

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA
ÚSTAV LESNICKÉ A DŘEVAŘSKÉ TECHNIKY

**Posouzení provedení prvních probírek dle velikosti použitého
harvestoru s dopadem na budoucí růst a potenciální výnos z porostů**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Posouzení provedení prvních probírek dle velikosti použitého harvestoru s dopadem na budoucí růst a potenciální výnos z porostů** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:

Podpis

Poděkování

Děkuji všem, kteří mi pomohli se zpracováním diplomové práce. Zvláště pak vedoucímu mé diplomové práce, panu doc. Ing. Radomíru Klvačovi, Ph.D. za odborné vedení, čas a věnované materiály. Dále děkuji panu Ing. Tomáši Kuchtovi, za čas věnovaný konzultacím, poskytnuté kontakty na zaměstnance z firmy SOLITERA spol. s r. o. a za pomoc při výběru vhodných probírkových porostů.

Abstrakt

Suda Ondřej

Posouzení provedení prvních probírek dle velikosti použitého harvestoru s dopadem na budoucí růst a potenciální výnos z porostů

Diplomová práce se zabývá vhodností použití dvou různých kombinací harvestorových uzlů pro výchovu lesních porostů. Cílem práce bylo kvantifikovat rozdíly u použitých strojů a zjistit, který ze strojů je pro zásah vhodnější. Rozdíl v počtu odebraných stromů byl použit jako stěžejní parametr. Z výsledků práce je patrné, že vhodnější technika pro výchovný zásah je ta, která utvoří v porostu užší přibližovací linky. Stromy ponechané v porostu znamenají větší možnost výběru při následných probírkách a vyšší možnost výnosu v dalších zásazích díky větší hmotnosti kmenů.

Klíčová slova:

Harvestor, vyvážecí traktor, výchova porostů

Abstract

Suda Ondřej

Assessment of the execution of the first thinning according to size of harvester with impact on the future growth and potential yield of stand

The thesis deals with the appropriateness of using two different combinations of harvester's system for stand tending. The aim was to quantify differences using harvester's system and found out which is more appropriate for intervention. The difference in the number of felling trees is using as key parameter. According to results is better for future development of stand using harvester's which will create closer segmenting lines. The rest of trees in stand mean greater possibility of selection for subsequent thinning and higher possibility of yield in other interventions due to greater volume.

Klíčová slova:

Harvester, forwarder, tending stand

Obsah

Předmluva	1
1 Úvod a cíl práce	2
2 Literární rešerše	4
2.1 Smrk ztepilý	4
2.2. Výchova lesních porostů	5
2.2.1 Výchova lesních porostů všeobecně.....	5
2.2.2 Výchova smrkových porostů	7
2.3 Plně mechanizované technologie	8
2.3.1 Historie plně mechanizované technologie.....	8
2.3.2 Harvester	9
Dle technologických postupů při zpracování stromu	10
Dle trakčního ústrojí	10
Dle technických parametrů	11
2.3.3 Vyvážecí traktory (forwardery)	11
2.3.4 Výhody a nevýhody plně mechanizovaných technologií.....	12
Výhody plně mechanizovaných technologií.....	12
Nevýhody plně mechanizovaných technologií	12
3 Charakteristika vybraného území	14
3.1 Geomorfologické poměry	15
3.2 Geologické poměry	15
3.3 Pedologické poměry.....	15
3.4 Klimatické poměry.....	15
3.5 Hydrologické poměry.....	16
3.6 Fytocenologické poměry.....	16
3.7 Popis vybraného vegetačního stupně	16
3.8 Popis výzkumných ploch	18
3.8.1 První výzkumná plocha – „Vimek“	18
3.8.2 Druhá výzkumná plocha – „Rottne-Timberjack“	19
4 Metodika	20
4.1 Metodika přípravných prací	20
4.2 Metodika použité technologie	21
4.2.1 Vimek	21

4.2.2 Rottne-Timberjack.....	23
4.3 Metodika terénních prací.....	25
4.3.1 Měření porostní plochy.....	25
4.3.2 Měření délky a šířky pracovních polí.....	25
4.3.2 Měření počtu, délky a šířky linek.....	26
4.3.3 Měření počtu stojících stromů.....	26
4.3.4 Měření počtu odebraných stromů.....	26
4.4 Metodika statistického vyhodnocení.....	27
5 Výsledky	28
5.1 Základní charakteristika porostů.....	28
5.2 Vliv výchovného zásahu na výzkumné plochy.....	28
5.2 Vliv výchovného zásahu na porost.....	30
5.3 Modelace výchovných zásahů.....	30
6 Diskuze.....	32
7 Závěr.....	34
8 Summary	36
9 Seznam literatury	38

Předmluva

Tato diplomová práce se zabývá problematikou výchovy lesních porostů prováděnou mechanizovaně, za pomoci harvesterových uzlů a výhodností provedení zásahu těmito stroji na základě rozměrů použitých strojů. Studie byla zpracována pod vedením pana doc. Ing. Radomíra Klvače, Ph.D. z ústavu lesnické a dřevařské techniky na Mendelově univerzitě v Brně. Jako zájmové plochy byly vybrány lesní porosty v majetku České republiky, lesní správa Nečtiny, které v období zpracování diplomové práce spravovala firma Solitera s.r.o. Konkrétní výchovné zásahy byly provedeny v průběhu měsíců prosince 2015 a února 2016. Měření dílčích parametrů v porostech a následné zpracování výsledků bylo provedeno v období od dubna do prosince roku 2016.

1 Úvod a cíl práce

Dřevní hmota je nejen ceněnou výrobní surovinou, ale již od dávných časů neopomenutelným zdrojem energie. Nejen díky tomu, že dřevo patří do kategorie surovin obnovitelných, můžeme s největší pravděpodobností říci, že v následujících letech poptávka po této komoditě nebude strmě klesat, ba naopak. S ohledem na velkou poptávku po dřevní hmotě a nutnosti krátkých dodacích lhůt (požadavky na zachování vlastností těženého dříví), je v posledních desetiletích patrný nárůst používání plně mechanizovaných technologií. Nasazení harvesterů a vyvážecích traktorů (forwarderů) umožňuje rychlým způsobem a zároveň za zachování kvality těženého dříví surovinu z porostů získat. Nevýhoda nasazení těchto technologií spočívá v použití na nevhodných terénních typech, či při neodborné a nedbalé práci obsluhy strojů.

Pokud však započteme pozitiva těchto strojů, budou své nezastupitelné místo v lesním hospodářství mít i nadále. Mezi výhody těchto strojů nepatří jen efektivní získávání dřevní hmoty z porostu, ale také široká možnost nasazení strojů v takřka všech věkových stupních. V závislosti na velikosti použitého stroje je možné použít harvesterový uzal jak pro první probírkové zásahy, tak pro mýtní těžby přestárlých porostů. Limitujícím faktorem pro použití těchto technologií se často stává únosnost terénu a reliéf krajiny. Vhodnost nasazení také klesá v porostech se zvýšenou druhovou rozmanitostí lesních dřevin a v porostech listnatých.

Trend zastoupení harvesterové těžby v lesích jednoznačně přibývá, částečně je to díky již zmíněným faktorům, částečně vlivem úbytku pracovních sil v lesnictví. Nedostatek kvalifikovaného personálu pro výchovné i mýtní těžby se odráží v častějším využívání těchto technologií. Ruční těžba a přibližování dříví za pomoci lesních kolových traktorů (speciálních lesních kolových traktorů) má a bude i nadále mít své stálé místo při těžbě dřevní hmoty, s postupem času však bude využívána spíše na místech, kam se harvesterové uzly nedostanou vlivem svých rozměrů a svahových dostupností.

Cíle práce

Cílem této diplomové práce bylo kvantifikovat rozdíly ve výsledcích probírkových zásahů v případě výchovných těžeb na základě použití rozdílné velikosti strojů při zvolení harvesterové technologie. Práce je založena na měření počtu stromů odebraných při zásahu, počtu stávajících stromů a zastoupení linek, které bylo nutné vytvořit za účelem zpřístupnění těžebním prostředkům. Výsledný potenciál výhodnosti zvolené technologie byl stanoven pro obě skupiny strojů s ohledem na počet stromů, které byly ponechány v porostu.

Hypotéza:

Vzhledem k šířkám použitých strojů je předpoklad, že, pokud těžba v pracovních polích bude obdobná, bude v porostu ponecháno více stromů v porostu při použití strojů Vimek. Při použití strojů Vimek, bude v porostu více užších linek než při použití soustavy Rottne-Timberjack, které budou sice méně časté ale širší. Součet těžených stromů v užších a častějších linkách nepokryje těžbu stromů v širších a méně častých linkách. Stromy v porostu ponechané, znamenají vyšší zisk při vytěžení v příštím výchovném zásahu, protože jejich hmotnost bude vyšší než v současnosti.

2 Literární rešerše

2.1 Smrk ztepilý

Smrk ztepilý je stálezelený strom (Větvička 2004), který bývá vysoký dle bonity v rozmezí 16 – 36 m (Musil a Hamerník 2007), avšak může dorůst až do výše 50 m (Úradníček 2009). Tvar koruny může být široký se silnými větvemi, ale i úzce jehlancovitý s úzkým kuželovitým vrcholem, zejména v horských polohách (Větvička 2004). Větve vodorovně odstávají v pravidelných přeslenech (Musil a Hamerník 2007). Jehlice smrku jsou spirálovitě uspořádané (Maděra a Úradníček 2001), okolo 1-3 cm velké a na průřezu kosočtverečně čtyřhranné na konci zvolna zašpičatující se (Pokorný 2002). Jehličí obvykle opadáva za 6 až 9 let (Klika 1931). Kmen smrku je přímý, průběžný, válcovitý a plnodřevný (Zlatník 1954). V mládí bývá borka hladká, slabá a hnědá, později se zbarvuje do červenohněda a odlupuje v šupinách (Klika 1931). Dřevo je žlutobílé se zřetelnými letokruhy, poměrně homogenní, bezjaderné (Úradníček 2009). Kořenový systém je plochý (Úradníček 2009), avšak jeho délka, hloubka a plocha je ovlivněna půdními podmínkami (Musil a Hamerník 2007). Dle Schmidt-Vogta (1977) je největší koncentrace kořenů v půdě do hloubky 10 cm. Takovýto kořenový systém je v půdě slabě zakotven a je náchylný na bořivé větry (Kulla a Sitková 2012).

Smrk má velmi rozlehlý areál, který lze rozdělit na dvě hlavní části - severskou oblast a oblast střední Evropy a Balkánského poloostrova, které odděluje pomyslná hranice od poloostrova Kola až po jižní část pohorí Ural (Maděra a Úradníček 2001). Podle Větvičky (2004) byl zájmový druh původně rozšířen v horských lesích střední a jihovýchodní Evropy pouze ostrůvkovitě. U nás se přirozeně vyskytoval ve výšce cca 1000 - 1550 m.n.m., jako horský ekotyp hercynsko-karpatské oblasti (Musil a Hamerník 2007). V současné době roste v ČR téměř ve všech oblastech od 300 m.n.m. až po 1350 m.n.m. i jako monokultura (Buček a Lacina 1999).

Musil a Hamerník (2007) smrk popisují jako polostinný druh se střední až vyšší tolerancí k zástínu, z tohoto důvodu dokáže pronikat do porostů jiných dřevin a tvoří v nich druhou etáž. V optimu může růst v zástínu desetiletí bez ztráty schopnosti akcelerace růstu po uvolnění (Benčať 2009). Smrk je náročný na vlhkost (Klika 1931), zvláště náročné na vodu jsou smrkové mlaziny, které při svém růstu dokážou vysušit i podmáčené stanoviště (Mauer 2011). Podle Maděry a Úradníčka (2001) snese

stagnující vodu bažin a rašelinišť. Suchá léta mohou být problémem (Valouch a kol. 2008), nedostatek vody se u smrkového porostu projevuje v určitém stádiu ochromením růstu (Musil a Hamerník 2007). Smrk nemá vysoké nároky na půdu, ale nejlépe prosperuje na svěžích, hlinitopísčitých půdách, které jsou provzdušněné (Benčať 2009). Roste i na těžších hlínách, kamenitých půdách či písčích, limitujícím faktorem je však dostatečná vlhkost (Ambros a Štykar 1999).

Nejčastějšími abiotickými stresory jsou počasí, nepříznivé stanoviště a znečištění prostředí. Stres v důsledku nedostatku vody a vyšších teplot může způsobit smrkovým porostům zvýšení zranitelnosti stromů k dalším biotickým a abiotickým poruchám (například vichřice, kůrovci, houbové onemocnění) nebo přímo odumírání jedinců (Primicia a kol. 2015). Sníh může způsobit mechanické poškození, kterým je přetížení koruny a následné vyvrácení nebo zlomení stromu (Křístek a Urban 2004). Tlakem bořivého větru do koruny stromu se může strom zlomit nebo vyvrátit (Uhlířová a Kapitola 2004). Při zlomu v koruně, kdy jsou zachovány alespoň 3 zdravé přesleny, může dojít k regeneraci koruny (Pokorný 2002). Dalším abiotickým poškozujícím, stresujícím faktorem je nepříznivé stanoviště. Nepříznivými stanovišti mohou být omezené edafické podmínky například vysychavé půdy nebo zamokření (Uhlířová a Kapitola 2004). Poškození imisemi hrozí v horských oblastech a okolo velkých měst a v oblastech se soustředěným průmyslem (Kandler a Innes 1995). K poškození dochází nejen přímo na asimilační aparát ale i okyselením půdy (Podrázský 2005).

Biotickým poškozením stromu se rozumí původci chorob lesních porostů a rostlinní nebo živočišní škůdci lesa (Anonymous 1995). Intenzita jejich působení je ovlivněna abiotickými faktory i samotným stavem stromu (Křístek a Urban 2004). Charakteristické pro tyto škůdce je sezónní výskyt, díky němuž je možné jejich působení předvídat (Stolina 1985). Příznaky poškození jsou většinou typické a často i snadno rozpoznatelné, (Křístek a Urban 2004).

2.2. Výchova lesních porostů

2.2.1 Výchova lesních porostů všeobecně

Výchova lesních porostů je soubor pěstebních opatření (zásahů), při nichž se podporuje rozvoj hospodářsky významných vlastností lesních dřevin (Mráček 1959). Mezi hlavní důvody, proč se výchova lesních porostů provádí, je

zvýšení objemu a jakosti pěstovaných dřevin, zvýšení stability a odolnosti porostů a v neposlední řadě zajištění a zlepšení mimoprodukčních funkcí lesa.

Jak uvádí Jurča a Chroust (1973) pěstebním zásahem je myšlen konkrétní jednorázový úkon, který cílí přímo na rostlinný organismus ve snaze ovlivnit růstové a jakostní vlastnosti jedince, či porostu.

Individuální vlastnosti stromů, porostů i jednotlivých porostních částí, které lze v lesích hospodářských usměrňovat rozmanitými pěstebními opatřeními, se nazývají pěstebními vlastnostmi stromů, případně porostů (Jurča a Chroust 1973).

Pěstební zásah je používán pro vyřazení celého stromu, nebo jeho části z životní činnosti. Pěstební zásahy, které jsou používány v porostech schematicky, na normálně rostlých, živých stromech se označují jako pěstební (výchovné) seče. Zásahy používané pro zvlášť jemný způsob hospodaření se nazývají vyvětňování (Vyskot 1971). V případě vyvětňování rozlišujeme dva odlišné termíny. Pokud dochází k odstraňování většího počtu spodních větví po celém obvodu kmene do jisté výšky, pak proces nazýváme oklest (Kantor a kol. 2014). Oklest se zpravidla používá v tyčkovinách a tyčovínách (Vyskot 1971). Za předpokladu, že dochází k odstraňování jedné či několika málo větví z kmene stromu, nazýváme úkon slovem ořez (Kantor a kol. 2014). Ořez se používá především v mlazinách (Vyskot 1971).

Rozdílné postupy výchovných programů pro hlavní dřeviny a porosty s převažujícím zastoupením těchto dřevin vychází z růstových podmínek a produkčních cílů těchto dřevin (Polanský a kol. 1966). Další vlastnosti pěstebních zásahů jsou odvislé od terénní dostupnosti, která určuje vhodnou a použitelnou technologickou metodu (Landa a Procházka 1963). Výběrem pěstebních opatření se též udávají podmínky pro další růst a odolnost porostů (Vyskot 1971).

Při výchovných modelech, které jsou zpracované pro konkrétní dřevinu a specifické stanovištní podmínky, nemůže docházet vždy k stoprocentnímu ztotožnění výchovných zásahů s konkrétním hospodářským souborem (Slodičák a Novák 2000). Přestože každý z výchovných modelů má mnoho alternativ, které se více či méně přimykají konkrétním podmínkám stanoviště a dané dřevině, nelze je brát dogmaticky (Plíva 1981). U výchovy lesních porostů musí být kladen silnější důraz na složení a aktuální stav porostu, nežli v jiných hospodářských opatřeních (Jurča a Chroust 1973). Proto při aplikaci pěstebního modelu by mělo docházet k přizpůsobení konkrétním

stanovištním podmínkám porostů, klást důraz na hustotu, strukturu a kvalitu (Vyskot 1971).

2.2.2 Výchova smrkových porostů

Dle Landy a Procházky (1963) by zásahy při pěstování smrku měly vždy být včasné, aby nedošlo k přeštíhnutí porostů (poměr výšky stromu a výčetní tloušťky je roven jedné nebo vyšší). Dále u vyšších a horských poloh musí být při výchově kladen důraz na ohrožení sněhem, nižší polohy jsou zase ohrožovány silným atakem agresivní buřeni a plevelných dřevin (Plíva 1981). Interval pro výchovu smrkových porostů je odvozen od jejich věku, stanovištních podmínek a dosavadního způsobu výchovy (Plíva 1981). Cílem je vytvořit pravidelné rozestupy stromů v porostu (Polanský a kol. 1966). Protože pokud využijeme v mlazinách schematických zásahů, dochází tím k částečnému nahrazení rozčleňování porostu (Polanský a kol. 1966; Landa a Procházka 1963). Rozčleňování porostu na pracovní pole se totiž stává nezbytným při ploše smrkových porostů o rozloze větší než 0,5 ha (Plíva 1981). Optimální šířka pracovních polí v těchto porostech je odvislá od terénních poměrů, od hustoty a výšky smrkových mlazin (Jurča a Chroust 1973).

Dle Plívy (1981) je rozhodující etapou výchova mladých porostů, u nichž je usměrnění výstavby, skladby, produkce a hodnoty příštích porostů nejúčinnější vzhledem k plasticitě smrku v tomto věku. Pokud nedojde ke včasnému proředění přehoustlých porostů, stávají se dřeviny s přibývajícím věkem choulostivějšími k jakémukoli prováděnému zásahu (Vyskot 1971). U těchto případů je pak nutné použít individuální výběr spojený s nízkou intenzitou zásahu a sníženým intervalem opakování (Plíva 1981).

Všeobecně se dá říci, že smrk je v mládí – od nárostů až do mlazin - vychováván pomocí silných až velmi silných výchovných zásahů. Zvláště při zásazích v přehoustlých kulturách a nárostech je třeba důsledné redukce dřevin na počty, které se blíží optimálním počtům pro pěstování dané dřeviny na stanovišti (Plíva 1981). U smrku je vhodné provést schematický zásah nejlépe mechanizovaně (křovinořezy) v okamžiku nárostů se schematickou selekcí v řadách (Jurča a Chroust 1973). Smrk se přirozeně zmlazuje velmi snadno a počet náletových jedinců může převyšovat i množství 100 000 kusů na hektar (Vyskot 1971). V takovýchto nárostech se uplatňuje schematický postup s úpravou rozestupu cca 1 × 1 m (Polanský a kol. 1966). Dalším výchovným zásahem se sníží počet jedinců na ploše na cca 3 500 – 4 000 kusů

na hektar (Vyskot 1971), což je obdobný počet jedinců na ploše jako při umělé výsadbě (Anonymous 2004). Výchovné zásahy v mlazinách se provádí především v podúrovni a do nadúrovně a úrovně se zasahuje pouze v případě jejich poškození (Slodičák a Novák 2000) nebo u nejkvalitnějších porostů je pro zvýšení odolnosti vhodné využít úrovnových zásahů a pozitivní výběr (Plíva 1981). Takto se dosáhne hluboce zavětvěných stromů, které mají nižší těžiště a korunu kuželovitou (Assmann 1968), a jejich reakce na větší přísun světla a srážek zintenzivní tloušťkový přírůst (Kantor a kol. 2014).

Při provedení zásahů v probírkových porostech dochází k rozšíření a stabilizaci přibližovacích linek (Plíva 1981). S narůstajícím věkem smrkových porostů dochází při výchově k upřednostnění pozitivního výběru (Landa a Procházka 1963). Vždy se využívá podúrovnový zásah, což znamená, že dochází k odstranění stromů, které svoji korunou nedosahují do hlavní úrovně porostu (Kantor a kol. 2014). Pozitivním výběrem je zamýšleno uvolňování stromů s výhodnějšími vlastnostmi pro růst a vhodnější aktuální pozicí a kvalitou (Vyskot 1971).

2.3 Plně mechanizované technologie

Plně mechanizovaná těžba a přibližování dříví je uskutečněna za pomoci harvesteru a vyvážecího traktoru (popř. vyvážecí soupravy) a výsledkem tohoto procesu jsou sortimenty uložené v hraních na odvozním místě (Macků 2014).

2.3.1 Historie plně mechanizované technologie

V minulosti byly v lesním hospodářství technologické postupy založené především na ruční a animální sílu. Manuální práce především v těžební činnosti byla charakteristická nízkou produktivitou práce, velkou námahou a nemalými bezpečnostními riziky pro dělníky. Až v druhé polovině dvacátého století došlo k postupnému zavádění mechanizačních prostředků pro všechny základní výrobní fáze – zejména pro těžbu, opracování stromů, dopravu, skladování a manipulaci dříví (Neruda a kol. 2013).

Díky prudkému rozvoji v oblasti technologických a technických objevů a jejich zdokonalování, byly do lesní výroby zavedeny nástroje, které jsou dnes již zcela běžné. Jsou to například: přenosná motorová řetězová pila, traktor s navijákem, odvozní automobilové soupravy aj. (Neruda 2008). Nové mechanizační postupy

sice ulehčily práci a uspořily čas na výkon, zároveň však vnesly do lesního hospodářství nová nebezpečí a zvýšená rizika v oblasti bezpečnosti a hygieny práce (Suda 2015).

Prudký rozvoj nastal v těžebních technologiích při nástupu víceoperačních těžebních strojů. První stroje pro harvesterovou technologii byly vyrobeny ve Švédsku a Finsku a v roce 1973 zkonstruovala kanadská firma Timberjack těžební víceoperační stroj (Ulrich a kol. 2002). Obrat v použití a rozšíření těchto strojů nastal, když kácecí hlavice s motorovou pilou na hydraulickém jeřábu vyměnila doposud používané nůžky, které se neosvědčily (Holler 2015). Při použití strojů ze Skandinávie poklesla spotřeba času na výrobu 1 m³ téměř o dvě třetiny (Bartoš 2011). Kulminace používání této mechanizace dosáhla v roce 1980, kdy pracovalo v českých lesích 211 procesorů a 13 harvesterů (Simanov a Kohout 2004). V následujícím období došlo ke stagnaci používání mechanizace a po roce 1990, kdy poklesly celkové roční těžby následkem restitucí a vlivem recese ve dřevozpracujícím průmyslu téměř o 50 %, se technika používala pouze při odvozu dříví (Bartoš 2011). Nadkapacita strojů znamenala výprodej zachovalých strojů do zahraničí a budoucí zastaralost ponechaných strojů (Simanov a Kohout 2004). Průlom a cesta opět k mechanizačním technologiím nastal v polovině devadesátých let a trvá do současnosti (Bartoš 2011). Zvláště, když k víceoperačnímu těžebnímu stroji byl přidán vyvážecí traktor. Zavedení harvesterových uzlů přináší do lesního hospodářství dynamiku, která převratným způsobem mění organizační systém těžebních technologií a proces dopravy vytěženého dřeva k jednotlivým spotřebitelům (Suda 2015). Projevené nedostatky harvesterových uzlů se postupně odstraňují a celé systémy se neustále vyvíjejí, což dává předpoklad pro budoucí větší využití této technologie v lesním hospodářství.

2.3.2 Harvester

Jak uvádí Neruda (2008), harvester je samopojízdný víceoperační stroj, který strom kácí, odvětvuje, rozřezává, měří, registruje, případně označuje, přemisťuje a ukládá výřezy v jednom cyklu, přičemž některé z těchto úkonů probíhají současně. Jednotlivé výřezy vyrobené harvestorem zůstávají v porostu v rovnáných či nerovnaných hraních, nebo jsou svazkovány u okrajů vyvážecích linek (Neruda a kol. 2013). Celkový cyklus je plně mechanizovaný a částečně automatizovaný.

Obdobnou definici pro harvester uvádí i Ulrich a kol. (2002), kteří popisují harvester jako samopojízdný víceoperační stroj, který vykonává hned několik operací

za sebou – kácení, odvětvování, manipulace stromu na výřezy a jejich ukládání v jednom pracovním cyklu.

Harvestory je možné klasifikovat dle velkého množství rozličných parametrů. Základní používané dělení je do tří hlavních skupin podle technologických postupů při zpracování stromu, trakčního ústrojí a technických parametrů harvesteru.

Dle technologických postupů při zpracování stromu

Dle technologických postupů při zpracování stromu se harvestory dělí na harvestory kompaktní a harvestory výložníkové. Harvestory kompaktní nesou kácecí a odvětvovací ústrojí na přední části stroje a musí ke každému stromu zajet zvlášť – na dotyk (Bartoš 2010). Harvestory výložníkové mají kácecí ústrojí umístěné na konci hydraulického jeřábu a dělí se dále na jednoúchopové a dvouúchopové (Ulrich 2007). Konstrukce jednoúchopových harvesterů je používána u převažujícího počtu nynějších harvesterů včetně našeho trhu (Neruda a kol. 2013). Zpracování celého stromu probíhá za pomoci těžební hlavice, která na jedno uchopení strom pokácí, odvětví, rozmanipuluje a uloží (Bartoš 2010). U dvouúchopových strojů k pokácení stromu dochází za pomoci kácecí hlavice na hydraulickém rameni a další operace, které jsou specifické pro harvestory (odvětvení kmene, měření a následná sortimentace) se odehrávají po vložení do procesorové hlavice umístěné na zadní části stroje Neruda a kol. (2013).

Dle trakčního ústrojí

Harvestory dělené v závislosti na druhu trakčního ústrojí (konceptním řešení podvozku) jsou buď kolové harvestory, krácející harvestory nebo pásové harvestory.

Kolové harvestory uplatňují (flotační) pneumatiky při pojezdu (Holler 2011). Stroje jsou čtyř-, šesti-, nebo osmi-kolové. S vyšším počtem kol je lépe rozkládán tlak stroje na půdu a dochází tak ke snižování tlaku stroje a redukci rizika vzniku škod na půdním povrchu (Vavříček a Ulrich 2012).

U pásových harvesterů je kabinová nástavba a hydraulický jeřáb s těžební hlavicí nejčastěji instalována na univerzálním bagrovém podvozku (Bartoš 2010). Pásky mohou být pryžové, kovové, nebo kombinací uvedených materiálů (Holler 2011). Pohon pásového ústrojí je zajištěn hydraulicky poháněným hnacím kolem, u něhož zapadají trny do pásu (Malík a Dvořák 2007).

U kráčejších harvestorů je nástavba umístěna na bagrovém podvozku (např. stroje MenziMuck) nebo na specifickém šestinohovém podvozku vyrobeném speciálně pro lesnické provozování, především se používá u strojů od firmy John Deere (Neruda 2008).

Dle technických parametrů

Jak můžeme z literatury dle Ulricha a kol. (2002) vyčíst, je možné členit harvestory do 3 skupin podle výkonu motoru, dosahu hydraulického jeřábu a jejich hmotnosti do skupin:

- malovýkonové: do 70 kW, dosah 6,0–8,5 m, hmotnost 4–8 t
- středněvýkonové: 70 – 140 kW, dosah 8,5–10,0 m, hmotnost 9–13 t
- vysokovýkonové: nad 140 kW, dosah 10,0–11,0 (15,0) m, hmotnost 13–15 t (18 t)

Autoři Neruda a kol. (2013) dělí harvestory a vyvážecí traktory podle výkonu motoru a základních technických parametrů na malé, střední a velké (Tab. 1.)

Tab. 1.: Orientační členění harvestorů podle Nerudy a kol. (2013)

Orientační technická data	Jednotka	I. Malý harvestor	II. Střední harvestor	III. Velký harvestor
Optimální hmotnost zpracovávaných stromů	m ³	0,10-0,50	0,40-0,80	0,70-2,00
Průměrná hodinová výkonnost	m ³ /h	4	10	16
Výkon motoru	kW	40-110	110-170	170-250
Šířka	cm	180-230	230-280	280-320
Dosah hydraulického jeřábu	m	4,5-8	8-12	8-12
Maximální průměr úřezu	mm	300-450	450-600	600-750
Hmotnost	t	4-10	10-18	18-26

2.3.3 Vyvážecí traktory (forwardery)

Neruda a kol. (2013) charakterizují vyvážecí traktor jako samopojízdný víceoperační stroj. Využívají se pro vyvážení krátkých sortimentů dříví do délky 6 m na odvozní místo a nasazují se většinou společně s harvestorem a vytvářejí tzv. harvestorový uzel (Ulrich 2007). Neruda a kol. (2013) dělí forwardery dle nosnosti, výkonu a základních technických parametrů na malé, střední a velké vyvážecí traktory (Tab. 2.)

Tab. 2.: Orientační výkonové členění a vyvážecích traktorů podle Nerudy a kol. (2013)

Orientační technická data	Jednotka	I. Malý vyvážecí traktor	II. Střední vyvážecí traktor	III. Velký vyvážecí traktor
Užitečná nosnost	t	3-9	9-13	13-20
Výkon motoru	kW	20-110	110-150	150-210
Šířka	cm	180-230	230-280	280-320
Dosah hydraulického jeřábu	m	4,5-8	7-10	7-10
Hmotnost	t	3-10	10-16	16-25

Nasazení forwarderů je však možné i v kombinaci s motorovou pilou. Spojení motorové pily a vyvážecího traktoru se nazývá moto-manuální technologií (Neruda a kol. 2013).

2.3.4 Výhody a nevýhody plně mechanizovaných technologií

Výhody plně mechanizovaných technologií

Harvestorové technologie disponují bezesporu mnohými výhodami. Díky výhodám, které harvestorové technologie představují, začaly být masivně využívány k těžbě a přiblížení dříví v celém lesnickém sektoru. Ulrich a kol. (2002) uvádí výhody harvestorů a vyvážecích traktorů v ekologické čistotě práce, vysoké produktivitě a bezpečnosti práce, nízkých nákladech na výrobu sortimentu a možnosti pracovat po celý rok bez ohledu na stav počasí. Mezi další výhody harvestorových technologií patří úspora pracovní síly, čistota sortimentů, hygiena práce na vysoké úrovni, rychlá změna ve vyráběných sortimentech dle potřeby zpracovatele a přesná evidence vyrobeného množství během pracovní doby a její odměňování (Dvořák 2004).

Kupčák (2002) uvádí další výhody těchto technologií, jako jsou snížení poškození stromů, které budou v porostu ponechány, díky snadnějšímu usměrnění stromu při kácení, použití flotačních pneumatik, které snižují riziko vzniku erozivních rýh po průjezdu těžké techniky, šetření přibližovacích linek v lese nevtahováním dříví po zemi jako při využití jiných technologií a snižování zhuňování půdy na linkách díky kladení klestu na linku.

Nevýhody plně mechanizovaných technologií

Mezi největší nevýhody těchto technologií patří vysoká cena na pořízení harvestorového uzlu. Cena za harvestorový uzel se pohybuje v řádu jednotek až desítek

milionů českých korun (v závislosti na velikosti použitého stroje). Další nevýhody, které ovlivňují využití harvestorových technologií, jsou vysoká hmotnost strojů a možný negativní dopad na povrch v případě nasazení strojů v nepříznivých podmínkách. Další komplikací může být úzká specifikace na jehličnaté dřeviny a snížení možnosti použití v terénech s vysokou členitostí svahového reliéfu.

Jak uvádí Kupčák (2002), jsou také stanoveny větší požadavky na proškolení operátorů jednotlivých strojů (harvestoru i forwarderu) a vyšší míra přípravy musí být přikládána i technologické přípravě stanoviště.

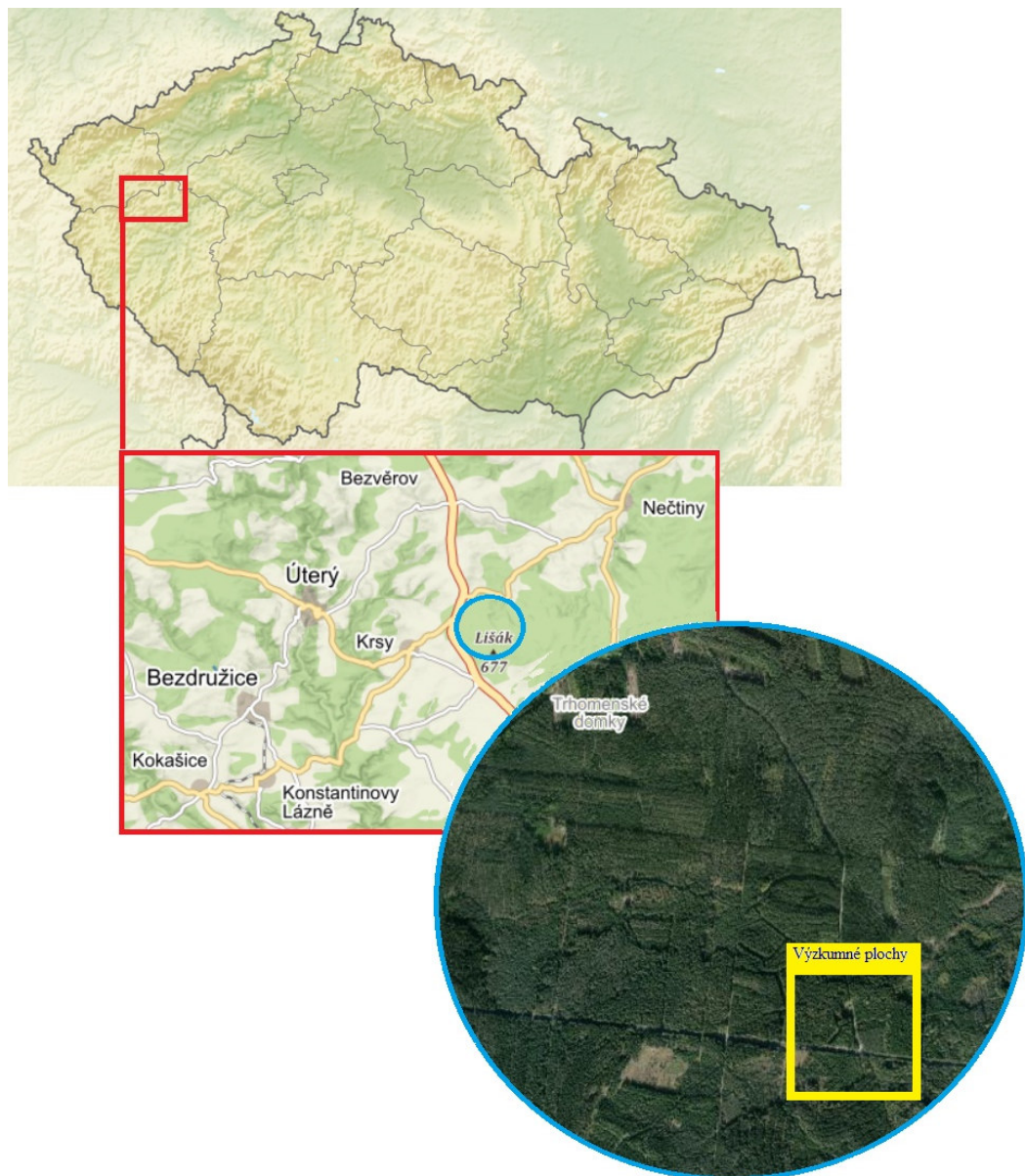
Dvořák (2004) uvádí nevýhody technologií v náročné organizaci práce pro nepřetržitý provoz strojů a zajištění návratnosti vynaložených investic.

Dále Dvořák (2004) poukazuje na dlouhé čekací doby při objednání náhradních dílů a v nákladných opravách strojů. Jsou to však kritéria, která mohou být úzce vázána na obchodní firmu a značku stroje. V neposlední řadě též na schopnosti a možnosti servisního týmu.

3 Charakteristika vybraného území

Porosty se nacházejí v přírodním parku Manětínská. Tento park má rozlohu 8 853 ha a rozprostírá se mezi městem Manětín a vesnicí Úněšov v okrese Plzeň-sever. Dle přírodní lesní oblasti (PLO) spadá zájmové území do 6. PLO – Západočeská pahorkatina. Přibližné umístění ploch je ukázáno na Obr. 1.

V okolí porostů se nachází přírodní památka Hůrky, která spadá i do kategorie Evropsky významné lokality a přírodní rezervace Rašeliniště u Polínek.



Obr. 1.: Umístění výzkumné plochy. (Anonymous 2017; popisky a poskládání map provedl O. Suda)

3.1 Geomorfologické poměry

Okrsek Lomská vrchovina náleží do provincie Česká vysočina, Poberounské soustavy, podsoustavy Plzeňské pahorkatiny, celku Rakovnická pahorkatina a podcelku Manětínská vrchovina (Raušer 1971).

Vrchovina má střední sklon 10° (Demek a kol. 1987). Nejvyšším vrcholem je Lišák - nadmořská výška 676,8 m.n.m. (Balatka a Kalvoda 2006). Průměrná nadmořská výška na plochách je 615 m.n.m. (Demek a kol. 1987).

3.2 Geologické poměry

Území je součástí limnické permokarbonské Manětínské pánve (Czudek 1975). Sedimentární horniny pochází z období vestfál-spodní perm (Budil a Šimůnek 2010). Je budováno žlutými až šedými rozpadavými arkózovými pískovci přecházejících až do arkózových slepenců (Czudek 1975). Ojedinele je tvořeno neovulkanickými suký a v západní části se nachází čedič (Budil a Šimůnek 2010).

3.3 Pedologické poměry

V oblasti se nacházejí nejčastěji pseudogleje převážně z polygenetických hlín, místy districké a modální kambizemě (Sedláček a kol. 2010)

3.4 Klimatické poměry

Podle Quitta (1971) území Lomské vrchoviny spadá do mírně teplých oblastí MT2 a MT3 (charakteristika oblastí je popsána v Tab. 3.).

Klimatická oblast MT2 je charakteristická krátkým, mírným až mírně chladným a mírně vlhkým létem, normálně dlouhou s mírnými teplotami a suchou zimou s normálně dlouhým trváním sněhové pokrývky. Přechodná období jsou zde krátká s mírným jarem i podzimem (Quitt 1971). Klimatická oblast MT3 je charakteristická krátkým, mírným až mírně chladným a suchým až mírně suchým létem, normálně dlouhou s mírnými až mírně chladnými teplotami a suchou až mírně suchou zimou s normálním až krátkým trváním sněhové pokrývky. Přechodná období jsou zde normální až dlouhá s mírným jarem i podzimem (Quitt 1971).

Tab. 3.: Charakteristika klimatických poměrů MT2 a MT3 dle Quitta (1971)

Klimatická charakteristika oblasti	MT2	MT3
Průměrný počet srážkových dní	120 - 130	110 - 120
Počet dní se sněhovou pokrývkou	80 - 100	60 - 100
Srážkový úhrn za vegetační období v mm	450 - 500	350 - 450
Srážkový úhrn v zimním období v mm	250 - 300	250 - 300
Počet mrazových dní	110 - 130	130 - 160
Počet ledových dní	40 - 50	40 - 50
Počet letních dní	20 - 30	20 - 30
Průměrná teplota v lednu v °C	-3 - -4	-3 - -4
Průměrná teplota v dubnu v °C	6 - 7	6 - 7
Průměrná teplota v červenci v °C	16 - 17	16 - 17
Průměrná teplota v říjnu v °C	6 - 7	6 - 7

3.5 Hydrologické poměry

V Lomské vrchovině pramení řada menších potoků – Třemošenského, Černého, Zlatého, Pstružného, Malého a Starého (Anonymous 1965). Lomská vrchovina patří do úmoří Severního moře, je odvodňována Starým potokem, vlévajícím se do Střely, která se vlévá přes Berouнку a Vltavu do Labe (Zbořil 2010).

3.6 Fytocenologické poměry

Vegetační stupňovitost je sled rozdílů v přirozené druhové skladbě (Plíva 1971). Stupňovitost ve vybraných porostech je stejnorodá a je tvořena jedním lesním vegetačním stupněm (LVS) a to bukovým (Macků 2010).

3.7 Popis vybraného vegetačního stupně

4. vegetační stupeň je v ČR nejrozšířenější, zaujímá 42,6 % území (Macků 2010). Nejčastějším půdním typem jsou kambizemě na různých půdotvorných substrátech (Tomášek 2010). Pro bukový vegetační stupeň je typická dominance druhů středoevropského listnatého lesa a již sem nevystupují teplomilné druhy ponticko-panonského geoelementu (Buček a Lacina 1999). V hercynské části se významněji uplatňují společenstva minerálně chudších substrátů s acidofilními druhy, v nichž i kompetiční schopnost buku je menší (Moravec 1994). Charakteristický je výskyt celé řady submontánních druhů, často náležejících k subboreálnímu až boreálnímu geoelementu (Buček a Lacina 1999).

V přírodním charakteru je hlavní dřevinou v bukovém LVS buk lesní (*Fagus sylvatica*) a společně s ním tvoří stromové patro různé druhy dřevin, především podle stanovišť (Buček a Lacina 1999). Na minerálně chudších stanovištích tvoří společenstvo buk s dubem zimním (*Quercus petraea*) a jedlí bělokorou (*Abies alba*) (Moravec 1994). Na bohatších půdách může převládat nad bukem javor klen (*Acer pseudoplatanus*), dále společně s těmito druhy vyskytují i javor mleč (*Acer platanoides*), lípa velkokvětá (*Tilia platyphyllos*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), jilm horský (*Ulmus glabra*) a habr obecný (*Carpinus betulus*) (Buček a Lacina 1999). Na skalnatých stanovištích se nachází borovice lesní (*Pinus sylvestris*), a na vodou ovlivněných stanovištích převládá olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), vrba křehká (*Salix fragilis*), jasan, klen, jilm horský (Moravec 1994).

Keřové patro tvoří zimolez pýřitý (*Lonicera xylosteum*), srstka angrešt (*Ribes uva-crispa*), bez hroznatý (*Sambucus racemosa*), meruzalka alpská (*Ribes alpinum*), brslen evropský (*Euonymus europaeus*) a v inverzních oblastech se může vyskytovat i růže převislá (*Rosa alpina*) (Buček a Lacina 1999).

V synusii podrostu kontinentální varianty je typická účast řady submontánních a montánních druhů boreálního a boreokontinentálního geoelementu v relativně nízkých nadmořských výškách (Buček a Lacina 1999). Na půdách se zvýšenou vlhkostí se vyskytují často acidofilní druhy: např. bika chlupatá (*Luzula pilosa*), borůvka (*Vaccinium myrtillus*), brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*) a sedmikvítek evropský (*Trientalis europaea*) (Zlatník 1978). Na podmáčených stanovištích se vyskytuje přeslička lesní (*Equisetum sylvaticum*), ostřice třeslicovitá (*Carex brizoides*) a bezkoleneček modrý (*Molinia caerulea*) (Moravec 1994). Velmi hojné jsou acidofilní mechorosty - rašeliníky (*Sphagnum* sp.).

V současnosti je bukový LVS nejvíce změněný LVS (Buček a Lacina 1999) a přirozený charakter stanoviště se nachází jen ve zvláště chráněných územích a Karpatech (Culek 2005). Převládá zde zemědělsko-lesní krajina s charakteristickým střídáním lesů, polí, luk a pastvin (Moravec 1994). Běžně se vyskytují lesní společenstva, která jsou tvořena směsí jehličnatých dřevin nebo i monokultury smrku.

3.8 Popis výzkumných ploch

3.8.1 První výzkumná plocha – „Vimek“

První výzkumná plocha byla porost 158B3. Tato plocha má tvar obdélníku s rozlohou 5 400 m² s průměrnou délkou 115 m a šířkou 47 m. Nachází se na rovinatém terénu. Půdy zde jsou kyselé, nalézající se ve čtvrtém lesním vegetačním stupni a hospodářský soubor odpovídá kyselému stanovišti středních poloh. Výchovní zásah v porostu lze označit za včasný až mírně opožděný. Díky plnému až přehoustlému zápoji se bylinné patro téměř nevyskytuje, pomístně lze najít brusnici borůvku (*Vaccinium myrtillus*), šťavel kyselý (*Oxalis acetosella*) a mechorosty: bělomech sivý (*Leucobryum glaucum*) a ploník obecný (*Polytrichum commune*). Porost je tvořen pouze smrkem ztepilým (*Picea abies* (L.) Karst.) (viz Obr. 2.). Spon mezi jednotlivými stromy byl cca 140-150 cm.



Obr. 2.: První výzkumná plocha po zásahu. Foto Ondřej Suda

3.8.2 Druhá výzkumná plocha – „Rottne-Timberjack“

Druhá výzkumná plocha byl porost 137C3. Tato plocha má tvar obdélníku s rozlohou 5 600 m² s průměrnou délkou 116 m a šířkou 48 m. Nachází se na rovinatém terénu. Půdy zde jsou kyselé, nalézající se ve čtvrtém lesním vegetačním stupni a hospodářský soubor odpovídá kyselému stanovišti středních poloh. Výchovný zásah v porostu lze označit za včasný až mírně opožděný. Díky plnému až přehoustlému zápoji se bylinné patro téměř nevyskytuje, pomístně lze najít brusnici borůvku (*Vaccinium myrtillus*), třtinu chloupkatou (*Calamagrostis villosa*) a z mechorostů například bělomech sivý (*Leucobryum glaucum*) a dvouhrotec chvostnatý (*Dicranum scoparium*). Porost je tvořen smrkem ztepilým (*Picea abies* (L.) Karst.) a borovicí lesní (*Pinus Sylvestris* L.) a modřínou opadavého (*Larix decidua* Mill.), které je vtroušené a celkově zaujímají 4 % zastoupení v porostu (viz Obr. 3.). Spon mezi jednotlivými stromy byl cca 140-150 cm.



Obr. 3.: Druhá výzkumná plocha po zásahu. Foto Ondřej Suda

4 Metodika

4.1 Metodika přípravných prací

Cílem bylo provést měření ve dvou reprezentativních porostech do 30 let věku a po provedení harvesterové probírky na základě výsledků rozhodnout, která ze dvojice použitých strojů byla pro výchovný zásah zvolena lépe. Volba zkusných ploch probíhala ve spolupráci s firmou Solitera spol. s r.o., která umožnila v lesních porostech na pozemcích ve správě Lesů ČR, s.p. nasadit oba dva typy harvesterové technologie do porostů v těsné blízkosti, čímž byl minimalizován vliv rozdílných přírodních podmínek. Zájmová území byla vybrána na úseku lesní správy Nečtiny v západních Čechách (viz kapitola Charakteristika zájmového území Obr. 1). Jednotlivé porosty byly dále voleny podle dřevinné skladby a objemu středního kmene, kdy byla snaha o minimalizaci rozdílů v těchto parametrech.

Vzhledem k podmínkám, které nejen umožňují, ale plně vyhovují nasazení harvesterových technologií byly vybrány jehličnaté porosty se zastoupením smrku ztepilého (*Picea abies*) nad 96 % s příměsí borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a modřínu opadavého (*Larix decidua*), které měly dohromady zastoupení 4 %.

Velikost každého z vybraných území byla okolo 0,5 hektaru. Díky obdobným výměrám zájmových ploch byl zjednodušen výpočet z měřených veličin v porostu. S ohledem na pravidelný tvar zájmových území a faktu, že se nacházejí v bezprostřední blízkosti lesních odvozních cest, mohlo dojít k jednoduchému a pravidelnému rozčlenění porostů harvesterovými linkami na jednotlivá pracovní pole.

Věk a objem středního kmene byl odvozen od použité technologie. Pro výchovné zásahy do 40 let věku dřevin se s ohledem na ekonomiku, tloušťku dřevin a pro minimální poškození půdního pokryvu i stávajících dřevin používají malé nebo střední harvestory. Taktéž s ohledem na fakt, že kapacity na kvalifikovaný personál, který by byl schopný a zároveň ochotný provádět zmíněné zásahy v České republice často schází. Průměrná hmotnost porostů byla též díky homogenním růstovým podmínkám a shodné dosavadní výchově obdobná tj. 0,05m³.

4.2 Metodika použité technologie

Pro tuto diplomovou práci byly pro porovnání výchovných zásahů použity dvě soustavy strojů z kategorií malých harvestorů a malých a středních vyvážecích traktorů. V prvním porostu (137C3) byl použit harvestorový uzel společnosti Vimek. Harvestor Vimek s označením harvestoru Vimek 404 T6 a vyvážecím traktorem Vimek 606 TT. Pro zásah ve druhém porostu (158B3) byly použity stroje od výrobce Rottne H8 a vyvážecím traktorem Timberjack 810. Zhotovitelé těžebních prací dostali shodné zadání na provedení zásahu.

4.2.1 Vimek

V případě prvního stanoviště byla pro probírkový zásah vybrána soustava strojů značky Vimek. Použitý harvestor nese obchodní označení Vimek 404 T4, vyvážecí traktor Vimek 606 TT.

Harvestor Vimek 404 T4 (Obr. 4.) je čtyřkolový harvestor s pohonem všech kol. Je vybaven účinným harvestorovým agregátem a díky svým rozměrům je vhodný pro výchovné zásahy v mladších porostech. K efektivnímu pracovnímu nasazení v probírkových porostech dochází díky minimálním nárokům na prostor, který je potřebný pro pohyb stroje. Nízké nároky na pohyb jsou získány kloubovým řízením stroje a šířkou stroje, která dosahuje hodnoty 1,84 m. Bezpečnost operátora zajišťuje kabina s ochrannými prvky pro následek převrácení traktoru, ochranu před padajícím předmětem a proti proniknutí předmětu ze stran.

Použitý harvestor má 4 válcový motor Kubota Turbodiesel V2403-M-T s maximálním výkonem 44 kW, kterého dosahuje při 2 700 otáčkách/minutu. Zdvihový objem motoru udává výrobce 2 434 cm³. Převodové ústrojí stroje je mechanické, převodovka je hnána hydraulickým motorem a umožňuje změny směru otáčení s rozsahem rychlostí od 0 do 15 km/hod.

Používané pneumatiky jsou 14-ti vrstvé s rozměry 405/70-24. Délka stroje dosahuje 3,35 m, šířka závisí na šířce hnacích kol stroje. V případě této práce byl použit stroj s vnějším rozměrem hnacích kol 1,84 m. Světlá výška harvestoru činí 40 cm, hmotnost stroje včetně harvestorové hlavičky dosahuje 4,1 tun. Dosah harvestorového jeřábu se odvíjí od konkrétního použitého typu. Probírkový zásah, kterým se zabývá tato práce měl dosah použitého ramene 4,60 m. Samozřejmostí se u harvestoru Vimek

404 T4 stavá široký sortiment nejrůznějších doplňků pro dodatečné vybavení kabiny. Prvků pro zvýšení ergonomie a pohodlí operátora při práci.



Obr. 4.: Harvester Vimek 404 T4 (Anonymous 2015)

Jako druhý stroj harvesterového uzlu byl na prvním stanovišti použit vyvážecí traktor Vimek 606 TT (Obr. 5.). Jedná se o vyvážecí traktor s pohonem všech šesti kol konstruovaný pro použití ve výchovných těžbách. Stejně jako u harvestoru Vimek 404 T4 využívá pro pohyb v porostech kloubové řízení a svoji šířku, která dosahuje 1,85 m. Nosnost stroje je 3 000 kg při plném zatížení. Samozřejmostí jsou splněné ISO standardy obdobně jako u harvestoru Vimek 404 T4. Operátor vyvážecího traktoru má k dispozici otočné sedadlo s dvojitým řízením a plnou ovladatelností v obou směrech.

Tento stroj využívá motor značky Kubota D 902- E s výkonem 18 kW při 3 600 otáčkách/min. Maximální rychlost stroje je 18 km/hod. Světla výška dosahuje hodnoty 40 cm. Standardní délka stroje je 6,2 metru (ložná plocha o délce 3,2 m) s možností prodloužení na 6,5 m (ložná plocha 3,6 m). Vyvážecí traktor Vimek 606 TT nabývá hmotnosti necelých 2,7 tuny. Použitý hydraulický jeřáb Mowi 2046 je obdobný jako u harvestoru Vimek 404 T4 s dosahem do vzdálenosti 4,6 m.



Obr. 5.: Vyvážecí traktor Vimek 606 TT (Anonymous 2015)

4.2.2 Rottne-Timberjack

Harvestor značky Rottne nese obchodní označení H8 (Obr. 6.). Jedná se o čtyřkolový harvestor, který se svými parametry řadí na pomezí malých a středních harvestorů. Jedná se o stroj poháněný motorem JD 4045 HF 485 s výkonem 116 kW při 1800 otáčkách za minutu. Točivý moment motoru je výrobcem udáván 645 Nm a objem válců 4500 cm³. Přenos hnací síly probíhá přes samostatný okruh s hydromotorem uloženým v každém kole. Maximální rychlost stroje je od 0 do 24 km/hod. Samozřejmostí je bezpečnostní kabina, která splňuje veškeré předepsané ISO certifikace. Výhodou tohoto stroje je paralelní hydraulická ruka s možností náklonu 15 ° náklonu vpřed a 24 ° náklonu vzad. Tento fakt umožňuje lepší přizpůsobení při výběru cílových stromů s menší nutností pojezdu po ploše porostu. Hydraulický jeřáb harvestoru má dosah 7 m, což je oproti harvestoru Vimek 404 T4 o 2,4 m více.

Hmotnost stroje dosahuje 8,5 t. Hmotnost harvestoru Vimek je včetně harvestorové hlavice 4,1 t. Taktéž šířka stroje (2,05 m) a délka (necelých 4,80 m) značně přesahuje stroj od společnosti Vimek. Součástí možné výbavy stroje je mnoho doplňujících komponentů stejně tak jako u strojů, které patří pod výrobní značku Vimek. Jedná se zejména o prvky zvyšující kvalitu práce a usnadňující mnohé úkony obsluhy stroje. V celkovém hodnocení harvestoru Vimek 404 T4 a tohoto stroje Rottne H8 je stroj Vimek schopen lepšího pohybu po porostu s nižšími dopady na půdní povrch.



Obr. 6.: Rottne H8 (Anonymous 2016)

Druhým strojem na tomto stanovišti byl použit vyvážecí traktor Timberjack 810. Dle výrobce tohoto stroje je vhodný pro probírkové zásahy v porostech s nízkou hmotností těžných stromů a pro vyvážení dřevní hmoty na krátkou vzdálenost. Jedná se o osmikolový vyvážecí traktor s možností vézt náklad o hmotnosti 8,5 tuny. Stroj je standardně vybaven vodou chlazeným, 4válcovým dieslovým motorem značky Perkins o výkonu 81 kW při 2400 ot/min. Maximální možnou rychlostí rychlost, které stroj dosáhne je 25 km/hod. Řízení probíhá skrze kloubový rám s dvěma řízenými hydraulickými válci. Natočení volantů je umožněno o $\pm 40^\circ$.

Hmotnost stroje se pohybuje mezi 10 400 kg a 11 200 kg, v závislosti na vybavení vyvážecího traktor a volitelných komponentech. Stroj má k dispozici světlou výšku 595 mm. Minimální délka stroje je 7 959 mm, šířka se odvíjí od použitých pneumatik. Při použití 500 pneumatik dosahuje šířky 2 280 mm. V této diplomové práci byl použit stroj s šířkou 2520 mm (600 pneumatiky) a dosahem hydraulického jeřábu 6 490 mm (typ TJ 51F 65). Přesto, že se stroj dá dle některých parametrů řadit do kategorie malých vyvážecích traktorů, jedná se opět (stejně jako u stroje ROTTNE H8) o stroj, který je na pomezí kategorií strojů malých a strojů ze střední třídy. Při prvních probírkových zásazích dochází především kvůli rozměrům stroje k neopomenutelným nevýhodám při jeho použití.

4.3 Metodika terénních prací

Měření dat na vybraných zájmových plochách, následné zpracování a vyhodnocení výsledků bylo uskutečněno v období od dubna do prosince roku 2016. Pro účely šetření byly vybrány dva porosty s obdobným zastoupením dřevin a obdobnou rozlohou o výměře cca 0,5 ha. Na těchto plochách byl za pomoci harvesterových souprav proveden výchovný zásah i s rozčleněním porostu. Zásah byl vzhledem k majoritnímu zastoupení smrku ztepilého (*Picea abies* L.) schematizovaný se zaměřením na podúrovňové a poškozené jedince, rozčlenění porostu bylo na pravidelné pracovní pole se sítí linek kolmých na odvozní cestu, která lemovala oba porosty. Šířka linek byla uzpůsobena strojům po nich se pohybujících. V případě harvesterů dostačovala pro oba stroje šířka 2,4 metru, avšak pro vyvážecí traktor Timberjack 810 však musela být upravena na 3,6 metru.

4.3.1 Měření porostní plochy

Ke zjištění porostní plochy byl použit výpočet na základě jednotlivých stran porostů. Měření bylo provedeno za pomoci digitálního laserového dálkoměru značky NIKON s označením modelu Forestry Pro. Tímto přístrojem došlo ke změření hran porostů. Při měření hrany porostu byl měřič vždy postaven tak, aby stál na hraně porostu a optickým přístrojem mohl zaměřit koncový bod dané strany porostu. Pokud toto nebylo možné, určila se odstupová vzdálenost od hrany porostu na obou stranách a uskutečnilo se kolmé měření v této vzdálenosti od hrany porostu. Na základě zjištěných délek byla dle matematického vzorce pro obsah příslušných útvarů vypočítána plocha jednotlivých porostů, která byla zaokrouhlena na ary. Došlo k porovnání výsledných ploch s výpisem z hospodářské knihy. Výsledkem byla shoda dle LHP platného pro příslušný LHC.

4.3.2 Měření délky a šířky pracovních polí

Měření šířky pracovního pole probíhalo za pomoci 50 m dlouhého lesnického pásma. Jednotlivé pracovní pole se měřily na okrajích porostu a v cca polovině jejich délky. Určující vzdálenost pro šířku pracovního pole byla vždy kolmá vzdálenost mezi patami krajních stromů z příslušných pracovních polí. Ze všech naměřených hodnot pro šířku pracovního pole byl stanoven aritmetický průměr, který byl s ohledem na potřebnou přesnost zaokrouhlen dle matematických pravidel na desítky centimetrů.

Délka každého pracovního pole byla s ohledem na jejich přímý směr stanovena na základě měření délky ve středu pracovního pole. Začátek a konec pracovního pole byl vždy na okraji porostu, v místě koncových stromů dané porostní skupiny. Měření bylo provedeno 50 m dlouhým lesnickým pásmem.

4.3.2 Měření počtu, délky a šířky linek

Při měření počtu linek, které byly přímé a v obou případech kolmo orientované na odvozní cestu při hraně porostů, došlo k projití hrany porostu navazující na odvozní cestu a zaznačení počtů jednotlivých linek. Počty linek byly zakresleny do schematického náčrtu (viz. Obr. 7.).

Měření šířky linek probíhalo za pomoci 5 m dlouhého svinovacího metru. Jednotlivé linky byly v podélném směru rozděleny a po 0,5 m bylo provedeno měření šířky linek. Určující vzdálenost pro šířku linky byla vždy kolmá vzdálenost mezi patami krajních stromů z příslušných pracovních polí. Ze všech naměřených hodnot pro šířku linky byl stanoven aritmetickým průměr, který byl s ohledem na potřebnou přesnost zaokrouhlen dle matematických pravidel na desítky centimetrů.

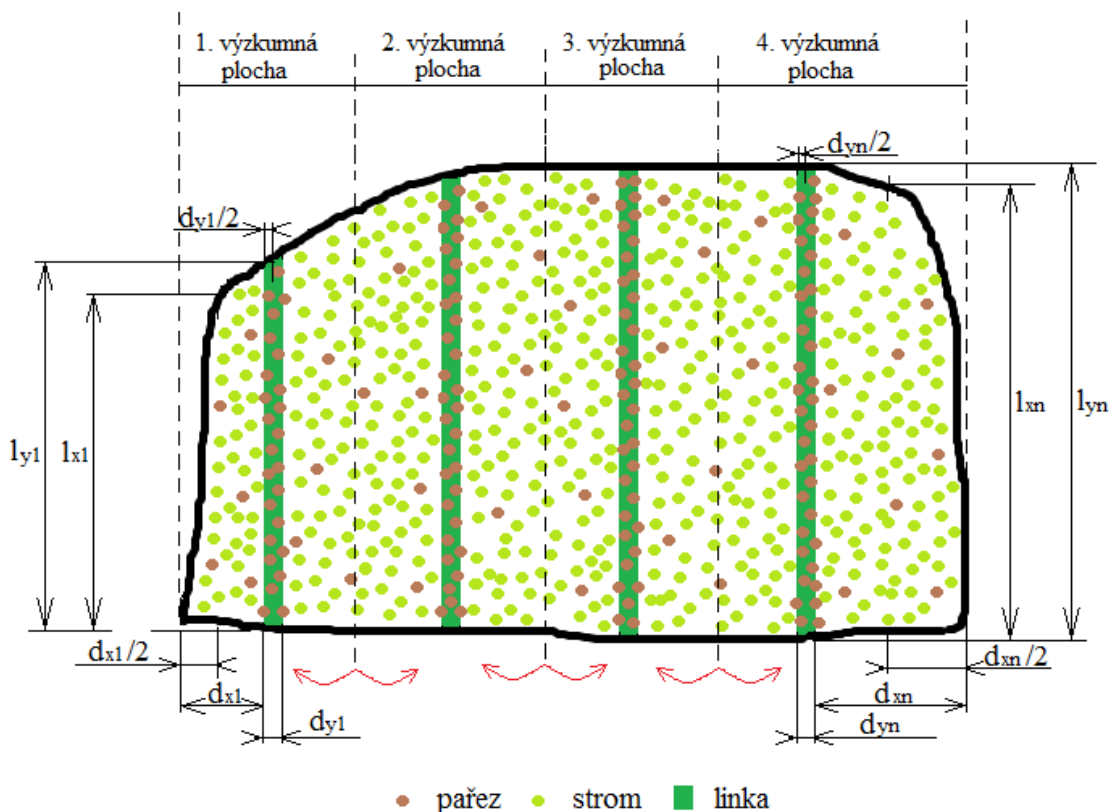
Délka každé z linek byla s ohledem na jejich přímý směr stanovena na základě měření délky ve středu linky. Začátek a konec linky byl vždy na okraji porostu, v místě koncových stromů dané porostní skupiny. Měření bylo provedeno lesnickým pásmem.

4.3.3 Měření počtu stojících stromů

K měření počtu stromů došlo po provedení příslušných výchovných zásahů. Měřeny byly stromy, které jsou v porostu ponechány. Metodika měření byla uzpůsobena přesnosti potřebných výsledků. Porost byl rozdělen dle pracovních polí. Za přítomnosti dvou osob byly jednotlivé pracovní plochy procházeny po jednotlivých řadách stromů, přičemž došlo k počítání a označování započtených stromů křídou dvěma podélnými čarami, z obou stran kmene, ve výšce očí.

4.3.4 Měření počtu odebraných stromů

Měření odebraných stromů bylo pro vypracování diplomové práce zásadní. Odebrané stromy byly zjišťovány podle pařízků. Pařízky se počítaly zvlášť na pracovních polích a zvlášť na linkách. Pařízky byly značeny křížkem a do počtu odebraných stromů se započítaly pouze pařízky, které pocházely z aktuálně provedeného zásahu. Výsledné počty odebraných stromů byly srovnány s harvestorovou sestavou.



Obr. 7.: Náčrt rozdělení porostu. dx označují šířky pracovních polí; dy označují šířky linek; lx označují délky pracovních polí v polovině šířky; ly označují délky linek v polovině šířky (O. Suda)

4.4 Metodika statistického vyhodnocení

Statistické vyhodnocení bylo provedeno v softwaru STATISTICA (STATISTICA Cz 12 Copyright©StatSoft, Inc.).

Normalita a homogenita dat byla zkoumána pomocí Shapiro-Wilkova testu. Z výsledků Shapiro-Wilkova testu normality a Bartlettova testu shody rozptýlů bylo patrné porušení předpokladu použití parametrické ANOVY. Proto byla použita její neparametrická obdoba, založená na principu Kruskal-Wallisově testu.

5 Výsledky

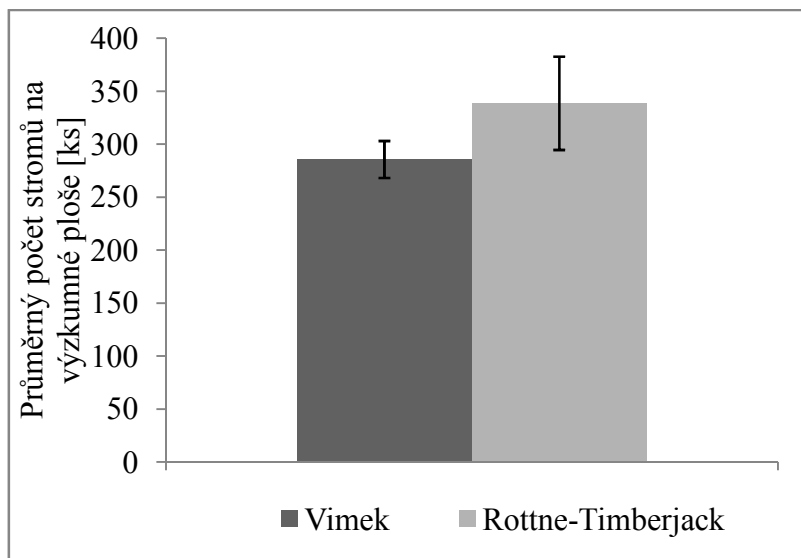
5.1 Základní charakteristika porostů

Porost, který byl zpracován pomocí **Vimek** byl rozdělen devíti linkami. Průměrná šíře linek byla 2,4 m. Průměrná šířka pracovního pole byla 10 m. Průměrná délka pracovního pole a linky byla 47 m. Strany sousedící s vedlejšími porosty měly 7 m a 7 m.

Porost, který byl zpracován pomocí **Rottne-Timberjack** byl rozdělen osmi linkami. Průměrná šíře linek byla 3,6 m. Průměrná šířka pracovního pole byla 10 m. Průměrná délka pracovního pole a linky byla 48 m. Strany sousedící s vedlejšími porosty měly 10 m a 8 m.

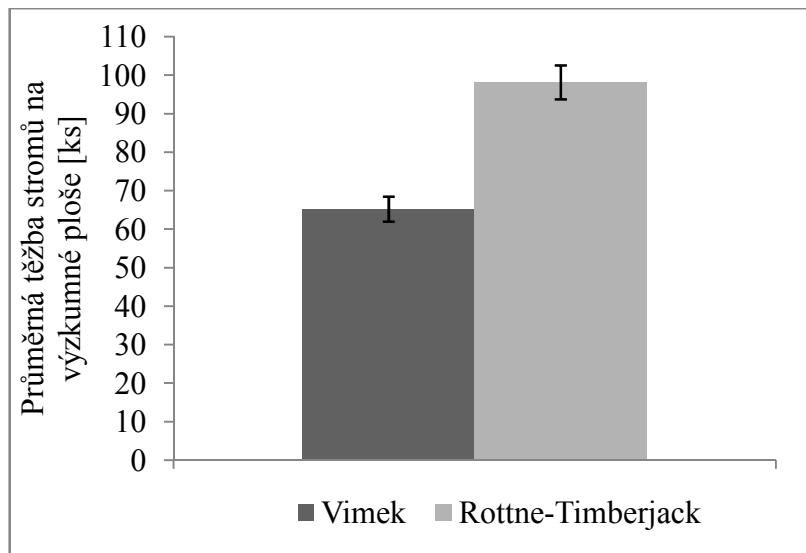
5.2 Vliv výchovného zásahu na výzkumné plochy

V porostu, kde pracoval **Vimek**, se průměrně na výzkumné ploše nacházelo 319 stromů. Ve druhém porostu, který byl těžěn s technikou, **Rottne-Timberjack**, bylo na výzkumných plochách průměrně o cca 20 stromů více. Podle statistické analýzy zde nebyl nalezen rozdíl, který by ovlivnil následující výsledky (Obr. 8.).



Obr. 8.: Rozdíl v průměrném počtu stromů na výzkumné ploše. Chybové úsečky označují směrodatnou odchylku.

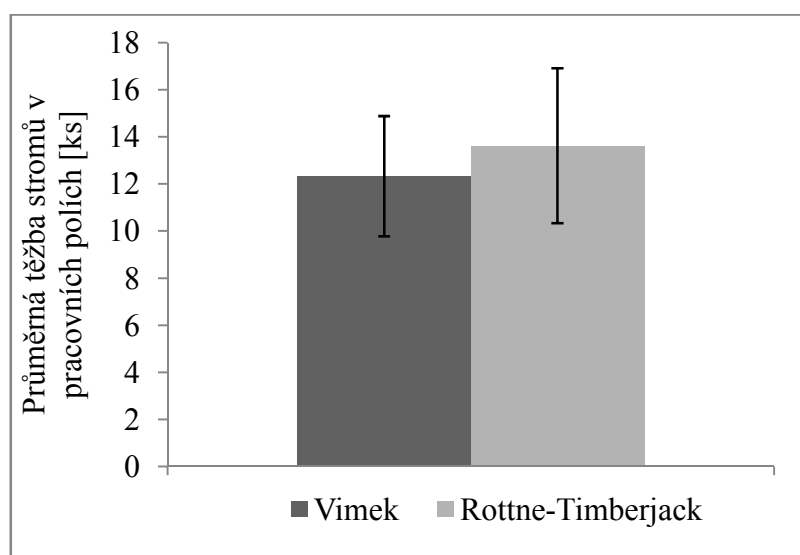
Průměrná těžba stromů na výzkumné ploše vykazovala statisticky významný rozdíl. V porostu, kde pracoval **Vimek**, byla provedena těžba průměrně 65 stromů, zatímco v druhém porostu s nasazenou technikou **Rottne-Timberjack** bylo odstraněno průměrně 98 stromů, což bylo o cca 44 % více odstraněných stromů (Obr. 9.).



Obr. 9.: Rozdíl v průměrné těžbě stromů na výzkumné ploše. Chybové úsečky označují směrodatnou odchylku.

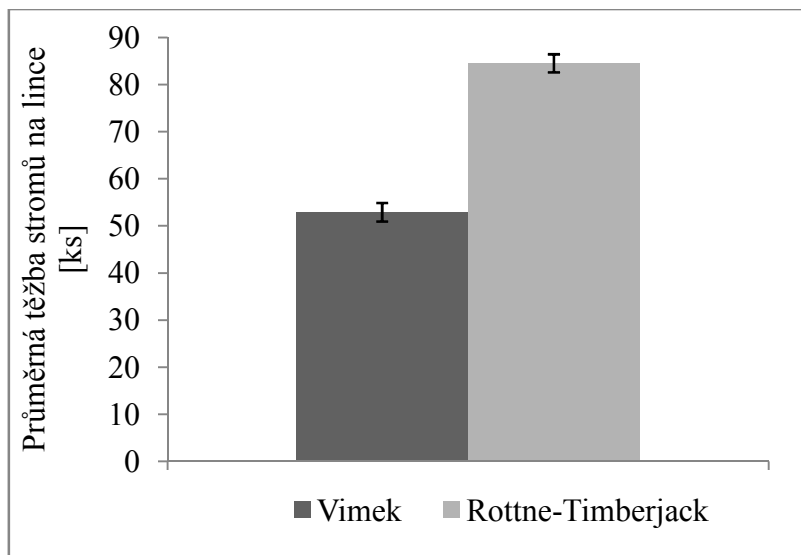
Tento rozdíl mohl být způsoben z několika důvodů. Prvním důvodem mohla být vyšší těžba v pracovních polích, druhým vyšší těžba v linkách anebo třetím důvodem vyšší těžba v pracovních polích i linkách.

Rozdíl v těžbě stromů v pracovních polích je zanedbatelný. V porostu s využitím techniky **Rottne-Timberjack** bylo průměrně odebráno 13 stromů, zatímco v porostu, kde byl využit **Vimek**, o jeden méně (Obr. 10.). Tento rozdíl nebyl statisticky významný.



Obr. 10.: Rozdíl v průměrné těžbě stromů v pracovních polích. Chybové úsečky označují směrodatnou odchylku.

Statisticky významný rozdíl v těžbě byl nalezen v linkách. Zatímco z linek, kde byl využit **Vimek**, se průměrně odstranilo 52 stromů, z linek, kde byla využita technika **Rottne-Timberjack**, bylo odstraněno 84 stromů (Obr. 11.). Rozdíl byl průměrně 39 %.



Obr. 11.: Rozdíl v průměrné těžbě stromů na lince. Chybové úsečky označují směrodatnou odchylku.

5.2 Vliv výchovného zásahu na porost

Při pohledu na porost jako celek bylo před těžbou v porostu, kde byl použit **Vimek**, celkem 2570 stromů a ve druhém porostu s **Rottne-Timberjackem** celkem 2708 stromů. Rozdíl mezi nimi byl 5 %. Počet odtěžených stromů na pracovních polích byl v porostu, kde byl použit **Vimek**, celkem 111 kusů a v porostu s nasazenou technikou **Rottne-Timberjack** 109 kusů, což je o jedno procento méně než v porostu s **Vimekem**. Celkový počet odtěžených stromů, jak na pracovních polích, tak ze všech provedených linek byl v porostu s **Vimekem** 587 kusů a v porostu s technikou **Rottne-Timberjack** 785 kusů. Rozdíl představuje 25 %. Tedy je to více než pětinašobek procentického rozdílu celkového počtu stromů před výchovným zásahem.

5.3 Modelace výchovných zásahů

V rámci modelace situace, kdy by technika **Vimek** vytěžila více stromů v porostu kvůli většímu množství použitých linek než technika **Rottne-Timberjack** se širšími linkami, byly použity pro nastavení současných – měřených – dat průměrné hodnoty z výzkumných ploch, které měly 5 metrů pracovní plochy z každé strany.

Tyto hodnoty byly vkládány až do celkové plochy těžného porostu 2,11 ha. Přesto rozdíl mezi použitím **Vimeku** a **Rottne-Timberjack** zůstal stejný - cca 25 % (Tab. 4.). Je to dáno tím, že ze širších linek, kterých je méně, je celkově vybráno více stromů než z užších linek, kterých je více.

Tab. 4.: Výsledky z modelace

Porost 1 - Vimek										
Číslo pole	Pole 1	Pole 2	Pole 3	...	Pole 7	Pole 8	...	Pole 35	Pole 36	Suma
Plocha porostu [ha]	0,07	0,13	0,18	...	0,42	0,48	...	2,05	2,11	
Stromy na lince [ks]-těžba	53	55	53	...	56	53	...	53	53	2 019
Stromy v pracovním poli [ks]	268	217	232	...	232	227	...	225	225	8 577
Celkem stromy na výzkumné ploše [ks]	321	272	285	...	288	280	...	278	278	10 596
Odtěžené stromy z pracovního pole [ks]	17	10	10	...	12	13	...	11	11	435
Odtěžené stromy celkem [ks]	70	65	63	...	68	66	...	64	64	2 454

Porost 2 – Rottne-Timberjack										
Číslo pole	Pole 1	Pole 2	Pole 3	...	Pole 7	Pole 8	...	Pole 31	Pole 32	Suma
Plocha porostu [ha]	0,09	0,15	0,22	...	0,48	0,55	...	2,05	2,11	
Stromy na lince [ks]-těžba	86	83	81	...	84	84	...	84	84	2 853
Stromy v pracovním poli [ks]	343	236	222	...	232	232	...	232	232	7 999
Celkem stromy na výzkumné ploše [ks]	429	319	303	...	316	316	...	316	316	10 852
Odtěžené stromy z pracovního pole [ks]	20	13	13	...	13	12	...	12	12	416
Odtěžené stromy celkem [ks]	106	96	94	...	97	96	...	96	96	3 269

6 Diskuze

Výsledky ukazují, že základní charakteristika porostů byla srovnatelná a vhodná pro porovnání dvou metod techniky těžby a vyklizení těžných stromů z porostu. Šíře pracovních polí byla shodná a průměrná délka linek a pracovních linek se lišila o dva metry. Výsledky z průměrných hodnot byly předpokládány. Byly provedeny především z důvodu vyhodnocení a) různosti počtu stromů v polích a b) intenzity těžby stromů z pracovních polí. Různost počtu stromů v polích i intenzita těžby v polích byla zanedbatelná. Rozdílnost jednoho z faktorů nebo dokonce obou by mohla být zásadní při dalším vyhodnocení a mohlo by dojít k nepřesným až zavádějícím výsledkům.

Podle prospektů obou harvesterových uzlů se předpokládalo, že šíře pracovních polí bude odlišná. Avšak výsledky ukázaly, že tomu tak není a šířky pracovních polí jsou stejné. Hlavními důvody, proč byla v obou případech použita stejná šířka pracovního pole i za použití rozdílného dosahu harvesterového výložníku jednotlivých strojů je ten, že u harvesterového uzlu Vimek byl zásah kombinovaný s najížděním stroje mezi těžné stromy a u harvesterového uzlu Rottne-Timberjack je dosah výložníku zkrácen. Šíře harvesterového uzlu Vimek dává předpoklad, který se ukázal jako správný, že při vytěžení jednoho stromu vznikne mezi sousedními stromy v řadě dostatečný prostor, ve kterém Vimek může pracovat a tím zajet do porostu a vytěžit potřebné stromy ve středu pracovního pole. U stroje Rottne-Timberjack je díky rozměrům stroje snížena schopnost pojezdu po porostech druhé a třetí věkové třídy. V praxi by to znamenalo, že by musely být vytěženy dva stromy vedle sebe, což by vedlo k větší mezeře, která by mohla společně s velikostí linky dočasně ohrozit stabilitu porostu (Landa a Procházka 1963). Toto omezení znamenalo, že byl stroj Rottne-Timberjack zcela odkázán na dosah výložníku. Přestože celková délka ramene je cca 6,5 m, jeho efektivní délka však byla zkrácena na 5 m, neboť při plném vysunutí výložníku dochází ke ztrátě síly na konci ramene a tak ke komplikaci při kácení a zpracování stromu (Dlužanský 2011). Díky rozměrům stroje Vimek a efektivní délky použitelného výložníku stroje Rottne-Timberjack mohla tedy být šířka pracovního pole srovnatelná, navzdory kratšímu dosahu výložníku u stroje Vimek.

Díky rozměrům strojů Vimek docházelo na linkách ke snížení těžných stromů, potřebných pro průjezd strojů, a tak došlo k ušetření stromů v porostu pro další výchovný zásah. Při vyšším počtu stromů v porostu vzniká vyšší výběr v budoucích zásazích (Polanský a kol. 1966) a existuje možnost, že část ponechaných stromů

v porostu budou tvořit v budoucnu kostru porostu, což jsou stromy zpravidla nejsilnější s dobrou stabilitou a jsou rovnoměrně rozprostřeni po porostu (Kantor a kol. 2014). Zároveň i ponechání stromů v porostu pro budoucí výchovný zásah znamená větší výtěžnost. Vlivem současné probírky stromy ponechané v porostu reagují na větší přísun světla a srážek zintenzivním tloušťkového potažmo objemového přírůstu (Kantor a kol. 2014) a tak hmotnatost ponechaných stromů, které by byly vytěženy kvůli šíři linky, budou při následném vytěžení v budoucnu objemnější.

Jak bylo zmíněno, největší rozdíl byl zaznamenán v odstraňování stromů z důvodu šíře linek. Zatímco v porostu strojů Vimek postačovala šířka linky cca 2,4 m, stroje Rottne-Timberjack potřebovala cca 3,6 m. Při tvorbě těchto rozčleňovacích linek okrajové stromy získávají větší světelný a srážkový požitek. Jejich reakce je nejen zintenzivnění tloušťkového potažmo objemového přírůstu (Kantor a kol. 2014), ale stromy jsou hlouběji zavětvené s nižším těžištěm a prokořeněnějším – stabilnějším – systémem (Assmann 1968). Tyto stromy ve smrkovém porostu slouží jako bariéra proti větru. Při poryvech větru se o tyto stromy opírají okolní stromy, které se díky tomu méně lámou nebo vyvrací. Na druhou stranu však hlubší koruna snižuje kvalitu tvořených sortimentů, zvláště ve starších porostech (Anonymous 2002). V rámci tvorby rozčleňovacích linek stroji Vimek a Rottne-Timberjack měřilo pracovní pole s linkou u strojů Vimek pouze cca 12,4 m a to je o 1,2 m méně než u strojů Rottne-Timberjack, což znamená, že na cca 115 m šířky porostu je zapotřebí cca 8 širších linek anebo 9 užších linek. Z těchto výsledků vychází předpoklad, že častější a užší linky podpoří více stabilitu porostu a zároveň nebudou snižovat kvalitu dříví natolik, aby pro majitele porostu byly ztráty citelné.

Díky měřením, která probíhala na uvedených stanovištích, vychází z mnoha ohledů lépe výchovný zásah provedený soustavou strojů Vimek. Otázkou samozřejmě zůstává, jak by stroje Vimek dokázaly konkurovat strojům Rottne a Timberjack při použití v porostech s vyšší hmotností, u prvních probírkových zásahů však ze srovnání vychází lépe stroje značky Vimek.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo kvantifikovat rozdíly ve výsledcích u výchovných zásahů při použití rozdílných harvesterových uzlů. Šetření probíhalo na zkušných plochách v majetku LČR s.p., lesní správy Nečtiny. Oba porosty se nacházely ve vzdálenosti necelých 200 metrů a měly obdobný tvar a rozlohu a byly vychovávány stejným způsobem.

Porosty tvořil především smrk ztepilý (*Picea abies*) se zastoupením přes 96 %. Zbýlá procenta zastoupení dřevin tvořila borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a modřín opadavý (*Larix decidua*).

Srovnání bylo provedeno na základě měření v terénu. Za nejdůležitější pro komparaci použitých technologií byl zvolen počet jednotlivých stromů před a po provedení zásahů. V závislosti na počtu stromů ponechaných při probírkovém zásahu v porostu vznikl předpoklad vyššího zpeněžení pro další výchovný zásah. Ale nesmí být menším zásahem ovlivněna stabilita porostu.

Na prvním stanovišti byla použita soustava strojů značky Vimek. Jednalo se o harvester Vimek 404 T6 s šířkou stroje 1,84 m a vyvážecí traktor Vimek 606 s šířkou 1,85 m. Dosah ramene harvestoru činil 4,6 metru. Pracovní pole s šířkou 10 m byla tvořena najížděním stroje do mezer vytvořených při těžbě stromů. Šíře linky byla 2,4 m.

Na druhém stanovišti byl použit harvester značky Rottne (konkrétně Rottne H8) v kombinaci s vyvážecím traktorem Timberjack 810. Harvester Rottne H8 (šířka 2,05 m) musel s ohledem na vyvážecí traktor (šířka 2,58 m) tvořit širší linky. Oproti harvestoru Vimek disponuje delším ramenem a nemusel tedy při šířce pracovního pole 10 m zajíždět do porostů a veškeré těžené stromy mohl kácet z linky.

Z výsledků práce je patrné, že s ohledem na budoucí výnos z porostů nabízí soustava strojů Vimek lepší možnosti pro provedení prvních probírkových zásahů. Tento fakt je dán především rozměry jednotlivých strojů, které jsou pro porosty prvních probírkových zásahů vhodnější.

Díky použití strojů Vimek došlo na linkách k odtěžení menšího počtu stromů a to v průměru o 32 stromů na linku. Z důvodu použití harvestoru Rottne H8 a vyvážecího traktoru Timberjack 810 bylo na linkách průměrně odtěženo 84 stromů, v případě soustavy strojů Vimek však stačilo odtěžit pro průjezd stromů 52.

Počet stromů, které byly v porostu (zejména na linkách) ušetřeny znamenají vyšší možnost výnosu z příštího výchovného zásahu. Díky většímu počtu utvořených linek pro průjezd strojů Vimek je předpoklad vyšší stability porostu, protože stromy na okrajích linek budou mít hlubší korunu nežli v ostatní stromy v porostu a budou v budoucnu tvořit nárazovou bariéru větru a opěru ostatních stromů vůči němu. S ohledem na šířku linky tvořenou harvestorem Rottne H8 se dá očekávat, že větší světelný požitek stromů na okraji linky nežli u soustavy Vimek bude mít za následek hlubší zavětvení než je potřebné a snížení kvality dřevní hmoty.

8 Summary

The aim of this thesis was to quantify differences in results by thinning by using different harvester's system. The survey was conducted on plots owned LČR, s.p., forest district Nečtiny. Both stands were located at distance less than 200 m and they had similar shape and size and their tending stand was similar.

Stand was created mainly Norway spruce (*Picea abies*). His composition in stand was more than 96 %. Remaining percentage of tree composition in stand formed tree species Scots pine (*Pinus sylvestris*) and European larch (*Larix decidua*).

The comparison was made on the basis of measurements in the field. Number of trees in stand before thinning and after thinning was used as the most important for comparison using harvester's system. Higher number rest trees in stand after thinning mean possible higher monetization in other tending interventions. But intervention with lower intensity has not influence on stability of stand.

Harvester's system of brand Vimek was used at the first station. Harvester's system was composed of harvester Vimek 404 T6 with size machine 1,84 m and forwarder Vimek 606 with size machine 1,85 m. The range of the hydraulic boom was 4,6 m. Working field was 10 m. But hydraulic boom was shorter than half working field therefore cutting trees middle stand was created driving the machine into the gaps formed by cutting tree. Compartment line was 2,4 m.

Harvester's system of brands Rottne and Timberjack was use dat the second station. Harvester's system was composed of harvester Rottne H8 with size machine 2,05 m and forwarder Timberjack with size machine 2,58 m. Having regard to the size of forwarder had to be foremd wider compartment line. Size of working field was 10 m. Rottne H8 has longer hydraulic boom in compared with harvester Vimek. Therefore Rottne H8 does not has driving to the stand and it cutting trees from compartment line.

The results of the work is evident that harvester's system Vimek provides better options for performing the first thinning intervention with regard to the future yield from stand. This fact is mainly due to the size of machine. Closer compartment lines are better for using in the first thinning intervention.

Using harvester's system Vimek occured to cutting smaller number of trees in compartment line and it was on average 32 trees less than using harvester's system

Rottne-Timberjack. While harvester's system Rottne-Timberjack cutting 84 trees in compartment line, harvester's system Vimek cutting only 52 trees in compartment line.

The number of trees that remained in stand mainly in the compartment lines mean possible higher yield from the other tending intervention. Due a larger number of created compartment lines in the stand after crossing harvester's system Vimek is assumption higher stability of the stand because trees on edges of compartment lines have deeper crown and lower center of gravity than other trees in the stand. And deeper crown's trees will create crash barrier of wind when other trees can lean on these trees. However size of line formed by harvester's system Rottne-Timberjack make a wider compartment line with more light's benefit. The trees in the edge these compartment line have deeper crown than using harvester's system Vimek. This deeper crown is not necessary and occurs reduction in the quality of wood.

9 Seznam literatury

- AMBROS, Z., ŠTYKAR, J., 1999. Geobiocenologie I. Brno: MZLU. 63p.
- ANONYMOUS, 1965. Atlas hydrologických poměrů ČSSR. Praha: Hydrologický ústav.
- ANONYMOUS, 1995. Zákon č. 289/1995 Sb. o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). In Sbíрка zákonů. 15. 12. 1995 [online]. Citováno 13. 3. 2017. Dostupné na World Wide Web: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-1995-289-viceoblasti.html>.
- ANONYMOUS, 2002. Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v ČR [online]. Citováno 13. 3. 2017. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.lhmp.cz/lesy2/wp-content/uploads/2014/01/doporucena-pravidla-pro-mereni-a-trideni-drivi-v-CR.pdf>>.
- ANONYMOUS, 2004. Vyhláška č. 139/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. In Sbíрка zákonů. 1. 4. 2004 [online]. Citováno 13. 3. 2017. Dostupné na World Wide Web: <<http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/legislativa/legislativa-cr/lesnictvi/uplna-zneni/vyhlaska-2004-139-lesnictvi.html>>.
- ANONYMOUS, 2015. Dream team Vimek. Produktová řada „2015“. 1. 5. 2015 [online]. Citováno 13. 3. 2017. Dostupné na World Wide Web: <www.lesos.cz/file.php?nid=14760&oid=5112822>.
- ANONYMOUS, 2016. Rottne H8^B [online]. Citováno 13. 3. 2017. Dostupné na World Wide Web: <www.rottnet.com/en/skogsmaskin/rottne-h-8/>.
- ANONYMOUS, 2017. Mapa [online]. Citováno 13. 3. 2017. Dostupné na World Wide Web: <www.mapy.cz>.
- ASSMANN, E., 1968. Náuka o výnose lesa. Organická produkcia, zloženie, prírastok a výnos lesných porastov. Bratislava: Príroda. 488p.
- BALATKA, B., KALVODA, J., 2006. Geomorfologické členění reliéfu Čech. Praha: Kartografie Praha. ISBN 80-7011-913-6

- BARTOŠ, F., 2010. Návrh využití harvesterové technologie v podmínkách ŠP Valšovice. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně. 72p.
- BENČAŤ, T., 2009. Dendrológia a ekológia drevín: vysokoškolská učebnica. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 225p. ISBN 978-80-228-1996-1.
- BUČEK, A., LACINA, J., 1999. Geobiocenologie II. 1. vyd., Brno: Mendelova zemědělská a lesnická universita. 240p.
- BUDIL, P., ŠIMŮNEK, Z., 2010. Geologické etapy – spodní perm. In: HRNČIAROVÁ, T., MANKOVČIN, P., ZVARA, I., 2010. Atlas krajiny ČR. Praha: Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. 332p.
- CULEK, M., 2005. Biogeografické členění České republiky II. díl. Praha: AOPK ČR. 800p.
- CZUDEK, T., 1973. Regionální členění ČSR, Brno: Geografický ústav ČSAV.
- DEMEK, J., et al. 1987: Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR. Praha: Academia.
- DLUŽANSKÝ, T., 2011. Návrh jeřábu pro obecné použití, pro manipulaci na palubě plavidla. Brno: VUT v Brně. 106p.
- DVOŘÁK, J., 2004. Harvesterové technologie a podmínky pro jejich nasazení v lesním hospodářství, publikováno ve sborníku Harvesterové technologie v lesním hospodářství v rámci programu SAPARD. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 12 – 25pp.
- HOLLER, J., 2011. Možnosti uplatnění vysoce mechanizovaných technologií v porostech do 40 let na Dražanské vrchovině. Bakalářská práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně. 48p.
- HOLLER, J., 2015. Posouzení vhodnosti použití harvesterové technologie lesní těžby na LČR LS Svitavy. Diplomová práce. 64p.
- JURČA, J., CHROUST, L., 1973. Racionalizace výchovy mladých lesních porostů. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 239p.
- KANDLER, O., INNES, J.L., 1995. Air pollution and forest decline in Central Europe. *Env. Pollut.* 90:171-180pp.
- KANTOR, P., VRŠKA, T., DOBROVOLNÝ, L., NOVÁK, J., 2014. Pěstění lesů skripta – učební text. 153p.

- KLIKA, J., 1931. Dendrologie: Jehličnaté. 2. vyd. Praha: Nákladem ministerstva zemědělství republiky Československé.
- KŘÍSTEK, J., URBAN, J., 2004. Lesnická entomologie. Praha: Academia. 445p.
- KULLA, L., SITKOVÁ, Z., (eds.), 2012. Rekonštrukcie nepôvodných smrekových lesov: poznatky, skúsenosti, odporúčania. Zvolen: Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen. 208p.
- KUPČÁK, V., 2002. Ekonomická komise odboru lesního hospodářství České akademie zemědělských věd. Lesnická práce, ročník 02/03.
- LANDA, A., PROCHÁZKA, S., 1963. Pěstování lesů. 2. Vyd. Praha: SZN. 421p.
- MACKŮ, J., 2010. Lesní vegetační stupně. In: HRNČIAROVÁ, T., MANKOVČIN, P., ZVARA, I., 2010. Atlas krajiny ČR. Praha: Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. 332p.
- MACKŮ, J., 2014. Spotřeba času a produktivita práce víceoperačních technologií v závislosti na lidském faktoru. Disertační práce. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 111p.
- MADĚRA, P., ÚRADNÍČEK, L., 2001. Dřeviny České republiky. Písek: Matice lesnická. ISBN 8086271099.
- MALÍK, V., DVOŘÁK J., 2007. Harvesterové technologie a vliv na lesní porosty: Harvester technologies and impact on forest stands. Vyd. 1. Praha: Lesnická práce. 84p.
- MRÁČEK, Z., 1959. Les. Praha: Orbis. 279p.
- MAUER, O., 2011. Zakládání lesů II. Učební text. Brno: MENDELU v Brně, 216p.
- MORAVEC, J. 1994. Fytocenologie: Nauka o vegetaci. Praha: Academia. ISBN 80-200-0457-2
- MUSIL, I., HAMERNÍK, J., 2007. Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin: lesnická dendrologie 1. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-1567-9.
- NERUDA, J., 2008. Harvesterové technologie lesní těžby. Vyd. 1. Brno: MZLU. 149p.
- NERUDA, J., SIMANOV, V., KLVAČ, R., SKOUPÝ, A., KADLEC, J., ZEMÁNEK, T., NEVRKLA, P., 2013. Technika a technologie v lesnictví. Díl první. Brno: MENDELU. 364p.

- PLÍVA, K., 1971. Typologický systém ÚHÚL. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. 90p.
- PLÍVA, K., 1981. Diferencované způsoby hospodaření v lesích ČSR. Praha: SZN. 214p.
- PODRÁZSKÝ, V., 2005. Účinky melioračních opatření a potenciál jejich využití v imisních oblastech. Praha: ČZU. 90p.
- POKORNÝ, R., 2002. Index listové plochy v porostech lesních dřevin. Brno: MZLU v Brně. 135p.
- POLANSKÝ, B., ČÍŽEK, J., JURČA, J., MEZERA, A., VYSKOT, M., 1966. Pěstění lesů. Praha: SZN. 514p.
- PRIMICIA, I., CAMARERO, J. J., JANDA, P., ČADA, V., MORRISSEY, R. C., TROTSIUK, V., A KOL., 2015. Age, competition, disturbance and elevation effects on tree and stand growth response of primary *Picea abies* forest to climate. *For. Ecol. Manage.* 354, 77–86pp.
- QUITT, E., 1971. Klimatické oblasti Československa: *Studia geographica.* 16. Brno: ČSAV, 73p.
- RAUŠER, J., 1971. Biogeografické členění ČSR, Brno: Geografický ústav ČSAV.
- SEDLÁČEK, J., JANDERKOVÁ, J., ŠEFRNA, L., 2010. Půdní asociace. In: HRNČIAROVÁ, T., MANKOVČIN, P., ZVARA, I., 2010. Atlas krajiny ČR. Praha: Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. 332p.
- SCHMIDT-VOGT VON, H., 1986. Unter Mitarb. Die Fichte. Hamburg: Parey. ISBN 3490084160.
- SIMANOV, V., KOHOUT, V. 2004. Těžba a doprava dříví. 1. Vyd. Písek: Matice lesnická s.r.o. 411p.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J., 2000. Zásady výchovy hlavních hospodářských dřevin v podmínkách antropogenně změněného ekotopu. Návrh realizačního výstupu projektu CEZ: M./99:01. DP04 Výchova lesních porostů v ekotypech narušených antropogenní činností. Opočno: VÚLHM. 26p.
- STOLINA, M., 1985. Ochrana lesa. Bratislava: Příroda. 473p.
- SUDA, O., 2015. Inovace v oblasti plně mechanizovaných technologií a jejich uplatnění v provozu. Brno: MENDELU. 56p.

TOMÁŠEK, M., 2000. Půdy České republiky. Praha: UK v Praze. (skriptum). 1. vyd. 284p.

UHLÍŘOVÁ, H., KAPITOLA, P., 2004. Poškození lesních dřevin. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2004. ISBN 80-86386-56-2

ULRICH, R., 2007. Uplatnění sortimentních technologií. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně ve spolupráci s Vojenskými lesy a statky, s.p. 64p.

Ulrich, R., Schlaghamerský, A., Štorek, V., 2002. Použití harvestorové technologie v probírkách. 1. vyd. Brno: MZLU, 98 s.

ÚRADNÍČEK, L., 2009. Dřeviny České republiky. 2., přeprac. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-62-5.

VALOUCH L., TOMÁŠKOVÁ, I., POKORNÝ R., 2008. Výdej vody smrkovým porostem během extrémních vlhkostních poměrů. Beskydy 1(2):191-198pp.

VAVŘÍČEK, D., ULRICH, R., 2012. Ochrana půd v rámci těžebně-dopravních technologií. In: HOLUŠOVÁ, K., 2012. Rozvoj lesnické typologie a její užití v lesnické praxi. 1. vyd. Brandýs nad Labem: Česká lesnická společnost o.s., Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. 174-181pp.

VĚTVIČKA, V., 2004. Evropské stromy. Vyd. 4. Praha: Aventinum, 216p. Průvodce přírodou. ISBN 80-7151-238-9.

VYSKOT, M., 1971. Postgraduální extenze z techniky pěstění lesů. (Výchova lesních porostů jako nástroj ke zvýšení rezistence a stimulace přírůstu lesa). Brno: VŠZ v Brně. 168p.

ZBOŘIL, A., 2010. Říční síť a úmoří. In: HRNČIAROVÁ, T., MANKOVČIN, P., ZVARA, I., 2010. Atlas krajiny ČR. Praha: Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. 332p.

ZLATNÍK, A., 1954. Dendrologie. Praha: SNTL.

ZLATNÍK, A., 1978. Lesnická fytoecnologie. Praha: SZN. 495p.

Seznam tabulek

Tab. 1.: Orientační členění harvestorů podle Nerudy a kol. (2013).....	11
Tab. 2.: Orientační výkonové členění a vyvážecích traktorů podle Nerudy a kol. (2013).....	12
Tab. 3.: Charakteristika klimatických poměrů MT2 a MT3 dle Quitta (1971).....	16
Tab. 4.: Výsledky z modelace	31

Seznam obrázků

Obr. 1.: Umístění výzkumné plochy.	14
Obr. 2.: První výzkumná plocha po zásahu.....	18
Obr. 3.: Druhá výzkumná plocha po zásahu.	19
Obr. 4.: Harvestor Vimek 404 T4	22
Obr. 5.: Vyvážecí traktor Vimek 606 TT	23
Obr. 6.: Rottne H8.....	24
Obr. 7.: Náčrt rozdělení porostu.....	27
Obr. 8.: Rozdíl v průměrném počtu stromů na výzkumné ploše.....	28
Obr. 9.: Rozdíl v průměrné těžbě stromů na výzkumné ploše.	29
Obr. 10.: Rozdíl v průměrné těžbě stromů v pracovních polích	29
Obr. 11.: Rozdíl v průměrné těžbě stromů na lince.....	30