v závislosti na výkonu traktoru (Spinelli et al. 2012).

Právě pro práci v lesnictví byl speciálně zkonstruován LKT, který má dál od sebe postavený rozchod kol a rozvor náprav i nižší těžiště. Má tedy větší stabilitu ve svažitém terénu. Všechna kola jsou stejné velikosti s pohonem 4x4, čímž dokáže zdolávat velkou svažitost terénu a různé nerovnosti. Díky kloubovému natáčení, které se nachází uprostřed stroje, je lépe manipulovatelný s lepší průchodností mezi stromy. Čelní rampovač může být nahrazen shrnovačem klestu pro úklid klestu. Dále je vybaven jednobubnovým či dvoububnovým navijákem, případně oplenem nebo hydraulickým jeřábem. LKT je stejně jako UKT používán pro soustřeďování dříví metodou kmenovou, případně stromovou, na větší vzdálenosti, než je 400 m (Kolektiv, 2013). Při studii, která se týkala měření pracovních úkonů soustřeďováním LKT bylo zjištěno, že 25 % času bylo věnováno jízdě bez nákladu, 20 % jízdě s nákladem, 10 – 15 % sestavení nákladu, přiblížení a odpřahání, posledních 5 % bylo vykááno jako čas provozní pro údržbu a jiné. V této studii bylo vyklizování na přibližovací linku prováděno koňským potahem, čímž se mohl zvýšit čas jízdy. V jiných studiích byl rozdíl v manipulaci s lanem až o 35 % času (Kulak et al. 2019). LKT s hydraulickou rukou a oplenem je vysoce výkonnostní stroj. Zaměřila se na něho studie, kde byl schopný přiblížit na jednu cestu průměrně 18,06 m³ na vzdálenost 241 m, s provozními náklady 377,30 \$ / hod. Tento stroj je vhodné použít až po natěžení dostatečného množství m³. Pokud by byl v porostu současně s těžbou, nebude možné jeho výkonem pokrýt náklady na provoz. Vysoký vliv na výkon stroje má přibližovací vzdálenost a členitost porostu, proto je důležité pečlivě plánovat techniku soustřeďování (dos Santos et al., 2013).

V lesnictví jsou nejvíce využívány vyvážecí traktory nebo vyvážecí soupravy, které jsou určeny k soustřeďování dříví metodou sortimentní. Vyvážecí soupravou nazýváme zemědělský traktor, za který je zapřažen vyvážecí přívěs, kdežto vyvážecí traktor je specializovaný stroj na přiblížování sortimentní metodou. Tato mechanizace je vybavena ložnou plochou, na kterou je dříví nakládáno hydraulickým jeřábem s kleštěmi. Používá se u nich boogie náprava umístěna na zlamovacím podvozku. Výhodou těchto strojů je šetrnost k lesním porostům i životnímu prostředí, ale i manévrovatelnost při ukládání sortimentů na jednotlivých skládkách (Kolektiv,

2013). V odborných pracích, kde byl měřen výkon vyvážecí soupravy, trvalo nejdéle nakládání až o 34 % času. Doprava bez nákladu činila 18 % času, s nákladem 19 % času, čas vykládky

20 %, čas přestávek byl 9 %. Práce v letním a zimním období je časově rozdílná o 36 % času ve prospěch letního období (Pszenny et al., 2019). Z provedené studie v Itálii bylo zjištěno, že rozdíl času mezi vyvážecí soupravou a UKT v přibližování je minimální, avšak při přibližování do svahu je o 30 % vyvážecí souprava pomalejší. Naložení nákladu a cesta s nákladem byla pro obě technologie stejná, a to přes 50 % času (Proto et al., 2018).

Lanové systémy a lesní lanovky jsou určeny k soustředování dříví ve svažitém terénu nad 40 %, nebo v nepřístupném terénu kolovým traktorům. Jsou velmi šetrné k lesním porostům a půdě, hlavně při použití plného závěsu, který se používá méně často než polozávěs. Na rozdíl od kolových traktorů jsou málo výkonné a ekonomicky nákladné, ovšem v některých porostech nezbytné (Drnec, 2012). Při vysoké nepřístupnosti terénu je možné využít vrtulníky. Ty jsou jediným využitelným prostředkem vzdušné dopravy k soustředování dříví. Při porovnání s ostatními metodami jsou nejšetrnější ve všech aspektech. Značnou nevýhodou však bývá vysoká ekonomická nákladnost, tedy použití této technologie musí být důsledně kalkulováno pro každý případ zvlášť (Kolektiv, 2013).

Každé soustředování má určité časově náročné prodlevy, např. u zvířecích jde o prodlevu mezi příchodem z vývozního místa k pařezu. Tato část práce zabírá až 42 % času. U UKT se jedná o čas tažení. Je to až 86 % času z celkové práce. Při tažení LKT dochází k 72 % ztrátě, což je také nejdelší časová operace (Melemez et al., 2014).

V mnoha studiích byl zkoumán rozdíl v používání lanového navijáku a drapáku. V Arkansasu zjistili, že využití drapáku je výkonnější a méně nákladné než použití lanového navijáku. V kopcovitých terénech Chorvatska jsou používány LKT, které jsou vybavené jak lanovým navijákem, tak drapákem. Používání traktoru jen s jedním vybavením je v jejich podmínkách velmi nákladné a málo výkonné (Roslan et al., 2017). V Rumunsku se dříví soustřeďuje pouze smyky, tudíž bylo zjištěno, že největší prodlevou času bývá délka přibližovací vzdálenosti. Rakousko využívá převážně vyvážecích traktorů, ovšem ve špatně dostupných terénech používají také lanové navijáky. Na Novém Zélandě byl studován rozdíl mezi lanovým navijákem a drapákem za stejných podmínek. Z výzkumu, který porovnává rozdíly mezi lanovým navijákem a drapákem, je patrné, že drapák nelze využít ve všech

podmínkách, zejména co se týká sklonu terénu (Acar, 2016). Naproti tomu lanový naviják lze použít všude. Ovšem značnou nevýhodou lanového navijáku bývá časová náročnost na vyklizování a skládkování, tam je ve výhodě zase drapák. Pokud bychom chtěli ušetřit čas a zvýšit výkon u lanového navijáku, museli bychom využít většího množství dělníků. V tu chvíli by se navýšily náklady, čímž by se nám práce stala nerentabilní (Proto et al., 2018).

Ve studii, kde porovnávali vyklizování na 30 m, se sklonem terénu 49 %, a přibližování na vzdálenost 91 m, s podélným sklonem 7 %, bylo zjištěno, že vyklizování je pomalejší a náročnější než přibližování, které je méně náročné v důsledku absence pařezů a těžebních zbytků. Tento výzkum byl prováděn zemědělským traktorem, na jehož přední části byl namontovaný jednobubnový naviják. Výkon vyklizování byl 13 m³ / h, kdežto při přibližování byl výkon 14,25 m³ / h (Drva et al. 2020).

Pokud bychom porovnávali technologii přibližování vyvážecího traktoru a UKT, tak bychom došli k závěru, že vyvážecí traktor má dvakrát větší produktivitu práce než samotný UKT. Porovnávat technologie lze pouze v podobných podmínkách. Spotřeba času přibližovacích strojů s drapáky je statisticky významně ovlivněna pouze množstvím přibližování. Časová náročnost přibližování v případě vyvážecích traktorů je statisticky významně ovlivněna objemem a počtem nákladů (Zečić et al., 2010). Přibližování navijákem ovlivňují faktory, jako jsou objem zatížení, počet kmenů pro přiblížení a vzdálenost pro přiblížení (Koutsianitis et Tsioras, 2017). Vyvážecí traktory jsou ovlivňovány pouze objemem zatížení, počtem kmenů. Objem nákladu má nejmenší dopad na pracovní dobu v případě použití UKT. Sklon svahu může významně ovlivnit spotřebu času, dále zatížení navijáku, pojezd z OM na P. Pojezd s nákladem na OM je až o 21 % času delší, než pojezd bez nákladu do porostu. Přibližování vyvážecím traktorem určují spíše podmínky. Jedná se zejména o vlhkost terénu, svah terénu a objem nákladu. Přibližovací stroj TAF s nákladem cca 3,30 m³ na vzdálenost 930 m, stroj LKT 81T přiblíží stejné množství za stejnou dobu na vzdálenost 1050 m. Časová ztráta pracovního stroje u tohoto výzkumu je 2,98 %, což se dá snížit lepší organizací práce a plánováním (Orlovský et al., 2020).

3.1.3 Škody způsobené soustředováním dříví

Soustředováním dříví vznikají poškození na okolních jedincích. Jedná se zejména o odřením, odloupením, stržení kůry, stržení lýka, popř. bělové části i na kořenech a

kořenových náběžích. Pokud použijeme vhodnou technologii přibližování k danému porostu, můžeme předcházet, případně snížit, procentuální poškození. Pokud budeme přibližovat dříví stromovou metodou za pomoci LKT, bude riziko poškození větší. Pokud bychom přibližovali již vyrobené sortimenty na vyvážecím traktoru, případně vyvážecí soupravě, riziko poškození bude nižší. Při tomto přiblížení se může ložná plocha s nákladem naklonit na nerovnosti a odřít jedince, čímž vznikne škoda (Podnikov et al., 2011). Poškození vzniká již při těžbě. Může představovat až 90 % z celkového poškození. (Tavankar et al., 2020) Tato poškození nemůžeme eliminovat zvláště v hustém zápoji harvesterovou technologií, kde vzniká poškození kácecí hlavicí nebo hydraulickým jeřábem, které jsou připisovány nejčastěji nízkým zkušenostem operátora (Podnikov et al., 2011).

V Německu tvoří plochu linek asi 10 - 20 % z celkové plochy lesa (Nazari et al., 2020). Šířka linek 4 - 4,5 m je dostačující pro stroje, ovšem při podélných nerovnostech s kmenovou metodou musíme počítat s poškozením okolních jedinců u linky, kteří by se měli nacházet min. 70 cm od kraje linky. Pokud jsou blíže, bývají častěji poškozováni (Stempski et Jabłoński, 2018). Ze studie prováděné v Řecku bylo zjištěno, že průměrná vzdálenost poškození od linky byla 38 - 81 cm, kde došlo k 74 - 95 % poškození. Největší poškození bylo ve výšce 30 - 100 cm od paty kmene; celkem 40 %. 78 % poškození mělo průměrnou plochu 89 cm². Každý z poškozených stromů měl průměrně 1,3 ran (Tsioras et al., 2015).

Důležitým krokem je hojení rány, které zabraňuje kolonizaci hub. Zhojení rány nejenže zabraňuje kolonizaci hub, ale také může zastavit následný vývoj u již infikovaného místa poškození. Rychlost hojení závisí na druhu dřeviny, věku, místu poranění a její závažnosti. Plošnou velikostí poškození zjistíme výši poškození. U poškození do 10 cm² můžeme očekávat úplné zhojení, neboť se lépe regeneruje. Při poškození do 100 cm² můžeme s regenerací počítat až při aplikování fungicidních přípravků. Pokud je plocha poškození větší než 100 cm² je úplné zahojení naprosto nemyslitelné. S velkou pravděpodobností bude strom napaden houbovými patogeny i po aplikaci fungicidů. S rozsahem takového poškození jsou zasažena i vodivá pletiva. Poškození musí být do dvou hodin od poškození ošetřeno přípravkem fytohormonálního charakteru, který zajišťuje rychlejší regeneraci stromu, avšak ani v těchto případech nemůžeme napadení patogeny ovlivnit (Podnikov et al., 2011). Poranění mohou mít negativní vliv na růst dřeviny a kvalitu dřeva. Mohou způsobovat ztráty na konečném objemu a kvalitě dříví. Mohou snížit množství růstu a produkci semen v následujících letech. Ze studie prováděné v Íránu bylo zjištěno poškození zbylého porostu po těžbě 8,05 %. Z toho šlo

o 13 % poškození na kořenech, 53 % poškození kmene a 34 % poškození korun. Poškozeno až na běl bylo 43 %, poškození kambia bylo 26 % a poškození kůry bylo 31 %. Soustředováním bylo poškozeno 52 %, těžbou 48 %. Také intenzita byla u poškození soustředováním vyšší až čtyřikrát. S tím je spojená doba hojení, která u těžby představuje 10 let, dokonce po soustředování může trvat až 50 let (Tavankar et al., 2020). Po třech letech bylo celkově evidováno 7 % úspěšného zhojení, 91 % ran bylo stále otevřených a 2 % měla smrtelný dopad na jedince. Ovšem těžbou zhojené bylo 14 %, přibližováním 3 %, otevřených po těžbě bylo 84 %, přibližováním 94 % a úmrtí těžbou 3 % stejně jako přibližováním. Hojení u smrku ztepilého (*Picea abies*) je 2 - 4 mm ročně, u buku lesního (*Fagus sylvatica*) 3 - 6 mm ročně, u dubu letního až 12 mm za rok (Tavankar et al., 2020).

Kořeny smrku ztepilého (*Picea abies*) se nachází 8 - 30 cm hluboko. Při poškození kořenových pórů nebude zajištěn přísun vody, vzduchu, ani živin. Soustředováním se mění struktura půdy. Obnovení půdy v normálních podmínkách trvá až 15 let. Při pohybu mechaniky po přibližovacích linkách vzniká poškození kořenového systému opakovaným odíráním. Poškozením jsou narušena vodivá pletiva, jako je floém, xylém, kambialní zóny apod. Opakovaným přibližováním se mohou kořeny rozdrtit, čímž strom začne sesychat a následuje napadení houbovými patogeny. Poškození vzniká špatným skládkováním (Halilovic et al., 2020). Při přerušení kořenového systému se distancuje absorpční funkce, čímž se sníží transpirační tok až o 40 %, jedinec se tak dostává do stavu ohrožení. Stromy se snaží eliminovat poškození obrannými opatřeními zabraňující pronikání infekce a růstovým postižením. Tímto poškozením trpí nejvíce dřeviny, jejichž kořenový systém je mělký (Podnikov et al., 2011). U poškozených jedinců se sníží průměrný přírůst o 1, 71 %. Při opakovaném přibližování po jedné lince má za následek negativní vodohospodářské i produkční důsledky. Kořen musí ztuhlou půdu protlačit nebo se přemístit, v nejhorším případě je tento kořen zdeformován. Překonáním mechanického odporu dochází k tření o půdní částice, texturu půdy, adhezní a kohezní síly. Aby se snížilo tření mezi kořenem a půdou, je kořen opatřen slizem. Kořen má však tendence se i kroutit. Ztuhování půdy má za následek zvýšení nároku na fotosyntáty, čímž dojde k prodlužujícímu růstu a obnově malých kořínků, aby překonaly mechanický odpor půdy. Pokud by jedinec chtěl obnovit kořínky, má možnost tím, že 70 % uhlíku pošle do růstu tohoto kořínku. Ovšem bude to dělat značné problémy v jiném ději. V důsledku nedochází k proudění vzduchu a nasycení vody, čímž se snižuje potřebný přírůst. Omezuje se absorpce kvůli snížení kořenového povrchu. Jedinec přichází až o polovinu objemu kořenů ještě před

dospělosti, pokud bude zhutňování pokračovat. Při poškození silných kořenů můžeme pozorovat silný výron pryskyřice, a to i po více než ročním poškození (Halilovic et al., 2020).

Přibližováním dříví vznikají koleje a tím vodní eroze, která je dalším z možných činitelů poškozování lesních porostů. Těžbou a soustředováním dříví dochází k rozrušování půdy. Tím se uvolňují půdní částice, které se při přehánkách splavují. Eroze vzniká díky sklonitosti a délce spádnice, vlastnosti půdy, přítomnosti protierozních opatření a četnosti dešťů. Česká republika má velké množství půdních bloků, které vznikly v souvislosti s intenzifikací zemědělství, tím však vznikl problém, který podporuje vodní erozi. Zvětšování půdních bloků mělo za následek odstraňování krajinných prvků zamezujících vzniku vodních erozí. Především jde o meze, remízky, polní cesty, údolnice a jiné významné prvky. 80 % těchto erozí vzniká v letním období zejména, v měsících červenec a srpen. Nejnebezpečnější bývají přívalové deště. Srážky různé intenzity rozbíjí půdní agregáty, čímž dochází ke smývání půdy z lesních porostů. Rozhodujícím faktorem na vzniku vodní eroze má podíl humusu, nasycenost sorpčního komplexu, propustnost, půdní vlhkost, struktura a textura. Hustota porostu ovlivňuje odolnost porostu vůči erozím (Příbylová, 2020).

K těžebně dopravní erozi přispívá následek nevhodné přibližovací technologie. Erozi se ztrácí fyzikální a chemické vlastnosti půdy vznikající opakovaným pojezdem lesní techniky po lesních porostech, čímž se snižuje produkce. Těžebně dopravní erozi dochází k zhutňování. Pro odvoz dříví z lesa je zapotřebí vyvážecích souprav a odvozních souprav. Dříve bylo dříví z lesa odváženo koňmi, avšak od toho bylo upuštěno kvůli efektivitě práce a hygieně. Vznik velkoplošných holin má největší podíl na těžebně dopravní erozi. Jsou těženy nevhodným způsobem, v neposlední řadě odvozem dříví po lesních cestách, které mají nevhodnou charakteristiku. Na velkoplošných holinách s kamenitými svahy ve vyšších polohách vzniká interskeletová eroze. Jedná se o erozi, kde částice půdy propadají mezi kameny či sutě nacházející se na místech bez půdoochranných opatření. Jsou způsobována suchem a přívalovými dešti (Příbylová, 2020). Váha soustředovací mechanizace se zvyšuje, což ovlivňuje mechanickou stabilitu půdy a její funkce, jako je např. ukládání dusíku nebo filtrační funkce. Zhutňování půdy má za následek nízký růst porostu, do značné míry i ovlivnění mikrobiálních vlastností půdy (Marshall, 2000). Bylo zjištěno že zhutňování snižuje mikrobiální biomasu uhlíku, která je spojována s fyzikálními vlastnostmi půdy, jako je pórovitost, distribuce a vodivost vody a vzduchu. Různé mikroorganismy reagují na zhutnění rozdílně. Příkladem jsou bakterie, které méně citlivé než houby. Zhutňováním dochází ke snížení pH v půdě. Z výzkumu bylo zjištěno, že opakovaným zhutňováním se v půdě sníží o 10

% síra, kyslík a uhlík (Nazari et al., 2020). Třídy půd a půdní horizonty se objevují po zhutnění o 31 % blíže u sebe než bez zhutnění. Meteorologickými podmínkami se může změnit riziko zhutňování a půdní podmínky. Podzolové půdy mají zhutnění mezi 85-90 %, rhizosferní půdy mají zhutnění mezi 75-85 %. Pokud má půda větší vlhkost, dochází tak ke zhutňování častěji než u půdy vysušené (Tassinari et al., 2019).

3.1.4 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Pro danou soustředovací technologii se stanoví postup práce a její organizace. Pro osoby, které tuto technologii vykonávají, jsou vytvořené zásady BOZP, jež musí dodržovat a zajišťovat. Před započítím soustředování musí být z přibližovacích linek odstraněny veškeré překážky. Pro pracovní operace je nutné určit ohrožené prostory pro bezpečnost a stanovit množství umístění skládek. Při práci s navijákem a lanem se osoby nesmí zdržovat ve vnitřních úhlech, mezi lany, pod lany, pod zavěšeným nákladem, v prodlouženém směru napnutých lan a neusměrňovat náklad rukou, jsou-li lana navijáku v pohybu. Na pohybující se dříví nevstupovat, případně jej nepřekračovat, to je možné pouze v klidném stavu. Při skládkování je nutné dodržovat vhodný sklon. Při soustředování ve svahu se vždy pohybovat nad natěženým dřívím, popřípadě nad nákladem. V porostu, kde se provádí přibližování a těžba současně, se nesmí pracovník, který přibližuje, dostat k těžbě blíže než na dvojnásobek těžného stromu (Pracovi et al., b.r.). Je nutné soustředovat dříví pouze technologií, která odpovídá typem, konstrukcí, vybavením a povolenou svahovou dostupností, kterou uvádí výrobce. Před pracovním výkonem upozornit pracovníky na veškeré terénní podmínky, se kterými se mohou na pracovišti setkat, s pracovním postupem a určením signálů pro pracovní úkony. Pokud jsou v blízkosti prováděné i jiné činnosti, je nutné upozornit na ně pracovníky, i pracovníky ostatních činností. Pokud hrozí nebezpečí samovolného uvolňování dříví, nelze používat bezúvazkového přibližování. Aby nedocházelo ke ztrátě stability soustředovací technologie, je v těchto případech zapotřebí používat směrovou kladku (Mal, b.r.). S koňským potahem nepracovat na místech, kde hrozí samovolné uvolnění natěženého dříví. Odepnout úvazek od potahu až po zajištění dříví před samovolným pohybem. Soustředovat dříví potahem z horní strany svahu, případně v zatáčkách z vnitřních stran (Pracovi et al., b.r.). U lanového dopravního zařízení zahájit provoz až po upravení trasy od všech překážek, zkontrolování lan a přezkoušení nosného a tažného lana. Navijecí bubny spouštět jen za pokynů proškoleného zaměstnance, který dříví zapřáhne. Je nutné dodržovat stanovených znamení. Osoby pracující s touto technologií se musí

zdžovat v dostatečné vzdálenosti od trasy soustředovaného dříví, v bezpečných prostorách zapřahání a odepínání nákladu, kde není riziko úrazu uvolnění lan a dříví (Tomek, 2013). Při soustředování dříví vrtulníkem se nikdo nesmí pohybovat v místech zvedaného a pokládaného nákladu, ani v její bezprostřední blízkosti. Upevňování a odepínání provádí dva proškolení a kvalifikovaní pracovníci, z nichž jeden připravuje náklad a druhý naviguje vrtulník. Zároveň každý z této dvojice dohlíží na bezpečný prostor druhého pracovníka (Mal, b.r.).

3.1.5 Využití ATV v lesnictví

Čtyřkolky se rozdělují do skupiny pracovních a rekreačních. Váha této mechanizace činí 300 - 375 kg, což je jednou z výhod. Výhodou je také jejich rozchod kol, který jen výjimečně přesáhne 100 cm. Pracovní čtyřkolky mají náhon na všechna čtyři kola. Tato mechanizace je široce využívána ve světě v různých oborech i majiteli s různou velikostí pozemků. Využívají se při dopravě dříví s pomocí přívěsu, případně delších sortimentů v polozávěsu. Zatížení čtyřkolky při přepravě dříví může dosahovat až 570 kg (Edlund et al., 2020). Nevýhodou této technologie je bezpečnost pracovníka, který při jízdě není nijak chráněn kabinou nebo rámem, proto dochází ke smrtelným zraněním. Stabilita ve svazích při jízdě kolmo k vrstevnicím je vysoká, ovšem při podélné jízdě k vrstevnicím je stabilita velmi nízká. Jízda v 45° svahu je možná pouze bez nákladu, jízda s nákladem kolmo k vrstevnicím je možná ve 30° svahu, ve svahu 15° je možné pracovat libovolně.

3.1.6 Elektrický vyvážecí stroj v rámci projektu Tačr Gama, 2017

Elektrický vyvážecí stroj je zkonstruován pro soustředování dříví rychle rostoucích dřevin kde je zapotřebí méně strojů s vysokým pracovním výkonem (Jernigan et al., 2016). V mladších, dobře přístupných porostech s únosností nad 50 kPa, do lesních porostů s výchovou nejlépe do 40 let věku, případně do starších porostů s nahodilou těžbou. Pro soustředování dříví na plantážích rychle rostoucích dřevin se doposud nejvíce používají zemědělské traktory případně UKT. Nevýhody tohoto traktoru jsou značné, především spojované s prostupností, která je omezená z hlediska šířky traktoru. Nevýhodou jsou i vysoké náklady na pořízení a provoz. Dříví natěžené v plantážích je možné přibližovat ručně. To je velmi fyzicky náročné a dochází k překračování hygienických limitů pro manipulování s břemenem dané nařízením stanovujícím podmínkami ochrany zdraví při práci. Z hlediska velikosti plantáží a objemu dříví na nich pěstovaných je tato technologie prakticky nemožná. Na větších plantážích se výjimečně uplatňují speciální sklízecí stroje, které jsou podobné

zemědělským sklízecím strojům, ale jejich cena a provozní náklady jsou velmi vysoké. Navíc pro dostatečné vytižení je nutný jedno i vícesměnový každodenní provoz. Většina současných plantáží v České republice nezajistí dostatečný provoz a efektivitu práce pro využití těchto speciálních sklízecích strojů. V dosavadním stavu techniky chybí mechanizace soustředování dříví, která by byla ekonomicky přijatelná a zajistila by soustředování dříví i na plantážích rychle rostoucích dřevin a v lesních porostech se špatně přístupným terénem nevhodným pro použití zemědělského traktoru. Vynalezený elektrický vyvážecí stroj obsahuje přední část s nápravou a zadní část s nápravou. Každá z těchto náprav obsahuje dvě kola. Na přední nápravu je napojena oj pro ruční řízení. Tyto nápravy a oj tvoří podvozek vyvážecího stroje. Řídicí oj je pro jednodušší ovládání teleskopická. Obsahuje ovládací rukojeť s panelem pro jízdu vzad či vpřed, s možností rekuperace při jízdě ze svahu. Zkonstruovaný podvozek je tvořen podélným nosníkem, v lepším případě dvěma nosíky, které jsou rovnoběžné s podélnou osou stroje. Tyto nosíky jsou upevněny na obou nápravách stroje. Stroj obsahuje alespoň jednu programovatelnou řídicí jednotku pro ovládání pohonné jednotky, která je umístěna na podvozku. Takovýto stroj může obsahovat dvě řídicí jednotky, kde každá řídí jeden motor pohonné jednotky zvlášť. Stroj dále obsahuje pohonnou jednotku obsahující převodovku a motor o výkonu 0,5 kW. Je však možné použít motor s vyšším výkonem nebo dvojici motorů. V lepším provedení stroj obsahuje dvojici motorů a převodovek, kde každý z motorů přenáší točivý moment na samostatnou převodovku. Společně tvoří tandemovou paralelní pohonnou jednotku, kde jsou kola poháněna dle potřeby. Převod výkonu může být šnekový nebo řetězový. Umístění pohonné jednotky se nachází v podvozku stroje, která je poháněna alespoň jednou baterií s napětím minimálně 24 V. Na stroji může být použito více baterií zapojených v sérii. Počet baterií je určen jejich napětím a celkovým požadovaným výkonem. Množství baterií není limitující. Kapacita při zatížení je alespoň 5 kWh. Baterie jsou uloženy v izolovaném krytém boxu. Mohou se nacházet mezi přední a zadní nápravou. Box může být vyhřívaný s využitím stroje v zimním období. Vrchní část stroje je tvořena klanicovým košem obsahující dva příčné nosíky upevněné horizontálně alespoň na jednom podélném nosníku. Klanicovou nástavbu tvořící dva páry klanic, které jsou k příčnému nosníku upevněny vertikálně a kolmo k příčnému nosníku. Klanice jsou odnímatelné. Podélné nosíky je výhodné prodlužovat teleskopickými rámy jak v přední, tak v zadní části. Tyto teleskopické rámy mohou obsahovat jeden pár klanic. Nosíky i klanice jsou vyrobeny z oceli s tloušťkou nejméně 3 mm, s výhodou 4 mm. Nosíky stejných rozměrů mohou být použity pro konstrukci podvozku. Nosíky mohou být otevřené nebo uzavřené. Součástí klanicového koše je odvětvovací jednotka nacházející se v zadní části stroje. Odvětvovací jednotka obsahuje 2 - 3 odvětvovací nože. Odvětvovací jednotku lze použít

jakoukoli z odvětvovačích jednotek, která má vhodné rozměry vyvážecího stroje. Dále na stroji nacházíme prostředky pro nakládání kmenů. Jedná se o naviják s jednou kladkou, případně se systémem kladek a syntetickým lanem. Naviják je umístěn pod klanicovým košem v prostřední části, ale kladky mohou být umístěny na samostatné konstrukci, díky které naviják zajišťuje pohyb kmene přes odvětvovací jednotku a následné naložení již odvětveného kmene na ložnou plochu stroje. Manévrovatelnost stroje je závislá na jeho rozměrech vhodných k využití v plantážích rychle rostoucích dřevin. Manévrovatelnost zajišťují následující rozměry: maximální šířka stroje 150 cm, ovšem nejvýhodnější šířka je 90 cm, maximální rozchod kol do 130 cm, nejméně však 75 cm, maximální šířka kol 30 cm, nejvýhodněji 15 cm s průměrem ráfku 18“, která zajišťuje stabilitu stroje a poskytuje dobrou prostupnost terénu. Optimální rozměry vyvážecího stroje jsou: šířka stroje 90 cm s rozchodem kol 73,5 cm, šířkou kol 16,5 cm a průměrem ráfku 13“. Délka stroje bez nastavení teleskopickými nosíky je 200 cm. Všechny z těchto rozměrů jsou primárně pro využití v plantážích rychle rostoucích dřevin případně předmýtních těžeb. Takovýto stroj poskytuje díky svým rozměrům dostatečnou stabilitu a prostupnost. Spojením mechanického a motorického ovládání jsou pořizovací i provozní náklady velmi nízké. Tento stroj je určen především pro oblasti rychle rostoucích dřevin. Ostatní technologie pro tuto problematiku jsou nevyužitelná, neefektivní a nákladná (Štícha et al., 2018).

5. Metodika

Práce zahrnuje rešeršní i praktickou část. V rešeršní části práce byl zpracován přehled moderních technologií v soustředování dříví. V praktické části byly zpracovány a vyhodnoceny výsledky testování nového elektrického vyvážecího stroje ve specifických výrobních podmínkách.

5.1. Zájmová oblast

Studie byla prováděna na ŠLP Kostelec nad Černými lesy, který se nachází JV od Prahy. Konkrétně na Lesním úseku 3, v katastru obce Dobré Pole u Vític. Jedná se převážně o smrkovou kmenovinu, listnaté dřeviny ve skupinkách s lesním typem 3H – hlinitá dubová bučina šřavelová. V těchto porostech je zastoupen smrk ztepilý (*Picea abies*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), dub letní (*Quercus robur*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), olše šedá (*Alnus incana*). V každém z porostů bylo provedeno 5 měření všech operací. Šetření bylo prováděno za suchého slunečného počasí ve výšce 290 m. n. m.

Tabulka 1 - Popis ploch šetření (autor: T. Buchar).

Číslo plochy	Označení porostu	Svažitost (%)	Expozice	Přibližovací vzdálenost (m)	Délka výřezů (m)	Délka vyklizování (m)
1	306A10	4	Východní	130	4; 2,5; 2	15
2	306A7	3	Východní	120	2,5; 2	17
3	301A6	3	Východní	120	2,5; 2	20
4	301A9	2	Východní	110	4; 2	17

5.2. Popis elektrického vyvážecího stroje

Elektrický vyvážecí stroj obsahuje v konkrétním provedení přední a zadní část s nápravami se dvěma koly. Je vybaven dvěma podélnými nosíky, které jsou upevněny na přední a zadní nápravě stroje. Na řídicí oji s teleskopickou technologií a ovládacím panelem se nachází startovací jednotka v podobě vypínače. Prostor mezi přední a zadní nápravou je vyplněn pohonnou jednotkou obsahující dva střídavé indukční motory Transtecno 24 V / 800 W, přičemž každý z nich má výkon 3 kW. Šneková převodovka je poháněna motory. Je s předstupněm uložena v pouzdře s olejem a primárním převodem 1:12,31. Motory jsou řízeny programovatelnými řídicími jednotkami Kelly Controll KAC6022H. Převod síly na kola je

instalován řetězovým převodem zvlášť na každé kolo, poměr převodu je 1:5. Pohonná jednotka je poháněna lithium-polymerovými články Kokam SLPB70460330 s kapacitou 100 Ah, s 13 články zapojenými do série. Kapacita baterií pro běžné zatížení by měla být 4,8 kWh. Baterie jsou uloženy v izolovaném krytém boxu, který se nachází mezi přední a zadní nápravou. Pohonná jednotka je poháněna dvěma programovatelnými řídicími jednotkami pro řízení pohonné jednotky, příp. pro řízení každého motoru zvlášť. Jejich uložení je na konstrukci podvozku. Vrchní část stroje tvoří klanicový koš pro uložení dříví. Klanicový koš obsahuje alespoň dva příčné nosníky uložené horizontálně a kolmo na podélnou osu stroje. Příčné nosníky jsou upevněny na podélných nosnících. Klanicovou nástavbu tvoří dva páry klanic, které jsou odnímatelné a jsou připevněny k příčným nosníkům. V podélných nosnících jsou obsaženy teleskopicky výsuvné rámy, jejichž vysouvání může být poháněno mechanicky i elektronicky. Teleskopické rámy jsou rozděleny na přední a zadní teleskopickou část, z nichž každá část obsahuje jeden příčný nosník s upevněným jedním párem klanic. Klanice, nosníky, a podvozek jsou vyrobeny z oceli a zkonstruovány z ocelových nosníků uzavřených nebo otevřených a tloušťce 4 mm. Stroj obsahuje systém navijáku, dvou kladek a syntetické lano. Naviják je umístěn v prostřední části stroje pod klanicovým košem. Obě kladky jsou upěvněny ke konstrukci klanicového koše v přední části stroje. Elektrický naviják s pomocí systému kladek zajišťuje pohyb kmene a jeho naložení, případné vyproštění stroje. Rozměry stroje jsou následující: základní délka bez aplikace teleskopických nosníků je 350 cm, délka s aplikovanými teleskopickými nosníky je 700 cm, jmenovitá šířka 90 cm. Jedná se zde o 13“ kola se šířkou pláště 16,5 cm a rozchodem kol 73,5 cm. Nosnost vyvážecího stroje je 1000 kg (Štícha, 2019).



Obrázek 1 - Popsaný elektrický vyvážecí stroj, který byl použit při této diplomové práci (autor: T. Buchar)

5.3. Sběr dat

Z uvedených porostů bylo dříví přibližováno po nahodilé těžbě kůrovcové, těžené harvesterovou technologií. Na plochách bylo značné množství překážek. Během šetření byly soustředovány tři různé délky, jednalo se o 2 m, 2,5 m a 4 m výřezy. Celkem bylo provedeno dvacet cyklů pro každý druh výřezu, z kterých bylo jasné, že délka výřezů a jejich rozdílný objem je faktorem ovlivňujícím časovou prodlevu pro soustředování, měření bylo prováděno během tří dnů. Rozdílná délka výřezů byla limitující zejména u vyklizování s nákladkou a poté až při skládkování, kde se jednalo o manipulaci s danými výřezy. Nejprve byla měřena rychlost stroje bez nákladu ve vzdálenosti 20 m na rovném zpevněném povrchu, poté s nákladem ve svažitém terénu na průměrnou vzdálenost 120 m. Odvíjení lana probíhalo již v porostu na vzdálenost 15 - 20 m pro vyklizované dříví. Bylo nutné uvést naviják do chodu. Naviják byl ovládán druhým pracovníkem. Bylo provedeno dvacet měřených cyklů každé operace, ve čtyřech porostech. Jednalo se o následující operace:

- Rychlost pojezdu:
Byla změřena vzdálenost 20 m. Při každé jízdě do porostu byla tato vzdálenost na rovném zpevněném povrchu stejná. Čas byl měřen od uvedení stroje do pohybu po cílovou vzdálenost. Čas byl měřen z důvodu zjištění rychlosti stroje.

- **Odvíjení lana:**

Odvíjení lana probíhalo již v terénu. Vzdálenost odvíjeného lana k danému výřezu byla různá. Odvíjení a navíjení syntetického lana bylo prováděno kabelovým ovládacím panelem. Pracovník č. 1 ovládal ovládací panel. Pracovník č. 2 mechanicky odvíjel syntetické lano z cívky k danému výřezu.

- **Vyklizení s nakládkou:**

Vyklizení a nakládka probíhala u výřezů v délce 2,5 m a 4 m za pomoci navijáku. Úvazkem byl zajištěn výřez k navijacímu lanu. Pracovník č. 1 ovládacím panelem začal navíjet syntetické lano na cívku. Pracovník č. 2 zajišťoval průchodnost vyklizovaného výřezu přes překážky. Nakládka byla provedena navijákem, který za pomoci kladek a syntetického lana natáhl vyklizovaný výřez na ložnou plochu stroje. U 2 m výřezů se jednalo o ruční snášení z hlediska zvýšení produktivity práce

- **Přiblížení nákladu:**

Po zabezpečení nákladu bylo dříví přiblíženo z porostu. Vzdálenost byla změřena od místa nakládky do místa skládky. Obě tato místa byla stabilní. Průměrná přibližovací vzdálenost všech porostů byla 120 m.

- **Uložení na skládku:**

Zastavení stroje na skládce. Byly odinstalovány klanice. Čas uložení na skládku závisel na množství naložených výřezů a na objemu jednotlivých výřezů. Výřezy délek 2,5 m a 4 m byly svaleny z ložné plochy na skládku a srovnány pracovníky ručně. Po svalení byly klanice nainstalovány zpět. Výřezy v délce 2 m byly vyloženy a naskládkovány pracovníky ručně. Výřezy délek 2 m a 2,5 m byly uloženy na hraně z důvodů měřitelnosti dříví. Výřezy, které nemohly být uloženy do hraně, byly srovnány kolmo k odvozní lince, jejichž objem byl zjištěn pomocí středového průměru výřezu měřeno průměrkou, a zjištěním dle kubírovacích tabulek.

5.4. Analýza dat

Data z šetření byla vložena do tabulky Microsoft Excel a provedena porovnání. V tabulce byla uvedena jednotlivá měření všech operací, soustředěvaný objem, délka sotřimentu. U všech operací byl vyhodnocen nejvyšší a nejnižší měřený čas každé operace. Byl spočítán průměrný čas jednotlivých operací a průměrný soustředěvaný objem dříví. Nakonec byl spočítán celkový soustředěvaný objem.

6. Výsledky

Průměrná rychlost stroje byla 1,29 m / s, nejvyšší rychlost byla 1,32 m / s, nejnižší rychlost 1,25 m / s.

Průměrný čas odvíjení byl 40,60 sekund, s nejvyšší hodnotou 41,02 sekund a nejnižší 40,15 sekund. Z těchto dvou údajů je patrné, že rychlost odvíjení je závislá spíše na obsluze a terénních podmínkách.

Průměrná rychlost navijáku u výřezů 2,5 m a 4 m byla 3:31,08 min, s nejvyšší hodnotou 4:59,36 min, kde se jednalo o nakládku nejvyššího objemu dříví ve 4 m výřezech, nejnižší hodnota 2:15,23 min, kde se jednalo naopak o nejméně objemnou nakládku ve 2,5 m výřezech. Z důvodu ruční nakládky 2 m výřezů byl interval nakládky vyšší. Průměrná hodnota 6:48,32 min, nejvyšší hodnotou 7:12,11 min, nejnižší hodnotou 6:24,54 min. Důsledkem bylo ruční nakládání s vysokým množstvím 2 m výřezů.

Rychlost přiblížení na průměrnou vzdálenost 120 m závisela spíše na terénních nerovnostech a množství překážek. Průměrná rychlost byla 0,66 m / s, nejvyšší rychlost byla 0,63 m / s, nejnižší rychlost 0,68 m / s.

Nejkratší čas uložení na skládku s hodnotou 1:24,05 min. bylo u 2,5 m výřezů, které jsou méně objemné a jejich množství je tak nižší. Nejvyšší hodnota byla 5:19,42 min, kde se jednalo o 4 m výřezy a stejně jako u vyklizení a nakládky se zde jednalo o nejvyšší přibližovaný objem. Průměrný čas uložení na skládku všech výřezů byl 3:44,06 min.

Objem u výřezů 2,5 m a 4 m byl zjišťován kusově dle krychlících tabulek, kdežto objem 2 m výřezů kvůli vysokému počtu kusů byl vypočítán změřením hraně a vynásobením redukčním faktorem 0,62.

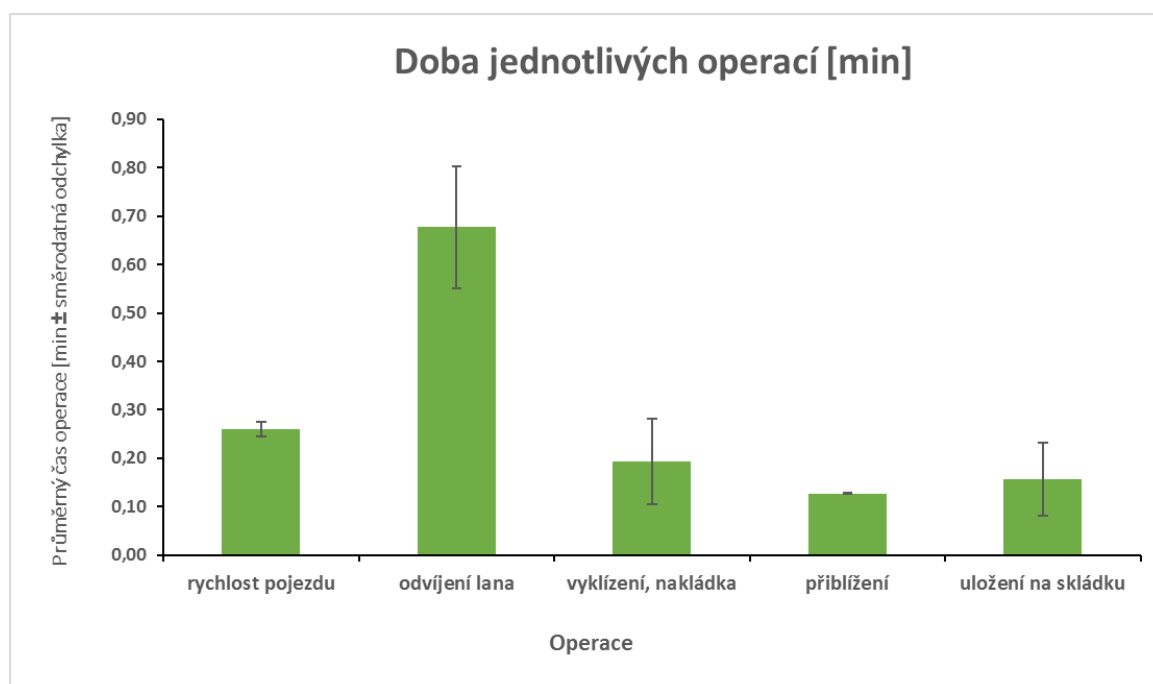
Elektrickým vyvážecím strojem bylo tedy celkem přiblíženo 44,40 m³ s průměrným přibližovaným objemem 0,74 m³.

S elektrickým vyvážecím strojem bylo přiblíženo celkem 3,55 m³ / h na průměrnou vzdálenost 120 m.

Při pojezdu bez nákladu či s nákladem měly výřezy minimální vliv na rychlost vyvážecího stroje. Při odvíjení lana závisela rychlost odvíjení na vzdálenosti daného výřezu ke stroji s navijákem.

Tabulka 2 - Výsledky měření (autor: T. Buchar).

	Rychlost pojezdu (s)	Odvíjení lana (s)	Vyklízení, nakládka (min)	Přiblížení (min)	Uložení na skládku (min)	Objem (m ³)	Délka výřezu (m)
Maximum	16,01	40,77	2:15:23	3:10:17	2:02:13	0,72	2,5
Minimum	15,12	40,69	2:55:43	2:57:32	1:24:05	0,41	2,5
Průměr	15,57	40,73	2:35:33	3:03:55	1:43:09	0,57	2,5
Maximum	15,87	40,79	7:12:11	3:07:15	4:24:17	0,85	2
Minimum	15,21	40,17	6:24:54	2:58:55	4:06:07	0,77	2
Průměr	15,54	40,48	6:48:32	3:03:05	4:15:12	0,81	2
Maximum	15,81	41,02	4:59:36	3:06:41	5:19:42	0,91	4
Minimum	15,28	40,15	3:53:50	2:58:15	5:08:12	0,74	4
Průměr	15,55	40,59	4:26:43	3:02:28	5:13:57	0,83	4
Celkové maximum	16,01	41,02	7:12:11	3:10:17	5:19:42	0,91	
Celkové minimum	15,12	40,15	2:55:43	2:57:32	1:24:05	0,41	
Celkový průměr	15,55	40,60	4:36:56	3:03:09	3:44:06	0,74	
Průměr			3:31:08				2,5; 4



Obrázek 2- Grafické znázornění doby jednotlivých operací se znázorněním směrodatné odchylky (autor: T. Buchar)

7. Diskuze

Elektrický vyvážecí stroj použitý v této studii je využitelný v plantážích rychle rostoucích dřevin, hospodářských lesích, případně jiných odvětví lesnictví (Spinelli et al., 2020). Využití má také v mladších porostech, kde je potřebný výchovný zásah se vznikem využitelné dřevní hmoty. Při kůrovcové kalamitě, kterou je Česká republika zasažena (Stadelmann et al., 2013). Tento stroj je vhodné použít při nahodilých těžbách v mladších porostech, kde jsou vysokotonážní technologie nevhodné z hlediska efektivnosti práce, poškození porostu, bezpečnosti práce a šetrnosti k životnímu prostředí (Štícha et al., 2018). Použití tohoto stroje je vhodné také z hlediska hygieny a bezpečnosti práce, šetrnosti k životnímu prostředí, okolnímu porostu, který až na výjimky není schopen poškodit. Elektrický vyvážecí stroj je svou konstrukcí vhodný na svazích do 7 %, kolmo na vrstevnici až do sklonu 12 %. Při větší svažitosti je lepší použít železného koně, který je svou šířkou, použitím pásů a srovnatelným výkonem vhodnější. Ve svazích od 50 % do 70 % lze využít skluzu s mobilním navijákem, kde je průměrná produktivita $7,83 \text{ m}^3 / \text{h}$ s přibližovací vzdáleností 36 m (Gülci et al., 2016). V rovinatém terénu, případně mírném svahu, vyniká elektrický vyvážecí stroj svou rychlostí a šetrností k okolním porostům a životnímu prostředí, které nijak nepoškozuje. Ve svazích se sklonem větším než 15 % a objemem těžby nad 50 m^3 je vhodné použít LKT, případně UKT, které vynikají svým výkonem a rychlostí, ale jejich šetrnost k okolnímu porostu a životnímu prostředí je nižší (Pszenny et al., 2019). Průměrná produktivita zemědělského stroje na přibližovací vzdálenost 100 m je $4,18 \text{ m}^3 / \text{h}$ (Melemez et al., 2014). Průměrná produktivita UKT činí $14,30 \text{ m}^3 / \text{h}$ (Drva et al. 2020). Průměrná produktivita oplenu činí $18,06 \text{ m}^3$ za jednu jízdu s nákladem (dos Santos et al., 2013). Při přibližovací vzdálenosti 1000 m se průměrná produktivita SLKT sníží na $8 - 9 \text{ m}^3 / \text{h}$. Při přibližování vyvážecího traktoru na vzdálenost 3000 m se průměrná produktivita sníží na $2 \text{ m}^3 / \text{h}$ (Kulak et al. 2019). S elektrickým vyvážecím strojem bylo přiblíženo celkem $3,55 \text{ m}^3 / \text{h}$ na průměrnou vzdálenost 120 m. Použitím kolového vyvážecího traktoru typu Timberjack 450C na vzdálenost 300 m byla průměrná produktivita $16,6 \text{ m}^3 / \text{MH}$ (Proto et al., 2018). Při použití výkonnějších a větších strojů hrozí zhutňování půdy, přičemž mohou být poškozeny kořenové systémy ostatních stromů. Díky své váze 500 kg je elektrický vyvážecí stroj lepší volbou pro soustředování (Nazari et al., 2020). Přibližování po stejné přibližovací lince způsobuje vyjetí kolejí, čímž vznikají různé druhy erozí. Jedná se hlavně o stroje typu LKT a UKT. Hluboké koleje vznikají i po vyvážecích traktorech, které mohou vážit i několik desítek tun (Tavankar et al., 2020). Použitím strojů přibližujících dříví v závěsu, popř. v polozávěsu, jsou poškozovány okolní jedinci, o něž se dříví odírá a způsobují

četná zranění, kterými vstupují houbové patogeny (Tsioras et al. 2015). Vyvážecí traktor může způsobit 28,6 % poškození. Za použití smyku bylo 81,2 % poškození (Tavankar et al., 2020). Poškození elektrickým vyvážecím strojem nebylo zjištěno. Studovaný stroj je vhodný pro soukromé vlastníky malých lesních pozemků, do předemýšlných úmyslných těžeb, případně všech těžeb nahodilých. Důležitou výhodou tohoto stroje je jeho velikost, váha a obratnost při pohybu v terénu. Pokud bychom vynásobili průměrný soustředěvaný objem 0,74 m³ s hodnotou 455 kg (průměrná váha 1 m³ SM dříví) zjistili bychom, že vyvážecí stroj vezl přibližně 336,7 kg. Na tomto stroji nebyl znatelný rozdíl při jízdě bez nákladu a s nákladem.

8. Závěr

Cílem práce bylo vytvoření přehledu technologií soustředování dříví a testování funkčního vzorku elektrického vyvážecího stroje. Bylo zjištěno, že studovaný elektrický vyvážecí stroj je se svým dostatečným výkonem schopný soustředit 0,91 m³ ve 4 m výřezech, při soustředování 6 m výřezů by stroj byl schopný soustředit i větší množství m³. Studovaný elektrický vyvážecí stroj je vhodný pro všechny vlastníky lesů, vlastníky lesů s menší výměrou bude tento stroj využívat ve všech směrech, vlastníky s větší výměrou lesní půdy bude tento stroj využívat hlavně při zpracovávání těžeb nahodilých živelných (zlomů, vývrátů apod.). Dostatečným výkonem vytvářených elektromotry a velikostí je vhodný do porostů s výchovou do 60 let, do starších porostů pouze z důvodů nahodilých těžeb. Uváděná výdrž baterií je 3 - 4 hod. Při šetření energie, kdy stroj stojí a je prováděna ruční nakládka či skládkování, a není za potřebí elektrické energie, můžeme pracovní dobu prodloužit. Při jízdě ze svahu je možné aktivovat na ovládacím panelu rekuperaci, čímž dochází k dobíjení baterií. Můžeme tak pracovní čas stroje prodloužit. Při pracovním procesu, kdy se rekuperací šetří energie a částečně se baterie dobíjejí, je možné se strojem pracovat celou pracovní směnu, aniž by došlo k úplnému vybití. Svou velikostí ho lze využít do větších porostů na výrobu tyčí a tyček, kde bude velmi efektivní. S tímto strojem může pracovat jeden pracovník i pracovní skupina o dvou a více pracovnících, z nichž alespoň jeden těží a druhý soustřeďuje dříví. Nové technologie mohou ušetřit spoustu nákladů a energie, které by musely být vynaloženy na práci s koňmi, UKT nebo vyvážecím traktorem. Svou velikostí je šetrný k okolním porostům, nízkou vahou nevznikají koleje a nedochází zde ani ke zhutňování půdy, čímž nevznikají eroze. Přítomnými elektromotory nedochází ke znečišťování půdy a ovzduší. Hovoříme tedy o technologii, která je maximálně šetrná k životnímu prostředí. Takovéto a mnohé další nové technologie je vhodné vymýšlet a dále rozvíjet, zejména pro menší vlastníky postižené nahodilou těžbou, která v posledních letech přibývá. Relativních výsledků lze dosáhnout na rovinném terénu, nejlépe asfaltovém, kde je možné dosáhnout nejvyšší rychlosti, nejvyššího zatížení stroje, s různými délkami výřezů od 2 m po 6 m na vzdálenost vyklizování 10 m na rovině. Tento elektrický vyvážecí stroj bych doporučil k dalším studiím a mnohým výkonům.

9. Literatura

- Acar, H. H. 2016. Tomruklerin kamyonu yüklenmesi çalışmalarında taşınabilir el vinci ve polietilen oluk kombinasyonu sistemi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. 66 (1). 329–339. doi: 10.17099/jffiu.60015.
- Bray, D. B., Duran, E., Hernández-salas, J., Luján-alvarez, C., Olivas-garcía, M., Grijalva-martínez, I. 2016. Back to the Future : The Persistence of Horse Skidding in Large Scale Industrial Community Forests in Chihuahua , Mexico. . 1–8. doi: 10.3390/f7110283.
- Česká zemědělská univerzita v Praze. *Vyvážecí stroj pro porosty a dřeviny*. Původce Václav Štícha, Ondřej Nuhlíček, Jiří Dvořák, Jiří Trombik. ÚPV ČR, PVZ 2018-41274. 2019-03-20.
- dos Santos, P. H. A., de Souza, A. P., da Cunha Marzano, F. L., Minette, L. J. 2013. Productivity and costs of eucalyptus wood extraction with Clambunk Skidder. *Revista Arvore*. 37 (3). 511–518. doi: 10.1590/S0100-67622013000300014.
- Drnec, J. 2012. Bakalářská práce. .
- Drva, P., Metod, S. 2020. PRODUCTIVITY OF A FARM TRACTOR WITH SINGLE DRUM WINCH DURING WHOLE-TREE TIMBER EXTRACTION. . 360 (001). 35–43.
- Dudek, T. 2017. Wydajność zrywki drewna długiego na zrębie zupełnym ciągnikiem rolniczym z wciągarką lub kleszczami hydraulicznymi The efficiency of log skidding in the clear – cut area using a farm tractor. . (April).
- Edlund, B., Lindroos, O., Nordfjell, T. 2020. The effect of rollover protection systems and trailers on quad bike stability. *International Journal of Forest Engineering*. 31 (2). 95–105. doi: 10.1080/14942119.2020.1708067.
- Gülci, N., Akay, A. E., Erdaş, O., Acar, H. H., Wing, M. G. 2016. Controlled sliding of logs downhill by chute system integrated with portable winch and synthetic rope Taşınabilir vinç ve sentetik halat ile entegre oluk sistemi içerisinde odun hammaddesinin yamaç aşağı kontrollü kaydırılması. . 66 (1). 256–263. doi: 10.17099/jffiu.18327.
- Halilovic, V., Music, J., Knežević, J., Šarić, M., Balic, B., Ballian, D. 2020. Research of mechanical damage on fir trees and other tree species during exploitation - Case forestry „gLAMOC". *Sumarski List*. 144 (3–4). 149–158. doi: 10.31298/SL.144.3-4.4.
- Indra, J. 2015. *Těžba a zpracování dřeva*. p. 1–56. ISBN: 9788086527.
- J. Neruda, T. Z. 2013. *Soustředování dříví těžební stroje*. . 1–65.
- Jernigan, P., Gallagher, T., Mitchell, D., Smidt, M., Teeter, L. 2016. High tonnage harvesting and skidding for loblolly pine energy plantations. *Forest Products Journal*. 66 (3–4). 185–191. doi: 10.13073/FPJ-D-14-00055.
- Kolektiv, I. B. K. a 2013. *Těžba a doprava dříví*. p. 1–202.
- Koutsianitis, D., Tsioras, P. A. 2017. Time Consumption and Production Costs of Two Small-Scale Wood Harvesting Systems in Northern Greece. *Small-scale Forestry*. 16 (1). 19–35. doi: 10.1007/s11842-016-9340-3.
- Kulak, D., Szewczyk, G. 2019. Wydajność zrywki drewna skiderem na terenach pochyłych. . 163 (7). 601–609.
- Lucembursk, J., Lucembursk, J., Iv, K., Iii, P., Rosenauera, J. 1972. *Podrobný výťah z přednášky – Plavení – Čechy*. .
- Mal, P. P. R. O. (b.r.) *Bezpečnost práce v lesnictví*. . 1–11.
- Marshall, V. G. 2000. Impacts of forest harvesting on biological processes in northern forest soils. *Forest Ecology and Management*. 133 (1–2). 43–60. doi: 10.1016/S0378-1127(99)00297-2.
- Melemez, K., Tunay, M., Emir, T. 2014. A Comparison of Productivity in Five Small-Scale. . 35–45. doi: 10.1007/s11842-013-9239-1.

- Moloi, T., Brink, M., Chirwa, P. W., Ngulube, E. 2018. A productivity model for first thinning of *Pinus patula* using a tractor and double-drum winch in South Africa. *Southern Forests*. 80 (2). 169–173. doi: 10.2989/20702620.2017.1312904.
- Nazari, M., Horvat, M., Joergensen, R. G., Peth, S. 2020. Soil organic matter mobilization by re-compaction of old forest skid trails. *European Journal of Soil Biology*. 98 (October 2019). 103173. doi: 10.1016/j.ejsobi.2020.103173.
- Orlovský, L., Messingerová, V., Danihelová, Z. 2020. Analysis of the time efficiency of skidding technology based on the skidders. *Central European Forestry Journal*. 66 (3). 177–187. doi: 10.2478/forj-2020-0016.
- Öztürk, T., Şentürk, N. 2017. Timber skidding with mules to karstic areas in Mediterranean region of Turkey. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 17 (1). 209–209. doi: 10.17475/kastorman.286419.
- Podnikov, S., Martinovi, D. 2011. Mendelova univerzita v brně. *Dana*. 1–51.
- Pracovi, N. A., Obdobn, C. H., Charakteru, H. O. (b.r.) Bezpe č nost práce v lesnictví. . 1–17.
- Příbylová, E. 2020. Agronomická fakulta BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Brno 2020. .
- Proto, A. R., Macri, G., Visser, R., Russo, D., Zimbalatti, G. 2018. Comparison of timber extraction productivity between winch and grapple skidding: A case study in southern Italian forests. *Forests*. 9 (2). 1–12. doi: 10.3390/f9020061.
- Pszenny, D., Giedrowicz, A., Staniszewski, P., Moskalik, T. 2019. Dokładność określenia struktury dnia roboczego metodą obserwacji migawkowych przy zrywce drewna. *Sylwan*. 163 (04). 292–299. doi: 10.26202/sylwan.2018145.
- Roslan, M., Yahya, M., Ahmad, Z., Hani, A., Mokhtar, I. 2017. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. Order. 14 (8). 18.
- Spinelli, R., Magagnotti, N. 2012. Wood Extraction with Farm Tractor and Sulky: Estimating Productivity, Cost and Energy Consumption. *Small-scale Forestry*. 11 (1). 73–85. doi: 10.1007/s11842-011-9169-8.
- Spinelli, R., Magagnotti, N., Lombardini, C. 2020. Low-investment fully mechanized harvesting of short-rotation poplar (*populus spp.*) plantations. *Forests*. 11 (5). 1–12. doi: 10.3390/F11050502.
- Stadelmann, G., Bugmann, H., Meier, F., Wermelinger, B., Bigler, C. 2013. Effects of salvage logging and sanitation felling on bark beetle (*Ips typographus* L.) infestations. *Forest Ecology and Management*. 305 . 273–281. doi: 10.1016/j.foreco.2013.06.003.
- Stempski, W., Jabłoński, K. 2018. Damage to trees from wood extraction in motor-manual wood harvesting technologies in thinning of pine stands. *Baltic Forestry*. 24 (2). 313–320.
- Štícha, V., Holuša, J., Sloup, R., Macků, J., Trombik, J. 2018. A mobile hydraulic winch for use in small-scale forestry. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 39 (2). 205–212.
- Tassinari, D., Andrade, M. luiza de C., Dias Junior, M. de S., Martins, R. P., Rocha, W. W., Pais, P. S. A. M., de Souza, Z. R. 2019. Soil compaction caused by harvesting, skidding and wood processing in eucalyptus forests on coarse-textured tropical soils. *Soil Use and Management*. 35 (3). 400–411. doi: 10.1111/sum.12509.
- Tavankar, F., Nikooy, M., Latterini, F. 2020. Short-Term Recovery of Residual Tree Damage during Successive Thinning Operations. .
- Tomek, A. 2013. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. 1–53.
- Tsioras, P. A., Liamas, D. K. 2015. Residual tree damage along skidding trails in beech stands in Greece. *Journal of Forestry Research*. 26 . 523–531. doi: 10.1007/s11676-015-0056-6.
- Zečić, Ž., Vusić, D., Prka, M., Klepac, S. 2010. Utjecaj nagiba traktorskog puta na proizvodnost traktora timberjack 240C pri privlačenju drvnih sortimenata u prebornim šumama. *Sumarski List*. 134 (3–4). 103–114.

/

10. Seznam příloh

Příloha 1 - Elektrický vyvážecí stroj, který byl použit při této diplomové práci, ze zadního pohledu (autor: T. Buchar).....	I
Příloha 2 - Elektrický vyvážecí stroj, který byl použit při této diplomové práci, naložený (autor: T. Buchar).	II
Příloha 3 – Elektrický vyvážecí stroj, který byl použit při této diplomové práci, naložený 2 (autor T. Buchar).	III
Příloha 4 - Porostní mapa s porosty, v nichž probíhalo šetření (autor: J. Chábera).....	IV

11. Samostatné přílohy



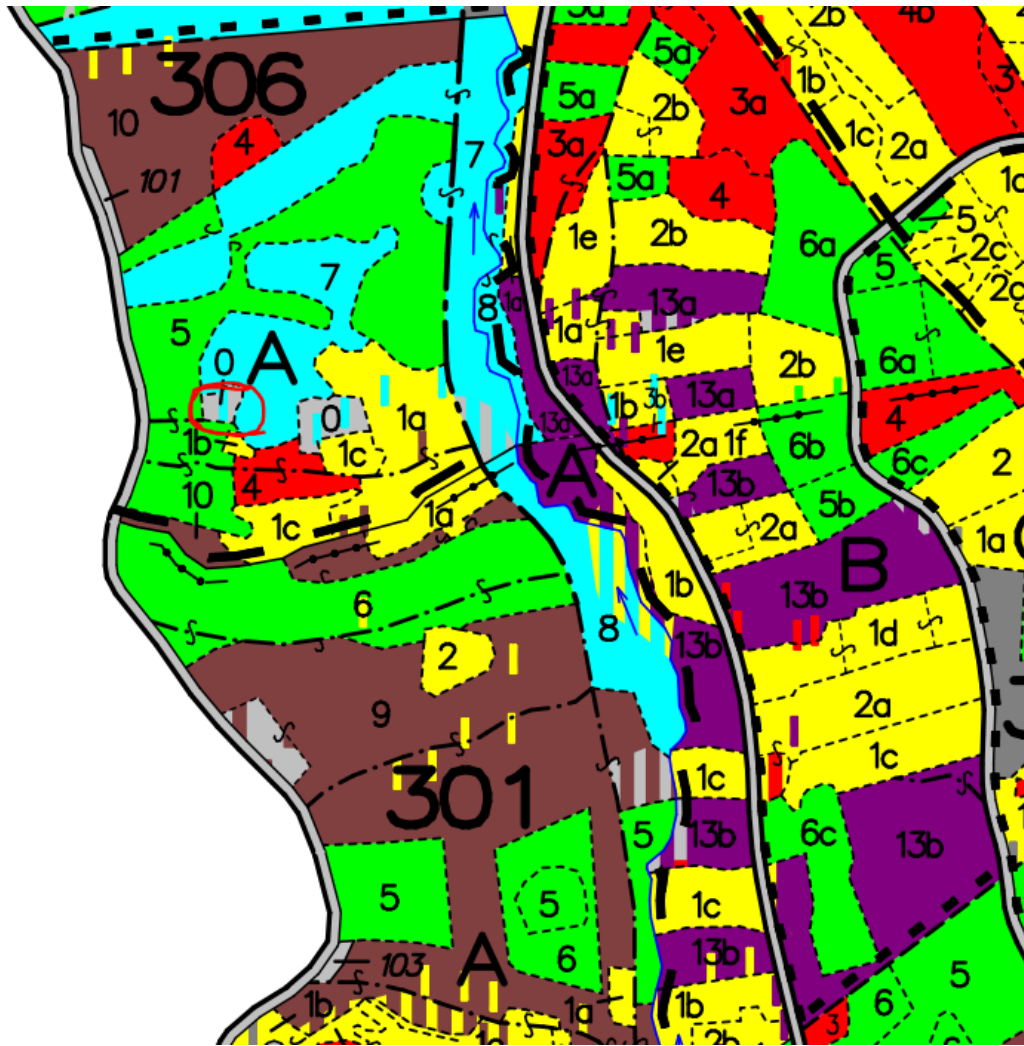
Příloha 1 - Elektrický vyvážecí stroj, který byl použit při této diplomové práci, ze zadního pohledu (autor: T. Buchar).



Příloha 2 - Elektrický vyvážecí stroj, který byl použit při této diplomové práci, naložený (autor: T. Buchar).



Příloha 3 – Elektrický vyvážecí stroj, který byl použit při této diplomové práci, naložený 2 (autor T. Buchar).



Příloha 4 - Porostní mapa s porosty, v nichž probíhalo šetření (autor: J. Chábera).